

# 土沉香根结线虫病的病原鉴定

苏圣淞, 周国英\*, 李河, 王姣, 何苑皞, 刘君昂

(中南林业科技大学经济林培育与保护教育部重点实验室, 中南林业科技大学森林有害生物防控湖南省重点实验室, 长沙 410004)

**摘要** 本研究对海南省澄迈县土沉香根结线虫病危害与发生情况进行了调查与研究, 并采用比较形态学结合 rDNA-ITS 序列分析的方法对病原进行了分离鉴定, 确定了发生在澄迈县土沉香苗木上的根结线虫为象耳豆根结线虫 *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback。这是首次报道海南省澄迈地区土沉香上发生象耳豆根结线虫, 为进一步分析土沉香病原根结线虫种群及该病的防治研究奠定了基础。

**关键词** 土沉香; 象耳豆根结线虫; rDNA-ITS

**中图分类号:** S 435.671 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.04.033

## Identification of root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* from *Aquilaria sinensis* in Hainan Province

Su Shengsong, Zhou Guoying, Li He, Wang Jiao, He Yuanhao, Liu Jun'ang

(Key Laboratory for Non-wood Forest Cultivation and Conservation of Ministry of Education, Hunan Provincial Key Laboratory for Control of Forest Diseases and Pests, College of Forestry, Central South University of Forestry and Technology, Changsha 410004, China)

**Abstract** The nematode species on *Aquilaria sinensis* in Chengmai County, Hainan Province was identified by morphological observation and rDNA-ITS sequence analysis. The results showed that the root-knot nematode occurred commonly on *A. sinensis* was *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback. This is the first report of *M. enterolobii* on *A. sinensis* in Hainan Province, which will be helpful to control the root-knot nematode of *A. sinensis*.

**Key words** *Aquilaria sinensis*; *Meloidogyne enterolobii*; rDNA-ITS

土沉香 *Aquilaria sinensis*, 亦称白木香, 俗称女儿香、莞香, 属瑞香科 Thymelaeaceae 沉香属 *Aquilaria* spp., 其木材因饱含树脂而质量大, 遇水即沉, 且芳香之极。土沉香是我国特有的珍贵树种, 也是生产中药沉香的唯一植物资源<sup>[1]</sup>, 现已被列为国家珍稀濒危三级保护植物<sup>[2]</sup>及国家二级重点保护野生植物<sup>[3]</sup>。土沉香主要分布于我国华南地区, 以海南、广东、云南、福建、广西、台湾等省区为主, 其中海南种植面积最广, 已成为我国沉香的代表性产区<sup>[4]</sup>。土沉香的人工种植在海南已经十余年, 种植面积已超过 2 000 hm<sup>2</sup>, 遍布海南省各个市县。

2013 年在海南省 19 个市(县)对包括土沉香在

内的 10 个乡土树种的主要病虫害进行了调查, 结果表明海口、屯昌、五指山、定安、东方、澄迈、保亭、万宁、昌江、三亚等地的土沉香均受到根结线虫的危害而呈现植株长势差、叶片失绿黄化、易感叶部病害等症状, 尤其是部分苗圃基地的苗木感病严重, 死亡率极高, 达 40%~60%。

我们在调查土沉香根结线虫发生情况的基础上, 进一步对土沉香病原根结线虫进行分离、鉴定。通过对澄迈县主要土沉香育苗基地受根结线虫的危害情况调查及其病原根结线虫的分离鉴定, 对土沉香苗木根结线虫病的发病症状进行了较为详细的阐述, 并确定了澄迈地区一种新的土沉香病原根结线虫。

收稿日期: 2016-09-05 修订日期: 2016-09-21

基金项目: 林业公益性行业科研专项(201304402)

\* 通信作者 E-mail: gyzhou2118@163.com

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

病株样品:在海南省澄迈地区主要土沉香育苗基地(以海南国营澄迈林场为主)采集染病袋装苗连同基质一起放入封口袋内,做好标记带回实验室。

供试番茄苗:市场采购的普通樱桃番茄种子,在灭菌土中培养。

### 1.2 方 法

#### 1.2.1 土沉香根结线虫病的调查及供试虫源准备

在海南省澄迈县土沉香主要育苗基地对土沉香苗木根结线虫病的发生情况展开调查。在显微镜下从采集的染病袋装苗上挑取单卵块接种在灭菌土中,将刚长出两片真叶的番茄幼苗移入接种土中培养,进行种群纯化培养与活体保存<sup>[5]</sup>。

#### 1.2.2 土沉香根结线虫的获得

雌虫的分离与收集:经单卵块接种后的番茄苗培养 40 d 后,取侵染的番茄根用清水洗净,在体视显微镜下用镊子或解剖针针尖将根结表皮轻轻挑开,剖面出现的乳白色的光滑梨形物即为根结线虫的雌虫,用解剖针轻轻拨出,放入水中待用。

2 龄幼虫的收集:2 龄幼虫由单卵块孵化获得,参照王曦苗等的方法<sup>[6]</sup>。

#### 1.2.3 形态学观察

雌成虫与 2 龄幼虫的主要形态特征观察:包括雌成虫头部、口针特征等;2 龄幼虫头部、尾部特征等。分别测量 20 条成虫与 2 龄幼虫的体长、最大体宽、口针长和 DEGO(背食道腺开口至口针基部的距离)等形态指标。

雌成虫会阴花纹的制作与观察:参照张绍升的方法<sup>[7]</sup>,从新鲜的染病番茄根组织挑取成熟雌虫,置于滴有 40% 乳酸溶液的载玻片上,在体视显微镜下,用解剖针和双面刀切取下尾端(虫体后部约 1/4 处),将尾端的体内组织用发针去掉,并切除尾端表皮多余部分,把会阴花纹部分转移至滴有纯甘油的载玻片上展平,制成临时玻片在显微镜下观察拍照。

#### 1.2.4 分子生物学鉴定

根结线虫 DNA 提取,参照王曦苗等<sup>[6]</sup>与章淑玲等<sup>[8]</sup>的方法,稍作修改:配制线虫裂解液(10 mmol/L Tris-HCl pH 8.0, 1 mmol/L EDTA pH 8.0, 0.25 mmol/L NaCl pH 8.0, 1% SDS),5℃ 保藏,待用。在体视显微镜下挑取单条成熟雌成虫,置于滴有无菌水的载玻片上,用无菌水冲洗 3 次后,转移至灭菌的 1.5 mL 离

心管中,加入 10 μL 无菌水,4 μL 预冷的裂解液,用灭菌解剖针将雌虫刺破,加入 2 μL 的 1 mg/mL 蛋白酶 K(天根公司),并迅速放入-20℃ 冰箱中过夜。然后置于 65℃ 水浴锅中 1 h,95℃ 水浴 10 min 使蛋白酶变性,最后以 12 000 r/min 离心 2 min,取其上清用于 PCR 扩增或于-20℃ 保存备用。

基因选择及目的片段扩增与测序:参照王曦苗等<sup>[6]</sup>、Shi 等<sup>[9]</sup>的研究结果,对所分离筛选获得的根结线虫,选择核糖体转录间隔区(ITS)进行扩增与测序,PCR 扩增引物为 V5367: 5'-TTG ATT ACG TCC CTG CCC TTT-3' 和 26S: 5'-TTT CAC TCG CCG TTA CTA AGG-3'<sup>[9]</sup>,由上海铂尚生物技术有限公司合成。反应体系及条件参见王曦苗等的方法<sup>[6]</sup>。PCR 产物委托上海铂尚生物技术有限公司测序。

ITS 基因系统发育树构建:将本试验分离的根结线虫 ITS 序列(编号为 HN150805),与 GenBank 数据库中根结线虫 ITS 序列进行比对分析,分别选取南方根结线虫 *M. incognita* ITS 序列(KP751204、KP179223),北方根结线虫 *M. hapla* ITS 序列(LC030362、LC030358),花生根结线虫 *M. arenaria* ITS 序列(LC03035、LC030356),爪哇根结线虫 *M. javanica* ITS 序列(AF387094、AY829375),西班牙根结线虫 *M. hispanica* ITS 序列(EU443614、EU443612),象耳豆根结线虫 ITS 序列(KT354573、KP411227、KJ146863、KF418369),以秀丽隐杆线虫 *Caenorhabditis elegans* (X03680)的 ITS 序列作为外群,共 16 个序列,采用 MEGA 5.1 软件通过邻接法(neighbor-joining)构建系统发育树,以自展法(bootstrap)进行 1 000 次循环检测。

## 2 结果与分析

### 2.1 土沉香根结线虫发病症状

调查发现澄迈县的部分土沉香育苗基地的土沉香 1 年生小苗或 2 年生大袋苗出现植株矮小,叶片黄化失绿,生长缓慢,甚至植株枯死的现象,且罹病苗木易患其他叶部病害,严重苗圃死亡率达 40%~60%。受害土沉香苗木根部会形成许多大小形状不定、表面粗糙的根结,有的连接成块,随着病情的加重,根部坏死表现为疏松多孔,大部分 2 年生的罹病大袋苗的根颈部会形成畸形的瘤块,有的瘤块处的直径是正常处 2 倍多,表皮纵裂。取根结在体视显微镜下切开能看见白色梨形雌虫,或取受害土沉香苗木用贝曼漏斗处理约 24 h,镜检会观察到大量线形幼虫或雌虫。



a: 1年生感病袋育苗; b: 地上部分失绿黄化; c: 地下部分长有大小不一的根结; d: 2年生感病大袋苗; e-f: 根颈部形成的不规则巨大瘤块或纵裂坏死  
a: Infective one-year old seedling cultivated in nutritional bag; b: Overground part with chlorosis and yellowing; c: Underground part with root knots in different sizes; d: Infective two-year old seedling cultivated in big nutritional bag; e-f: Enormous irregular nodules or vertical necrosis at root neck

图 1 土沉香苗木根结线虫危害状

Fig. 1 Symptoms of damage by root-knot nematode in *Aquilaria sinensis* seedlings



图 2 土沉香根部罹病坏死

Fig. 2 Necrosis of the susceptible *Aquilaria sinensis* root



a: 接种约 40 d 后番茄枯萎症状; b-c: 番茄根部大小不一的根结

a: Wilting syndrome on tomato post-inoculation for 40 d; b-c: Tomato root with root knots in different sizes

图 3 土沉香病原根结线虫感染的番茄幼苗

Fig. 3 Tomato seedlings infected by root-knot nematodes collected from *Aquilaria sinensis* seedlings

## 2.2 形态学特征

雌虫:乳白色,呈梨形,颈明显突出,头区无环纹,唇盘圆盘状,略突起,口针细长,基部球粗大,椎体部与杆部等长。

2龄幼虫:蠕虫形,体环清晰,头区略缢缩,口针

细长,基部球大而圆,体部与杆部分界明显,尾部透明区明显,尾尖钝圆。

会阴花纹:为近圆的六边形至卵圆形,线纹较紧密,呈波浪形,连续或间断,背弓较高,侧线不明显,尾端区通常有刻点。

表 1 土沉香象耳豆根结线虫雌虫和 2 龄幼虫的测量值<sup>1)</sup>

Table 1 Measurement of female and second-stage juvenile of *Meloidogyne enterolobii* on *Aquilaria sinensis*

虫态 Stage	体长/ $\mu\text{m}$ Body length	体宽/ $\mu\text{m}$ Body width	口针/ $\mu\text{m}$ Stylet	DEGO/ $\mu\text{m}$	尾长/ $\mu\text{m}$ Tail length
雌虫 Female (n=20)	764.3(637.6~823.5)	635.2(512.6~756.3)	15.7(14.3~17.5)	5.2(4.4~6.0)	—
2龄幼虫 Second-stage juvenile(n=20)	458.3(427.8~484.1)	15.4(14.3~16.7)	12.4(11.2~13.6)	4.3(3.1~5.1)	53.5(44.3~57.6)

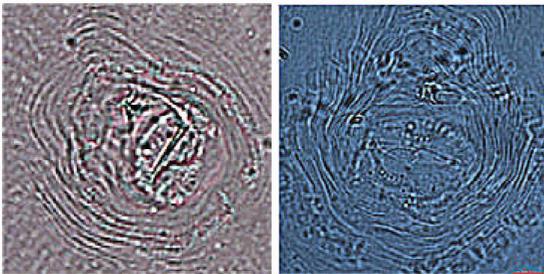
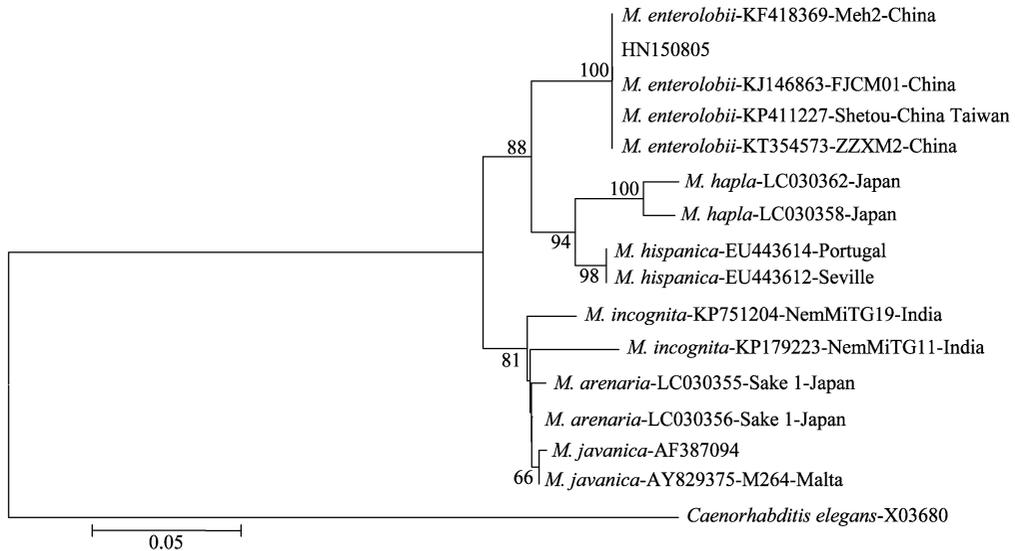


图 4 象耳豆根结线虫雌虫会阴花纹

Fig. 4 Female perineal patterns of *Meloidogyne enterolobii*

## 2.3 分子生物学特征

利用通用引物 V5367 和 26S 对样品 HN150805 的 rDNA-ITS 区域进行扩增,得到约 750 bp 的片段,经双向测序及拼接得到 694 bp,通过 BLAST 比对分析,发现该序列(NCBI 序列号为 KU321697)与象耳豆根结线虫(KT354573、KP411227、KJ146863、KF418369)完全相同。系统发育树显示样品 HN150805,与象耳豆根结线虫位于同一分支,支持率为 100%。



HN150808: 土沉香象耳豆根结线虫的序列

HN150808: The sequence of the root-knot nematode on *Aquilaria sinensis*

图 5 根结线虫不同种群 ITS 序列的聚类分析(NJ)

Fig. 5 NJ tree of 16 *Meloidogyne* isolates based on ITS sequences of *Meloidogyne enterolobii*

## 3 结论与讨论

本研究对海南省澄迈县土沉香主要育苗基地的土沉香苗木感染根结线虫病的情况进行了调

查,发现这些地区的土沉香苗圃均受到根结线虫不同程度的危害,试验对土沉香苗木患根结线虫病的症状作了较为详细的描述,对土沉香苗木根结线虫病的诊断与防治有一定的指导意义。在

此基础上本研究运用形态学结合 rDNA-ITS 序列分析的方法,将采自澄迈县罹病土沉香苗木上的线虫鉴定为象耳豆根结线虫,为该病原线虫的进一步研究奠定了基础。

1994 年吴影梅等<sup>[10]</sup>认为广东、海南两省的白木香病原根结线虫有南方根结线虫和爪哇根结线虫两种;2011 年,许天委等<sup>[11]</sup>认为海南省白木香受到南方根结线虫、爪哇根结线虫、花生根结线虫等 3 种病原线虫的危害。均认为海南省的土沉香根结线虫是复合侵染型,而本研究仅鉴定出象耳豆根结线虫 1 种病原。我们认为这样的结果并不矛盾,本试验在之前形态学鉴定的基础上结合了分子生物学特征的分析,试验结果具有更高的准确性;且有报道称象耳豆根结线虫已成为海南省蔬菜作物上一个主要的根结线虫病原种,在海南全岛普遍发生<sup>[12-13]</sup>。本试验之所以只鉴定出 1 个病原种,可能是因为象耳豆根结线虫已成为该地区土沉香的优势病原根结线虫,在挑取卵块于番茄上纯化分离时,挑取的恰好是象耳豆根结线虫卵块。在此基础上,我们已开展了土沉香病原根结线虫种群结构分析与生物防治研究。

象耳豆根结线虫于 1983 年由 Yang 和 Eisenback<sup>[14]</sup>在中国海南岛的青皮象耳豆树 *Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong 根部首次发现并描述,定名为 *M. enterolobii*; Rammah 和 Hirschmann<sup>[15]</sup>于 1988 年在波多黎各岛从一种茄子 *Solanum melongena* L. 上分离并描述,定名为 *M. mayaguensis*。2004 年, Brito 等<sup>[16]</sup>在佛罗里达州分离的 4 个 *M. mayaguensis* 隔离种群的形态特征与 1983 年 Yang & Eisenback 描述的象耳豆根结线虫一致。2012 年, Karssen 和 Liao<sup>[17]</sup>对 Rammah 和 Hirschmann 描述的 *M. mayaguensis* 与 Yang 和 Eisenback 描述的 *M. enterolobii* 的雌虫、雄虫、2 龄幼虫的形态特征进行了全面、详细的比较,揭示了这两个原种描述上的差异,并最终确定此二者为同物异名, *M. mayaguensis* 是次异名,统一使用 *M. enterolobii* 作为象耳豆根结线虫的拉丁文名。

象耳豆根结线虫作为一种多寄主的病原根结线虫,具有强致病力而且还能克服线虫 Mi 抗性基因<sup>[18]</sup>,对农作物造成毁灭性的危害。自 1983 首次在青皮象耳豆树上发现以后,其寄主范围与发生地区以极快的速度不断扩大<sup>[19-22]</sup>,尤其在福建<sup>[23]</sup>、海

南和广东<sup>[13,24]</sup>等热带、亚热带地区,该线虫无越冬现象,常年危害作物,已成为热带和亚热带地区最重要的根结线虫之一。欧洲和地中海植物保护组织发布的资料显示<sup>[25]</sup>,除中国以外,四大洲的亚热带地区也有象耳豆根结线虫发生,且其寄主包括大豆、咖啡、棉花、烟草等在内的许多世界性农作物与经济作物,EPPO 已将其列为检疫性线虫。

本研究详细阐述了土沉香根结线虫病的发生症状,对生产实践中土沉香根结线虫病的识别与诊断有一定的参考价值。同时首次确认了海南省澄迈地区土沉香的病原根结线虫是象耳豆根结线虫,为土沉香根结线虫病的进一步研究与防治提供了新的依据。鉴于土沉香根结线虫病的严重危害性,在明确其病原的基础上,高效无公害的治疗措施以及可持续的控制方法研究将是未来防治土沉香根结线虫病乃至象耳豆根结线虫的关键。

## 参考文献

- [1] 中华人民共和国药典委员会. 中华人民共和国药典(I)[M]. 北京:化学工业出版社,2005:128-129.
- [2] 国家环境保护局,中国科学院植物研究所. 中国珍稀濒危保护植物名录(第一册)[M]. 北京:科学出版社,1987.
- [3] 国家重点保护野生植物名录(第一批)[J]. 植物杂志,1999(5): 4-11.
- [4] 王亚沉,王玉英,肖楚楚,等. 珍贵树种沉香繁育技术及产业化[J]. 现代园艺,2015(17): 60-62.
- [5] 毛琦. 陕西省温室蔬菜根结线虫的种类鉴定[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2007.
- [6] 王曦苗,汪来发,杨佐忠,等. 四川省茂县花椒根结线虫病病原鉴定[J]. 植物保护,2014,40(4): 84-88.
- [7] 张绍升. 植物线虫病诊断与治理[M]. 福州:福建科技出版社,1999.
- [8] 章淑玲,林谷园,张学才. 莲雾根结线虫种类鉴定研究[J]. 江西农业学报,2014(11):69-71.
- [9] Shi Jingying, Liu Aiyuan, Li Xueping, et al. Control of *Phytophthora nicotianae* disease, induction of defense responses and genes expression of papaya fruits treated with *Pseudomonas putida* MGP1 [J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2013, 93(3): 568-574.
- [10] 吴影梅,陆安娜. 南药根结线虫病[J]. 中药材,1994(6): 5-8.
- [11] 许天委,林春光,郝慧华,等. 海南省白木香根结线虫的为害性调查与初步鉴定[J]. 中国植保导刊,2011,31(12): 30-32.
- [12] 符美英,曾向萍,芮凯,等. 海南岛南药根结线虫种类鉴定[J]. 植物保护,2015,41(4): 171-175.
- [13] 龙海波,孙艳芳,白成,等. 海南省象耳豆根结线虫的鉴定研究[J]. 热带作物学报,2015,36(2): 371-376.

畏乳油 1 000 倍液,或 10% 的氯氰菊酯 1 000 倍液等药剂适用于刺吸式口器的害虫<sup>[17]</sup>,是防治朝鲜毛球蚧若虫的首选药剂,采用喷施和灌根的方法防治效果均显著持久。此外,朝鲜毛球蚧发生严重时,可用 40% 氧乐果或石硫合剂原液涂抹树干、枝条,涂药宜早不宜晚,展叶后立即涂抹<sup>[18]</sup>。

### 2.5.4 检疫控制

朝鲜毛球蚧一生都在果树的枝干上生活,易被人携带传播。因此,要在苗木移植时加强虫情检查,发现有蚧体的苗木杜绝移植栽培,必须将有朝鲜毛球蚧的植株进行灭虫处理后再引种移植。

### 参考文献

[1] 王海涛,常江春,朱云,等. 杏毛球坚蚧危害杏树的发生规律与防治[J]. 生物灾害科学, 2014, 37(3): 268-271.  
 [2] 夏希纳,丁梦然. 园林观赏树木病虫害无公害防治[M]. 北京:中国农业出版社, 2004: 82.  
 [3] 王子清. 常见介壳虫鉴定手册[M]. 北京:科学出版社, 1980: 74-81.  
 [4] 杨平澜. 中国蚧虫分类概要[M]. 上海:上海科技出版社, 1982:112-117.  
 [5] 章崇江,谢维真. 果树病虫害防治[M]. 北京:中国青年出版社, 2000:145-148.  
 [6] 北京农业大学. 果树昆虫学[M]. 北京:农业出版社,1993:182-186.

[7] 黄保宏,邹运鼎,毕守东,等. 朝鲜球坚蚧对 8 种寄主植物的产卵和取食选择性及其机制[J]. 植物保护学报, 2008, 35(1): 12-17.  
 [8] 李云,李正跃,孙跃先. 朝鲜球坚蚧生物学特性及药剂防治的初步研究[J]. 云南农业大学学报, 1991, 6(4): 230-234.  
 [9] 赵虎,胡长效. 朝鲜球坚蚧发生规律及药剂防治试验[J]. 贵州农业科学, 2004, 32(6): 51-52.  
 [10] 吴琳,聂雅萍,黄燕辉. 杏毛球坚蚧生物学特性及其防治技术[J]. 昆虫知识, 2001, 38(4): 292-295.  
 [11] 林玲,罗建. 林芝云杉不同地理种源苗期性状变异[J]. 林业科学研究, 2014,27(4): 557-561.  
 [12] 王建义,武三安,唐桦,等. 宁夏蚧虫及其天敌[M]. 北京:科学出版社,2009:1-274.  
 [13] 邓玉兰,张卫东,熊高武,等. 朝鲜球坚蚧的发生与防治[J]. 农村科技, 2001(4):11.  
 [14] 黄保宏. 梅树朝鲜球坚蚧的生物学特性[J]. 昆虫知识, 2006, 43(1): 108-111.  
 [15] 刘长仲. 黑缘红瓢虫对朝鲜球坚蚧捕食作用的研究[J]. 植物保护, 1993,19(5): 13-14.  
 [16] 苑国. 朝鲜球坚蚧生物学特性及防治初探[J]. 山西林业科技, 2016, 39(1): 36-37.  
 [17] 王梅花,郭建设,冯喜春,等. 朝鲜球坚蚧的特性及综合防治[J]. 河南林业科技, 2000, 20(4):33-34.  
 [18] 李小宁,刘婷,雷军芳,等. 朝鲜球坚蚧发生原因与防治措施[J]. 西北园艺, 2009(6):30-31.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 189 页)

[14] Yang Baojun, Eisenback J. *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing pacara carpod tree in China [J]. Journal of Nematology, 1983, 15(3):381-391.  
 [15] Rammah A, Hirschmann H. *Meloidogyne mayaguensis* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode from Puerto Rico [J]. Journal of Nematology, 1988, 20(1): 58-69.  
 [16] Brito J A, Powers T O, Mullin P G, et al. Morphological and molecular characterization of *Meloidogyne mayaguensis* isolates from Florida [J]. Journal of Nematology, 2004, 36(3): 232-240.  
 [17] Karssen G, Liao Jinling, Zhuo Kan, et al. On the species status of the root-knot nematode *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988 [J]. ZooKeys, 2012, 181: 67-77.  
 [18] Kiewnick S, Dessimoz M, Franck L. Effects of the Mi-1 and the N root-knot nematode resistance gene on infection and reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on tomato and pepper cultivars [J]. Journal of Nematology, 2009, 41:134-139.  
 [19] Long H B, Bai C, Peng J, et al. First report of the root-knot

nematode *Meloidogyne enterolobii* infecting jujube in China [J]. Plant Disease, 2014, 98(10): 1451.  
 [20] Gao B, Wang R Y, Chen S L, et al. First report of root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* on sweet potato in China [J]. Plant Disease, 2014, 98(5): 702.  
 [21] Wang Y F, Xiao S, Huang Y K, et al. First report of *Meloidogyne enterolobii* on carrot in China [J]. Plant Disease, 2014, 98(7): 1019.  
 [22] 王剑,宋志强,成飞雪,等. 湖南省辣椒上首次发现象耳豆根结线虫[J]. 植物保护, 2015, 41(4): 180-183.  
 [23] 杨意伯. 福建龙眼、荔枝、番石榴线虫病调查及寄生线虫种类鉴定[D]. 福州:福建农林大学, 2013.  
 [24] 卓侃,胡茂秀,廖金铃,等. 广东省和海南省象耳豆根结线虫的鉴定[J]. 华中农业大学学报, 2008, 27(2):193-197.  
 [25] European and Mediterranean Plant Protection Organization. *Meloidogyne enterolobii* [J]. EPPO Bulletin, 2014, 44(2):159-163.

(责任编辑: 杨明丽)