

# SN

## 中华人民共和国出入境检验检疫行业标准

SN/T 4723—2016

### 根结线虫属(非中国种)检疫鉴定方法

Detection and identification of *Meloidogyne* spp. (non-Chinese species)

2016-12-12 发布

2017-07-01 实施



中 华 人 民 共 和 国  
国家质量监督检验检疫总局 发 布

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由国家认证认可监督管理委员会提出并归口。

本标准起草单位：中华人民共和国宁波出入境检验检疫局、中华人民共和国天津出入境检验检疫局、中华人民共和国深圳出入境检验检疫局、南京农业大学、华南农业大学。

本标准主要起草人：顾建锋、王金成、何洁、张慧丽、王暄、李芳荣、林宇、卓侃。



## 根结线虫属(非中国种)检疫鉴定方法

### 1 范围

本标准规定了根结线虫 *Meloidogyne* 中国种与非中国种的检疫鉴定方法。  
本标准适用于进出境植物、植物产品、土壤和介质等传带的根结线虫的鉴定。

### 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 24829 毛刺线虫属(传毒种类)检疫鉴定方法

SN/T 1157 进出境植物苗木检疫规程

SN/T 2117 伪哥伦比亚根结线虫检疫鉴定方法

### 3 根结线虫属线虫基本信息

学名: *Meloidogyne* Goeldi, 1887

英文名: Root-knot nematodes

分类地位: 垫刃目 (Tylenchida), 垫刃总科 (Tylenchoidea), 纽带科 (Hoplolaimidae), 根结亚科 (*Meloidogyninae*), 根结线虫属 (*Meloidogyne*)。

传播途径: 带线虫根组织、球根、球茎和被污染的土壤都是根结线虫传播的主要载体。远距离传播主要借助于受侵染的植物繁殖材料的调运; 农事操作中农机具和人员等的黏带以及灌溉和风雨运动可造成近距离扩散。

根结线虫属其他相关信息参见附录 A。

根结线虫属线虫为植物根系、球根、球茎等地下组织的专性内寄生线虫, 其寄主及分布范围均十分广泛。目前该属已知线虫 98 种, 其中最常见的是南方根结线虫 *M. incognita*、花生根结线虫 *M. arenaria*、爪哇根结线虫 *M. javanica*、北方根结线虫 *M. hapla* 和象耳豆根结线虫 *M. erterolobii*, 我国已有记录近 40 种, 其中 23 种确定为中国种(参见附录 B)。

### 4 方法原理

根结线虫二龄幼虫线形, 在根及根围土壤中活动, 入侵寄主根部后固着寄生, 逐渐发育为卵圆形雌虫, 导致寄主根部膨大呈根瘤状。因此, 如发现疑似根结, 可直接剖检获得雌虫, 也可从寄主植物根系及根围土壤或介质中分离获得二龄幼虫或雄虫。获得线虫后, 根据其雌虫、雄虫和二龄幼虫形态, 判别其是否为根结线虫属, 然后进一步用形态学和分子生物学相结合的方法, 并参考其寄主、地理分布等信息, 判断其种类。

目前已经报道的根结线虫共 98 种, 其中 40 种在我国曾有报道。根据文献报道频次、分布是否广泛、描述是否充分等, 将其中 23 种作为中国种, 其余 17 种是否为中国种有待进一步核实。若判断其非

该方法所述的 23 种中国种之一,根据检疫风险原则,可判定为非中国种,并应联系有关鉴定专家进行鉴定。

## 5 器材和试剂

### 5.1 仪器设备和器具

PCR 仪、冷藏箱、体视显微镜、生物显微镜、超低温冰箱、离心机、电泳仪、凝胶成像系统、高压灭菌锅、微波炉、烘箱;漏斗、医用解剖刀、载玻片、盖玻片、酒精灯、线虫挑针、PCR 管、24 孔细胞培养板、可调式微量移液器( $2\ \mu\text{L}\sim 1\ 000\ \mu\text{L}$ )及相应的吸头。

### 5.2 主要试剂

除特别规定外,所有实验用试剂均为分析纯,实验用水应符合 GB/T 6682 中相关规定。

甲醛、乙醇、甘油、蜡块、指甲油、 $2\times\text{Taq MasterMix}$  预混液、 $10\times\text{EasyTaq}$  缓冲液、蛋白酶 K ( $20\ \text{mg/mL}$ )、无 RNase 无菌水、100 bp Marker、EB 染料、 $50\times\text{TAE}$  溶液、琼脂糖凝胶。

## 6 现场检疫与取样

### 6.1 症状检查

现场检疫时应挖取寄主植物根部,观察根上是否有根结或疙瘩状变异,或生长不良、腐烂、变色、畸形等症状。

### 6.2 取样

按照 SN/T 2117 进行抽样和取样,对有根结等症状的重点取样。如无症状,则随机取样。对于进境苗木,如数量 $\leq 5$  株,要求对每株单独取 1 份样品。每份样品重量 $\geq 0.5\ \text{kg}$ ,取样深度为 20 cm 左右,要求多带些根。数量 $> 5$  株,则要求取样 5 份以上。样品置密闭塑料袋中,标明品名、报检号、来源国、检测要求等信息,及时送实验室检测。如小苗带土较少,则尽可能多取根和土样,不带土的苗应仔细检查根部。土壤、介质或其他植物产品可参照该方法。

## 7 实验室检验

### 7.1 线虫分离

实验室接到样品后应立即进行线虫分离。若不能及时分离,可将样品暂时保存于  $4\ ^\circ\text{C}$  冷藏箱中。土壤、介质等可用改良漏斗法分离线虫(见 GB/T 24829),根结可直接剖检分离线虫(见 SN/T 2117)。

### 7.2 体视显微镜镜检

根结线虫二龄幼虫较细小,体长多在  $400\ \mu\text{m}\sim 500\ \mu\text{m}$ ,行动迟缓,虫体一般内容物较多,颜色偏深。雄虫体长达  $1\ 500\ \mu\text{m}$ ,行动迟缓。雌虫须剖开根结才能看到,呈球形或近梨形,长  $500\ \mu\text{m}\sim 700\ \mu\text{m}$ ,宽  $300\ \mu\text{m}\sim 500\ \mu\text{m}$ ,乳白色半透明状。

### 7.3 标本制作

若镜检发现二龄幼虫或雄虫,需制作临时玻片或永久玻片(见 GB/T 24829)。若发现雌虫,应制作会阴花纹永久玻片(见 SN/T 2117)。



## 7.4 生物显微镜观察、摄影和测量

仔细观察雌虫、雄虫和二龄幼虫主要鉴定特征并显微摄影,主要鉴定特征包括雌虫会阴花纹形态,雌虫、雄虫和二龄幼虫的头部和口针形态,背食道腺开口到口针基球的距离(dorsal gland orifice,简称DGO),以及二龄幼虫的体长、口针长度及基部球形态、尾形及透明区长度等特征。应在每张图片上加相应标尺,测量并计算:体长/虫体最宽处体宽( $a$ )、体长/食道腺体长度( $b$ )、体长/尾长( $c$ )、尾长/肛门处虫体直径( $c'$ )、阴门至头端的长度/体长 $\times 100(V)$ 等值(根结雌虫一般不测 $V$ 值,测阴门裂长和肛阴距等)。如样品足够,应测量雌虫、雄虫、二龄幼虫各20条以上。

## 8 形态学鉴定

### 8.1 根结线虫属形态鉴定

#### 8.1.1 雌虫

虫体梨形到球形,具突出的短颈,白色,静止不动;无孢囊期;长 $350\ \mu\text{m}\sim 3\ \text{mm}$ ,宽 $300\ \mu\text{m}\sim 700\ \mu\text{m}$ 。阴门和肛门位于末端,无尾;会阴部具指纹状花纹,一般平,较少有突起;侧尾腺口点状,位于肝门两侧略靠前的位置;角质层具环纹;口针细弱,一般 $12\ \mu\text{m}\sim 15\ \mu\text{m}$ ,基部球小;排泄孔位于中食道球前,通常位于口针基部稍后位置;双生殖腺,前伸,在虫体内盘绕;雌虫卵不留在体内,而是产在一个胶质囊内。

#### 8.1.2 雄虫

蠕虫形,体长可达 $2\ \text{mm}$ ,尾末端扭曲;角质层环纹明显,侧区有4条刻线;唇区缢缩不明显,但具明显的唇盘,唇环较少,1条 $\sim 3$ 条;口针强壮, $18\ \mu\text{m}\sim 25\ \mu\text{m}$ 长,基部球大;食道腺主要从腹面覆盖肠;交合刺较细弱,一般 $25\ \mu\text{m}\sim 33\ \mu\text{m}$ 长,引带长 $7\ \mu\text{m}\sim 11\ \mu\text{m}$ ;单精巢;尾端圆,侧尾腺口圆点状,位于肛门附近;无交合伞。

#### 8.1.3 二龄幼虫

蠕虫形,具环纹,长 $250\ \mu\text{m}\sim 600\ \mu\text{m}$ 。头部结构与雄虫相似,但小很多,头架轻微骨化,唇区缢缩不清晰,有1个 $\sim 4$ 个不清晰的唇环,口针弱,不长于 $20\ \mu\text{m}$ ,基部球显著膨大,中食道球较大,瓣门清晰,排泄孔位于半月体后,透明尾明显,尾末端窄,不规则。

#### 8.1.4 与孢囊线虫属区别

根结线虫属和孢囊线虫属比较近似,其区别参见附录C。

### 8.2 根结线虫属的判定

发现雌虫、雄虫或二龄幼虫符合上述形态特征,主要根据成熟雌虫寄生于根内;雌虫尾末端不突起、具会阴花纹;雄虫唇区骨化弱、口针较弱;二龄幼虫虫体细、口针细弱、透明尾较短等特征,可判定为根结线虫属(参见附录C)。

### 8.3 根结线虫中国种形态鉴定

判定为根结线虫属后,可以根据23种根结线虫中国种形态特征描述(参见附录D)和线描图(参见附录E)对其进行形态学鉴定。

SN/T 4723—2016

## 9 分子生物学鉴定

### 9.1 多重 PCR 方法

多重 PCR 方法具体操作步骤参见附录 F。

### 9.2 种特异 PCR 方法

种特异 PCR 方法具体操作步骤参见附录 G。

### 9.3 线粒体 DNA 限制性内切酶片段长度多态性方法 (mtDNA-RFLP 方法)

mtDNA-RFLP 方法具体操作步骤参见附录 H。

### 9.4 DNA 条形码方法

DNA 条形码方法具体操作步骤参见附录 I。

## 10 鉴定流程及结果判定

当从根围土壤或介质中获得根结线虫二龄幼虫或雄虫,或是发现根结后剖检获得雌虫后,应进一步分离检测,尽量找齐雌、雄虫和二龄幼虫等 3 种虫态,以便开展形态学鉴定和分子生物学鉴定。首先参照附录 C,判断其是否为根结线虫属。

鉴于南方根结线虫、花生根结线虫、爪哇根结线虫、北方根结线虫和象耳豆根结线虫的发生较为普遍,可先针对这 5 种线虫开展种特异 PCR 检测、多重 PCR 检测或 mtDNA-RFLP 检测。如检测结果为阳性,或与目标酶切片段大小一致,则可确定其种类。如检测结果均为阴性或与目标酶切片段大小不一致,可进一步以 28S 基因作为 DNA 条形码基因,测序后进行 DNA 序列分析,可对多数根结线虫属线虫进行鉴定。

要判断待检样品是否为非中国种,应先将其鉴定到种。由于根结线虫属内各种形态特征非常近似,单凭形态学方法很难鉴定到种。如该种线虫为实验室首次截获,或该种线虫之前在其来源国或寄主上未见报道,通常需要将形态学方法与多种不同的分子生物学方法互相印证,才能做出准确的鉴定结论。

## 11 记录和标本样品保存

若鉴定为根结线虫(非中国种),应将剩余的线虫杀死、固定后制成永久玻片保存;可用 4% 甲醛固定后于指形管中长期保存。应保存的记录信息包括样品编号、为害症状(包括相关照片)、被感染材料的状态和来源、经鉴定的有害生物学名、测计数据、显微照片、标本鉴定人、鉴定时间、制作人、制作时间等信息。

对含有线虫的剩余样品材料,经登记后妥善保存。保存期至少为 6 个月,期满后视情况作销毁处理。



## 附 录 A

(资料性附录)

## 根结线虫属其他相关信息

## A.1 生物学特性

根结线虫雌虫将卵产在胶质卵块中,卵块通常见于根结的表面,但也可包埋于根结组织中。卵块最初软、粘、透明,以后逐渐变得结实,同时颜色变暗。条件适宜时,1龄幼虫在卵内蜕皮发育成二龄幼虫。二龄幼虫可在土壤中移动,找到合适的寄主后,可侵入根组织,随后在根内建立永久的取食位点,诱导根部细胞形成巨细胞。巨细胞诱导形成后,二龄幼虫不再移动,虫体膨大为香肠形。条件适宜的情况下,大约14 d后,二龄幼虫蜕皮变成3龄幼虫,然后蜕皮变成4龄幼虫,再蜕皮变成成虫。二龄幼虫和成虫存在时间较长,而3龄和4龄幼虫总共存在的时间为4 d~6 d。3龄和4龄幼虫没有口针,不取食;雄虫蠕虫形,不取食,一般在虫口密度很高或食物缺乏等不利于雌虫发育的条件下形成。

除少数根结线虫属线虫为两性生殖外,大部分根结线虫属线虫为孤雌生殖的,从而其生活周期更短、繁殖率更高,更有利于其成为植物病原。

## A.2 生态学特性

## A.2.1 地理分布

根结线虫可从地理分布分为温暖地区种类和寒冷地区种类。奇氏根结线虫 *M.chitwoodi*、北方根结线虫 *M.hapla*、纳西根结线虫 *M.naasi* 等为寒冷地区种类,能在土壤平均温度低于10℃条件下生存,而南方根结线虫 *M.incognita*、花生根结线虫 *M.arenaria*、爪哇根结线虫 *M.javanica*、短小根结线虫 *M.exigua* 等都是温暖地区种类,不能在土壤平均温度低于10℃条件下生存。

4种最常见根结线虫,即南方根结线虫 *M.incognita*、花生根结线虫 *M.arenaria*、爪哇根结线虫 *M.javanica* 和北方根结线虫 *M.hapla*,为世界性分布。有些根结线虫种类,如奇氏根结线虫 *M.chitwoodi*、埃塞俄比亚根结线虫 *M.ethiopica*、虚假根结线虫 *M.fallax*、拟禾本科根结线虫 *M.graminicola*、短小根结线虫 *M.exigua*、象耳豆根结线虫 *M.enterolobii*,分布范围相对较窄。还有一些种类分布非常局限,如高粱根结线虫 *M.acronea* 只在南部非洲有发现,巴拉那根结线虫 *M.paranaensis* 仅在巴西、危地马拉报道。

## A.2.2 寄主范围

根结线虫为专性寄生线虫,寄主范围极为广泛,可侵染几千种不同的植物,包括单子叶植物和双子叶植物,草本植物和木本植物。热带、亚热带和温带地区的多种粮食作物、蔬菜、水果、观赏植物均可受根结线虫侵染。与分布范围相似,根结线虫不同种类的寄主范围差异明显。最常见4种根结线虫寄主极为广泛,而有的线虫种类寄主非常有限,如埃塞俄比亚根结线虫 *M.ethiopica* 只寄生葡萄、猕猴桃、大豆和甘蔗。

## A.2.3 为害症状

根结线虫危害寄主植物根部,一般地上部分不表现明显症状。但当植株在生长早期被大量根结线虫危害根部时,植株地上部分可矮化、变色、枯萎、长势不良等症状,导致结实不良,严重时成片死亡。

SN/T 4723—2016

根结线虫危害症状主要在根部。拔起病株,去除根系附着的土壤,可见根上长有根结。初期根结只有针尖大小,随着不断生长,其体积可增大到根直径的数倍。根结形态与线虫种类及寄主有关。例如:三叶草根结线虫 *Meloidogyne trifoliophila* 引起的根结瘦长,瓜类植物上的根结一般十分明显,一些禾本科植物上不形成根结,木本植物上的根结往往很小。

附 录 B  
(资料性附录)  
根结线虫名录

表 B.1 23 种根结线虫(中国种)名录

编号	根结线虫中文名	学名
1	猕猴桃根结线虫	<i>M.actinidiae</i> Li & Yu, 1991
2	花生根结线虫	<i>M.arenaria</i> (Neal, 1889)Chitwood, 1949
3	柑橘根结线虫	<i>M.citri</i> Zhang, Gao & Weng, 1990
4	龙眼根结线虫	<i>M.dimocarpus</i> Liu & Zhang, 2001
5	东海根结线虫	<i>M.donghaiensis</i> Zheng, Lin & Zheng, 1990
6	象耳豆根结线虫	<i>M.enterolobii</i> Yang & Eisenback, 1983
7	繁峙根结线虫	<i>M.fanzhiensis</i> Chen, Peng & Zheng, 1990
8	福建根结线虫	<i>M.fujianensis</i> Pan, 1985
9	拟禾本科根结线虫	<i>M.graminicola</i> Golden & Birchfield, 1965
10	禾本科根结线虫	<i>M.graminis</i> (Sledge & Golden, 1964)Whitehead, 1968
11	海南根结线虫	<i>M.hainanensis</i> Liao & Feng, 1995
12	北方根结线虫	<i>M.hapla</i> Chitwood, 1949
13	西班牙根结线虫	<i>M.hispanica</i> Hirschmann, 1986
14	南方根结线虫	<i>M.incognita</i> (Kofoid & White, 1919)Chitwood, 1949
15	爪哇根结线虫	<i>M.javanica</i> (Treub, 1885)Chitwood, 1949
16	简阳根结线虫	<i>M.jianyangensis</i> Yang, Hu, Chen & Zhu, 1990
17	济南根结线虫	<i>M.jinanensis</i> Zhang & Su, 1986
18	孔氏根结线虫	<i>M.kongi</i> Yang, Wang & Feng, 1988
19	林氏根结线虫	<i>M.lini</i> Yang, Hu & Xu, 1988
20	闽南根结线虫	<i>M.mingnanica</i> Zhang, 1993
21	番禺根结线虫	<i>M.panyuensis</i> Liao, Yang, Feng & Karssen, 2005
22	悬铃木根结线虫	<i>M.platani</i> Hirschmann, 1982
23	中华根结线虫	<i>M.sinensis</i> Zhang, 1983



表 B.2 根结线虫(非中国种)名录

编号	根结线虫中文名	学名
1	高粱根结线虫	<i>Meloidogyne acronea</i> Coetzee, 1956
2	非洲根结线虫	<i>M.africana</i> Whitehead, 1960
3	水生根结线虫	<i>M.aquaticilis</i> Ebsary & Eveleigh, 1983
4	阿拉伯根结线虫	<i>M.arabica</i> López & Salazar, 1989
5	阿登根结线虫	<i>M.ardenensis</i> Santos, 1968
6	甘蓝根结线虫	<i>M.artiellia</i> Franklin, 1961
7	贝特根结线虫	<i>M.baetica</i> Castillo, Vovlas, Subbotin & Troccoli, 2003
8	巴西利亚根结线虫	<i>M.brasiliensis</i> Charchar & Eisenback, 2002
9	短尾根结线虫	<i>M.brevicauda</i> Loos, 1953
10	加利福尼亚根结线虫	<i>M.californiensis</i> Abdel-Rahman & Maggenti, 1987
11	山茶根结线虫	<i>M.camelliae</i> Golden, 1979
12	锦鸡儿根结线虫	<i>M.caraganae</i> Shagalina, Ivanova & Krall, 1985
13	卡罗莱纳根结线虫	<i>M.carolinensis</i> Eisenback, 1982
14	奇氏根结线虫	<i>M.chitwoodi</i> Golden, O'Bannon, Santo & Finley, 1980
15	钻天柳根结线虫	<i>M.chosenia</i> Eroshenko & Lebedeva, 1992
16	克里斯蒂根结线虫	<i>M.christiei</i> Golden & Kaplan, 1986
17	咖啡根结线虫	<i>M.coffeicola</i> Lordello & Zamith, 1960
18	十字形根结线虫	<i>M.cruciani</i> Garcia-Martinez, Taylor & Smart, 1982
19	洋蓍根结线虫	<i>M.cynariensis</i> Pham, 1990
20	光纹根结线虫	<i>M.decalineata</i> Whitehead, 1968
21	沙丘根结线虫	<i>M.dunensis</i> Paolomaes Rius, Vovlas, Troccoli, Liebanas, Landa & Castillo, 2007
22	迪茨根结线虫	<i>M.duytsi</i> Karssen, van Aelst & van der Putten, 1998
23	埃塞俄比亚根结线虫	<i>M.ethiopica</i> Whitehead, 1968
24	短小根结线虫	<i>M.exigua</i> Goldi, 1887
25	伪根结线虫	<i>M.fallax</i> Karssen, 1996
26	佛罗里达根结线虫	<i>M.floridensis</i> Handoo, Nyczepir, Esmenjaud, van der Beek, Castagnone-Sereno, Carta, Skantar & Higgins, 2004
27	德州花生根结线虫	<i>M.haplanaria</i> Eisenback, Bernard, Starr, Lee & Tomaszewski, 2004
28	一户根结线虫	<i>M.ichinohei</i> Araki, 1992
29	印度根结线虫	<i>M.indica</i> Whitehead, 1968
30	无饰根结线虫	<i>M.inornata</i> Lordello, 1956a
31	伊萨尔科根结线虫	<i>M.izalcoensis</i> Carneiro, Almeida, Gomes & Hernández, 2005
32	吉库尤根结线虫	<i>M.kikuyensis</i> De Grosse, 1961



表 B.2 (续)

编号	根结线虫中文名	学名
33	科纳根结线虫	<i>M.konaensis</i> Eisenback, Bernard & Schmitt, 1995
34	克氏根结线虫	<i>M.kralli</i> Jepson, 1984
35	吕克根结线虫	<i>M.luci</i> Carneiro, Correa, Almeida, Gomes, Deimi, Castagnone-sereno & Karssen, 2014
36	橄榄根结线虫	<i>M.lusitanica</i> Abrantes & Santos, 1991
37	苹果根结线虫	<i>M.mali</i> Itoh, Ohshima & Ichinohe, 1969
38	海根结线虫	<i>M.maritima</i> Jepson, 1987
39	马里兰根结线虫	<i>M.marylandi</i> Jepson & Golden in Jepson, 1987
40	巨大根结线虫	<i>M.megadora</i> Whitehead, 1968
41	巨球根结线虫	<i>M.megatylo</i> Baldwin & Sasser, 1979
42	红树根结线虫	<i>M.mersa</i> Siddiqi & Booth, 1991
43	小头根结线虫	<i>M.microcephalus</i> Cliff & Hirschmann, 1984
44	小突根结线虫	<i>M.microtyla</i> Mulvey, Townshend & Potter, 1975
45	小根结线虫	<i>M.minor</i> Karssen, Bolk, van Aelst, van den Beld, Kox, Korthals, Molendijk, Zijlstra, van Hoof & Cook, 2004
46	摩洛哥根结线虫	<i>M.morocciensis</i> Rammah & Hirschmann, 1990
47	纳西根结线虫	<i>M.naasi</i> Franklin, 1965a
48	纳托根结线虫	<i>M.nataliae</i> Golden, Rose & Bird, 1981
49	水稻根结线虫	<i>M.oryzae</i> Maas, Sanders & Dede, 1978
50	欧氏根结线虫	<i>M.oteifai</i> Elmiligy, 1968
51	草根结线虫	<i>M.ottersoni</i> (Thorne, 1969) Franklin, 1971
52	卵形根结线虫	<i>M.ovais</i> Riffle, 1963
53	巴拉那根结线虫	<i>M.paranaensis</i> Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos & Almeida, 1996
54	裂垫根结线虫	<i>M.parityla</i> Kleynhans, 1986b
55	矮牵牛根结线虫	<i>M.petuniae</i> Charchar, Eisenback & Hirschmann, 1999
56	菜豆根结线虫	<i>M.phaseoli</i> Charchar, Eisenback, Charchar & Boiteau, 2008b
57	松根结线虫	<i>M.pini</i> Eisenback, Yang & Hartman, 1985
58	胡椒根结线虫	<i>M.piperi</i> Sahoo, Ganguly & Eapen, 2000
59	皮西根结线虫	<i>M.pisi</i> Charchar, Eisenback, Charchar & Boiteau, 2008a
60	多头环根结线虫	<i>M. polycephannulata</i> Charchar, Eisenback, Vieira, Fonseca-boiteux, Boiteux, 2009
61	前孔根结线虫	<i>M.propora</i> Spaul, 1977
62	栎根结线虫	<i>M.querciana</i> Golden, 1979
63	萨拉斯根结线虫	<i>M.salasi</i> López, 1984

表 B.2 (续)

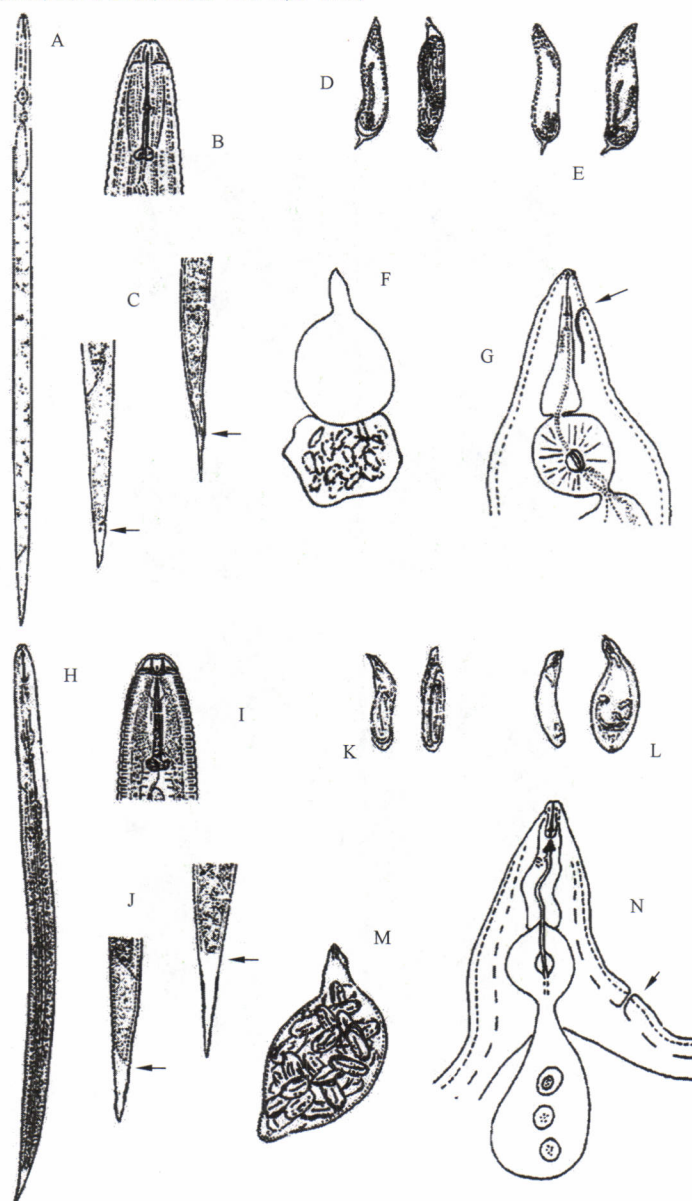
编号	根结线虫中文名	学名
64	萨瑟根结线虫	<i>M.sasseri</i> Handoo, Huettel & Golden, 1994
65	休氏根结线虫	<i>M.sewelli</i> Mulvey & Anderson, 1980
66	北欧根结线虫	<i>M.silvestris</i> Castillo, Vovlas, Troccoli, Liébanas, Palomares Rivs & Landa, 2009
67	透明根结线虫	<i>M.spartinae</i> (Rau & Fassuliotis, 1965) Whitehead, 1968
68	亚北方根结线虫	<i>M.subarctica</i> Bernard, 1981
69	苏吉那姆根结线虫	<i>M.suginamiensis</i> Toida & Yaegashi, 1984
70	塔吉克根结线虫	<i>M.tadshikistanica</i> Kirjanova & Ivanova, 1965
71	泰国根结线虫	<i>M.thailandica</i> Handoo, Skantar, Carta & Erbe, 2005
72	三叶草根结线虫	<i>M.trifoliophila</i> Bernard & Eisenback, 1997
73	麦稻根结线虫	<i>M.triticoryzae</i> Gaur, Saha & Khan, 1993
74	土耳其斯坦根结线虫	<i>M.turkestanica</i> Shagalina, Ivanova & Krall, 1985
75	范氏根结线虫	<i>M.vandervegtei</i> Kleynhans, 1988

## 附录 C

(资料性附录)

## 根结线虫属与孢囊线虫属区别

根结线虫属与孢囊线虫属区别见图 C.1、表 C.1。



说明：

A~G——根结线虫属；

H~N——孢囊线虫属；

A、H——二龄幼虫整体(注意根结线虫属二龄幼虫更细)；

B、I——二龄幼虫头部(根结线虫属二龄幼虫唇区骨化及口针较弱)；

C、J——二龄幼虫尾部(根结线虫属的透明区(标为黑色)更短)；

D、K——发育中的雄虫(根结线虫属有尾尖突)；

E、L——发育中的雄虫(根结线虫属有尾尖突)；

F、M——雌虫(根结线虫属的卵排出到体外的胶质鞘中,孢囊线虫属则位于雌虫体内)；

G、N——雌虫头部(箭头示不同的排泄孔位置)。

图 C.1 根结线虫属与孢囊线虫属区别



表 C.1 根结线虫属线虫和线虫孢囊属区别

发育阶段	特征	根结线虫属	孢囊线虫属
二龄幼虫	体形	较细,体前部近圆锥形	较粗,体前部近圆柱形
	唇区	骨化和缢缩不明显	骨化和缢缩明显
	口针	较细弱,<19 μm	较强壮,20 μm~30 μm
	透明尾	较短	较长
雄虫	唇区	骨化弱,唇环 2 个	高度骨化,唇环 4 个~5 个
	口针	较细弱	较强壮
雌虫	排泄孔	位于中食道球瓣门前	位于中食道球瓣门后
	表皮	薄,白色,死亡后不变为黄褐色,不形成孢囊	厚,死亡后变为黄褐色,形成孢囊
	卵	排入卵囊中,只有少量留在雌虫体内	大量留在雌虫体内,只有少量排入小卵囊中
	尾末端	不突起,具会阴花纹	突起,具阴门椎
生物学特性	寄主症状	形成根部膨大	不形成根瘤
	寄生特性	成熟雌虫一般留在根内	成熟雌虫体后部常露出根外

## 附录 D

(资料性附录)

## 23 种根结线虫中国种形态特征描述

D.1 猕猴桃根结线虫 *Meloidogyne actinidiae* Li & Yu, 1991

雌虫:成熟雌虫球形或袋状,有明显的颈部,偶尔短颈向腹面弯曲。口针细小,基球小而圆,长  $11\ \mu\text{m}\sim 16\ \mu\text{m}$ 。会阴花纹圆形至卵圆形,线纹平滑,紧密,断裂少。侧区线纹排列疏松,断裂多,偶尔形成翼状。阴门两端发出的线纹断裂多,可直接伸向肛门、尾区及肛尾之内。

雄虫:体细长,头冠低平,口针长  $20\ \mu\text{m}\sim 26\ \mu\text{m}$ ,侧线 4 条,近尾部往往网格化。

二龄幼虫:头高而圆,头冠低平,口针长  $13\ \mu\text{m}\sim 15\ \mu\text{m}$ ,口针基球圆形,高约  $1.5\ \mu\text{m}$ ,宽约  $2.6\ \mu\text{m}$ 。尾部细长,渐尖,有的缢缩。

寄主植物:猕猴桃、西瓜、番茄、辣椒。

分布:河南省信阳市。

D.2 花生根结线虫 *Meloidogyne arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949

雌虫:梨形,后部无末端突起;口针  $13\ \mu\text{m}\sim 17\ \mu\text{m}$ ,锥部弯向背部,向前渐变细,顶部钝;杆部宽,圆柱状,向后逐渐变宽;口针基球圆形到泪滴形;会阴花纹变异较大,圆到卵圆形,线纹细微到显著;背弓低平,线纹平滑或波纹状,连续或断裂,在侧线处略向尾端弯曲;背弓在侧部通常呈肩状;背部线纹和腹部线纹通常在侧线附近交叉相遇,呈锯齿状;侧区显著,略不规则。

雄虫:唇区不缢缩,光滑,偶尔具有 1 个~2 个不规则的唇环,唇盘基本为圆形,略高于中唇,通常无侧唇,口针  $20\ \mu\text{m}\sim 28\ \mu\text{m}$ ,基部球缢缩,角状或更加融合,背食道腺开口到口针基球的距离(DGO) =  $4\ \mu\text{m}\sim 8\ \mu\text{m}$ 。

二龄幼虫:L =  $392\ \mu\text{m}\sim 605\ \mu\text{m}$ ,半月体位于排泄孔前 1 个~3 个环纹的位置,尾长  $44\ \mu\text{m}\sim 69\ \mu\text{m}$ ,尾尖圆到尖,透明尾不清晰,长  $6\ \mu\text{m}\sim 13\ \mu\text{m}$ 。

寄主:十分广泛,单子叶植物和双子叶植物均可寄生。

分布:世界范围内分布,较温暖地区以及冷凉地区的温室中均有发生。

D.3 柑橘根结线虫 *Meloidogyne citri* Zhang, Gao & Weng, 1990

雌虫:虫体白色,球形或梨形,有明显的颈部,体后部稍隆起。头部具 2 个环纹,头骨架中等。口针细,锥部明显弯向背面,杆部圆柱形,基部球呈横卵形。会阴花纹近圆形,背弓低而平,有时在背弓两侧形成角状,无侧线。肛门上方有横纹或短纵纹,无阴门纹和会阴纹,阴唇上有细密横纹。

雄虫:头低平,与身体连续。口针粗,口针基球横卵形,锥部直。侧线 4 条,有网纹。单精巢前伸,无回折。交合刺发达,弓形,基部圆,端部钝。引带镰刀状,基部较宽。侧尾腺口一个位于泄殖腔水平处,另一个位于泄殖腔稍后,尾端钝圆。

二龄幼虫:头部平截,与虫体连续。口针纤细,锥部直,基部球宽圆形,与杆部分开。侧带隆起,侧线 4 条。尾部渐细,近尾端有 1 次~2 次缢缩,有明显的透明区,尾端钝。

寄主:柑橘。

分布:广东省、福建省。



#### D.4 龙眼根结线虫 *Meloidogyne dimocarpus* Liu & Zhang, 2001

雌虫:体白色至淡黄色,梨形,有明显的颈部。口针粗短,基部球发达,横卵圆形。会阴花纹近圆形,线纹细密,背弓中等高,尾端为线纹的起源中心,有由不规则短线纹组成的尾轮,由连续或断续短线纹组成的近环形同心圆包围。线纹包至阴门两侧,阴门与肛门之间有多条连续线纹,阴门唇常有横线纹。侧区两侧为双侧线,或有一侧为单侧线,部分线纹可通过侧线。侧尾腺口小,但易观察,侧尾腺口间距与阴门裂长度相当。

雄虫:头架中等发达,头冠低,头部比第一体环处窄。口针直,针锥与针杆相连处和针杆与基球相连处均略增粗,口针基部球圆,与杆部界限明显。排泄孔位于半月体前4个~5个体环处,孔宽约占两个体环。侧区侧线4条,具网纹。尾端钝圆,缺2个~3个环。交合刺发达,引带新月形。侧尾腺口明显,位于泄殖腔水平线处。

二龄幼虫:头架中等发达,口针纤细,直,口针基部球圆。中食道球椭圆形,瓣门大。半月体明显,位于食道腺与肠相接处水平线或稍前,排泄孔紧靠其后。食道腺延伸较长,覆盖肠腹面。侧区有4条侧线。尾部常向腹面弯曲,直肠膨大。尾较长,渐细,末端钝圆,尾端透明区明显,尾末端有1次~2次缢缩。

寄主:龙眼。

分布:福建省。

#### D.5 东海根结线虫 *Meloidogyne donghaiensis* Zheng, Lin & Zheng, 1990

雌虫:体洋梨形,具较短的颈,颈部环纹明显。中食道球近圆形。会阴花纹圆形或近圆形,背弓低圆,会阴花纹长 $100\mu\text{m}$ ( $81\mu\text{m}\sim 123\mu\text{m}$ ),宽 $96\mu\text{m}$ ( $78\mu\text{m}\sim 110\mu\text{m}$ )。尾部中央常由数条纹形成圆圈形。侧尾腺口小,一般不在同一水平线上,但清晰可见。阴门裂周围无纹,有时仅有少量纹连接阴门裂的一端或两端。两侧扇内侧近背部处有许多波纹状细纹或碎细纹。侧区一般不明显。

雄虫:头顶端平,中央微凹,边缘弧形。头区无环纹。口针发达,锥体和基杆大约相等,基部球圆,前端斜平。体环明显,体中部环宽 $3\mu\text{m}\sim 4\mu\text{m}$ ,排泄孔离虫体前端 $190\mu\text{m}$ 左右,半月体长约 $5\mu\text{m}$ ,位于排泄孔前2个~3个体环处。侧区一般有4条侧线,约占虫体宽的 $1/4$ ,有时在体中部可看到5条侧线,体末端侧线仅4条或更少,侧区无网格。精巢1个,直生,末端无折叠。交合刺成对,引带短,侧面观略显弯曲。尾部圆形或呈指状,短于肛门处体宽,一般无纹或具少量不明显的环纹。侧尾腺口位于泄殖腔后,一般不在同一水平上。

二龄幼虫:体较长,头前端平或弧形,唇区缢缩不明显。体环纹明显,体中部环宽 $1.2\mu\text{m}\sim 1.3\mu\text{m}$ 。口针细。半月体位置稍前于排泄孔。侧区有4条侧线。直肠不膨大。尾部圆锥形,渐尖,有数个缢缩,末端钝圆。

寄主:柑橘。

分布:福建省晋江市。

#### D.6 象耳豆根结线虫 *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback, 1983

雌虫:梨形,无末端突起;口针 $14\mu\text{m}\sim 17\mu\text{m}$ ,基部球肾形,锯齿状,缢缩;会阴花纹圆到卵圆形,背弓圆;线纹细弱,无侧区或背部线纹与腹部线纹交汇形成单线。

雄虫:唇区不缢缩,唇盘不隆起,无侧唇,口针 $18\mu\text{m}\sim 25\mu\text{m}$ ,基部球圆,向后倾斜,缢缩, $\text{DGO}=3\mu\text{m}\sim 5\mu\text{m}$ 。

二龄幼虫:长 377  $\mu\text{m}$ ~528  $\mu\text{m}$ ,半月体位于排泄孔前 2 个体环的位置,尾长 43  $\mu\text{m}$ ~63  $\mu\text{m}$ ,透明尾 5  $\mu\text{m}$ ~15  $\mu\text{m}$ ,尾尖锐尖。

寄主:广泛,主要有象耳豆、烟草、辣椒、西瓜和棉花等。

分布:中国、法国、瑞士、南非、塞内加尔、西非、美国、巴西、波多黎各、瓜德罗普岛、古巴、马拉维、委内瑞拉等。

#### D.7 繁峙根结线虫 *Meloidogyne fanzhiensis* Chen, Peng & Zheng, 1990

雌虫:体梨形,乳白色,颈部向一侧弯曲,头帽低平,与体躯交界处不缢缩。在 SEM 下唇盘与中唇对称,中唇凹陷形成 1 对亚中唇,侧唇小,头感器开口明显可见,口孔圆形,周围有 6 个内唇感觉器开口。口针较强,基部球与杆部界限明显。排泄孔偏后,约位于 2 倍头端至口针基部球末长度处。食道腺与肠在腹面重叠。体末端不隆起,会阴花纹椭圆形,弓门稍高,波纹中密度,走向较平顺而圆,近尾点的背纹较密而有波折,远尾点的背纹较稀而平滑,近肛门处的背纹向内弯曲。侧区的线纹向内弯曲呈近似旋涡形,会阴区内线纹极少。腹面线纹较少,平顺、细弱。

雄虫:体蠕虫形。头帽隆突,与体区交界处缢缩。侧面观头帽平或略呈弧形;背腹面观头感器开口较明显可见。在 SEM 下,头区口孔卵圆形,口孔周围有 6 个内唇感觉器开口,唇盘略隆突,中唇凹陷形成一对亚中唇,头感器开口长裂缝形。在 LM 下,口针较短,平均长 12.24  $\mu\text{m}$ ,基球圆形,与杆部分界明显,锥部长约为杆部的 1.5 倍;背食道腺开口到口针基部球的距离变化较大,为 4.18  $\mu\text{m}$ ~7.32  $\mu\text{m}$ ,平均为 5.39  $\mu\text{m}$ 。排泄孔到头端的距离约占体长的 10 %。半月体在排泄孔前方约 2  $\mu\text{m}$  处。侧线 4 条,交合刺 1 对,形状、大小基本一致,末端钝圆形,导刺带新月形,尾部末端似有一帽状结构。

二龄幼虫:体型小,蠕虫形。头区与体躯交界处不缢缩,头骨架硬化程度小。侧面观头顶平或略弧形;背腹面观头感器明显可见。在 SEM 下,唇盘圆形,头感器明显,长裂缝状。口针较短,平均长 9.42  $\mu\text{m}$ ,基部球圆形,背食道腺开口到口针基部球末的距离较短,排泄孔位于中食道球后,约为 5 倍于头端到口针基部球末的长度处,半月体位于排泄孔后,离排泄孔 1  $\mu\text{m}$ ~3  $\mu\text{m}$ ,尾短。呈圆锥形,平均长 26.17  $\mu\text{m}$ ,直肠膨大。

寄主:马铃薯。

分布:山西省。

#### D.8 福建根结线虫 *Meloidogyne fujianensis* Pan, 1985

雌虫:孕卵雌虫仅以颈部嵌入根皮并产卵。体膨大,梨形或球形,颈部明显,体后无隆起。口针很细,基部球小而倒斜。排泄孔位于头顶之后 2 倍~4 倍口针长的水平上,在中食道球之前。会阴花纹椭圆形,弓高中等,无侧线,侧尾腺口小。看不清。阴门裂右缘外的阴门板上有一中央凹陷的小圆隆起。背区侧线平滑,两侧线纹波浪形。腹侧线纹较平展,比背侧的线纹略疏。

雄虫:体细长,圆柱状。唇有融合。头顶略凹入,颊长 5  $\mu\text{m}$ ,头部有六辐射状的头架,头架高 7  $\mu\text{m}$ ~8  $\mu\text{m}$ 。口针发达,有倒斜的基部球,基球高 4  $\mu\text{m}$ ,宽 5  $\mu\text{m}$ ~7  $\mu\text{m}$ 。中部食道球较不发达,前细后粗,梨形,中央有明显的瓣门,瓣门之后为食道球的分泌物所充满而膨大。中食道球的前部无与腔相连的泡状结构,食道球之后有的膨大成一壶腹。神经环在食道球稍后,距瓣门 27  $\mu\text{m}$ ~42  $\mu\text{m}$ 。食道腺发达,腺叶在腹侧盖肠之前端,长 133  $\mu\text{m}$ ~160  $\mu\text{m}$ ,宽 19  $\mu\text{m}$ 。半月体在排泄孔前 3 个体环处,其长为 1 个~1.5 个体环。侧区由 4 条侧线组成,无网隙。侧线一直延伸到尾部交合刺以下。尾钝圆,末端无体环。单精巢,很长,前端无反折或有反折。交合刺向腹面弯曲。

二龄幼虫:体细长。头圆形,分不出小头帽。头区高 3  $\mu\text{m}$ ,头架底部宽 5  $\mu\text{m}$ ~6  $\mu\text{m}$ 。口针细,具小的倒斜基部球,(高 1  $\mu\text{m}$ ,宽 2  $\mu\text{m}$ )。食道腺叶从腹面盖肠。半月体位于排泄孔相同的水平上。侧区有



4 条侧线,无网隙。尾中等长,圆锥形,末端尖锐,且无体环。直肠不膨大。

寄主:柑橘。

分布:福建省。

#### D.9 拟禾本科根结线虫 *Meloidogyne graminicola* Golden & Birchfield, 1965

雌虫:体形较长,末端轻微突起;口针  $12\ \mu\text{m}\sim 15\ \mu\text{m}$ ,基部球大,卵圆形,缢缩;会阴花纹圆形到椭圆形,线纹光滑,无侧区。

雄虫:唇区不缢缩,唇盘不隆起,一般有侧唇;口针  $15\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$ ,基部球卵圆形,缢缩,  $\text{DGO} = 3\ \mu\text{m}\sim 4\ \mu\text{m}$ 。

二龄幼虫:体长  $410\ \mu\text{m}\sim 480\ \mu\text{m}$ ,半月体位于排泄孔前或附近的位置,尾长  $60\ \mu\text{m}\sim 80\ \mu\text{m}$ ,尾尖细圆。

寄主:水稻和多种禾本科植物,双子叶杂草也是很好的寄主。

分布:普遍存在于水稻种植区。

#### D.10 禾本科根结线虫 *Meloidogyne graminis* (Sledge & Golden, 1964) Whitehead, 1968

雌虫:虫体长梨形,两侧对称或不对称,颈部短,口针长  $12\ \mu\text{m}\sim 14\ \mu\text{m}$ ,针椎部略向后弯,基部球卵圆形并略向后倾斜,排泄孔位于距头部前端约一个口针长的位置。会阴花纹卵圆形,具粗糙条纹和有棱的背弓,尾末端区域无条纹,侧区可见。

雄虫:体长  $1\ 203\ \mu\text{m}\sim 1\ 322\ \mu\text{m}$ ,侧区具 4 条侧线,头部与体部略缢缩,唇区光滑,口针具圆的基部球,略向后倾斜,背食道腺开口到口针基部球距离相对短,约为  $2.5\ \mu\text{m}\sim 3.0\ \mu\text{m}$ ,尾短,圆。交合刺略弯,长  $25\ \mu\text{m}\sim 30\ \mu\text{m}$ 。

二龄幼虫:虫体相对细长,  $380\ \mu\text{m}\sim 486\ \mu\text{m}$ ,侧区具 4 条侧线,口针  $12\ \mu\text{m}\sim 13\ \mu\text{m}$ ,背食道腺开口靠近口针基部球,  $\text{DGO}$  约为  $2\ \mu\text{m}\sim 3\ \mu\text{m}$ ,半月体位于排泄孔前,直肠膨胀,尾细长,  $68\ \mu\text{m}\sim 79\ \mu\text{m}$ ,透明尾相对长,渐变细,末端细圆。

寄主:剪股颖、结缕草、狗牙根等草坪草。

分布:我国广东省、美国、德国、荷兰。

#### D.11 海南根结线虫 *Meloidogyne hainanensis* Liao & Feng, 1995

雌虫:体乳白色,梨形或球形。体大小变化较大,后端突起明显,颈弯向腹部,体环清楚。电镜观察表明,唇盘稍高,唇盘与中唇不形成典型的哑铃状结构。中唇外缘中间裂口较深。侧唇略小于中唇,侧器开口较大,裂缝状。口针纤弱,锥部直。食道腺大,3 裂状,背裂片最大,2 个腹裂片位于背裂片后面。食道肠细胞 2 个,位于中球与肠的交界处。排泄孔与食道前体部相对,距体前端约 26 个环纹,开口较大。会阴花纹卵圆形或圆形,一般花纹较规则,背纹与腹纹相连,形成同心圈状。背弓较低,常较圆,纹细密,平滑。尾尖区花纹极细密,成波浪或锯齿状皱褶;腹纹常比背纹更细致、平滑;阴门缝较大且长,阴门周围一般无线纹;种内会阴花纹形态变异较小。

雄虫:体线形,大小变化较大。体前端渐细,后端较圆,尾短而钝圆。唇区较高,略有缢缩。电镜观察表明,唇盘高于中盘,并与中唇融合,形成头帽结构。中唇外缘有断裂;侧唇小,侧器开口大,裂缝状。唇区未见环纹。侧区一般有 4 条侧线,两边的 2 条较粗,中间 2 条较细。但在一些标本的体中部可观察到 5 条~8 条侧线;侧区有网状饰纹,常不与体环相对应,一般 1 个网纹宽度相当于 2 个体环。口针粗壮,锥部尖而直;基球大,稍圆,由顶部向基部倾斜;食道腺叶覆盖于肠的腹面。排泄孔位于与食道腺相



对的位置。精巢 1 个,前端反折,长度变化较大。交合刺前端较尖,基部粗壮,引带短。侧尾腺口很小,位于泄殖腔稍下的位置。

二龄幼虫:体线形,较长。唇区稍缢缩。体环极细密,但尾部体环不规则。口针发育程度中等;锥部尖而直,基球较大,圆。食道腺从腹面覆盖肠。排泄孔位于神经环或稍下的相对位置。尾较长,渐细,尾端变化较大,一般末端尖削。透明区清楚。直肠稍膨大。

寄主:水稻。

分布:海南省琼中黎族苗族自治县。

#### D.12 北方根结线虫 *Meloidogyne hapla* Chitwood, 1949

雌虫:口针纤细,基球小,与基杆的界限明显;DGO 值大;排泄孔的位置有变化,但通常较靠后;会阴花纹形状多变,常为圆的六边形到扁的卵圆形,线纹通常细,背线和腹线相连不规则,通常有侧线,有时出现明显侧沟。尾端区刻点总是存在,局限在尾端或扩展到会阴花纹的其他部位。会阴花纹侧面有时形成翼。

雄虫:头部形态虽然有变化,但是头冠较窄而头区与体分界的典型头部形态占主导地位;口针基杆圆柱形或向后渐粗,但基杆与基球联结处通常不是基杆最粗的部位,基球圆,彼此分离且与基杆分界明显;DGO 值较大。

二龄幼虫:无特别的鉴定特征,但大多数直肠不膨大,尾透明末端的界限通常不明显,尾端形态有变化。

总之,对于北方根结线虫,最有用的鉴定特征是雌虫的会阴花纹和雄虫的头部形态。

寄主:广泛,主要有玉米、大豆、花生、马铃薯、烟草等。

分布:广泛,包括辽宁省、吉林省、山东省、河南省、江苏省、福建省等。

#### D.13 西班牙根结 *Meloidogyne hispanica* Hirschmann, 1986

雌虫:虫体卵圆形到球形,无末端突起;头部不缢缩;口针  $13.6\ \mu\text{m}\sim 14.6\ \mu\text{m}$ ,基部球大,在口针杆部缢缩;会阴花纹卵圆形到长方形,背弓一般较低,有时有较高的方形背弓,背部线纹细,波纹状或粗,腹部线纹细,波纹状,在一侧形成翼状物,侧线二叉状,侧区显著。

雄虫:头部缢缩,唇盘大而宽,略隆起,中唇窄,新月形,外缘光滑,侧唇明显;口针  $21.7\ \mu\text{m}\sim 24.3\ \mu\text{m}$ ,基部球大而圆,与杆部形成缢缩,  $\text{DGO}=1.4\ \mu\text{m}\sim 3.6\ \mu\text{m}$ 。

二龄幼虫:体长  $356\ \mu\text{m}\sim 441\ \mu\text{m}$ ,半月体位于排泄孔前 1 个~2 个体环的位置,尾长  $41.1\ \mu\text{m}\sim 53.4\ \mu\text{m}$ ,透明尾不明显,尾细弱,尾尖钝圆。

寄主:番茄和桃树。

分布:我国海南省、西班牙。

#### D.14 南方根结线虫 *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949

雌虫:雌虫体为梨形,颈比较短,与身体的分界不明显。头冠窄,头区上的环纹不明显,口针锥体尖端钝尖,向后逐渐变粗。锥体向腹面有不同程度的弯曲。口针基杆圆柱形,向后略加粗,口针基球多数为扁球形,纵向窄,横向宽,整个基球前缘平,有的前端有凹陷,与基杆界线明显。在少数标本中,基球前缘略向后斜,致使基球与基杆的分界不太明显。背食道腺开口距口针基部球的距离中等;中食道球接近球形,瓣门明显,亚腹食道腺开口于瓣门后方;后食道体有 1 个背食道腺和 2 个亚腹食道腺,背食道腺巨大。排泄孔的位置比较靠前,其到头端的距离接近口针长度的 2 倍,不同个体排泄孔的位置变化较大。



会阴花纹大多数背弓高,为方形或梯形,线纹稀疏,较粗,出现不同程度的波浪,线纹不连续。侧区很不明显,个别会阴花纹中在背线和腹线相交处出现断线,或者线纹发生轻微弯曲而大体指示出侧区的位置。尾端无线纹或有线纹,有线纹时则常形成“涡”。腹线比较连续和光滑,有时有线纹从两侧伸向阴门。阴门比较窄,边缘光滑。阴门与肛门之间无线纹。肛门区无线纹或有几条线纹通过。个别会阴花纹背弓较低,不呈方形,背线和腹线相交处出现断线,露出断续的侧区,或者发生弯曲而形成不太明显的肩状突起,似花生根结线虫典型的会阴花纹。

雄虫:温热杀死后体向腹面略有弯曲。体前端较细,后部较粗,尾部弯曲 90 °,侧区有 4 条侧线。头冠与头区分界明显,头冠前端中央凹陷,有的则凹陷不明显,头冠比头区稍窄或等宽,头区有 2 条~3 条不完全的环纹,有的个体环纹不明显。头区与体分界不明显。头架骨化明显。口针锥体前端细,向后逐渐加粗,口针基杆圆柱形,上下几乎等宽。口针基球为球形或扁球形,横向宽,前缘平,与基杆界限明显。背食道腺开口距口针基部球的距离中等, $DGO=2.9\ \mu\text{m}$ ( $2\ \mu\text{m}\sim 3.8\ \mu\text{m}$ )。排泄孔的位置有变化,半月体通常在排泄孔前  $14\ \mu\text{m}$ ( $10\ \mu\text{m}\sim 20\ \mu\text{m}$ )。中食道球椭圆形,瓣门肉质化明显。背食道腺从腹面覆盖肠的前端。精巢长短不一。尾细圆,交合刺和引带典型,侧尾腺口在泄殖腔稍前方。

二龄幼虫:温热杀死后体直或略有弯曲,中前部宽,向两端变细,尾端最细。头冠明显,前端平,头区与虫体界限不明显,无或有不明显的环纹。口针纤细,锥体和基杆的界限不明显,口针基球小。中食道球椭圆形,瓣门明显,排泄孔在中食道球后方约  $25\ \mu\text{m}$  处,位置比较稳定(EP 的变异系数为 4.9),有的个体直肠膨大明显,有的则不明显。尾比较长,尾透明末端界限不明显,其长度  $12.2\ \mu\text{m}\sim 17.8\ \mu\text{m}$ ,变化较大。尾透明末端通常不平滑,有弯曲或不明显缢缩。尾尖尖圆或钝圆。

寄主:广泛,包括水稻、小麦、玉米棉花、大豆、胡萝卜等。

分布:广泛。

#### D.15 爪哇根结线虫 *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885)Chitwood, 1949

雌虫:体梨形或近球形,颈较长,与虫体纵轴在一条直线上或略弯向一侧,与体分界明显。虫体前端较细,后端圆、平,或臀部略微突出。口针纤细,略向背面弯曲。口针锥体向后斜,与基杆分界很明显。有的基球较小。背食道腺开口到口针基球的距离较小, $DGO=3.3\ \mu\text{m}$ ( $2\ \mu\text{m}\sim 4\ \mu\text{m}$ )。中食道球卵圆形。有的为近圆或近方形,瓣门肉质化明显,内有明显的颗粒状物质。亚腹食道腺开口于瓣门稍后方。排泄孔位于口针基球和中食道球之间,距口针基球的距离平均为 1.5 个口针长。会阴花纹背弓中等或低,圆形,或为上窄下宽的梯形线纹细密,平滑或有微小波纹,连续。侧区非常明显,通常有 2 条清晰的侧线;侧区宽窄均匀,连续,向前延伸的距离很长,将线纹分为明显的背面和腹面两部分。尾端明显,通常有涡。腹线细密连续。阴门区无线纹或几条短纹从侧面伸向阴门。肛门区两侧有许多断纹,有的较粗,通常弯曲,有的线纹离肛门很近。侧尾腺口之间的距离略大于阴门长度。

雄虫:头冠宽,前端圆,头区宽低,有 2 条不完全环纹,头区与体分界不明显。口针锥体向后渐粗,末端略宽于基杆前端,基杆圆柱形。基球扁圆形,横向宽,前端凹或平,与基杆分界明显。背食道腺开口距口针基球短。中食道球明显,瓣门大。食道腺从腹面覆盖肠。排泄孔明显,半月体在排泄孔前 11 个~5 个体环之间。侧区有 4 条侧线,外侧侧线呈锯齿状。交合刺和引带典型,尾端阔圆,侧尾腺口位于泄殖腔上方。

二龄幼虫:温热杀死后体略向腹面弯曲。头冠平,比头区窄。头区无环纹,与体连续。口针纤细,基球小,近圆形,彼此分离。中食道球明显。排泄孔位于中食道球后约 2 个口针长度处。直肠膨大明显。尾透明末端界限明显。有的尾较粗,有的较细。尾端粗细差别很大。尾端平滑或有宽纹,尾尖圆或尖。

寄主:广泛,包括大豆、红麻、芹菜、棕榈、黄瓜、茶、桑等。

分布:广泛。

#### D.16 简阳根结线虫 *Meloidogyne jianyangensis* Yang, Hu, Chen & Zhu, 1990

雌虫:成熟雌虫乳白至黄色、近球形,有一明显的颈部。体的大小差异很大。头部和颈部分界不明显,头部无环纹,尾尖处通常有一小的隆起。排泄孔位于距头端约2个口针,清晰可见。口针纤细,不弯曲,有3个和杆部界限明显的基部球。会阴花纹线纹平滑,纤细,背腹线纹通常连贯。从尾尖处向两侧有脊状放射形条纹,条纹数目不定在肛阴区的背侧有半圈脊状条纹,在放射条纹间线纹有时不连续,就像有很多刻点肛阴区无条纹。侧尾腺口在肛门上方,两个侧尾腺口距离很近。

雄虫:线形,无色透明或乳白色。体长变化很大,两端稍细,尾端比头端粗。侧带处有4条侧线,两边两条侧线间有横纹,中间两条侧线间有横纹,中间两条侧线间通常无横纹。头冠高,无环纹。唇盘和中唇融合,唇盘稍高于中唇,中唇外侧边缘中央稍向内凹陷;口孔裂缝状,无侧唇;侧器口大,裂缝状,位于唇盘下方。口针直,顶端尖,有3个和杆部界限明显的基部球。排泄孔在半月体后,紧靠半月体。半月小体不易看到。交合刺和引带垫刃型。侧尾腺口不易看到。

二龄幼虫:蠕虫形,侧带处有4条侧线。头冠高,无环纹,与体界限明显。唇盘和中唇融合成哑铃形,唇盘稍高于中唇,有2侧唇;侧器口缝状,位于唇盘和侧唇之间。口针直,有3个和杆部界限明显的基部球。排泄孔位于半月体后,排泄管清楚,半月小体不易看到。直肠稍膨大。尾部渐细,尾端尖。侧尾腺口不易看到。

寄主:柑橘。

分布:四川省。

#### D.17 济南根结线虫 *Meloidogyne jinanensis* Zhang & Su, 1986

雌虫:成熟雌虫为珍珠白色,梨形或桃形。头帽后具有2个~3个头环。头感器开口明显易见。排泄孔到体前端的距离为口针长度的3.5倍。半月体长 $3.2\mu\text{m}$ ,在排泄孔前1个~2个环纹处。会阴花纹圆形或卵圆形,背弓中等高度,常呈梯形。两内侧线中有许多短的缘饰样(流海样)线纹;两内侧线之间常有一条弯曲的线纹互相连接,连接线纹的上方或背侧,通常几乎无线纹或有极少线纹。在肛门与尾尖之间有一刻点区,有的标本其刻点可伸展到阴门两侧,在肛门附近有明显的肛门褶。组成会阴花纹的线纹光滑、连续,稍有点波纹。

雄虫:体为蠕虫状,前端较中、后部为窄,尾端钝圆。背腹面观后头上有3个头环,头感器开口明显。口针基部球后缘至头前端的距离为 $24.0\mu\text{m}$ ( $21.7\mu\text{m}\sim 26.0\mu\text{m}$ )。口针较雌虫和侵染期幼虫的粗大。半月体长 $3.4\mu\text{m}$ ,位于排泄孔前方1个~2个环纹处。侧带具有4条侧线。交合刺1对,形状相似,大小相等。引带1个,新月状,位于交合刺的背面。侧尾腺口明显易见,位于泄殖孔后侧,距尾端 $7.0\mu\text{m}$ ( $3.2\mu\text{m}\sim 12.8\mu\text{m}$ )。

二龄幼虫:体呈线形,侧面观有2个~3个头环。口针基部后缘至头端 $15.7\mu\text{m}$ ( $14.0\mu\text{m}\sim 17.5\mu\text{m}$ )。半月体长 $3.8\mu\text{m}$ ,位于排泄孔前方1个~2个环纹处。尾部长圆锥形,末端钝圆而无环纹。直肠不膨大。

寄主:一串红、苕麻、红麻。

分布:山东省济南市、河南省潢川县和商城县。

#### D.18 孔氏根结线虫 *Meloidogyne kongi* Yang, Wang & Feng, 1988

雌虫:雌虫乳白色至黄色,有突出的颈,体呈梨形,大小变化很大,有一明显的后部隆起。颈部环纹清晰,体环纹不清楚。头部和身体缢缩明显。头部无环纹,唇区不隆起,头部骨骼不发达。排泄孔离头



端距离相当于口针长的2倍~3倍。食道发达。口针直,顶端尖,锥部和杆部交界处稍膨大,有3个发达的口针基部球。口针基部球和杆部界限明显。中食道球形,瓣门发达。两个亚腹食道腺开口于中食道球瓣门的下方腹侧,食道腺在腹面覆盖肠的前端。会阴花纹圆形至椭圆形,有的呈长椭圆形,有的呈扁椭圆形;背弓圆,高度中等或偏低;线纹平滑、纤细,背腹连贯;无侧线,在侧区也无短碎线纹。尾尖可见,围绕尾尖有环形线纹。这些线纹也包围肛门。阴门缝状,两侧有伸向阴门的线纹。有的会阴花纹在阴门和肛门之间及阴门周围也布满线纹。侧尾腺口大,圆形,位于围绕尾尖的环形线纹内。

雄虫:雄虫体线形,头部稍细,尾部钝圆。体表有明显的环纹,侧区有4条侧线,但中间两条侧线间无网格纹。头冠高,头部和虫体有明显界限,头部无环纹,骨骼发达。唇盘和中唇融合。唇盘圆形并稍高于中唇,有两个半圆形的侧唇。口呈缝状,稍凹陷,周围有6个内陷的感觉乳突。侧器大,缝状,位于唇盘和侧唇中间。口针顶端尖,锥部基部稍宽于杆部。杆部圆柱形,有3个发达的口针基部球,口针基部球和杆部界限明显。中食道球卵圆形,有发达的瓣门。整个食道腺在腹面覆盖肠的前端。神经环位于中食道球下方。排泄孔位于半月体下2个~3个体环处,半月小体清楚可见。交合刺1对,垫刃型;引带1个。侧尾腺口很难看到。

二龄幼虫:体线形,两端尖。体表有明显环纹。侧区有4条侧线,具网格纹,但中间两条侧线间无网格纹。头冠高,头部和虫体有明显界限,头部无环纹。排泄孔位于半月体后3个~4个体环处。唇盘和中唇融合,呈哑铃状。唇盘圆形,并稍高于中唇。中唇近长方形,无侧唇。侧器缝状,位于中唇下方。口针顶端尖,有3个基部球,基部球和杆部界限明显。尾部逐渐变细,尾尖钝圆。因肠内内含物太多,直肠不易观察到。

寄主:柑橘。

分布:广西壮族自治区。

#### D.19 林氏根结线虫 *Meloidogyne lini* Yang, Hu & Xu, 1988

雌虫:成熟雌虫乳白色,球形或梨形,大小有很大变化。颈不在体的纵轴线上,而向一边倾斜,体有一明显的后部隆起。头部和颈部的界限明显。头部无环纹。排泄孔位于中食道球与头端的中央。口针向背面弯曲,口针基球和基杆的界限明显;会阴花纹圆形或椭圆形,背弓高中等,线纹平滑且非常纤细,背腹线纹连贯,在背弓处有很多不规则的细碎线纹。阴肛区通常无线纹,有时肛门下方有些细碎的短线纹,无刻点。阴唇凸起如嘴唇状。侧尾腺口不明显,通常看不见。尾尖可见。

雄虫:体线形,体环纹粗糙,体表通常有很多细的纵纹。头冠较高,和身体界限明显。头部无环纹。在SEM下,唇盘和中唇融合。唇盘高于中唇。中唇边缘中部有缺刻,如同裂成两瓣。口孔周围凹陷,整个唇盘如火山口状,口孔裂缝状。有两耳状侧唇。侧器口大,椭圆形。侧带处具侧线10条~12条,在近头部和尾部减为6条~8条,侧带包及尾端。口针较粗壮,顶端尖,不弯曲,杆部圆柱状,有明显口针导环。口针基部球大,椭圆形,和杆部界限明显。排泄孔在半月体后紧靠半月体位于中食道球后约2.5个口针长度处。精巢1个,交合刺和引带垫刃型。侧尾腺口看不到。

二龄幼虫:体线形。头部和身体界限很明显。用SEM观察,唇盘和中唇融合成蝴蝶结状。中唇边缘中部有缺刻,看起来如同两瓣。口孔周围有6个内陷乳突。侧器口大,裂缝状。有侧唇痕迹。口针较细,顶端尖,不弯曲,口针基球和杆部界限明显。排泄孔在半月体后紧靠半月体。侧带处有侧线5条~6条。尾部渐细,端部有一细小尖突。直肠不膨大。

寄主:水稻。

分布:广西壮族自治区浦北县。



D.20 闽南根结线虫 *Meloidogyne mingnanica* Zhang, 1993

雌虫:虫体白色至淡黄色,角质膜较窄,颈弯向腹面,体后部稍隆起。排泄孔位于口针基球后。口针细,针锥直,针杆柱状,口针基部球前缘向后倾斜。扫描电镜观察,唇盘隆起,背腹面分叉而使唇盘呈X形,叉端向上翘,端部尖或钝圆。口孔缝隙状,前口椭圆形,围有6枚内唇感器,唇片6个或相互愈合。侧器孔大,缝状,位于唇盘和侧唇之间,唇后有一个不完整的环。会阴花纹内层呈“8”形,在肛门上有1条~2条横纹将会阴区与尾区明显隔开,肛门和阴门之间无线纹。尾端角质膜增厚,有卷曲的螺纹或不规则的皱纹。会阴花纹内侧角质膜加厚形成脊状。阴唇有细横纹,侧尾腺口小,不易观察。背弓低平,方形或半圆形。

雄虫:体线形。头顶平截,口针粗直,口针基部球大。交合刺发达,弓形,引带呈新月形。扫描电镜观察,唇盘圆,稍高于中唇,口孔缝状,前口椭圆形,围有6枚内唇感器,中唇比唇盘宽,外缘向内凹陷或平滑,侧器退化,侧器口大,位于唇盘下方。侧带始于虫体前部约第6个体环,向后延伸包住尾端,侧线数目开始为3条,渐增为4条,中部侧带有网格纹。侧尾腺口小,位于泄殖腔水平处。

二龄幼虫:头顶平截,口针直,口针基球明显,唇后有一个环纹。扫描电镜观察,唇盘和中唇融合,稍比中唇高,椭圆形,前口圆形。中唇形态多样:半圆形、条状或外缘中部内陷形成叉状。侧器口缝状,位于侧唇和唇盘之间。侧唇退化为线状,两端与中唇融合。唇后有一个环纹。侧区前部和后部有3条侧线,中部4条,前部侧带有网纹。尾部渐细,尾端钝圆,近端部有1次~2次缢缩。直肠不膨大。尾端透明区较短。

寄主:柑橘。

分布:福建省、湖北省。

D.21 番禺根结线虫 *Meloidogyne panyuensis* Liao, Yang, Feng & Karssen, 2005

雌虫:体球形到梨形,体后部略凸起,颈部明显。头部骨化较弱,唇区缢缩明显。颈部环纹细,之后环纹不明显。排泄孔位于头部和中食道球之间。口针发达,基部球圆而大,与口针杆部缢缩明显。会阴花纹圆形到卵圆形,条纹光滑或略粗糙,背弓较低,侧线不清晰。尾部条纹不规则,无刻点。侧尾腺很小,不清晰。

雄虫:体纤细,蠕虫状,头和尾均呈半圆形。侧线4条。头略缢缩,唇盘后有1个环纹。头区中等骨化,唇盘大、卵圆形。口针强壮、直,前端尖。杆部圆柱形,基部球圆而大,与口针杆部缢缩明显。食道前体部较细,中食道球大、卵圆形,食道腺腹面覆盖肠。精巢长,有时回折。尾短,向腹面扭曲,末端圆。交合刺强壮,腹弯。

二龄幼虫:线形,前端略尖,体环小而清晰。侧线4条。唇区略缢缩,头部骨架弱。口针细,中等长度,锥部较直。口针基部球圆而清楚,与杆部有缢缩。食道前体部较细,中食道球卵圆形,食道腺腹面覆盖肠。半月体与排泄孔相邻,在排泄孔前约2  $\mu\text{m}$ 。直肠略膨大。尾锥形,末端尖,有时不规则,体环明显。

寄主:花生。

分布:广东省。

D.22 悬铃木根结线虫 *Meloidogyne platani* Hirschmann, 1982

雌虫:体白色,形状有变化,球形到梨形,有明显的颈,体后部圆,无尾突。头区明显与颈部分离,无环纹。口针纤细,锥体部明显向背面弯曲,向末端渐尖;口针基杆后部略粗;口针基部球彼此分离,均匀

圆形,与基杆分离。排泄孔的位置有变化,通常位于背食道腺管开口的后边。会阴花纹的线纹密、细、连续。背弓低,整个花纹呈圆形。只在一些标本中,在侧线处存在微小分叉的线纹,通常分不清侧线,背部和腹部的线纹在侧面连续呈微波到锯齿形而显示出侧区的位置。锯齿形线纹是该种会阴花纹的重要特征,常在花纹的一侧比另一侧明显。内侧线区有突起的、不规则的、紧密地形成环或褶的线纹。腹部花纹由细弯而连续的线纹组成,通常在中途间断。尾尖看不到,中央尾区几乎无纹。阴门边缘呈明显的钝齿状。非常细的阴门线纹从边缘向外辐射。侧尾腺管明显。

雄虫:体纤细,蠕虫状,热杀死后呈C形。侧面观头冠低圆,比稍缢缩的头区窄。电镜观察,唇盘巨大、圆形,明显突出。中唇和唇盘形成伸长的头冠。中唇新月形到不规则尖形,并可延伸到头区上一定距离。无侧唇的痕迹。头区无环纹。侧区基本上有4条侧线,在一些标本中某些部位有8条侧线,并延伸一定距离。头架中度发达。口针粗壮,基部球巨大,近圆形,与基杆明显分离,向后略斜。口针基杆部上下等粗。背食道腺管开口到口针基部球的距离通常短。排泄孔明显;半月体位于排泄孔前1个~4个体环处。精巢单或双。交合刺弓形,长而纤细,具小而圆的基部和单个钝的尖部。引带明显,简单。侧尾腺口位于泄殖腔区,在电镜下呈缝状。

二龄幼虫:体相当大。头区平截,与体略分离。电镜观察,唇盘明显突起,中唇和唇盘呈哑铃形。侧唇与中唇成直角,比中唇低,一侧唇偶尔与头区融合。头区无环纹。侧环纹明显,侧区有4条侧线。口针纤细,但口针基部球大而圆,彼此明显分离,向后稍微倾斜。半月体位于排泄孔前1个~3个体环处。尾纤细,在一些标本中尾在肛门后突然变细。尾环不规则,在透明末端附近尾环加宽。尾的透明末端明显,略缢缩而无环纹,或不缢缩,有很少的宽环纹。尾尖阔、钝圆。直肠膨大非常明显,充满基质。侧尾腺口小,模糊,位于肛门后不远处。

寄主:悬铃木,青桐。

分布:山东省青岛市、江苏省南京市。

#### D.23 中华根结线虫 *Meloidogyne sinensis* Zhang, 1983

雌虫:成熟雌虫为珍珠白色,多呈球形或梨形。排泄孔清楚可见,但其位置变化较大,一般位于离虫体前端40 μm处。整个会阴区图纹近似圆形,弓部低而圆,背扇环纹光滑而连续,在背扇的近中央和两侧的环纹通常呈锯齿状,侧线不明显,常呈现不规则或不连续的环纹,有时背、腹扇环纹沿侧线相遇呈一微小角度。在肛门上方通常有许多短的线纹。肛门附近的角质层向内折叠,形成一条明显的折线。腹扇环纹光滑、连续,具波纹,特别是近会阴区图纹外缘,波纹尤为明显,有时腹扇环纹稍微向两侧延伸与背扇环纹相遇呈翼状。

雄虫:体呈细长的线形,前端微尖,后端钝圆,有粗而短的尾部。头环3个~4个。半月体位于排泄孔前7个(3个~4个)体环处。侧带有4条侧线〔交合刺两个,形状相似,大小相等,其腹面稍有弯曲,近端较粗大,向远端逐渐变细。引带短,侧面观略呈弓形。侧尾腺口显著,对称。

二龄幼虫:体较一般根结线虫的幼虫为长。半月体紧靠在排泄孔的前边。直肠前部膨大呈梨形,后端为一细小管道。尾部较长,常有数个缢缩,末端钝尖。

寄主:马铃薯。

分布:山东省济南市。



附录 E  
(资料性附录)

23 种根结线虫中国种线描图

23 种根结线虫中国种线描图见图 E.1~图 E.23。

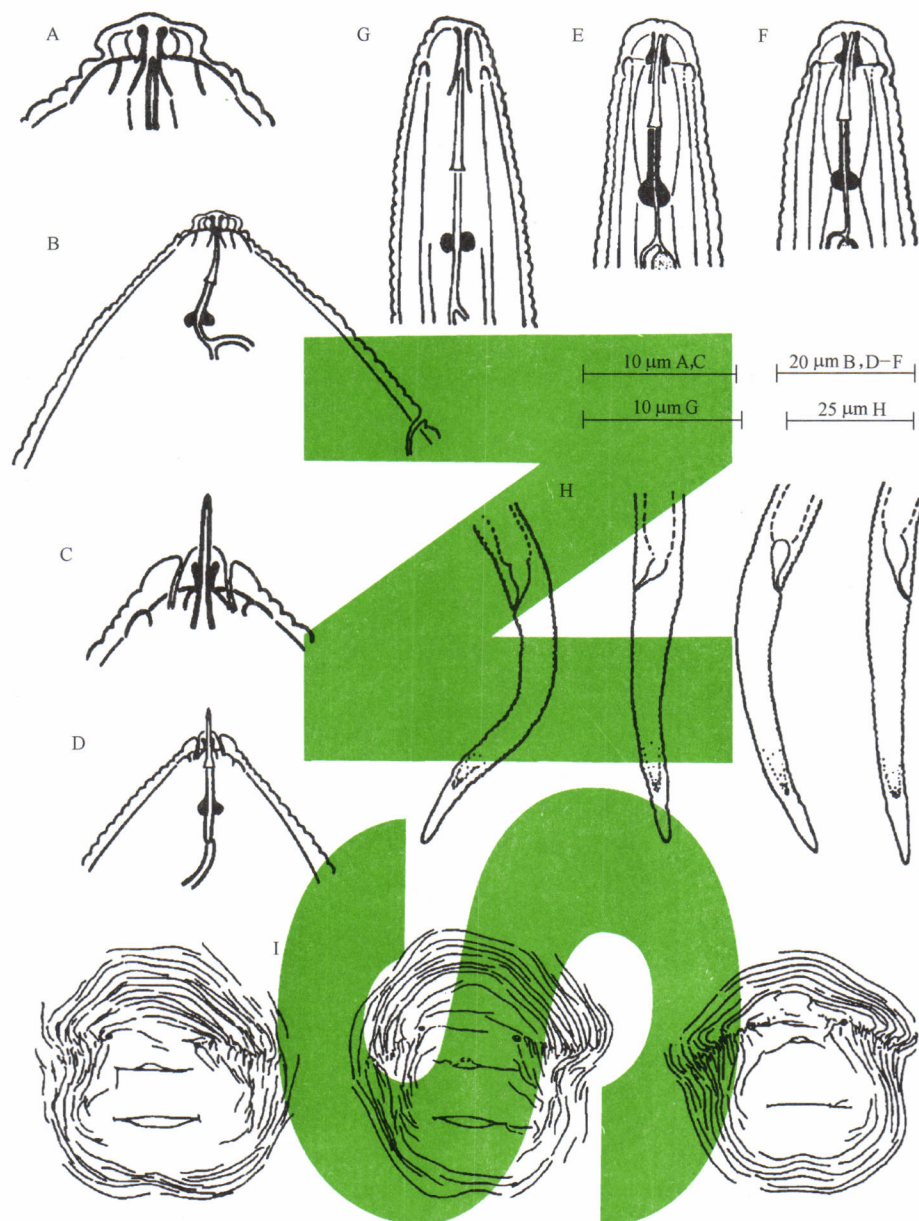


说明:

- A —— 雌虫前体部;  
B、C —— 雌虫整体;  
D —— 会阴花纹;  
E —— 雄虫头部;  
F、G —— 雄虫尾腹面和侧面观;  
H —— 雄虫侧区;  
I —— 二龄幼虫头部;  
J~K —— 二龄幼虫尾部。

注: 仿自李淑君等, 1991。

图 E.1 猕猴桃根结线虫



说明:

A~D ——雌虫头部;

E、F ——雄虫头部;

G ——二龄幼虫头部;

H ——二龄幼虫尾部;

I ——会阴花纹。

注: A~H 仿自 Whitehead, 1968; I 仿自 Williams, 1975。

图 E.2 花生根结线虫





说明:

A~B——会阴花纹;

C——雄虫口针;

D——雄虫头顶面观;

E——二龄幼虫头顶面观;

F——雄虫体前部;

G——雌虫口针;

H——雌虫外形;

I——雌虫头顶面观;

J——雌虫体前部;

注: 仿自张绍升等, 1991。

K——二龄幼虫;

L——雄虫;

M——雄虫侧区;

N——雄虫尾;

O——雄虫引带;

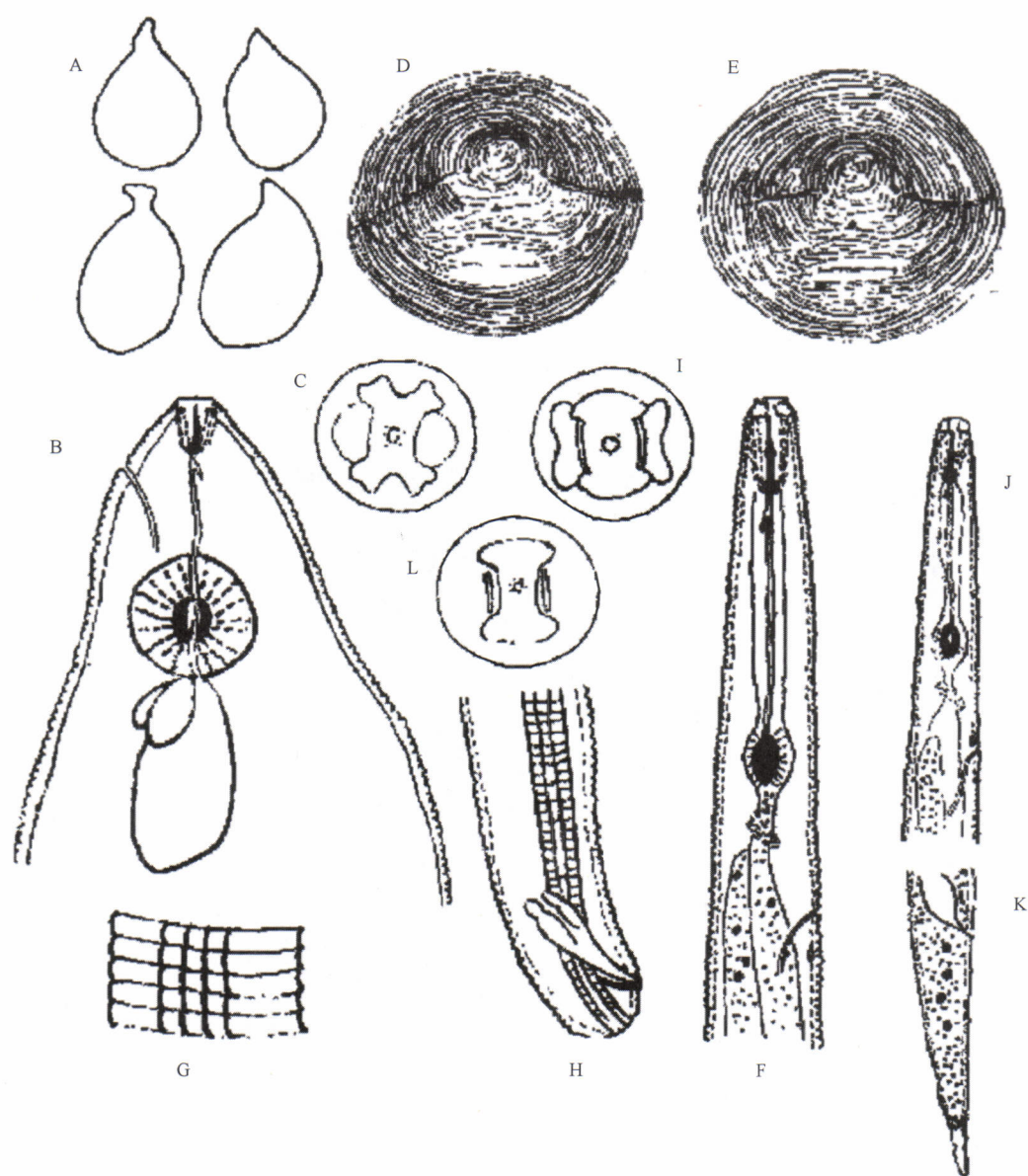
P——雄虫交合刺;

Q——雄虫尾腹面观;

R~S——二龄幼虫尾部;

T——二龄幼虫体前部。

图 E.3 柑橘根结线虫

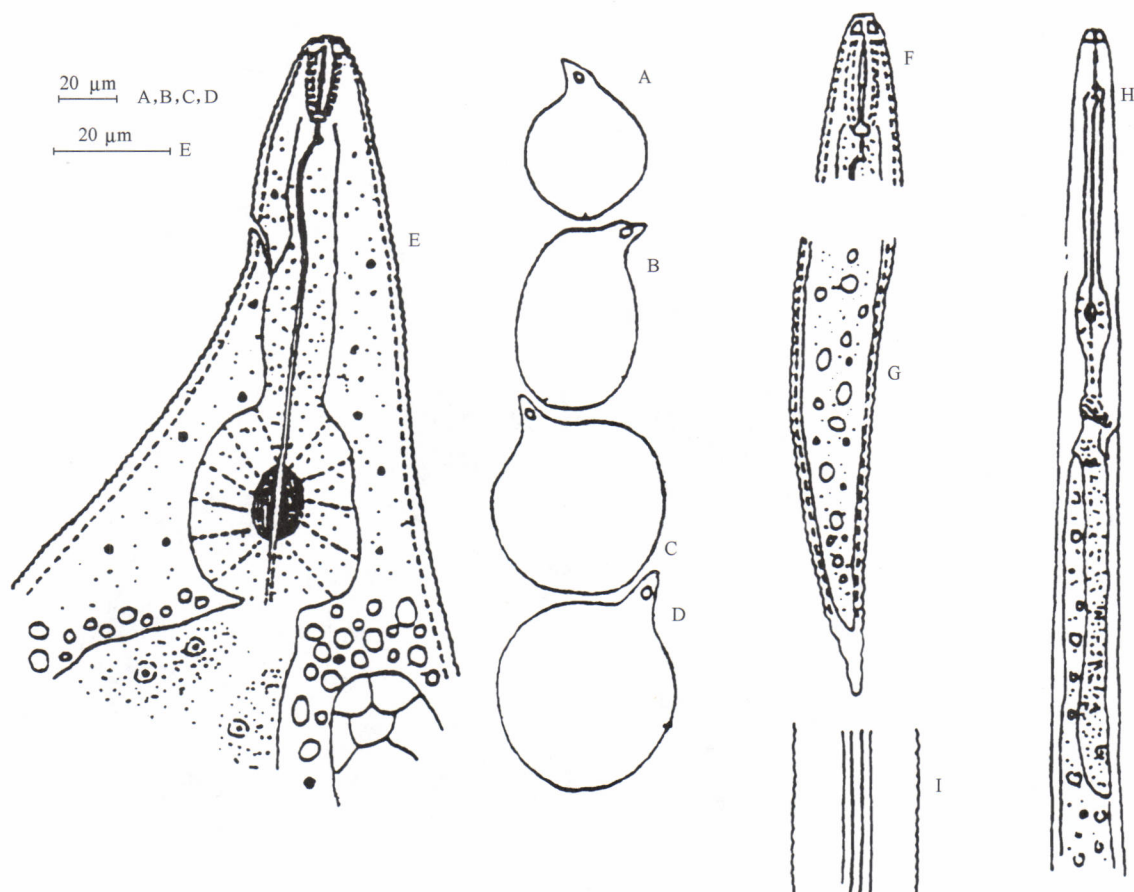


说明：

- A —— 雌虫；
- B —— 雌虫前部；
- C —— 雌虫头部正面；
- D、E —— 会阴花纹；
- F —— 雄虫前部；
- G —— 雄虫侧区；
- H —— 雄虫尾部；
- I —— 雄虫头部正面；
- J —— 二龄幼虫头部；
- K —— 二龄幼虫尾部；
- L —— 二龄幼虫头部正面。

注：仿自刘国坤等, 2001。

图 E.4 龙眼根结线虫



说明:

A~D —— 雌虫外形;

E —— 雌虫前部;

F —— 二龄幼虫头部;

G —— 二龄幼虫尾部;

H —— 二龄幼虫前部;

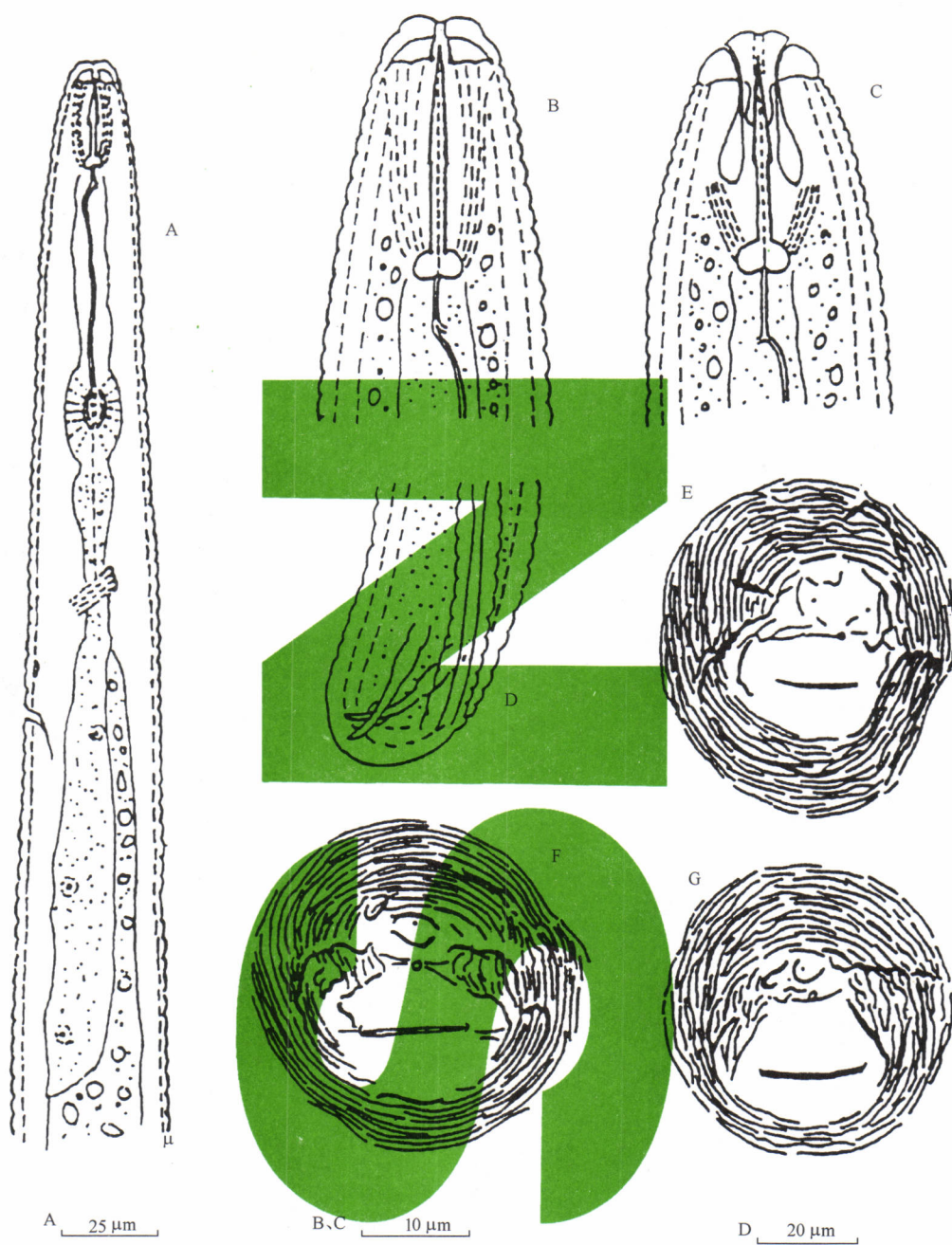
I —— 二龄幼虫侧区。

注: 仿自郑良等, 1990。

a) 雌虫和二龄幼虫

图 E.5 东海根结线虫





说明:

A —— 雄虫前部;

B、C —— 雄虫头部;

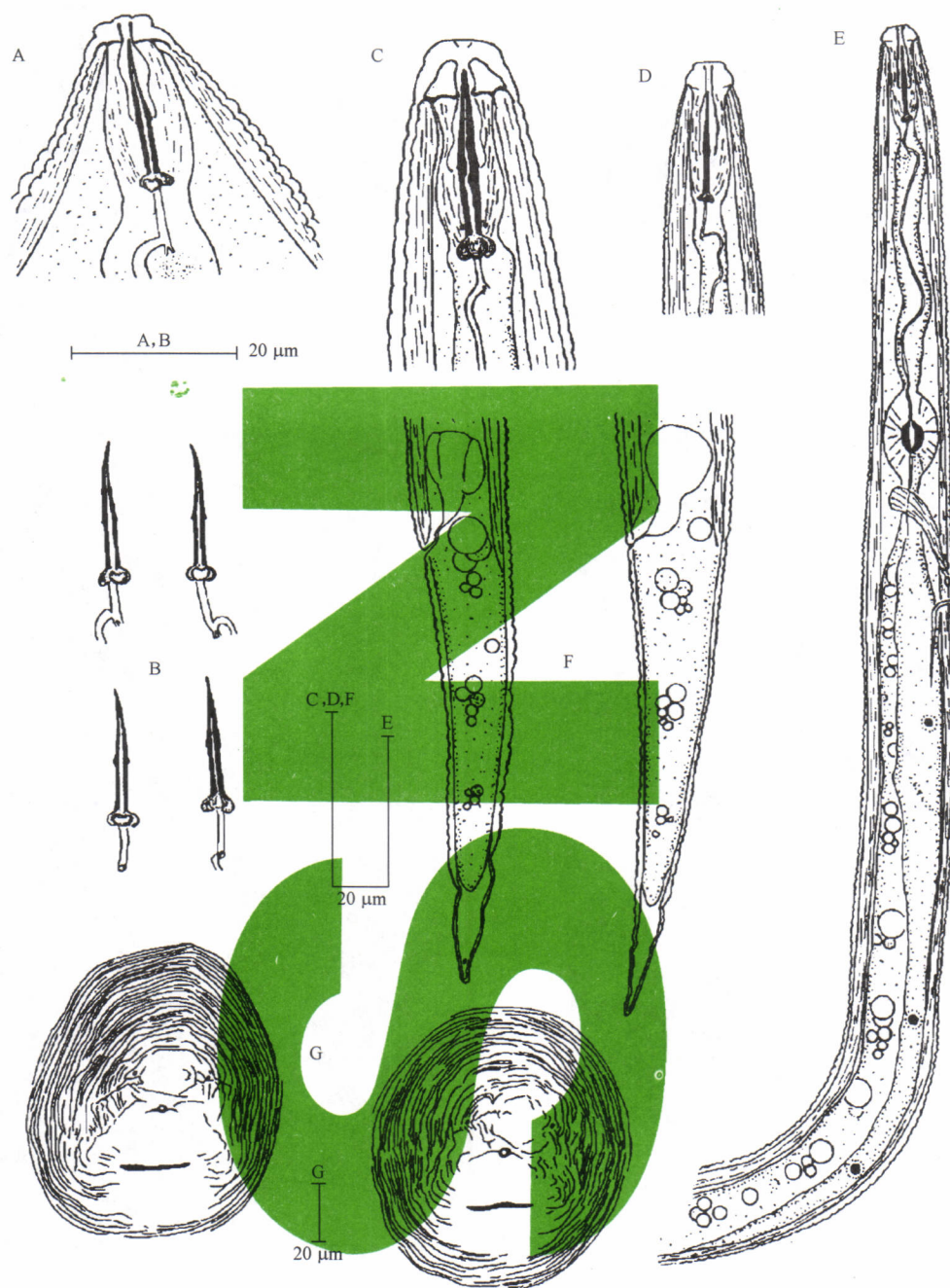
D —— 雄虫尾部;

E~G——会阴花纹。

注: 仿自郑良等,1990。

b) 雄虫和会阴花纹

图 E.5 (续)



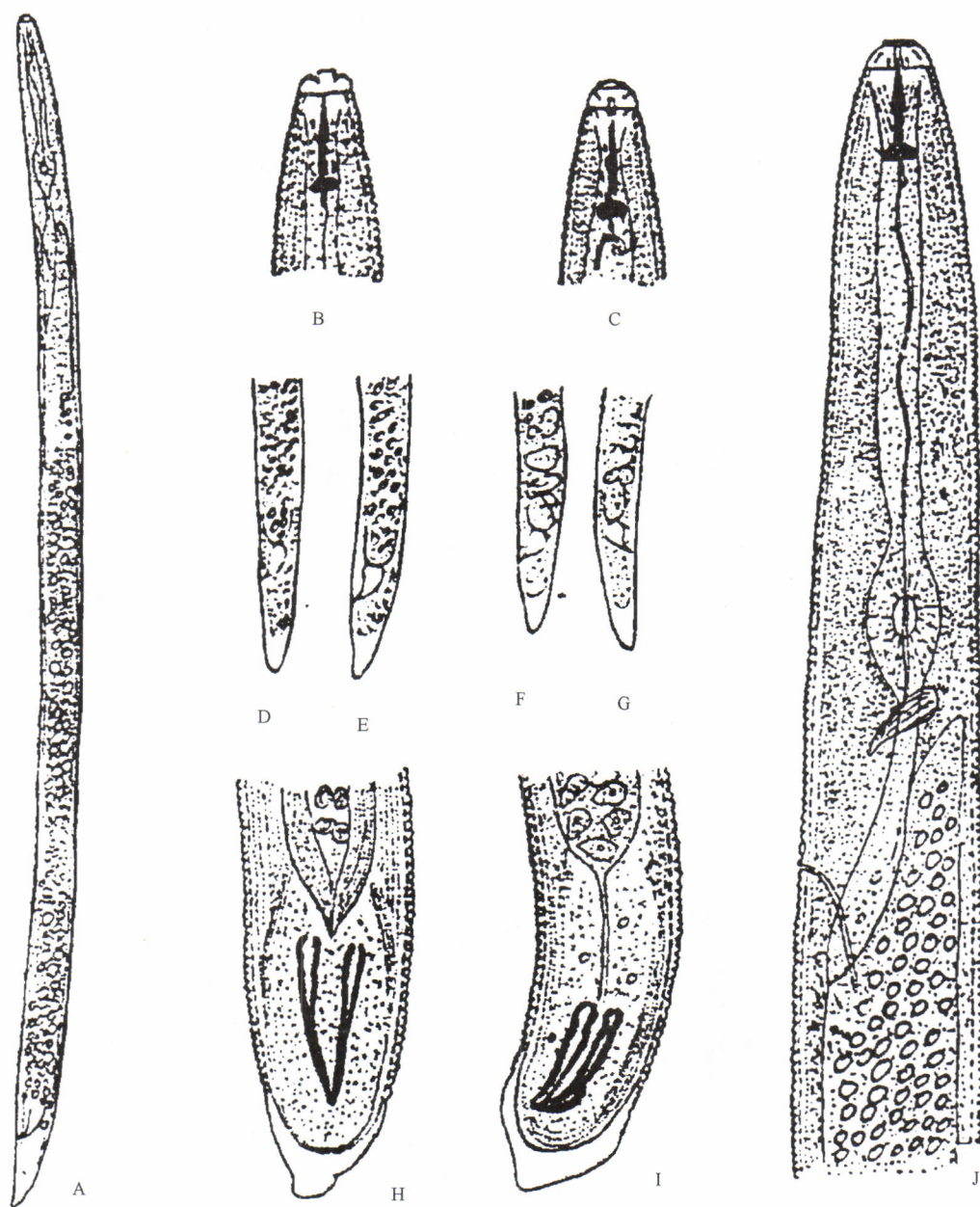
说明:

- A —— 雌虫头部;
- B —— 雌虫口针;
- C —— 雄虫头部;
- D —— 二龄幼虫头部;
- E —— 二龄幼虫前体部;
- F —— 二龄幼虫尾部;
- G —— 会阴花纹。

注: 仿自 Rammah & Hirschmann, 1988。

图 E.6 象耳豆根结线虫





说明:

A —— 体外形;

B~C —— 二龄幼虫头部;

D~G —— 二龄幼虫尾部;

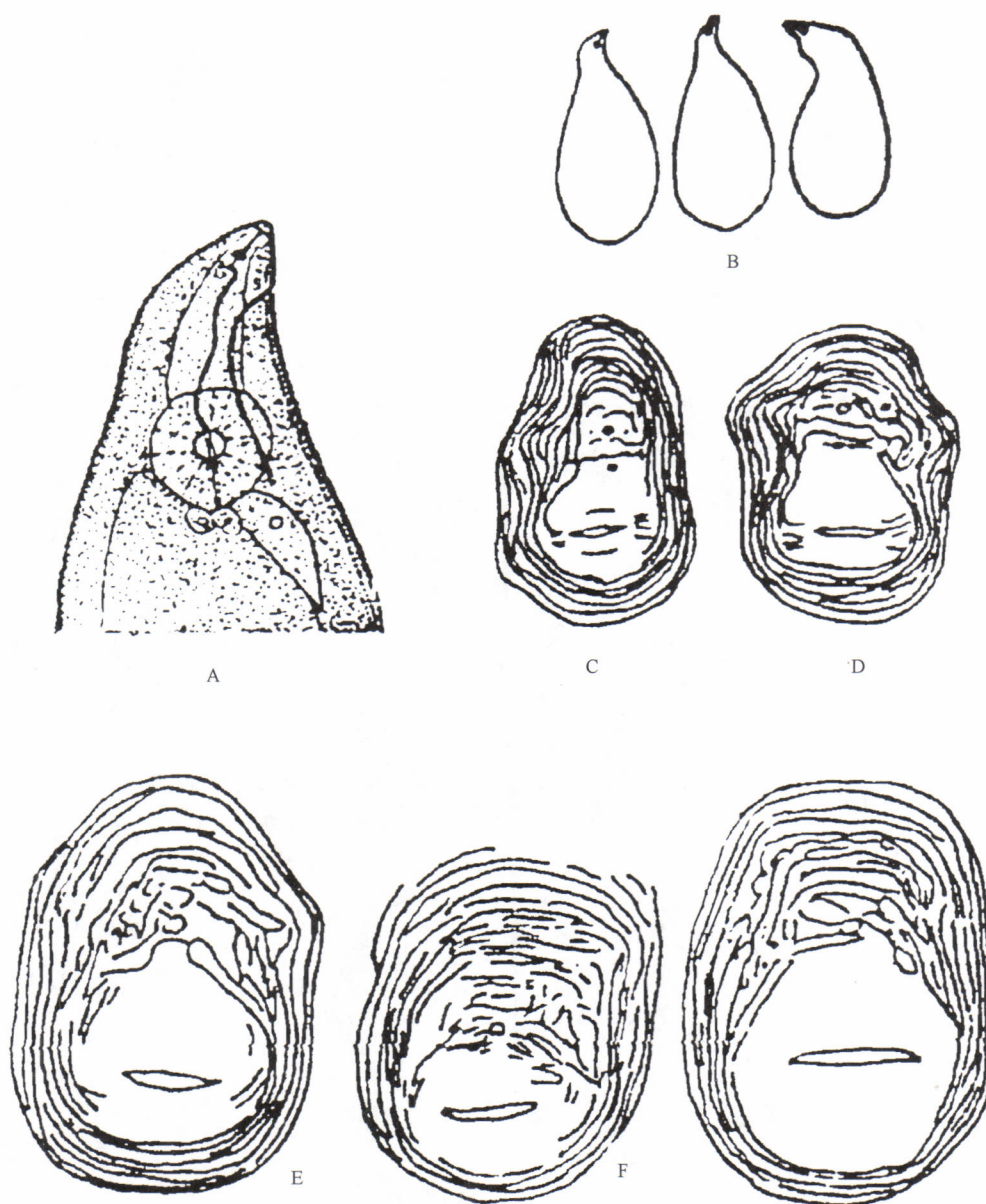
H~I —— 雄虫尾部;

J —— 雄虫前部。

注: 仿自陈品三等, 1990。

a) 二龄幼虫

图 E.7 繁峙根结线虫



说明：

A —— 雌虫前部；

B —— 雌虫外形；

C~G —— 会阴花纹。

注：仿自陈品三等,1990。

b) 雌虫

图 E.7 (续)



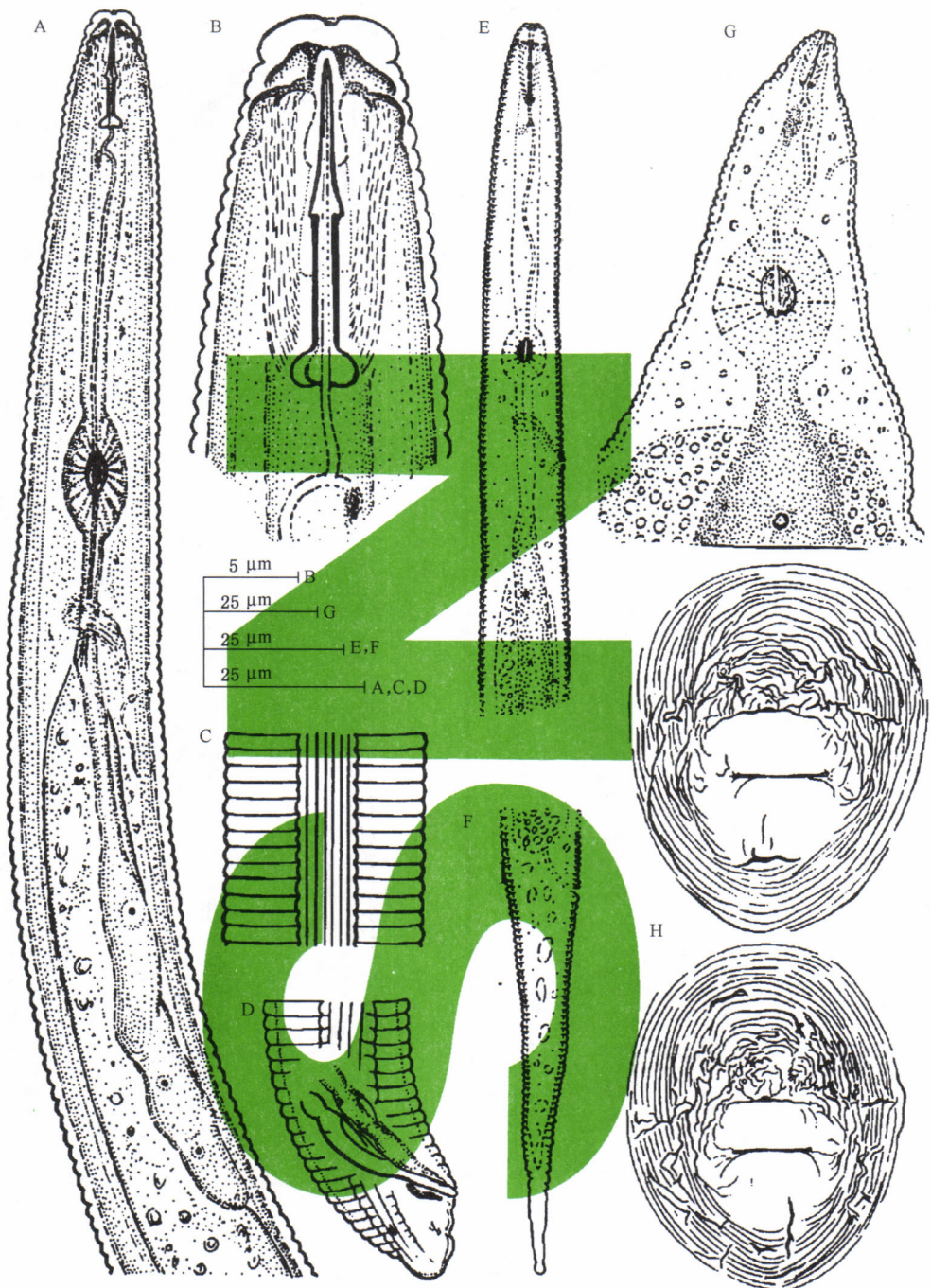
说明:

- A —— 会阴花纹;
- B —— 雌虫头部;
- C —— 二龄幼虫;
- D —— 二龄幼虫尾部;
- E —— 二龄幼虫头部;
- F —— 雄虫整体;
- G —— 雄虫头部;
- H —— 雄虫尾部;
- I —— 雄虫侧区;
- J —— 雄虫头正面。

注: 仿自潘沧桑, 1985。

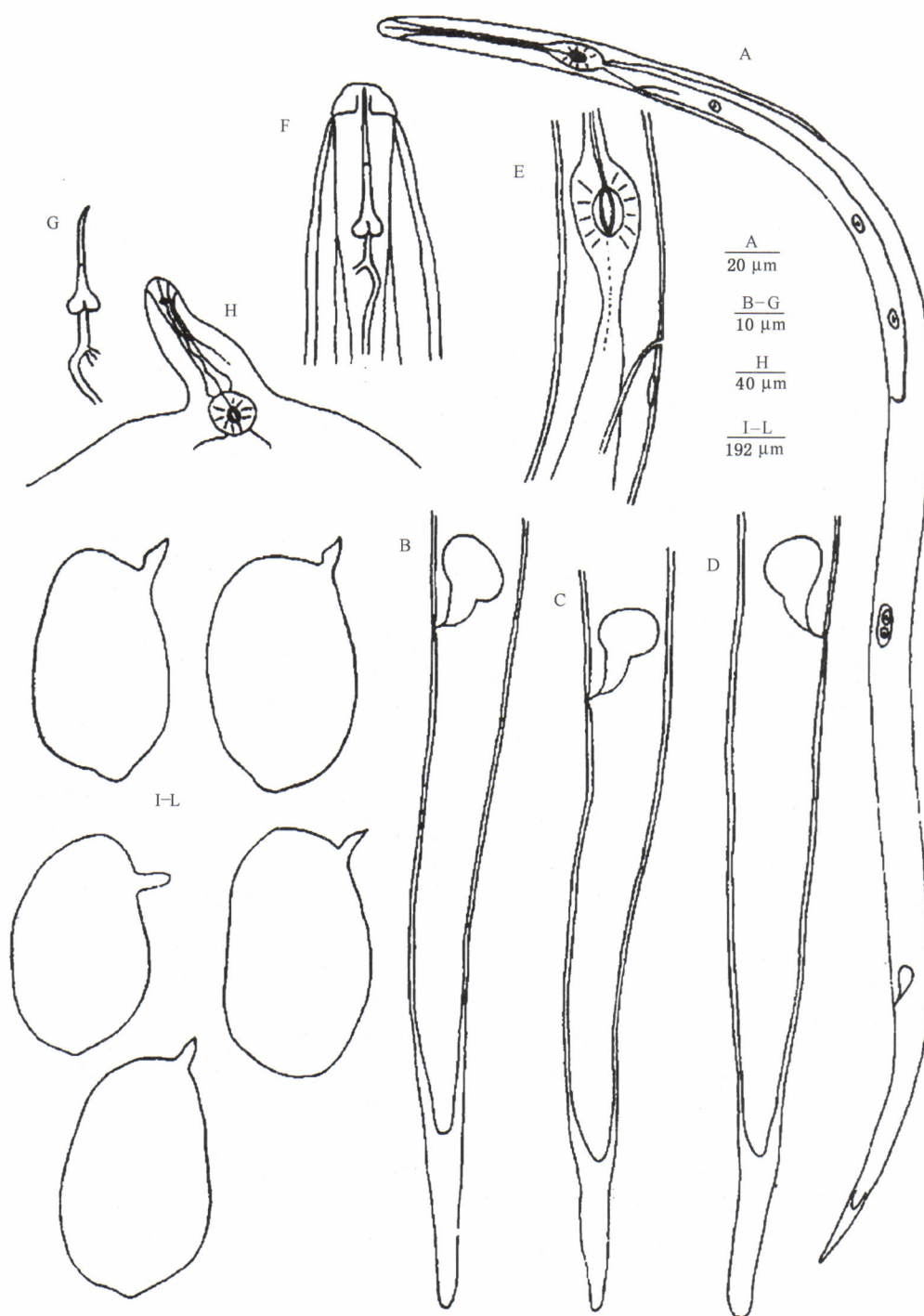
图 E.8 福建根结线虫





说明：  
A——雌虫前体；  
B——雄虫头部；  
C——雄虫侧线；  
D——雄虫尾部；  
E——二龄幼虫头部；  
F——二龄幼虫尾部；  
G——雌虫头部；  
H——会阴花纹。  
注：仿自 Mulk,1976。

图 E.9 拟禾本科根结线虫



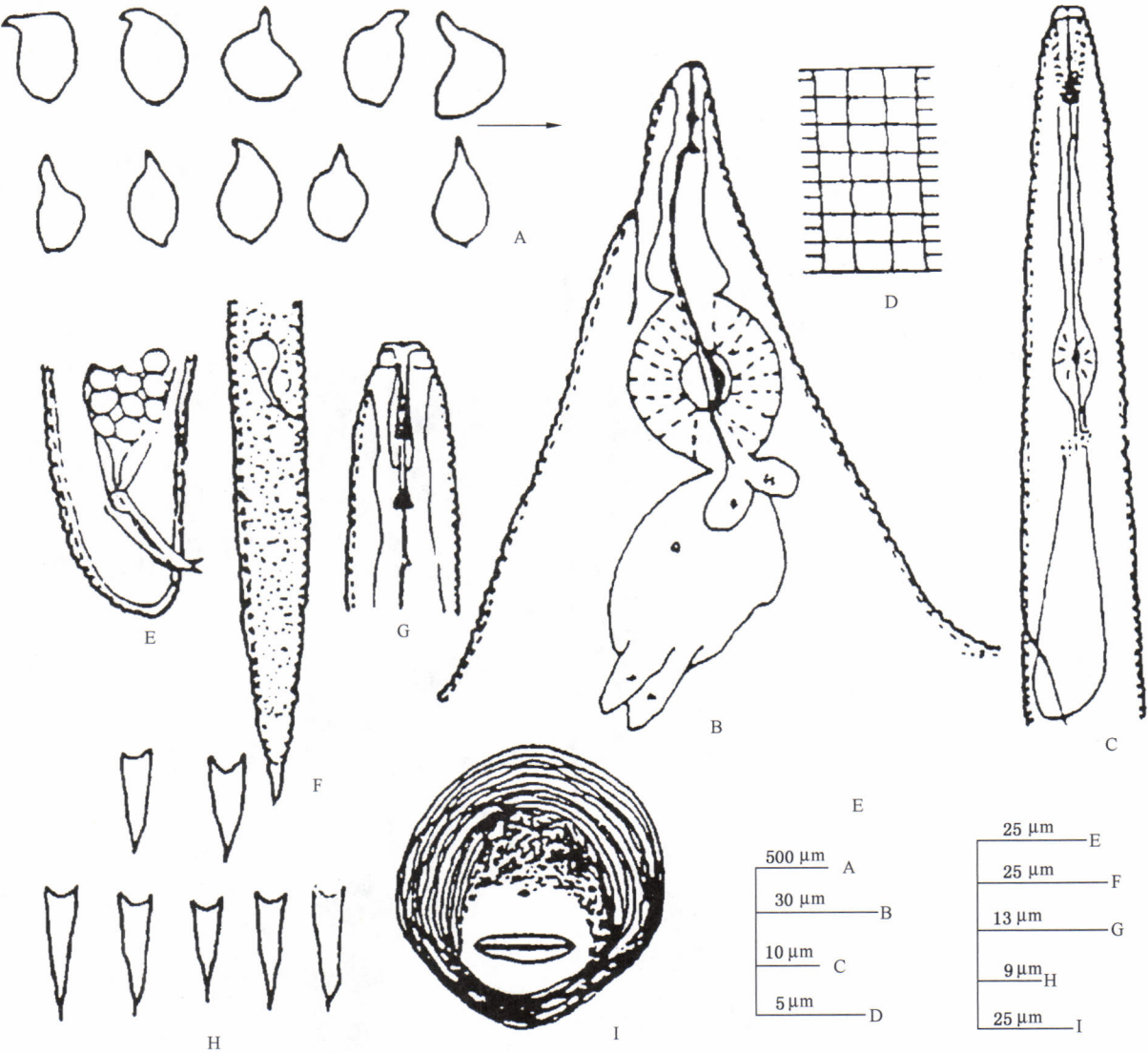
说明:

- A ——二龄幼虫;
- B~D——二龄幼虫尾部;
- E ——二龄幼虫食道腺区;
- F ——雌虫头部,侧面观;
- G ——雌虫口针;
- H ——雌虫头部;
- I~L ——雌虫整体。

注: 仿自 Sledge & Golden, 1964。

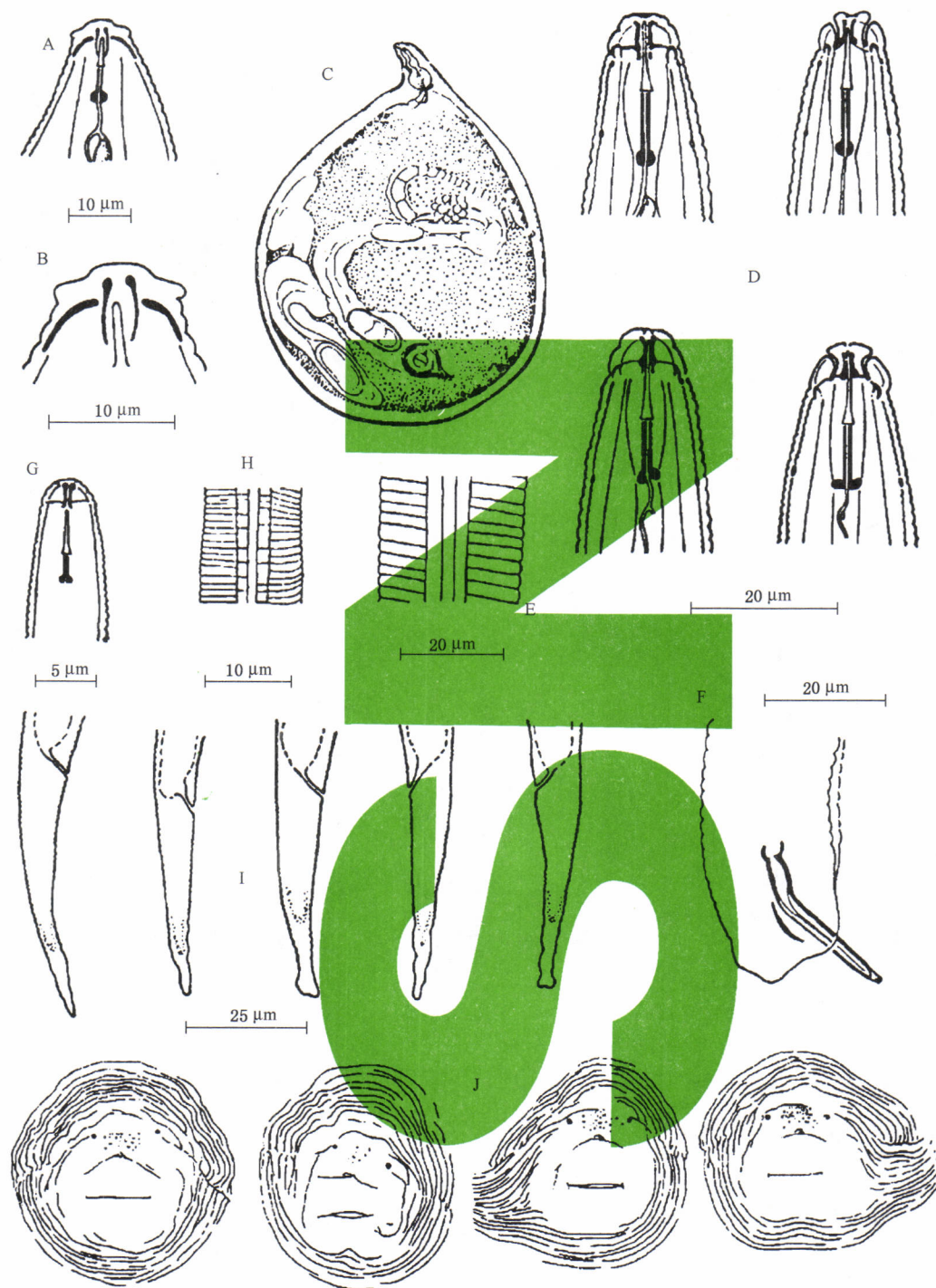
图 E.10 禾本科根结线虫





说明：  
A——雌虫外形；  
B——雌虫前部；  
C——雄虫前部；  
D——雄虫侧线；  
E——雄虫尾部；  
F——二龄幼虫尾部；  
G——二龄幼虫头部；  
H——二龄幼虫尾末端；  
I——会阴花纹。  
注：仿自廖金铃等,1995。

图 E.11 海南根结线虫



说明:

A、B——雌虫头部;

C——雌虫;

D——雄虫头部;

E——雄虫侧线;

F——雄虫尾;

G——二龄幼虫头部;

H——二龄幼虫侧线;

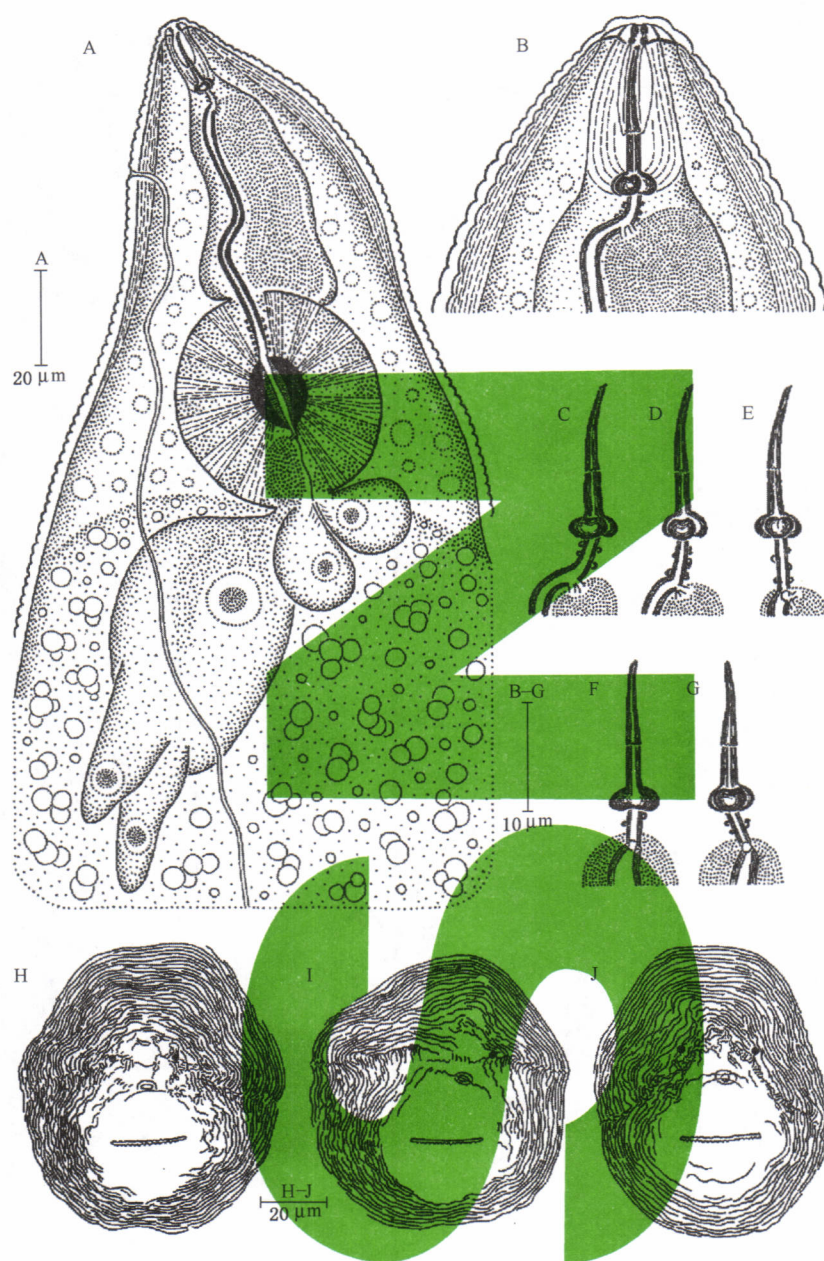
I——二龄幼虫尾部;

J——会阴花纹。

注: A~I 仿自 Whitehead, 1968; J 仿自 Orton Williams, 1974。

图 E.12 北方根结线虫





说明:

A ——雌虫食道区;

B ——雌虫头部;

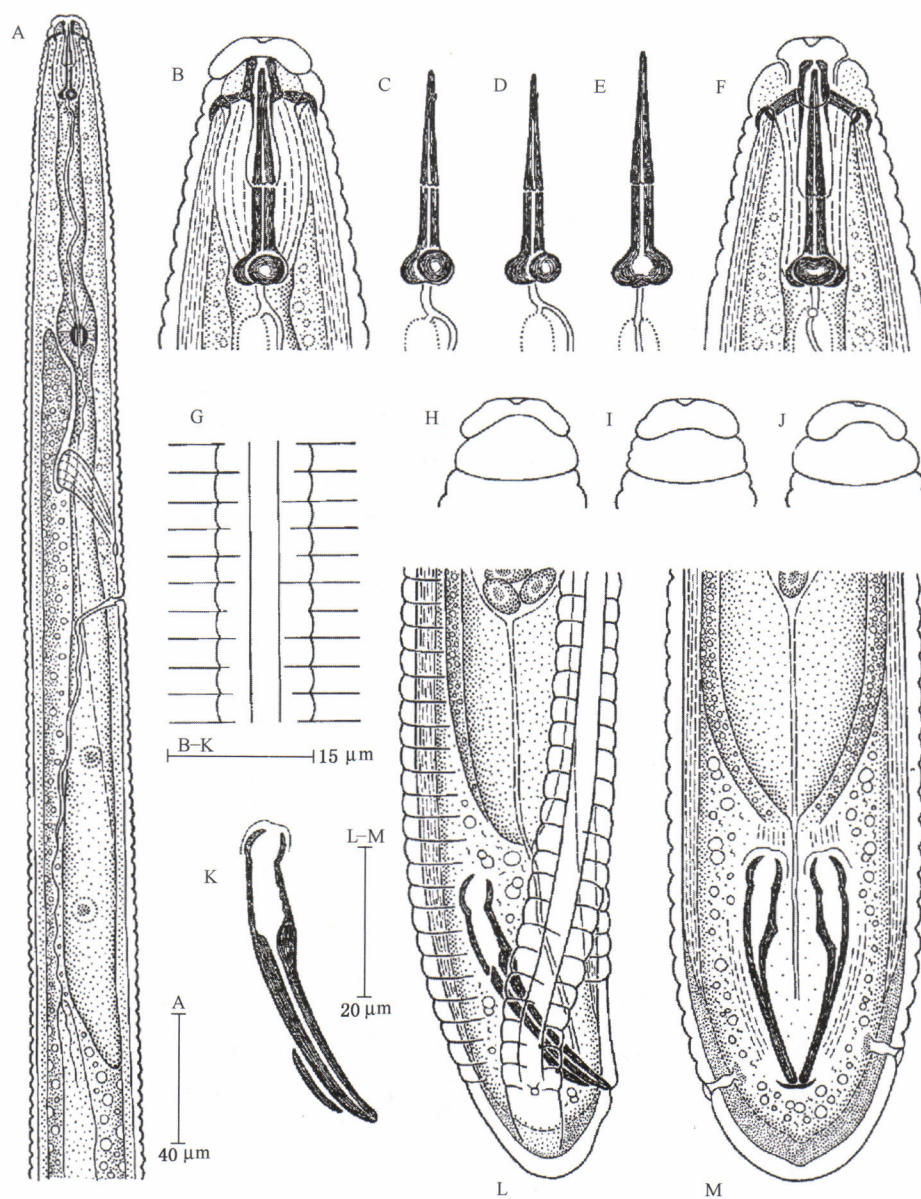
C~G——雌虫口针;

H~J——会阴花纹。

注: 仿自 Hirschmann, 1986。

a) 雌虫和会阴花纹

图 E.13 西班牙根结线虫



说明:

A ——食道区,侧面观;

B, F——头区,侧面和背面观;

C~E——口针,侧面,侧面和腹面观;

G ——体中部侧区;

H~J——头区,正面观;

K ——交合刺和引带,侧面观;

L ——尾部,侧面观;

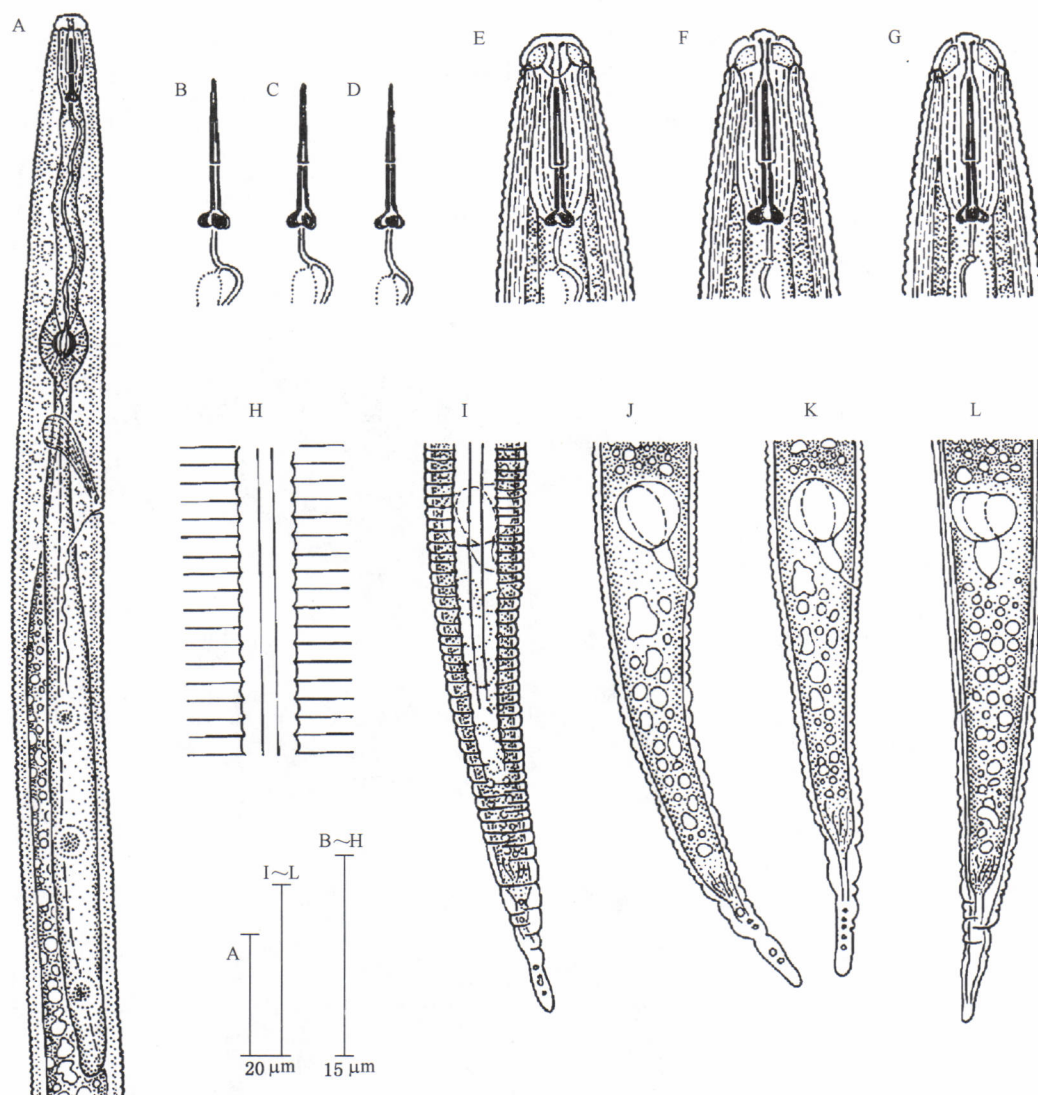
M ——尾部,腹面观。

注: 仿自 Hirschmann, 1986。

b) 雄虫

图 E.13 (续)





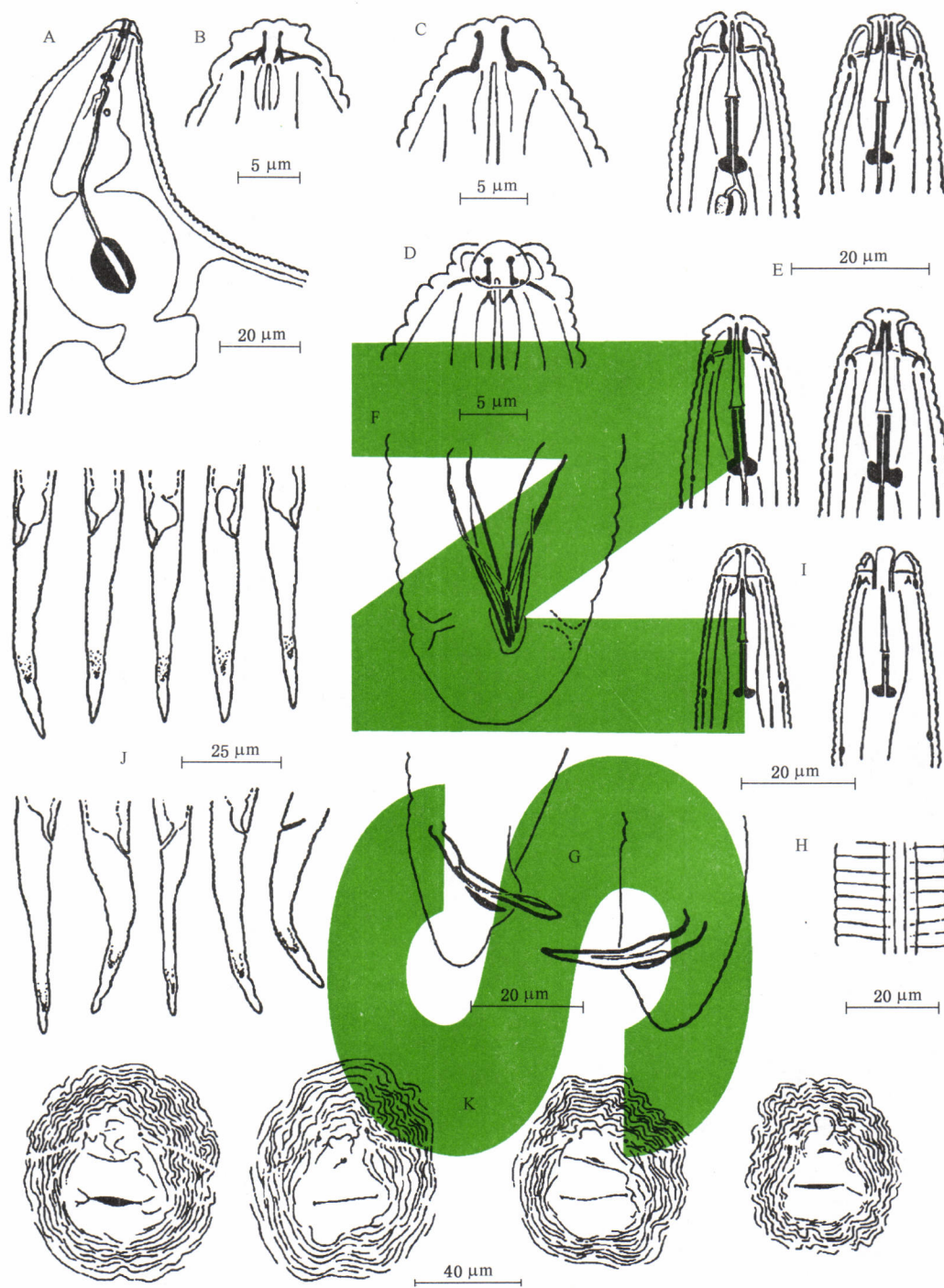
说明：

- A ——食道区,侧面观;  
 B~D ——口针,侧面观;  
 E~G ——头区,侧面,腹面和背面观;  
 H ——体中部侧区;  
 I~L ——尾部;  
 I~K ——侧面观;  
 L ——腹面观。

注：仿自 Hirschmann, 1986。

c) 二龄幼虫

图 E.13 (续)



说明:

A~D——雌虫头部;

E——雄虫头部;

F、G——雄虫尾;

H——雄虫侧线;

I——二龄幼虫头部;

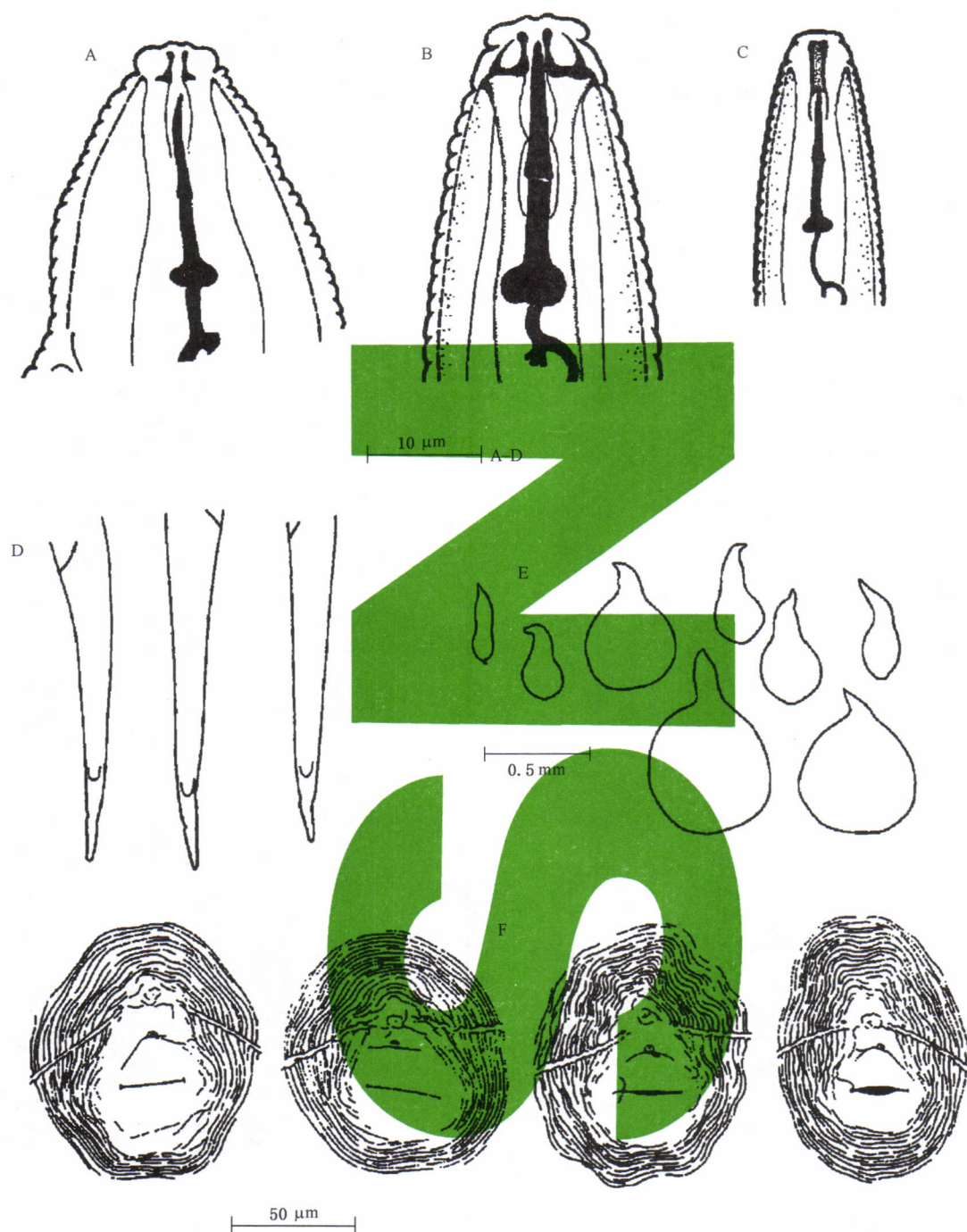
J——二龄幼虫尾部;

K——会阴花纹。

注: 仿自 Whitehead 等, 1968。

图 E.14 南方根结线虫



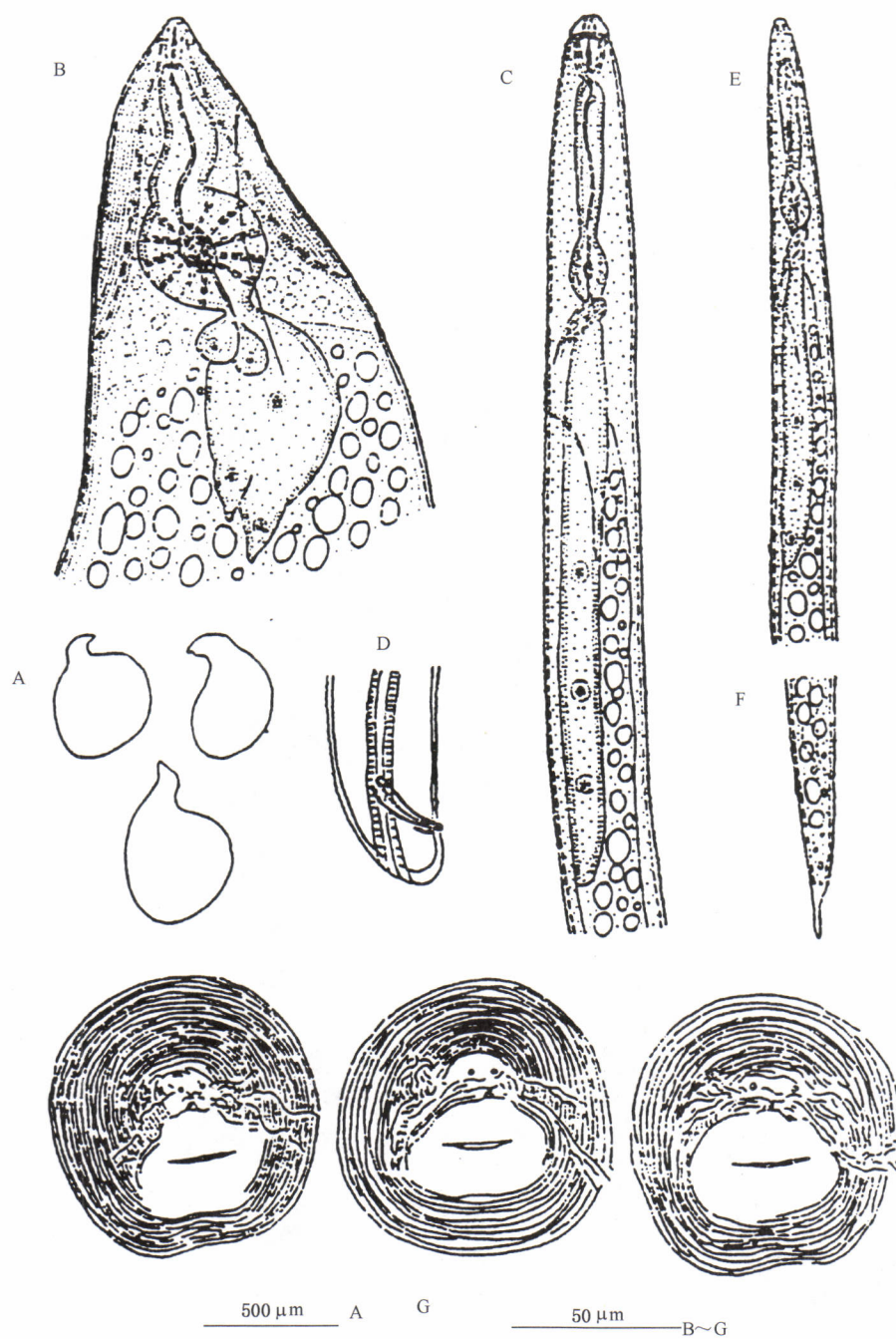


说明:

- A —— 雌虫头部;
- B —— 雄虫头部;
- C —— 二龄幼虫头部;
- D —— 二龄幼虫尾部;
- E —— 雌虫;
- F —— 会阴花纹。

注: 仿自 Jepson, 1987。

图 E.15 爪哇根结线虫



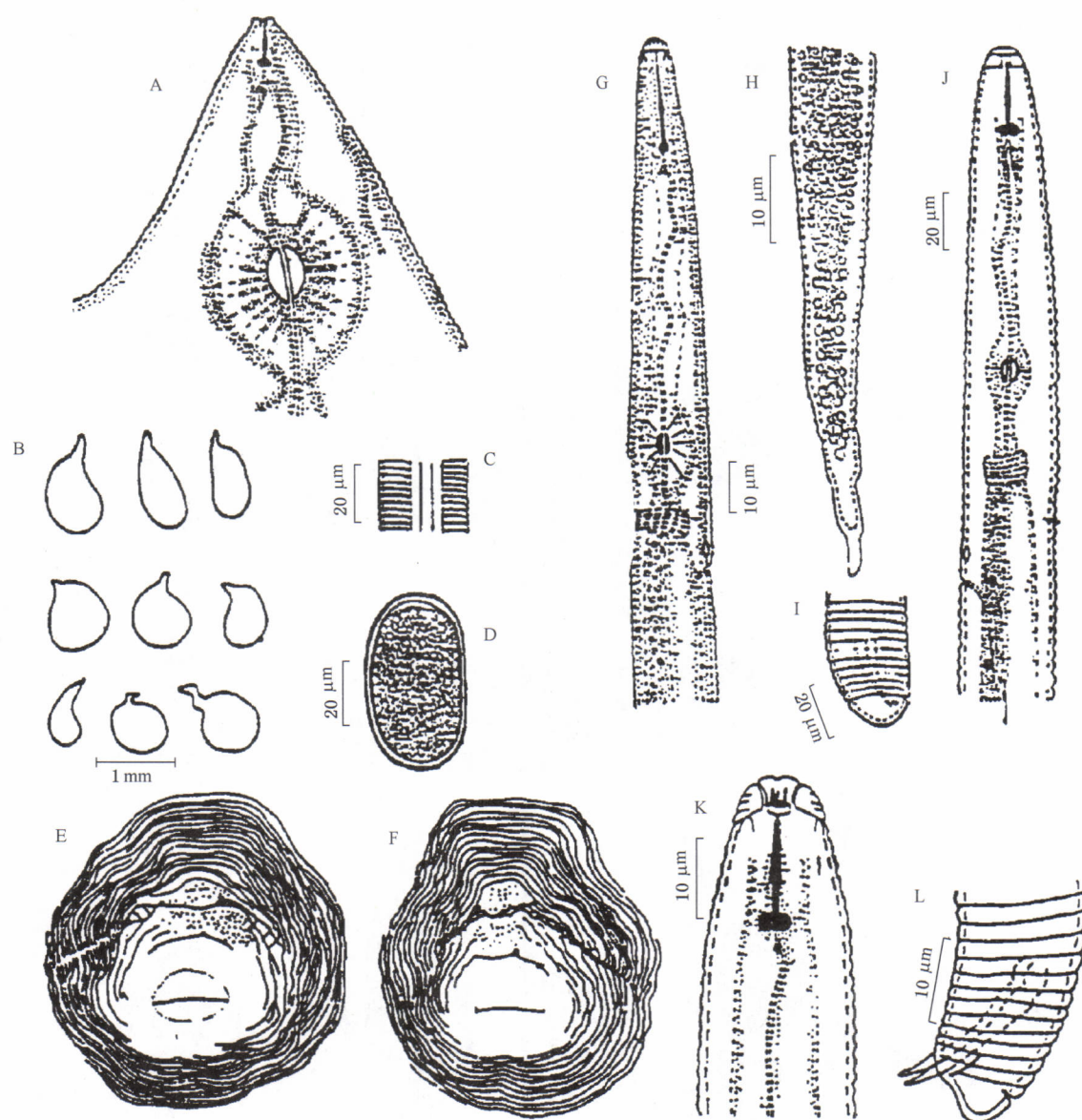
说明:

- A —— 外形;
- B —— 雌虫前部;
- C —— 雄虫头部;
- D —— 雄虫尾部;
- E —— 二龄幼虫头部;
- F —— 二龄幼虫尾部;
- G —— 会阴花纹。

注: 仿自杨宝君等, 1990。

图 E.16 简阳根结线虫



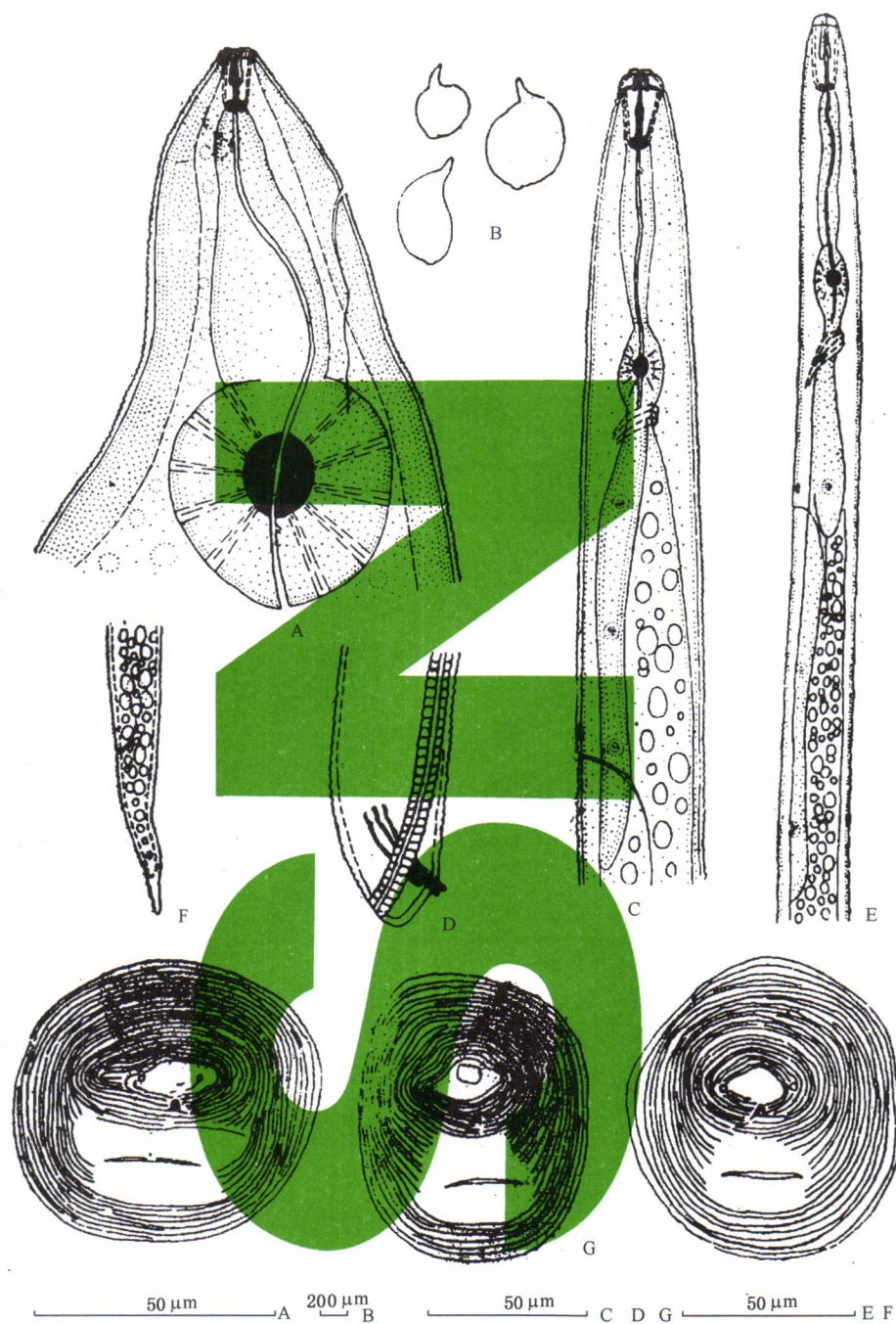


说明:

- A —— 雌虫头部;
- B —— 雌虫外形;
- C —— 雄虫侧区;
- D —— 卵;
- E、F —— 会阴花纹;
- G —— 二龄幼虫头部;
- H —— 二龄幼虫尾部;
- I —— 雄虫尾部;
- J —— 雄虫前;
- K —— 雄虫头部。

注: 仿自张云美等, 1986。

图 E.17 济南根结线虫



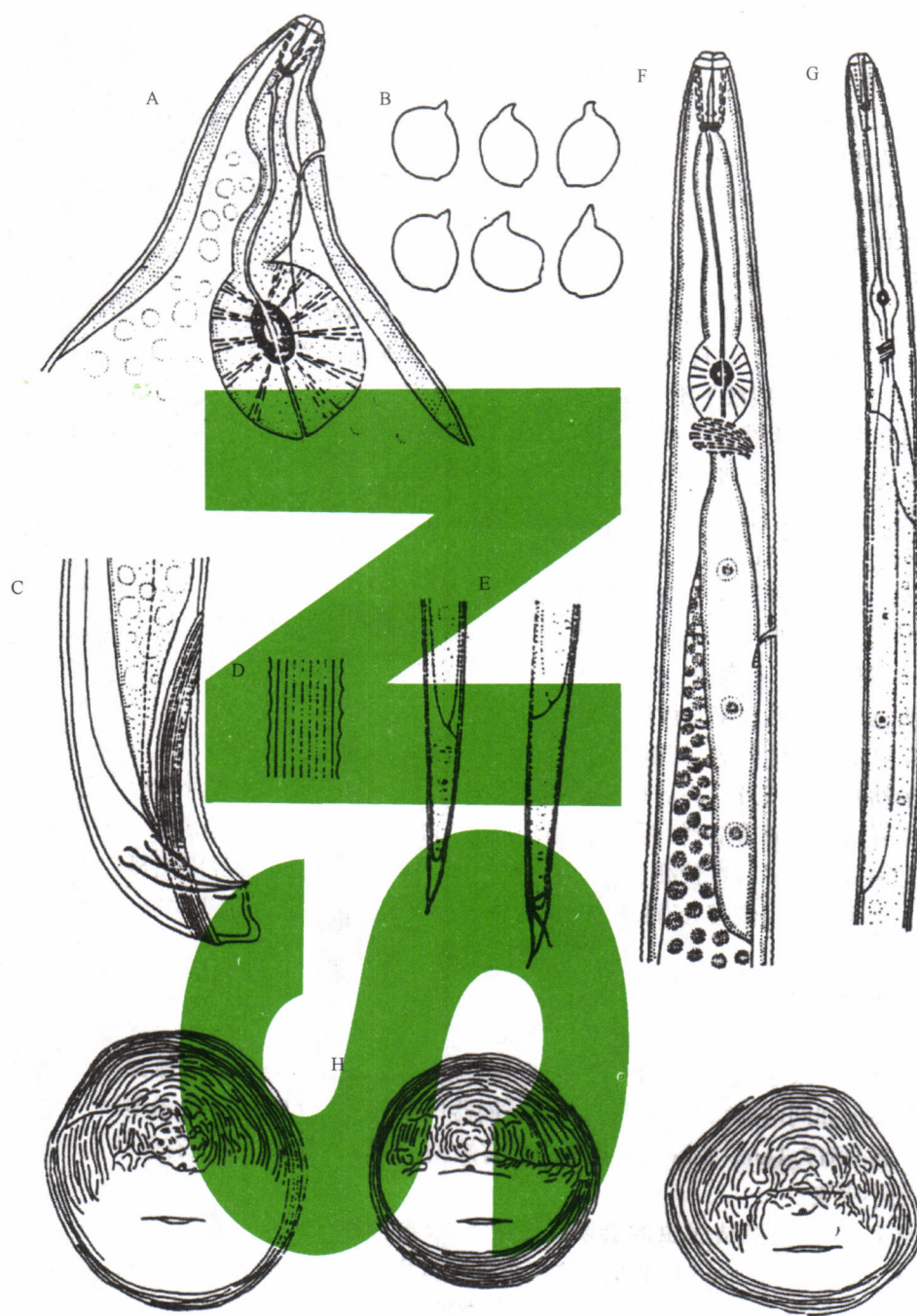
说明：

- A ——雌虫头部；
- B ——雌虫外形；
- C ——雄虫头部；
- D ——雄虫尾部；
- E ——二龄幼虫头部；
- F ——二龄幼虫尾部；
- G ——会阴花纹。

注：仿自杨宝君等,1988。

图 E.18 孔氏根结线虫





说明：

A ——雌虫头部；

B ——雌虫外形；

C ——雄虫尾部；

D ——雄虫侧区；

E ——二龄幼虫尾部；

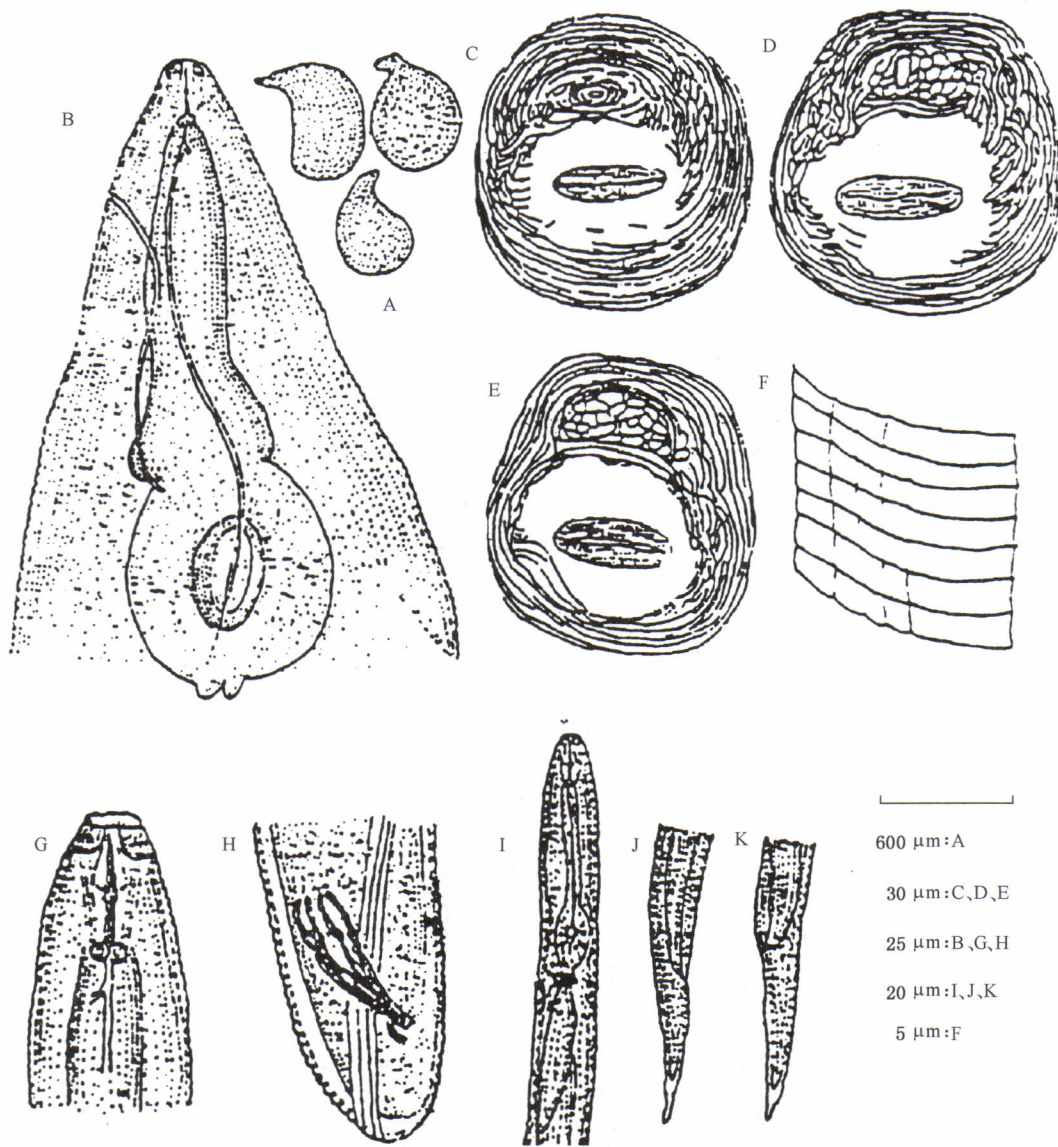
F ——二龄幼虫头部；

G ——雄虫头部；

H ——会阴花纹。

注：仿自杨宝君等,1988。

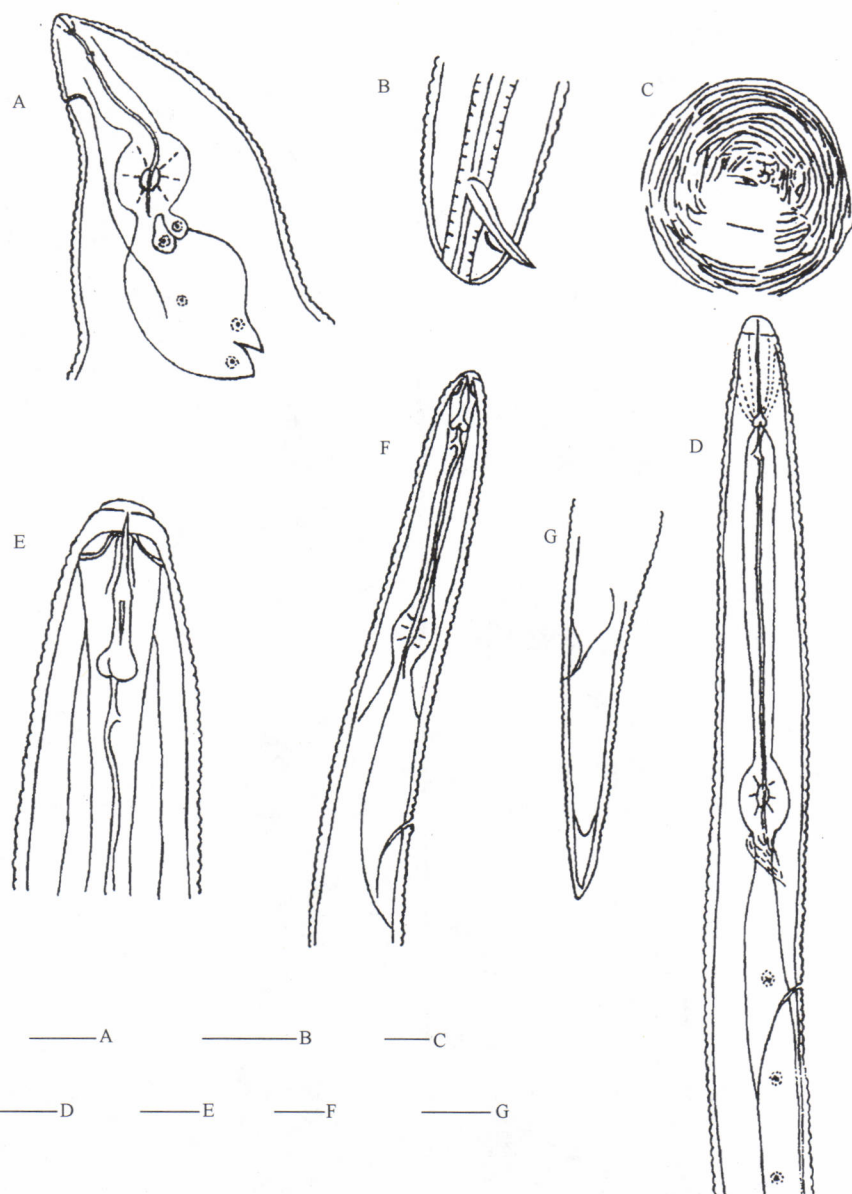
图 E.19 林氏根结线虫



说明：  
A ——雌虫头部；  
B ——雌虫外形；  
C~E ——会阴花纹；  
F ——雄虫侧区；  
G ——雄虫头部；  
H ——雄虫尾部；  
I ——二龄幼虫头部；  
J~K ——二龄幼虫尾部。  
注：仿自张绍升,1993。

图 E.20 闽南根结线虫





说明：

A —— 雌虫头部；

B —— 雄虫尾部；

C —— 会阴花纹；

D —— 二龄幼虫头部；

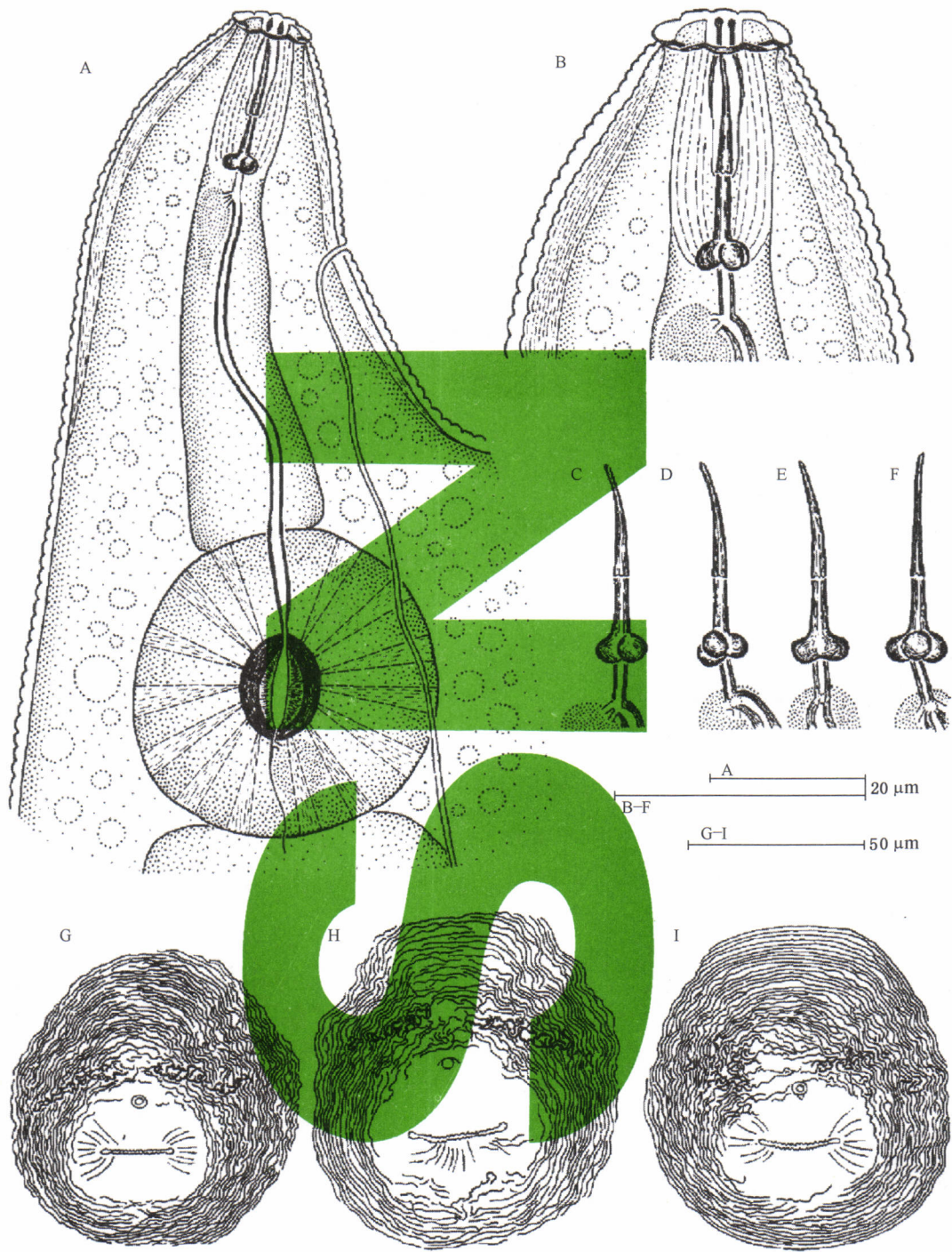
E —— 雄虫头顶部；

F —— 雄虫头部；

G —— 二龄幼虫尾部。

注：仿自廖金玲等,2005。

图 E.21 番禺根结线虫



说明：

A ——前体部，侧面观；

B ——头部，侧面观；

C~F ——口针，侧面，腹侧面，腹面，背面观；

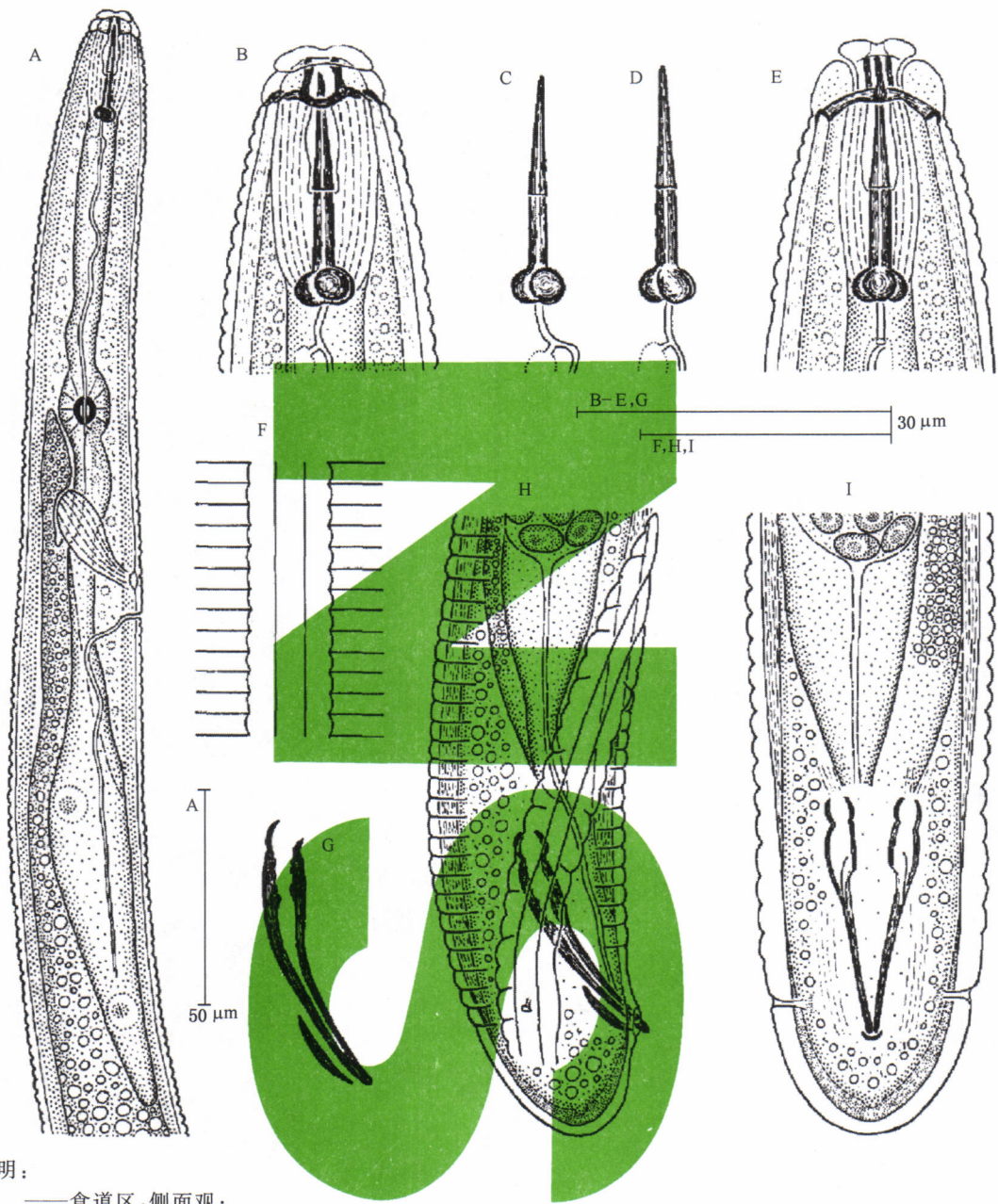
G~I ——会阴花纹。

注：依据 Hirschmann, 1982。

a) 雌虫

图 E.22 悬铃木根结线虫





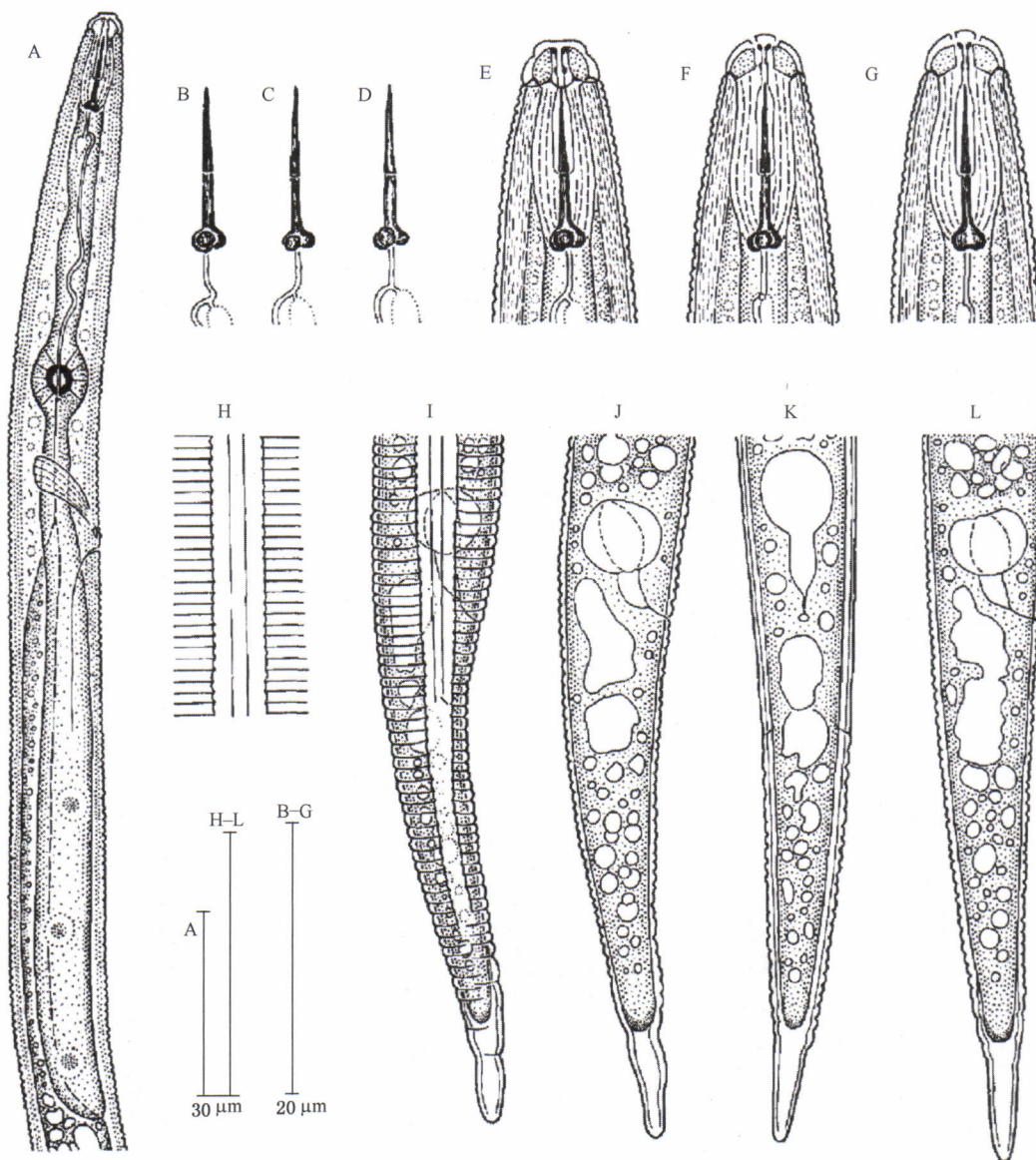
说明：

- A ——食道区,侧面观;
- B ——头部,侧面观;
- C、D ——口针,侧面观;
- E ——头区,背面观;
- F ——中体部侧区;
- G ——交合刺和引带,侧面观;
- H ——尾部,侧面观;
- I ——尾部,腹面观。

注：依据 Hirschmann,1982。

b) 雄虫

图 E.22 (续)



说明:

A ——食道区,侧面观;

B~D ——口针,侧面观;

E ——头部,侧面观;

F ——头部,背面观;

G ——头部,腹面观;

H ——中体部侧区;

I~L ——尾部;

I、J、L ——侧面观;

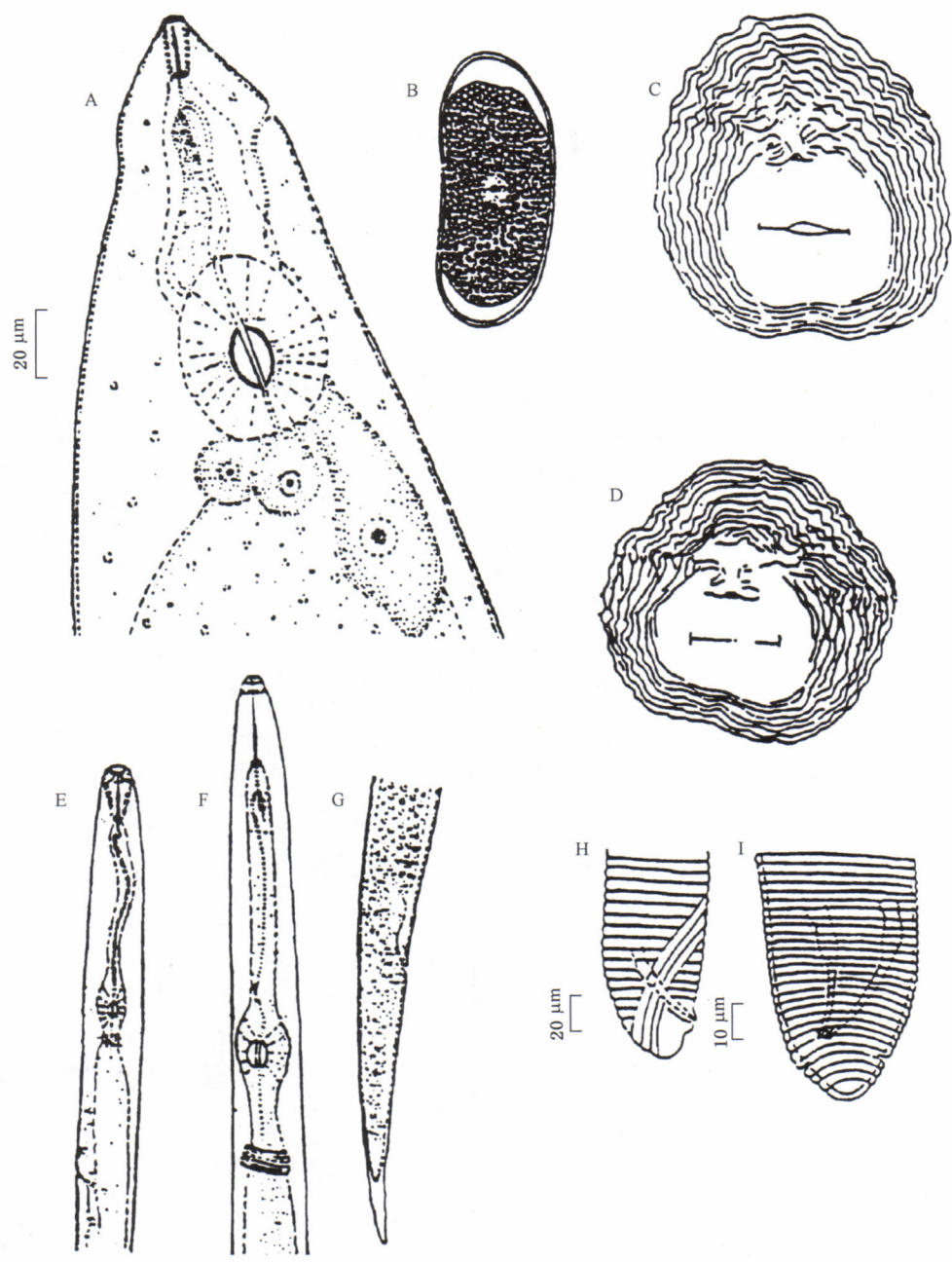
K ——腹面观。

注: 依据 Hirschmann, 1982。

c) 二龄幼虫

图 E.22 (续)





说明：  
A ——雌虫头部；  
B ——卵；  
C、D ——会阴花纹；  
E ——雄虫头部；  
F ——二龄幼虫头部；  
G ——二龄幼虫尾部；  
H~I——雄虫尾部。  
注：仿自张云美,1983。

图 E.23 中华根结线虫

附 录 F  
(资料性附录)  
多重 PCR 检测方法

### F.1 引物序列

引物序列见表 F.1。

表 F.1 多重 PCR 引物序列(Kiewnick 等,2013)

线虫种类	引物名称	引物序列 5'-3'	扩增产物
南方根结线虫	上游引物 Mi2F4	ATG AAG CTA AGA CTT TGG GCT	300 bp
	下游引物 Mi1R1	TCC CGC TAC ACC CTC AAC TTC	
花生根结线虫	上游引物 Far	TCG GCG ATA GAG GTA AAT GAC	420 bp
	下游引物 Rar	TCG GCG ATA GAC ACT ACA ACT	
爪哇根结线虫	上游引物 Fjav	GGT GCG CGA TTG AAC TGA GC	670 bp
	下游引物 Rjav	CAG GCC CTT CAG TGG AAC TAT AC	

### F.2 单条线虫 DNA 提取

在灭菌的载玻片上滴加 1 滴 ddH<sub>2</sub>O,将线虫挑入 ddH<sub>2</sub>O 中清洗 1 次~2 次。

向 200 μL PCR 管中加 10 μL ddH<sub>2</sub>O,挑取清洗后的单条线虫于 PCR 管中,离心 1 min。

将 PCR 管-70℃超低温冰箱中放置 30 min 以上,迅速转移到 PCR 仪中(提前设置好温度),85℃加热 2 min。

向 PCR 管中加 2 μL 蛋白酶 K(10 mg/mL)和 5 μL 10×Easy Taq 缓冲液(不含 Mg<sup>2+</sup>),混匀,离心 1 min(12 000 r/min)。

56℃温浴 30 min,95℃加热 10 min,离心 1 min(12 000 r/min)。得到的 DNA 提取液可直接进行 PCR 扩增或者置于-20℃备用。

### F.3 PCR 扩增

#### F.3.1 PCR 反应体系

每个待检测样品按反应体系表 F.2 进行配制,每个反应体系中添加 3 对引物。每个待检测样品设 2 个平行处理。反应体系中各试剂的量可根据具体情况或不同的反应总体积进行适当调整。检测时以南方根结线虫、花生根结线虫、爪哇根结线虫的 DNA 为阳性对照,以其他线虫的 DNA 为阴性对照,水代替模板作为空白对照。



表 F.2 多重 PCR 反应体系

名称	储存液浓度	终浓度	加样量
2×Taq MasterMix	2×	1×	12.5 μL
Far 上游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.5 μL
Rar 下游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.5 μL
Mi2F4 上游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.5 μL
Mi1R1 下游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.5 μL
Fjav 上游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.2 μL
Rjav 下游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	0.2 μL
DNA 模板	—	—	1 μL
水	—	—	补足 25 μL

### F.3.2 PCR 反应条件

反应条件如下:95 ℃ 15 min;94 ℃ 40 s,59 ℃ 40 s,72 ℃ 2 min,40 个循环;最后 72 ℃ 延伸 7 min。不同仪器可根据仪器要求将反应参数作适当调整。

### F.4 琼脂糖凝胶电泳检测

用 1×TAE 配制 1.5% 的琼脂糖凝胶(55 ℃~60 ℃时加入 EB 至终浓度为 0.5 μg/mL,也可在电泳后进行染色)。取 5 μL 的 PCR 产物与 1 μL 的 6 倍上样缓冲液混合均匀,加入样品孔。恒压 5 V/cm 电泳 20 min~30 min。凝胶成像系统中观察电泳结果,拍照并记录结果。

### F.5 结果判定

在阴性对照和空白对照没有产生预期大小条带、阳性对照产生预期大小条带(表 F.1)情况下:

- 如果检测样品出现与南方根结线虫阳性对照大小一致的条带约 300 bp,则检测样品线虫为南方根结线虫阳性;
- 如果检测样品出现与花生根结线虫阳性对照大小一致的条带约 420 bp,则检测样品线虫为花生根结线虫阳性;
- 如果检测样品出现与爪哇根结线虫阳性对照大小一致的条带约 670 bp,则检测样品线虫为爪哇根结线虫阳性;
- 如果检测样品重复平行实验 PCR 产物出现 2 种或以上的阳性对照大小一致的条带,则检测样品线虫有可能为这 2 种或以上的线虫混生。
- 如果检测样品未出现与阳性对照大小一致的条带,则检测样品不是上述 3 种根结线虫。

附 录 G  
(资料性附录)  
种特异 PCR 方法

G.1 引物序列

种特异引物序列见表 G.1。

表 G.1 种特异引物序列

线虫种类	特异引物名称	引物序列 5'-3'	扩增产物	参考文献
南方根结线虫	上游引物 MI-F	GTGAGGATTCAGCTCCCCAG	955 bp	Meng <i>et al.</i> , 2004
	下游引物 MI-R	ACGAGGAACATACTTCTCCGTCC		
花生根结线虫	上游引物 Far	TCGGCGATAGAGGTAAATGAC	420 bp	Dong <i>et al.</i> , 2001
	下游引物 Rar	TCGGCGATAGACACTACAACCT		
爪哇根结线虫	上游引物 MJ-F	ACGCTAGAATTTCGACCCTGG	517 bp	Meng <i>et al.</i> , 2004
	下游引物 MJ-R	GGTACCAGAAGCAGCCATGC		
北方根结线虫	上游引物 FH	TGACGGCGGTGAGTGCGA	610 bp	Zijlstra <i>et al.</i> , 2000
	下游引物 RH	TGACGGCGGTACCTCATAG		
象耳豆 根结线虫	上游引物 Me-F	AACTTTTGTGAAAGTGCCGCTG	236 bp	Long <i>et al.</i> , 2005
	下游引物 Me-R	TCAGTTCAGGCAGGATCAACC		

G.2 单条线虫 DNA 提取

操作方法见附录 F。

G.3 PCR 扩增

G.3.1 PCR 反应体系

每个待检测样品采用种特异性引物(表 G.1)进行 PCR 扩增,反应体系如表 G.2。每个待检测样品设 2 个平行处理。反应体系中各试剂的量可根据具体情况或不同的反应总体积进行适当调整。检测时以南方根结线虫、花生根结线虫、爪哇根结线虫、北方根结线虫、象耳豆根结线虫的 DNA 为阳性对照,以其他线虫的 DNA 为阴性对照,水代替模板作为空白对照。



表 G.2 种特异 PCR 反应体系

名称	储存液浓度	终浓度	加样量
2×Taq MasterMix	2×	1×	12.5 μL
上游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
下游引物	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
DNA 模板	—	—	1 μL
水	—	—	补足 25 μL

### G.3.2 PCR 反应条件

反应条件:预变性 94 ℃ 4 min,94 ℃ 30 s,60 ℃ 30 s,72 ℃ 1 min,共 40 个循环;72 ℃ 再次延伸 10 min。不同仪器可根据仪器要求将反应参数作适当调整。

### G.4 琼脂糖凝胶电泳检测

操作方法见附录 F。

### G.5 结果判断

在阴性对照和空白对照没有产生预期大小条带、阳性对照产生预期大小条带(表 G.1)情况下:

- 如果检测样品使用南方根结线虫种特异引物扩增,出现与南方根结线虫阳性对照大小一致的条带 955 bp,其他种特异引物未扩增出条带,则该检测样品为南方根结线虫;
- 如果检测样品使用花生根结线虫种特异引物扩增,出现与花生根结线虫阳性对照大小一致的条带 420 bp,其他种特异引物未扩增出条带,则该检测样品为花生根结线虫;
- 如果检测样品使用爪哇根结线虫种特异引物扩增,出现与爪哇根结线虫阳性对照大小一致的条带 517 bp,其他种特异引物未扩增出条带,则该检测样品为花生根结线虫;
- 如果检测样品使用北方根结线虫种特异引物扩增,出现与北方根结线虫阳性对照大小一致的条带 610 bp,其他种特异引物未扩增出条带,则该检测样品为花生根结线虫;
- 如果检测样品使用象耳豆根结线虫种特异引物扩增,出现与象耳豆根结线虫阳性对照大小一致的条带 236 bp,其他种特异引物未扩增出条带,则该检测样品为花生根结线虫;
- 如果检测样品未出现与阳性对照大小一致的条带,则检测样品不是上述 5 种根结线虫。

附 录 H  
(资料性附录)  
mtDNA-PCR-RFLP 方法

H.1 引物序列

表 H.1 mtDNA-PCR 扩增引物序列

引物名称	引物序列 5'-3'	产物大小	参考文献
上游引物 C2F3	GGTCAATGTTTCAGAAATTTGTGG	600 bp~1 800 bp	Xu <i>et al.</i> , 2004
下游引物 MRH106	AATTTCTAAAGACTTTTCTTAGT		

H.2 单条线虫 DNA 提取

操作方法见附录 F。

H.3 mtDNA-PCR 扩增

H.3.1 mtDNA-PCR 反应体系

每个待检测样品采用上下游引物 C2F3/MRH106 进行 PCR 扩增,反应体系如表 H.2。每个待检测样品设 2 个平行处理。反应体系中各试剂的量可根据具体情况或不同的反应总体积进行适当调整。

表 H.2 mtDNA-PCR 反应体系

名称	储存液浓度	终浓度	加样量
2×Taq MasterMix	2×	1×	12.5 μL
上游引物 C2F3	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
下游引物 MRH106	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
DNA 模板	—	—	1 μL
水	—	—	补足 25 μL

H.3.2 mtDNA-PCR 反应条件

反应条件:预变性 94 ℃ 4 min,94 ℃ 30 s,50 ℃ 30 s,72 ℃ 1 min,共 40 个循环;72 ℃再次延伸 10 min。不同仪器可根据仪器要求将反应参数作适当调整。



H.4 PCR 产物酶切反应

mtDNA-PCR 反应结束后,取 5  $\mu\text{L}$  扩增产物加 1  $\mu\text{L}$  加样缓冲液在 1.5% 琼脂糖凝胶上电泳,EB 染色,在紫外灯下观察。如 PCR 产物为 600 bp~1 800 bp,进行 PCR 产物酶切反应。

PCR 产物酶切反应体系如表 H.3。混匀后,置于 37  $^{\circ}\text{C}$  1 h。

表 H.3 PCR 产物酶切反应体系

名称	储存液浓度	终浓度	加样量
10 $\times$ PCR 缓冲液	10 $\times$	1 $\times$	1 $\mu\text{L}$
限制性内切酶 <i>Hinf</i> I	10 U/ $\mu\text{L}$	1 U/ $\mu\text{L}$	1 $\mu\text{L}$
PCR 产物	—	—	5 $\mu\text{L}$
ddH <sub>2</sub> O	—	—	3 $\mu\text{L}$

H.5 琼脂糖凝胶电泳检测

将酶切处理后的 PCR 产物,进行电泳检测,操作方法见附录 F。

H.6 结果判断

在阴性对照和空白对照没有产生预期大小条带、阳性对照产生预期大小条带(表 H.4)情况下:

- a) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 1 800 bp, *Hinf*I 酶切片段分别为 1 300 bp、400 bp、100 bp, 则该检测样品为南方根结线虫。
- b) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 1 800 bp, *Hinf*I 酶切片段分别为 850 bp、450 bp、400 bp、100 bp, 则该检测样品为南方根结线虫。
- c) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 1 800 bp,不可被 *Hinf*I 酶切,这该检测样品为爪哇根结线虫。
- d) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 1300 bp, *Hinf*I 酶切片段分别为 1 200 bp、100 bp,则该检测样品为花生根结线虫。
- e) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 1 800 bp, *Hinf*I 酶切片段分别为 1 700 bp、100 bp,则该检测样品为花生根结线虫。
- f) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 850 bp,不可被 *Hinf*I 酶切,则该检测样品为北方根结线虫。
- g) 如果检测样品的 PCR 产物片段大小为 670 bp, *Hinf*I 酶切片段分别为 570 bp、100 bp,则该检测样品为象耳豆根结线虫。
- h) 如果检测样品未出现相应的 PCR 产物或者相对应的 *Hinf*I 酶切片段,则检测样品不是上述 5 种根结线虫。

表 H.4 mtDNA-RFLP 片段大小

种类	PCR 产物/bp	HinfI 酶切片段/bp
南方根结线虫(A 型)	1 800	1 300,400,100
南方根结线虫(B 型)	1 800	850,450,400,100
爪哇根结线虫	1 800	1 800
花生根结线虫(A 型)	1 300	1 200,100
花生根结线虫(B 型)	1 800	1 700,100
北方根结线虫	850	850
象耳豆根结线虫	670	570,100



附 录 I  
(资料性附录)  
DNA 条形码方法

I.1 DNA 条形码通用引物序列

表 I.1 核糖体 28S 基因 D2D3 区引物序列

引物名称	引物序列 5'-3'	产物大小	参考文献
上游引物 D2A	ACAAGTACCGTGAGGGAAAGTTG	750 bp~800 bp	DeLey <i>et al.</i> , 1999
下游引物 D3B	TCGGAAGGAACCAGCTACTA		

I.2 单条线虫 DNA 提取

操作方法见附录 F。

I.3 DNA 条形码扩增

I.3.1 PCR 反应体系

每个待检测样品采用上下游引物 D2A/D3B 进行 PCR 扩增,反应体系如表 I.2。每个待检测样品设 2 个平行处理。反应体系中各试剂的量可根据具体情况或不同的反应总体积进行适当调整。

表 I.2 PCR 反应体系

名称	储存液浓度	终浓度	加样量
2×Taq MasterMix	2×	1×	12.5 μL
上游引物 D2A	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
下游引物 D3B	10 μmol/L	0.2 μmol/L	1 μL
DNA 模板	—	—	1 μL
水	—	—	补足 25 μL

I.3.2 PCR 反应条件

反应条件:预变性 94 ℃ 4 min,94 ℃ 30 s,55 ℃ 30 s,72 ℃ 1 min,共 40 个循环;72 ℃再次延伸 10 min。不同仪器可根据仪器要求将反应参数作适当调整。

I.4 琼脂糖凝胶电泳检测

扩增后 PCR 产物,进行电泳检测,操作方法见附录 F。

## I.5 PCR 产物测序

PCR 产物进行电泳检测,如有 750 bp~800 bp 左右条带,送往测序公司进行双向直接测序。直接测序结果不好时可选择克隆测序。

## I.6 DNA 条形码序列分析

### I.6.1 总则

为确保序列的可靠性,需要进行正反向测序或重复测序,然后将正反向测序结果进行拼接获得 DNA 条形码序列。理想的条形码序列应该是物种种间变异程度大于种内变异。常用以下 3 种方法进行物种鉴定。

### I.6.2 相似性搜索

相似性搜索是目前各大数据库(如 NCBI)进行搜索查询的主流方法。待测 DNA 序列拼接后,可登录 Genbank 进行 Blast 比对。Blast 能够快速找到两段序列之间的同源序列,并对比对区域打分以确定同源性的。如果待测序列与查询到的相似序列同源性高于 99%,而与其他种类的相似性小于 98%,则可判定为该种。如果不是上述情况,则不容易做出判定,需要进一步分析。

### I.6.3 遗传距离分析

应用软件计算待检样品的序列与已知根结线虫属序列之间的遗传距离,如果与所有已知种的遗传距离均大于 0.01,则该检测样品无法确定,可能不是已知的根结线虫种类,需要进一步研究。如果与某种根结线虫的遗传距离小于 0.01,则该检测样品为该种已知种线虫(如已知种为南方根结线虫、花生根结线虫、爪哇根结线虫,则不能用 DNA 条形码方法鉴定,需要根据上述特异性引物或 mt-DNA RFLP 方法进行鉴定)。

### I.6.4 建树

应用软件,将待测序列与搜索到的近似种进行比对,用邻接法(neighborjoining, NJ)建立系统发育树,然后根据待测序列与近似种序列的进化关系进行种类鉴定。



## 参 考 文 献

- [1] 刘维志.植物线虫志[M].北京:中国农业出版社,2004:313-453
- [2] 顾建锋,王江岭,王金成.根结线虫非中国种问题初探[J].植物检疫,2012,26(3):58-60
- [3] 林宇,王金成,王暄,等.基于 Genbank 分析 28S、18S 和 ITS 序列作为根结线虫条形码标记的适用性[J].南京农业大学学报,2013,36(5):71-76
- [4] De Ley P, Felix M A, Frisse L M, et al. Molecular and morphological characterisation of two reproductively isolated species with mirror-image anatomy (Nematoda: Cephalobidae) [J]. Nematology, 1999, 1: 591-612
- [5] Dong K, Dean R A, Fortnum B A, et al. Development of PCR primers to identify species of root-knot nematodes: *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* and *M. javanica* [J]. Nematropica, 2001, 31: 271-280
- [6] Jepson S B. Identification of Root-Knot Nematodes (*Meloidogyne* species) [M]. Wallingford: CAB International, 1987: 87-101
- [7] Hebert P D N, Cywinska A, Ball S L, et al. Biological identifications through DNA barcodes [J]. Proc R Soc Lond Ser B-Biol Sci, 2003, 270(1512): 313-321
- [8] Hu M X, Zhuo K, Liao J L. Multiplex PCR for the simultaneous identification and detection of *Meloidogyne incognita*, *M. enterolobii* and *M. javanica* using DNA extracted directly from individual galls [J]. Phytopathology, 2011, 101: 1270-1277
- [9] Kiewnick S, Wolf S, Willareth M, et al. Identification of the tropical root-knot nematode species *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using a multiplex PCR assay [J]. Nematology, 2013, 15: 891-984
- [10] Long H, Liu H, Xu J H. Development of a PCR diagnostic for the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* [J]. Acta Phytopathol. Sin, 2006, 36: 109-115
- [11] Meng Q, Long H, Xu J. PCR Assays for rapid and sensitive identification of three major root-knot nematodes, *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* [J]. Acta Phytopathologica Sinica, 2004, 34 (3): 204-210
- [12] Perry R N, Moens M, Starr J L. Root-knot Nematodes [M]. CABI, 2009
- [13] Powers T O, Harris T S. A polymerase chain reaction method for identification of five major *Meloidogyne* species [J]. Journal of Nematology, 1993, 25: 1-6
- [14] Xu J H, Liu P L, Meng Q P, et al. Characterization of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism [J]. European Journal of Plant Pathology, 2004, 110: 309-315
- [15] Zijlstra C, Donkers-Venne D T H M, Fargette M. Identification of *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using sequence characterised amplified region (SCAR) based PCR assays [J]. Nematology, 2000, 2(8): 847-853

中华人民共和国出入境检验检疫  
行 业 标 准  
根结线虫属(非中国种)检疫鉴定方法  
SN/T 4723—2016

\*

中国标准出版社出版  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)  
总编室:(010)68533533

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

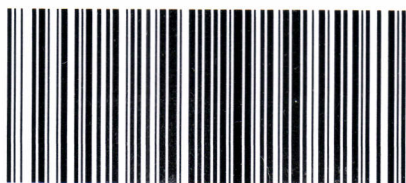
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷

\*

开本 880×1230 1/16 印张 4.25 字数 120 千字  
2018年1月第一版 2018年1月第一次印刷  
印数 1—500

\*

书号: 155066·2-32382 定价 57.00 元



SN/T 4723-2016