

# 中国大豆根结线虫病 (*Meloidogyne incognita*; *M. arenaria*; *M. hapla*) 病原鉴定及地区分布

陈品三 陈森玉

(中国农业科学院植物保护研究所)

## 提 要

本研究鉴定出在中国大豆上又一类重要病原线虫——根结线虫。黄淮海豆区为其主要发生危害地带,并且,其主要病原种和小种为南方根结线虫寄主小种1号和花生根结线虫寄主小种2号。经用光学显微镜和扫描电子显微镜形态学观察,测量及鉴别寄主试验鉴定,结果表明其区系分布大体为:在开封为南方根结线虫 [*Meloidogyne incognita* (Kofoed and White, 1919) Chitwood, 1949] 寄主小种1号和花生根结线虫 [*M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949] 寄主小种2号;在宁陵为花生根结线虫寄主小种2号;在崂山为南方根结线虫寄主小种1号;在栖霞为北方根结线虫 (*M. hapla* Chitwood, 1949),其中南方根结线虫的开封群体和崂山群体雌虫会阴花纹和排孔位置略有不同,但仍属于其种内群体及个体之间的差异。

**关键词:** 大豆根结线虫病 南方根结线虫 花生根结线虫 北方根结线虫 会阴花纹

大豆根结线虫病在世界大多数大豆产区都有分布,尤其在巴西、美国等部分大豆产区危害严重<sup>[1, 2]</sup>。国外报道寄生大豆的根结线虫种有:南方根结线虫 [*M. incognita* (Kofoed and White, 1919) Chitwood, 1949], 花生根结线虫 [*M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949]、北方根结线虫 [*M. hapla* Chitwood, 1949]、爪哇根结线虫 [*M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949]<sup>[3, 4]</sup>、无饰根结线虫 [*M. inornata* Lodello, 1956]、保鲁根结线虫 [*M. bauruensis* Lodello, 1956]<sup>[5]</sup>和纳西根结线虫 [*M. nassi* Franklin, 1965]<sup>[3]</sup>等。

在我国,1964年在北京即有发现,1982年在河南省虞城县、开封市郊区、安徽省蒙城

县、凤台县等地相继发现大豆根结线虫病在有的地块发生严重,1983年又在河南省宁陵县、1984年在山东省崂山县、栖霞县大豆上查到此病。但是,尚未见有其专门的研究报道。为了明确其病原种和小种,以进一步研究其发生发展规律和防治措施,从上述之开封市、宁陵县、崂山县、栖霞县采集样本,进行了本鉴定研究。

## 材料与 方法

### 1. 形态学鉴定

供形态学鉴定的材料除栖霞群体为田间大豆上群体在温室内大豆上接种、繁殖的后代外,其余均为田间大豆上的单卵囊在温室内大豆及番茄上接种、繁殖的后代。

根据根结线虫形态鉴别特征<sup>[4、5、6、7、8、9、10、11]</sup>, [分别对雌虫、雄虫和幼虫进行光学显微镜观察、测量和扫描电子显微镜观察。

光学显微镜玻片标本制作:幼虫用刚孵化、雄虫用游离出来的活线虫经热杀死临时制片;雌虫用已产卵成熟活线虫直接封于0.67%生理盐水中,立即观察、测量。会阴花纹按照 Taylor, D. P. 等<sup>[12]</sup>的方法制作。

扫描电镜样品处理:用3%戊二醛和1%锇酸双固定,酒精脱水,醋酸异戊酯过渡,二氧化碳临界点干燥,喷金后即进行电镜扫描观察<sup>[8、13、14]</sup>。

### 2. 鉴别寄主反应试验<sup>[5]</sup>

用国际统一的根结线虫鉴别寄主。供试群体除开封两群体为单卵囊繁殖后代外,其余均为田间群体繁殖后代。用蔗糖溶液漂浮法分离虫卵配成虫卵悬浮液或卵囊团作为接种物。在直径10cm、高10cm的小钵内放一牛皮纸袋,装入经高温消毒的沙性土,每盆移栽已生长2—3周的鉴别寄主苗2株,接种虫卵10000粒或卵囊团30块,重复3—4次,在温室内20—30℃下生长,正常管理浇水,50天后(第一代根结线虫产卵末期)查计根结和卵囊指数。

## 结 果

经形态学观察和鉴别寄主试验鉴定表明:供鉴定之上述大豆根结线虫病病原均为根结线虫科 (*Meloidogynidae* Wouts, 1973), 根结线虫属 [*Meloidogyne* Goeldi, 1887]。开封两群体分别为南方根结线虫 [*M. incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949] 寄主小种1号和花生根结线虫 [*M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949] 寄主小种2号; 宁陵群体为花生根结线虫寄主小种2号; 崂山群体为南方根结线虫寄主小种1号; 栖霞群体为北方根结线虫 [*M. hapla* Chitwood, 1949]。它们的主要形态学特征和鉴别寄主反应分述如下:

### 一、形态特征

#### 1. 南方根结线虫

各虫态形态测量值见表1。

表 1 各群体主要形态测量平均值  
Table 1 The mean of main morphological measurement  
of the populations

单位:  $\mu$   
Unit:  $\mu$

测 量 值 群 体		南方根结线虫 <i>M. incognita</i>		花生根结线虫 <i>M. arenaria</i>		北方根结线虫 <i>M. hapla</i>
测 量 项 目	Values Populations	开封群体 Kaifeng population	崂山群体 Laoshan population	开封群体 Kaifeng population	宁陵群体 Ningling population	栖霞群体 Qixia population
Characters measured						
雌虫 Females	口针长 Stylet length	15.2	14.2	14.8	16.0	13.3
	口针基部球宽 Stylet knob width	4.7	4.3	4.4	4.9	3.1
	口针基部球高 Stylet knob height	2.5	2.5	2.4	2.6	2.4
	DGO—SBK*	4.8	4.1	4.3	4.7	5.1
	排泄孔—头端 Excretory pore to head end	31.4	24.5	37.6	41.4	38.9
	阴门裂长 Vulval slit length	22.2	21.8	24.1	21.4	17.7
	阴门—肛门 Vulva-anus	19.0	17.9	18.4	17.1	16.1
	阴门—尾端 Vulva to tailtip	36.0	31.5	32.8	28.2	27.3
	两侧尾腺口距离 Interphasmidial distance	26.2	23.7	25.5	26.8	24.3
雄虫 Males	口针长 Stylet length	22.2	23.6	21.4	23.2	20.4
	DGO——SBK*	3.3	3.5	5.0	3.6	4.9
	交合刺长 Spicule length	32.1	33.2	28.2	33.0	28.3
	引带长 Gubernaculum length	7.2	7.4	7.5	8.7	6.7
幼虫 Juveniles	体 长 Body length	387.4	390.7	446.2	444.9	380.7
	体 宽 Body width	13.9	13.7	15.6	14.6	14.1
	尾 长 Tail length	48.1	45.9	49.8	47.1	46.6
	口针长 Stylet length	12.1	12.2	12.7	—	12.1
	DGO—SBK*	2.8	2.9	3.6	—	5.0
	r	8.1	8.5	8.7	9.5	8.2

\* 注: “DGO—SBK” 为背食道腺开口到口针基部球之距离

Note “DGO—SBK” Means the distance of dorsal esophageal gland orifice to stylet basic knob.

雌虫 体呈梨形，袋状或球形。排泄孔位于口针基部球后平均为 1 个口针长处（开封群体）或半个口针长处（崂山群体）。头区无明显环纹。背、腹中唇和唇盘融合成对称的哑铃形构造。中唇边缘圆，侧唇呈三角形。口针基部球与杆部界限明显，杆部从前向后略增粗，锥部中间向背略成钝角弯曲，前 1/2 段粗细均匀，后 1/2 段自前向后渐增粗。两群体会阴花纹略有不同，开封群体典型的会阴花纹特征是：背弓纹高，波纹走向呈波浪形或较直，较粗而疏，侧线一般不明显，有时也可明辨，背、腹纹在侧线相遇处往往分叉。在肛后区常有明显可见的涡纹；崂山群体典型的会阴花纹特征是：背弓纹高而平，纹较细

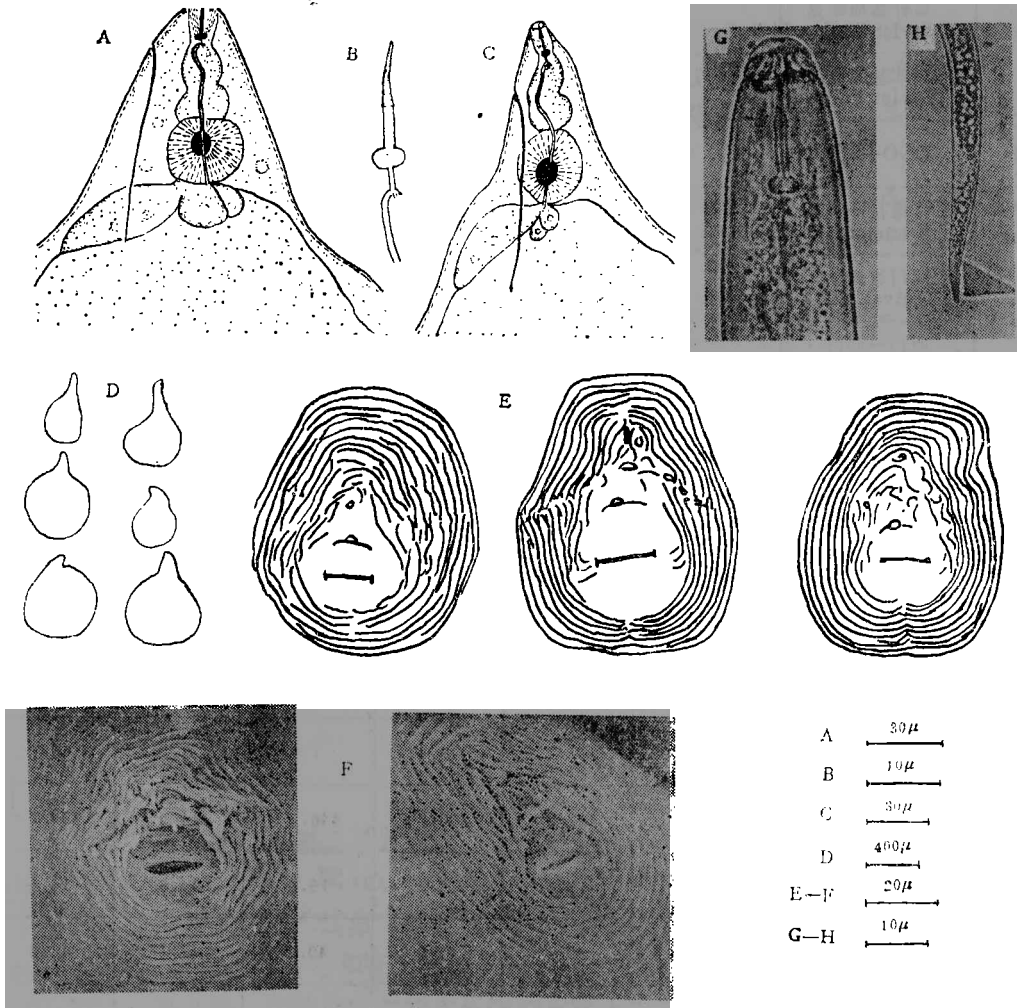


图 1 南方根结线虫：A，C）雌虫前部，A）崂山群体，C）开封群体；B）雌虫口针；D）雌虫体形；E—F）雌虫会阴花纹；G）雄虫前部，H）二龄幼虫尾部。

Fig. 1 *M. incognita*: A, C) Anterior region of female, A) Laoshan population, C) Kaifeng population; B) Female stylet; D) Female body shape; E—F) Perineal patterns of females; G) Anterior region of male; H) Tail of second stage juvenile.

密、波浪形或“Z”形, 常为连续, 侧线一般不明显, 阴门下线纹往往向阴门唇弯曲, 肛后有时可见涡纹(图1)。

雄虫 体蠕虫形, 头区与体躯界限明显, 具1—3个环纹。头帽较高, 背腹面观前缘平, 侧面观前缘中间略凹陷, 宽度与头区相近。口针基部球圆形, 与杆部界限明显, 口针杆部近基处变细(图1)。

幼虫 体蠕虫形。头部侧面观截平。侧唇与中唇相连, 唇盘圆形, 中唇和唇盘组成对称的哑铃形结构。半月体紧靠排泄孔前。直肠膨大。尾部向后渐变细, 末端钝圆, 在透明区常有2—3个缢痕(图1)。

## 2. 花生根结线虫

各虫态形态测量值见表1。

雌虫 体呈梨形、袋状或球形。排泄孔位于口针后1—2个口针长处。头区无明显环纹, 背、腹中唇和唇盘融合成对称的哑铃形结构, 中唇背、腹缘成弧线形, 侧缘成一钝角, 侧唇近三角形或半圆形。口针杆部与基部球界限明显或不明显, 口针锥部向背成

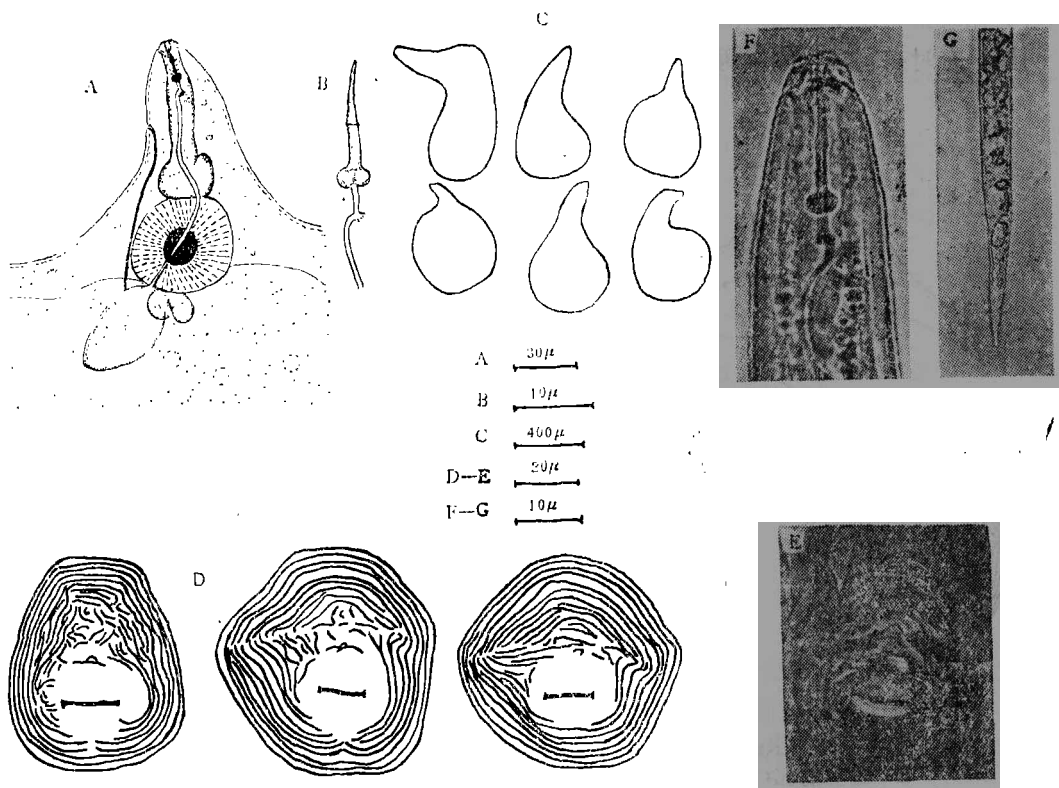


图2 花生根结线虫: A) 雌虫前部; B) 雌虫口针; C) 雌虫体形; D—E) 雌虫会阴花纹; F) 雄虫前部; G) 二令幼虫尾部。

Fig. 2 *M. arenaria*: A) Anterior region of female; B) Stylet of female; C) Female body shape; D—E) Perineal patterns of females; F) Anterior region of male; G) Tail of second-stage juvenile.

弧线形弯曲,从前端向后渐增粗。典型的会阴花纹全貌呈不平滑近圆形,背弓纹低,侧线不明显或可见,背、腹纹在侧线处相接成角,在近侧线处往往有不规则排列短线纹,有时在肛后两侧形成“翼”(图2)。

**雄虫** 体蠕虫形。头区具1—3个不完全环纹,与体躯界限明显,头帽高,侧面观成圆弧形,背腹面观前缘平,唇盘圆形,高于中唇,中间略隆起,中唇呈新月形,略向头区外缘延伸,侧唇痕迹可辨。口针基部球与杆部界限明显,杆部粗细均匀或近基部略增粗(图2)。

**幼虫** 体蠕虫形。头端侧面观平至略圆形。中唇和唇盘组成对称的哑铃形结构。半月体紧靠排泄孔前。直肠膨大。尾部向后渐变细,末端削尖,具1—3个缢痕,侧面观常为2个,其中一个较明显(图2)。

### 3. 北方根结线虫

各虫态形态测量值见表1。

**雌虫** 体呈球形、梨形或袋状,以球形为主,颈部较短。排泄孔位于口针基部球后约1.5个口针长处。口针基部球与杆部界限明显,杆部自前向后渐增粗,锥部略弯曲。会阴花纹背弓纹平或圆,线纹细、平滑而连续。中心区无纹,肛后区有刻点,侧线常不明显,有时在尾端一侧或两侧沿侧线位置向外形成“翼”(图3)。

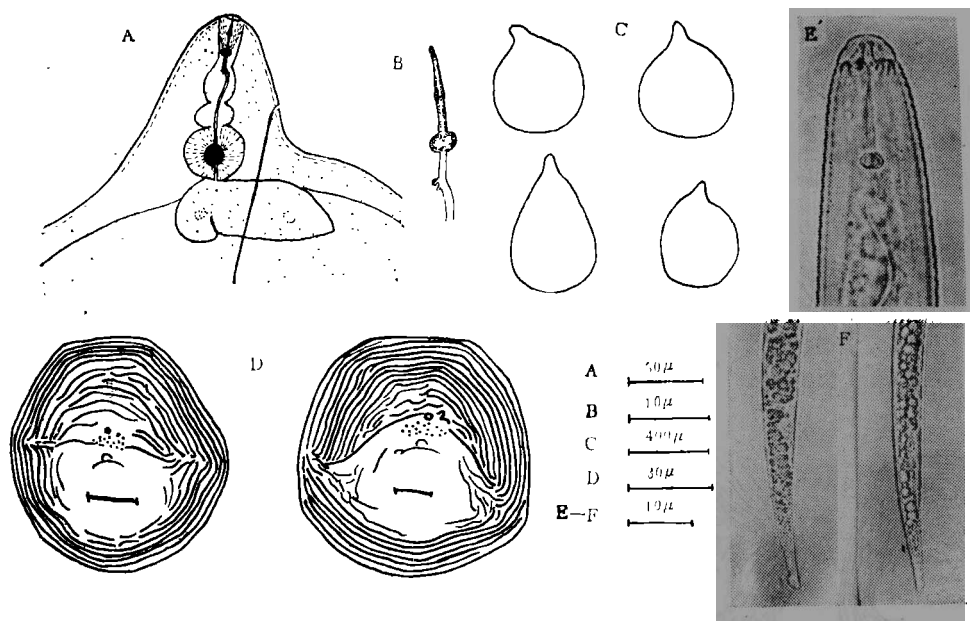


图3 北方根结线虫: A) 雌虫前部; B) 雌虫口针; C) 雌虫体形; D) 雌虫会阴花纹; E) 雄虫前部; F) 二龄幼虫尾部。

Fig. 3 *M. hapla*: A) Anterior region of female; B) Stylet of female; C) Female body shape; D) Perineal patterns of females; E) Anterior region of male; F) Tails of second-stage juveniles

**雄虫** 体蠕虫形。头区比体躯明显窄,与体躯界限明显。头帽低,侧面观前缘圆弧形,比头区窄、背腹面观前缘平。口针基部球与杆部界限明显,杆部自前向后略增粗

(图 3)。

幼虫 体蠕虫形。头端侧面观平或略呈圆形。唇盘成长方形，中唇外缘呈不光滑的圆形，侧唇三角形。半月体紧靠于排泄孔之前。直肠不膨大，尾部向后渐变细，常有 2—3 个缢痕，近尾端形状变化较大，有锤形，棒形、二叉状和平滑钝圆形 (图 3)。

## 二、鉴别寄主反应

各群体在鉴别寄主上的反应试验结果 (表 2) 表明：开封一群体和崂山群体为南方根结线虫 1 号小种；开封另一群体和宁陵群体为花生根结线虫 2 号小种；栖霞群体为北方根结线虫。

表 2 鉴别寄主试验结果

Table 2 The result of differential host test 1984. 11—1985. 6

群 体 来 源 地 点 Places of population resources		开 封 Kaifeng	崂 山 Laoshan	开 封 Kaifeng	宁 陵 Ningling	栖 霞 Qixia
鉴别寄 主反应 Res- ponse of diffe- rential hosts	烟草 Tobacco "NC 95"	—	—	+	+	+
	棉花 Cotton "Deltapine 16"	—	—	—	—	—
	辣椒 Pepper "California wonder"	+	+	—	—	+
	西瓜 Water melon "Charleston grey"	+	+	+	+	—
	花生 Peanut "Flurrunner"	—	—	—	—	+
	番茄 Tomato "Rutgers"	+	+	+	+	+
种 和 小 种 Species and races		南方根结线虫寄主小种 1 号 <i>M. incognita</i> , race 1.		花生根结线虫寄主小种 2 号 <i>M. arenaria</i> , race 2.		北方根结线虫 <i>M. harla</i>

注：根结和卵囊指数 0—2 级为 “—”，4—5 级为 “+”

Note: The index of root-knots and egg masses of “0—2” are “—”, while that of “4—5” are “+”

## 分 析 与 讨 论

1. 本研究大豆根结线虫病是在我国继大豆孢囊线虫病之后发现的又一大豆重要线虫病。在黄淮海大豆主产区，这两大大豆线虫病系同时存在。因此，在该地区大豆线虫防治和抗线虫育种研究中，应根据当地的为害种和小种，兼顾大豆孢囊线虫和根结线虫两个对象。

2. 通过形态学观察研究看出，南方根结线虫雌虫排泄孔位置变异较大。崂山群体雌虫排泄孔距头端平均为  $24.5\mu$ ；，开封群体平均为  $31.4\mu$ ，从群体内个体间来看，崂山群体雌虫排泄孔至头端距离最小为  $17\mu$ ，最大达  $68\mu$ ，开封群体最小为  $26.4\mu$ ，最大达  $51\mu$ 。由此可见，南方根结线虫雌虫排泄孔位置的变异既存在于群体间，也存在于个

体间。这种排泄孔位置变异现象存在于南方根结线虫的不同亚种之间,国外已经有过报道。Esser, 等 (1976)<sup>[6]</sup>和泰勒等 (1978)<sup>[5]</sup>描述南方根结线虫雌虫排泄孔位于口针基部球相对的位置,以此作为种鉴别的重要特征之一。Golden & Birchfield, (1978)<sup>[15]</sup>报道 *M. inc. var. incognita* 雌虫排泄孔距离头端平均为  $23\mu$ ; *M. inc. var. acrita* 排泄孔距离头端平均为  $15\mu$ ; 而在同一文中报道的新亚种 *M. inc. var. vartellei* 雌虫排泄孔位于距离头端 2—3 个口针长 (口针长为  $15\mu$ ) 处。可见,这种变异仍系种内群体间和个体间之变异,不影响其种的确定。

3. 在开封市郊区大豆上有南方根结线虫 1 号小种和花生根结线虫 2 号小种,然而,根据对所采集的田间大豆根结线虫样本雌虫会阴花纹观察看出,其在该地区有的地块同时存在此两个种,而在另一些地块则仅存在其中一个种。并且,从在不同的寄主植物上出现的频率调查看,对 130 多个样本上已产卵成熟雌虫会阴花纹观察得出南方根结线虫在绿豆 (*Rhaseolus radiatus*)、赤小豆 (*Phaseolus calcaratus*)、菜豆 (*Phaseolus vulgaris*)、豇豆 (*Vigna sinensis*)、西瓜 (*Citrullus lanatus*)、南瓜 (*Cucurbita moschata*)、黄瓜 (*Cucumis sativus*)、甜瓜 (*Cucumis melo*)、番茄 (*Lycopersicon esculentum*)、茄子 (*Solanum melongena*)、辣椒 (*Capsicum frutescens*)、胡萝卜 (*Daucus carota var. sativa*)、甘茹 (*Ipomoea batatas*)、萝卜 (*Raphanus sativus*)、白菜 (*Brassia pekinensis*)、韭菜 (*Allium tuberosum*)、芹菜 (*Apium sp.*)、葡萄 (*Vitis vinifera*)、芦苇 (*Phragmites communis*)、泡桐 (*Paulownia sp.*)、小麦 (*Triticum aestivum*)、狗尾草 (*Setaria viridis*) 等 22 种植物上调查到;而花生根结线虫仅在苧麻 (*Urtia sp.*)、芝麻 (*Sesamum indicum*)、凤仙花 (*Impatiens balsamina*)、杨树 (*Populua sp.*)、西瓜等 5 种植物上调查到。由此认为在开封市郊南方根结线虫无论在大豆不同地块里或在不同的寄主植物上出现的频率均较高,为当地根结线虫的优势种。其次为花生根结线虫。

4. 作者除了对黄淮海豆区的开封市、宁陵县和山东省的栖霞县、崂山县大豆根结线虫病作了调查鉴定外,还在温室内对采自各地的其它根结线虫病病原接种大豆进行观察,并参考本室对之种的鉴定资料,得出采自广西南宁罗汉果的爪哇根结线虫;安徽凤台赤小豆、安徽砀山葡萄、浙江金华棉花、湖北武汉猕猴桃,河南兰考葡萄,郑州郊区西瓜、北京双河农场番茄的南方根结线虫;河南兰考葡萄、北京卧佛寺桂花的花生根结线虫;北京芦沟桥紫穗槐的北方根结线虫等均能侵染大豆。另外还据作者尚未发表的研究资料知,在花生上鉴定出广东遂溪为花生根结线虫寄主小种 1 号,河北滦县,山东栖霞、文登、乳山为北方根结线虫。根据上述研究并结合有关文献报道<sup>[15, 17]</sup>,认为能危害大豆的 4 个常见种在我国分布很广,就其各个种的分布区系来看,北方根结线虫主要分布于黄河以北的河北省、山东省及北京市,南方根结线虫和花生根结线虫主要分布于黄淮海地区、山东省及其以南的广大地区;花生根结线虫 1 号小种主要分布于我国南部地区,而 2 号小种在黄淮海豆区较常见;爪哇根结线虫在我国主要发生在南部地区。在黄河以北虽然也有南方根结线虫、花生根结线虫、爪哇根结线虫,但一般都是发生在温室、大棚内,对大豆其重要性不大。黄淮海地区是我国大豆主产区之一,而在其南各省和地区大豆种植面积一般较小。故黄淮海地区是我国大豆根结线虫病的主要发生危



害区，并且其主要种和小种是南方根结线虫 1 号小种和花生根结线虫 2 号小种。

### 参 考 文 献

- [1] Lamberti, F. 1979. Economic importance of *Meloidogyne* spp. in subtropical and Mediterranean climates. P. 341—357. In "Root-knot Nematode" (systematics, biology and control). Ed. by F. Lamberti and C. E. Taylor, London and New York Academic Press.
- [2] Sasser, J. N. 1979. Economic importance of *Meloidogyne* spp. in tropical countries. P. 359—374. In "Root-knot Nematode" (systematics, biology and control), Ed. by F. Lamberti & C. E. Taylor, London and New York Academic Press.
- [3] Sinclair, J. B. 1932. Root-knot nematode. P. 62—64. In "Compendium of soybean diseases". Published by the Amer. Phytopath. Soc.
- [4] Chitwood, B. G. 1949. Root-knot nematode. I. A revision of the genus *Meloidogyne* Goeldi, 1887. Proc. Helminthol. Soc. Wash. 16: 90—104.
- [5] 泰勒, A. L. 和 J. N. 萨塞, 1973 (杨宝付、曾大鹏译, 陈品三校)。植物根结线虫 (分类学、生物学及防治)。科学出版社。
- [6] Esser, R. P., V. G. Perry & A. L. Taylor. 1976. A diagnostic compendium of the genus *Meloidogyne* (Nematoda: Heteroderidae). Proc. Helminth. Soc. Wash. 43 (2): 138—150.
- [7] Eisenback, J. D. & H. Hirschmann. 1930. Morphological comparison of *Meloidogyne* males by scanning electron microscope. J. Nematol. 12 (1): 23—32.
- [8] Eisenback, J. D., H. Hirschmann, & A. C. Triantaphyllou. 1930. Morphological comparison of *Meloidogyne* female head structures, perineal patterns and stylets. J. Nematol. 12 (4): 300—313.
- [9] Eisenback, J. D. & H. Hirschmann. 1931. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of shape and stylet morphology of the male. J. Nematol. 13 (4): 513—521.
- [10] Eisenback, H. D. 1982. Morphological comparison of head shape and stylet morphology of second-stage juveniles of *Meloidogyne* species. J. Nematol. 14 (3): 339—343.
- [11] Jepson, S. B. 1983. The use of second stage juvenile tails as an aid in the use of identification of *Meloidogyne* species. Nematologica 28: 11—28.
- [12] Taylor, D. P. & C. Nerscher. 1974 An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. Nematologica 20: 268—269.
- [13] 黄立, 1982, 电子显微镜生物标本制备技术。江苏科学技术出版社。
- [14] Zuckerman, B. M. 1981. Plant Parasitic Nematode. Vol. 3.
- [15] Golden, A. M. & W. Birchfield. 1978. *Meloidogyne incognita watellei* n. subsp. (*Meloidogynidae*) a root-knot nematode on resistant soybean in Louisiana. J. Nematol. 10 (3): 269—277.
- [16] 还进, 1983, 浙江省茶苗根结线虫种类鉴定初报。浙江农业大学学报 9 (4): 343—350.
- [17] 杨宝君, 1984, 十五种根结线虫病的病原鉴定。植物病理学报 14 (2): 107—112.

IDENTIFICATION AND REGIONAL DISTRIBUTION OF ROOT-KNOT  
NEMATODES (*MELOIDOGYNE INCOGNITA*; *M. ARENARIA*;  
*M. HAPLA*) ON SOYBEAN IN CHINA

Chen Pinsan      Chen Senyu

(*Plant Protection Institute, Chinese Academy of  
Agricultural Sciences*)

Abstract

In this article, an important group of soybean parasitic nematodes, root-knot nematodes, is reported to have been identified in China. Huanhuaihai soybean growth area is the main place where it occurs and damages to the crop; and the main species and races in the area are *M. incognita*, race 1, and *M. arenaria*, race 2.

The observation and measurement of the morphological characteristics with light microscope and scanning electronic microscope and differential host tests indicate that the pathogens are *M. incognita* (Kofoid and White, 1919) Chitwood, 1949, race 1, in Kaifeng and Laoshan, *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949, race 2, in Kaifeng and Ningling, and *M. hapla* Chitwood, 1949, in Qixiang. There are differences between the Kaifeng population and Laoshan population in the location of excretory pore and the type of perineal pattern of *M. incognita* females which, however, still is variation among the populations and individuals within the species.