

安徽省合肥市大蜀山螺旋属线虫多样性

吴慧平, 杨青, 吴迅, 叶春莉, 刘唐玉, 邹芬, 胡培

(安徽农业大学植物保护学院, 植物病虫害生物学与绿色防控安徽普通高校重点实验室, 合肥 230036)

摘要: 为探索根际植物线虫多样性研究方法, 在安徽省合肥市大蜀山麻栎等 4 个不同建群种区系内按随机取样法采集根际土样。利用 Cobb 筛法分离土样, 在解剖镜下收集螺旋属线虫后, 用 de Man 法测计形态值, 比对分类学文献鉴定螺旋线虫种类。记录 4 个区系内的螺旋线虫的种类数和发生密度。用变异系数 (coefficient of variance, CV) 评价螺旋线虫种内形态稳定性, 用 Brillouin 指数等比较 4 个区系的种类多样性。结果表明, 在大蜀山共鉴定发现阿布拿马螺旋线虫 (*Helicotylenchus abunaamai*) 等 7 种螺旋属线虫, 其中竹螺旋线虫 (*Helicotylenchus bambesae*) 为安徽省新纪录; 螺旋线虫的阴门位置为该地区最稳定的种内形态, 其 V 值变异系数范围为 0.01~0.03; 建群种区系之间的螺旋属线虫多样性存在差异, 根据 Brillouin 方法, 三角枫区系的线虫种类多样性指数最高, 为 2.246。

关键词: 螺旋属; 种类; 建群种; 区系; 多样性

中图分类号: S476.15

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2019)06-1016-06

Diversity of *Helicotylenchus* nematodes in Dashushan hill, Hefei city, Anhui Province

WU Huiping, YANG Qing, WU Xun, YE Chunli, LIU Tangyu, ZOU Fen, HU Pei

(Key Laboratory of Biology and Sustainable Management of Plant Diseases and Pest of Anhui Higher Education Institutes, School of Plant Protection, Anhui Agricultural University, Hefei 230036)

Abstract: For exploring the methods to study plant nematode diversities in rhizosphere, rhizospheric soil samples were collected by random sampling method from the biotas of *Quercus acutissima* and other 3 constructive species in Dashushan hill, Hefei city, Anhui Province. Spiral nematodes were collected under binocular disector which separated from soil samples by the Cobb decanting and sieving method. *Helicotylenchus* species were identified depending on morphological values measured by de Man method based on the related taxonomic literatures. Species numbers and densities of spiral nematodes of 4 biotas were recorded respectively. The intraspecific morphological stability of spiral nematodes were assessed based on coefficient of variance (CV), the species diversities were compared among 4 biotas according to Brillouin index, etc. As results, totally 7 species, including *Helicotylenchus abunaamai* were identified in Dashushan hill, among which, *Helicotylenchus bambesae* was firstly recorded in Anhui Province. The vulva position of spiral nematodes is the most stable intraspecific morphological feature in this area, and the CV of V value ranges from 0.01-0.03. The diversity differences of *Helicotylenchus* species exist among the biotas, and the *Acer buergerianum* biota has the highest index of diversity with 2.246 by Brillouin method.

Key words: *Helicotylenchus*; species; constructive species; biota; diversity

1999 年, Ritz 和 Trudgill^[1]报道土壤线虫是土壤
中营养类群和数量最丰富的多细胞动物, Bongers
和 Ferris^[2]认为其对生境变化反应灵敏, 适合于提供
土壤生态信息。2012 年, Wurst 等^[3]报道已知的土
壤线虫有 25 000 种。近年来利用土壤线虫研究土壤
生态的报道较多^[4], 但较少有利用植物线虫种进

行多样性研究的报道。

螺旋线虫属 (*Helicotylenchus*) 由 Steiner 于 1945
年建立^[5], 隶属垫刃目 (Tylenchida Thorne, 1949)、
纽带线虫科 (Hoplolaimidae Filipjev, 1934)^[6]。该属
成虫体长为 0.4~1.1 mm^[7], 为垫刃目内形态较大的
植物线虫, 主要营迁移性外寄生, 少部分可侵入根

收稿日期: 2019-04-27

基金项目: 2017 年国家级大学生创新创业训练计划 (201710364053) 资助。

共同第一作者简介: 吴慧平, 副教授。E-mail: huiping.whp@163.com; 杨青, 硕士研究生。E-mail: 15256576887@163.com

内, 引起植物地上部分发育受阻^[8]。该属寄主范围广, 全球分布广泛, 在我国分布也很广, 据 2004 年刘维志^[9]《植物线虫志》一书中记载, 黑龙江、内蒙古、吉林、辽宁、河北、北京、天津、陕西、山东、河南、江苏、安徽、上海、四川、湖北、浙江、江西、湖南、云南、贵州、福建、广西、广东、香港、海南和台湾均有分布。该属目前是垫刃目物种数量最多的属^[10], 2015 年, Uzma 等^[11]综述报道了该属的 193 个名义种; 2017 年, 刘唐玉等^[10]报道我国累计记载的螺旋线虫已经有 69 个名义种, 安徽省已报道 11 种螺旋线虫, 即 *H. abunaamai*、*H. africanus*、*H. mucronatus*、*H. pseudorobustus*、*H. multinctus*、*H. bradys*、*H. californicus*、*H. dihystra*、*H. exallus*、*H. pisi* 和 *H. seshadrii*。

大蜀山为火山喷发形成, 系大别山余脉, 位于中国安徽省合肥市郊, 面积 566.7 hm², 海拔 284 m, 目前为国家级森林公园, 植被相对稳定, 土壤质地较为一致^[12-13]。作者所在课题组从 2014 年开始在大蜀山调查螺旋线虫的种类和发生量, 迄今已经发现阿布拿马螺旋线虫 (*H. abunaamai*)、非洲螺旋线虫 (*H. africanus*)、细尖螺旋线虫 (*H. mucronatus*) 和假强壮螺旋线虫 (*H. pseudorobustus*) 4 种螺旋属线虫, 奠定了多样性研究基础。植物的建群种指群落为对生境有明显的控制或影响作用的植物种群^[14], 此次针对不同的建群种, 比较其根际螺旋属线虫多样性差异, 旨在探讨利用该类植物线虫进行根际线虫多样性研究的可能性和方法。

1 材料与方法

1.1 采样点的确定和土样采集

在合肥大蜀山海拔 80~100 m 的高度范围内, 选择麻栎、马唐、三角枫和枫香 4 个大蜀山主要建群种区系采样点。各样点随机布置 8 个亚样点, 共 32 个亚采样点, 各亚样点之间的距离不小于 25 m, 每个亚样点在其植株滴水线附近采样, 使用 GPS 定位仪定位 (Tritontm, Magellan, 美国)。采样时先铲去植株周围表面 2 cm 浮土, 在根围取剖面 25 cm 深的土样放入保鲜袋并标记, 同时记录各样点位置, 土样带回供分离^[15]。

1.2 线虫分离和计数

利用 Cobb 筛法^[15]分离线虫, 称取 1 000 g 土样放进塑料桶, 加水浸没土样, 充分搅拌, 使土块分散, 静置 30 s 后, 将悬浮液倒入另一个塑料桶, 重复以上步骤进行淘洗, 淘洗后将悬浮液倾入由 60、100 和 300 目的筛子组成的套筛, 收集悬浮液至收

集瓶并做好相应标号, 储存于 4℃ 冰箱内, 待鉴定, 保存时间不超过 1 周。线虫经 60℃ 水浴 3 min 热杀死后, 在解剖镜 (Nikon SMZ800, Nikon corporation, 日本) 下挑出螺旋属线虫, 制成临时玻片, 在光学显微镜 (奥特光学 BK5000, 中国) 下确认为螺旋属种类后, 分种类计数, 并计算各个种类发生密度。

1.3 形态特征值的测计和种类鉴定

使用装备显微相机和自带软件的光学显微镜 (Nikon DS-Ri2, Nikon corporation, 日本) 显微拍摄螺旋属线虫特征形态。依据 1914 年 Cobb^[16]改进的 de Man Formula (1876, 1880) 法, 重点测计以下线虫形态特征值: *L*-体长; *a*-体长/最大体宽; *b*-体长/体前端至食道与肠连接处的距离; *ST*-口针长; *c*-体长/尾长; *c'*-尾长/肛门处体宽; *V*-体前端至阴门的距离×100/体长; *Ex. pore*-排泄孔至头端的距离; *DGO*-背食道腺开口至口针基部球的距离。采用 Filipjev (1934) 分类系统^[6]和 Fortuner (1984) 分类系统^[17]进行螺旋属线虫分类, 并使用二歧分类法制作大蜀山森林公园螺旋属线虫检索表。

1.4 统计方法

使用变异系数 (CV) 统计分析形态特征值差异, 用辛普森指数和香农指数等统计不同建群种根际螺旋属线虫多样性, 用系统聚类方法统计不同建群种根际螺旋属线虫种类组成相似性^[18]。用 Excel 和 DPS 软件处理数据。

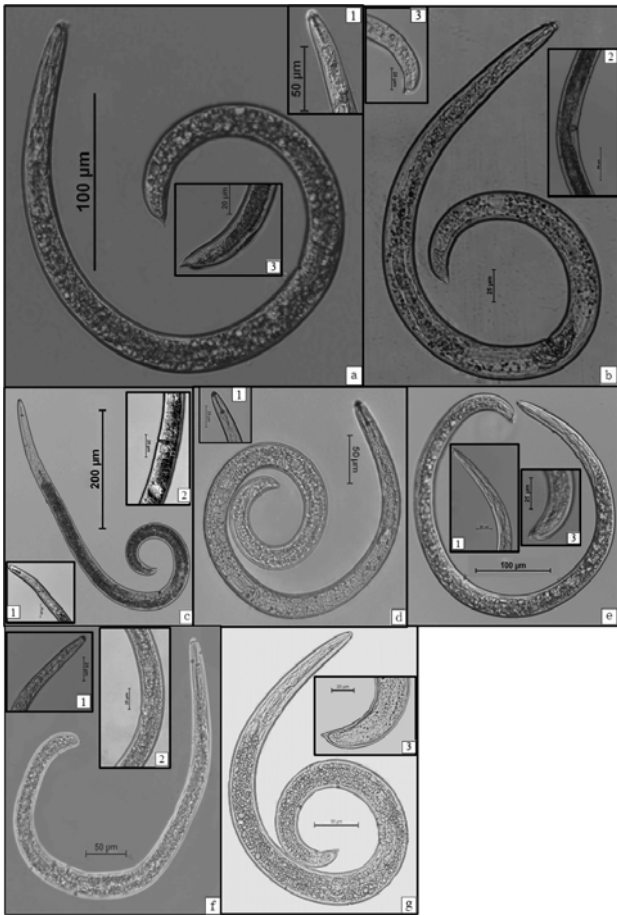
2 结果与分析

2.1 大蜀山螺旋属线虫种类

竹螺旋线虫 (*Helicotylenchus bambesae*): 热杀死后虫体呈“C”型。角质层环纹较粗, 唇区近半球状, 连续、略有缢缩, 口针基部球圆或扁圆形, 前面微凹陷。中食道球卵圆形, 食道腺从腹、背和侧覆盖肠, 腹面覆盖肠最长。排泄孔位于食道腺后部, 阴门横裂, 卵巢两个, 直伸, 受精囊与子宫界限明显, 圆形, 中空, 内无精子。尾有明显的腹突, 侧尾腺孔状, 位于肛门处。雄虫: 未发现。

阿布拿马螺旋线虫 (*Helicotylenchus abunaamai*): 雌虫经热杀死后虫体向腹面弯曲, 呈螺旋形; 唇区半球状, 无缢缩; 中食道球近圆形; 尾部有环纹, 尾端有小的腹突, 受精囊小而圆。雄虫: 未发现。

非洲螺旋线虫 (*Helicotylenchus africanus*): 雌虫虫体热杀死向腹面弯曲, 呈开放的“C”形; 头部半球形; 口针较长, 基部球粗壮。雄虫: 体环纹显著, 中食道球长圆形, 交合刺成对。



a-g: *Helicotylenchus bambesae*, *H. abunaamai*, *H. africanus*, *H. dihystra*, *H. exallus*, *H. mucronatus*, *H. pseudorobustus*

1. 唇区和口针 Lip region and stylet; 2. 阴门 Vulva; 3. 尾部 Tail

图 1 安徽省合肥市大蜀山螺旋属线虫(雌虫)形态
Figure 1 Morphology of female *Helicotylenchus* species in Dashushan hill, Hefei City, Anhui Province

双宫螺旋线虫 (*Helicotylenchus dihystra*): 雌虫虫体呈螺旋形, 螺旋程度变化大; 头区半球形, 或前端稍平; 口针基部球前端平到呈齿状; 受精囊有缢缩且内无精子; 尾向腹面弯, 短小腹突有或无。雄虫: 未发现。

异螺旋线虫 (*Helicotylenchus exallus*): 雌虫热杀死后体呈松弛的螺旋形; 口针基部球形, 有的前端平或稍凹; 受精囊明显, 内有精子; 尾向腹面弯, 通常具小腹突。雄虫: 体向腹面弯, 头区半球状, 口针基部球前端较平。

细尖螺旋线虫 (*Helicotylenchus mucronatus*): 雌虫热杀死后虫体向腹面弯曲, 通常一次螺旋, 体前部渐尖, 身体环纹粗糙; 头部圆锥形, 头架骨化程度高, 口针前伸肌肉黏附在口针的导环上; 食道腺强大; 阴门下陷横裂成缝, 尾部指状, 尾端钉状,

有尾刺。雄虫: 单精巢前伸, 交合刺成对且强壮。

假强壮螺旋线虫(*Helicotylenchus pseudorobustus*): 雌虫温和热杀死后虫体呈完全螺旋形或“6”形; 头架发达, 头帽呈高而小的半球形; 中食道球卵圆形; 食道腺环绕覆盖肠, 腹部覆盖较长; 腹突明显且形状有变化。雄虫: 未发现。

安徽省合肥市大蜀山 7 种螺旋线虫形态特征见图 1, 形态测计值见表 1, 种类鉴定检索表如下:

- 1. 身体圆柱形, 热杀死后向腹部弯曲, 呈 C 字形且多仅在尾部螺旋……非洲螺旋线虫 *Helicotylenchus africanus*
- 身体圆柱形, 热杀死后向腹部弯曲, 体螺旋形……………2
- 2. 尾腹突显著明显……………3
- 尾具短小腹突或无……………4
- 3. 尾腹突呈钝圆、爪状、无环纹……竹螺旋线虫 *Helicotylenchus bambesae*
- 尾腹突呈细圆锥状且腹突形态变化较大……假强壮螺旋线虫 *Helicotylenchus pseudorobustus*
- 尾部指状、尾端钉状, 有尾刺……细尖螺旋线虫 *Helicotylenchus mucronatus*
- 4. 受精囊内无精子……………5
- 受精囊内有精子……………异螺旋线虫 *Helicotylenchus exallus*
- 5. 尾逐渐变细, 末端光滑, 腹突近似指状……阿布拿马螺旋线虫 *Helicotylenchus abunaamai*
- 尾朝腹面弯, 圆锥形……………双宫螺旋线虫 *Helicotylenchus dihystra*

2.2 大蜀山螺旋属线虫种间形态值离散分析

统计分析了大蜀山螺旋属线虫主要鉴定形态测量数据的变异系数, 种间形态数据均存在不同程度的离散, V 值的变异系数最小, 其变幅为 0.01~0.03, 其次为 ST 值和 a 值, 其变幅为 0.03~0.07 和 0.06~0.13。该结果表明, 大蜀山螺旋属线虫的阴门相对位置是最稳定的形态特征, 其次是口针长度和虫体长度与宽度的比值, 见表 2。

2.3 大蜀山不同建群种区系螺旋属线虫种类多样性

比较麻栎等建群种区系根际土壤中螺旋属线虫种类的多样性指数, 结果发现, Brillouin 值变幅最大, 为 0.643, 其次是香农指数, 为 0.610。三角枫建群种区系下的螺旋属线虫种类的 Brillouin 值和香农指数值均高于其他区系, 分别为 2.246 和 2.550, 见表 3。聚类分析结果表明, 三角枫区系与其他 3 个区系即麻栎、马唐、枫香区系的相似性最低(图 2)。

表 1 大蜀山 7 种螺旋线虫种群与文献记述的比较

Table 1 Comparison of the measurements between 7 *Helicotylenchus* species from Dashushan populations and the corresponding data from literatures

种类 Species	地点 Sites	数量/条♀ Number/heads	体长/ μm Length	口针/ μm Stylet	V/%	最大体宽/ μm Body width
<i>H. bambesae</i>	大蜀山 Dashushan	10	600±110 (500~710)	24.0±1.6 (23.3~26.5)	62.0±2.0 (60.0~64.0)	-
	Congo(Elmiligy) ^[19]	-	710~980	7~29	57~62	-
	Malawi(Siddiqi) ^[20]	20	570 (460~680)	23 (22~24)	62 (60~64)	-
	China(冯志新等) ^[9]	3	530~630	24~31.7	63~63.7	-
<i>H. abunaamai</i>	大蜀山 Dashushan	7	(633.2±141.6) (491.6~774.9)	(28.2±3.1) (25.0~31.3)	(61.3±2.1) (59.2~63.3)	(26.9±4.6) (22.4~31.5)
	Sudan(Siddiqi) ^[20]	12	520~630	21~22	59~65	-
<i>H. africanus</i>	大蜀山 Dashushan	11	(667.4±87.6) (579.8~754.9)	(27.1±2.6) (24.5~29.7)	(63.4±3.0) (60.4~66.4)	(27.6±4.9) (22.7~32.6)
	Northern Rhodesia(Sher) ^[7]	10	620~980	27~31	58~64	-
<i>H. dihystra</i>	大蜀山 Dashushan	9	(742.0±79.5) (662.5~821.5)	(27.0±1.3) (25.7~28.3)	(63.7±2.7) (61.0~66.4)	(27.8±4.7) (23.2~32.5)
	Australia(Sher) ^[7]	10	590~790	25~28	60~65	-
<i>H. exallus</i>	大蜀山 Dashushan	6	(719.3±80.9) (638.4~800.2)	(26.6±1.1) (25.5~27.7)	(64.1±0.9) (63.2~64.9)	(26.1±2.9) (23.1~29.0)
	U. S. A. (Sher) ^[7]	20	610~780	25~28	59~63	-
<i>H. mucronatus</i>	大蜀山 Dashushan	4	(599.8±92.9) (506.9~692.7)	(25.0±2.4) (22.6~27.4)	(62.4±1.3) (61.1~63.6)	(25.0±3.2) (21.8~28.2)
	India(Siddiqi) ^[21]	15	490~590	21~23	58~63	-
<i>H. pseudorobustus</i>	大蜀山 Dashushan	11	(692.0±93.5) (598.6~785.5)	(28.1±1.8) (26.3~29.9)	(60.6±2.8) (57.8~63.4)	(30.1±9.2) (20.8~39.3)
	Switzerland(Sher) ^[7]	3	600~820	26~30	59~64	-

<i>a</i>	<i>Dhe</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	尾长/ μm Tail	肛门处体宽/ μm Body diameter at anus	<i>c'</i>	<i>Ex.pore</i> / μm	<i>DGO</i> / μm
21.8±2.9 (18.9~24.8)	-	5.2±1.4 (3.8~6.6)	41.4±14.2 (27.2~55.6)	16.4±3.7 (12.8~20.1)	-	1.2±0.3 (1.0~1.5)	94.0±13.9 (78.1~113.2)	10.9±3.1 (7.8~14.1)
27~33	-	5.4~6.8	27~48	-	-	1.2~1.6	-	-
28 (24~31)	-	5.6 (5.0~6.4)	46 (40~53)	-	-	1.0 (0.8~1.3)	-	-
24~24.7 (24.4±4.3)	-	5.1~5.9 (135.9±31.5)	40.3~41.2 (4.9±0.8)	-	-	0.96~1.0 (1.4±0.4)	-	-
(20.1~28.7)	(104.4~167.5)	(4.0~5.7)	(26.5~45.1)	(13.4~25.6)	(15.1±2.7) (12.4~17.8)	(1.0~1.8)	-	-
25~29 (24.9±4.6)	-	5.5~6.7 (139.3±38.2)	33~44 (5.0±0.7)	-	-	1.1~1.42 (1.2±0.2)	-	-
(20.3~29.5)	(101.1~177.5)	(4.3~5.7)	(33.6~41.4)	(15.1~20.7)	(14.9±2.1) (12.8~16.9)	(1.0~1.4)	-	-
33~41 (26.1±3.9)	-	5.3~7.2 (140.9±20.8)	25~36 (5.2±1.0)	-	-	1.6~2.3 (1.4±0.3)	-	-
(22.1~30.0)	(120.1~161.6)	(4.2~6.2)	(30.9~52.4)	(13.0~26.6)	(14.5±3.2) (11.3~17.7)	(1.0~1.7)	-	-
27~35 (27.4±2.7)	-	5.8~6.9 (145.7±18.2)	35~49 (5.3±0.5)	-	-	0.8~1.2 (1.2±0.2)	-	-
(24.7~30.1)	(127.5~164.0)	(4.9~5.8)	(36.7~47.7)	(16.3~21.2)	(15.0±1.6) (13.4~16.7)	(1.0~1.4)	-	-
26~32 (23.1±1.5)	-	5.3~6.8 (123.3±8.6)	30~52 (4.7±0.6)	-	-	0.7~1.2 (1.2±0.2)	-	-
(21.7~24.6)	(114.8~131.9)	(4.1~5.3)	(26.6~40.8)	(13.6~19.1)	(14.2±1.1) (13.1~15.3)	(1.0~1.3)	-	-
25~28 (24.2±4.5)	-	5~6 (131.4±25.0)	26~33 (5.5±1.6)	-	-	-	-	-
(19.6~28.7)	(106.4~156.3)	(3.9~7.1)	(23.3~44.7)	(16.0~25.7)	(16.0±3.5) (12.5~19.5)	(1.5±0.5) (1.0~2.1)	-	-
27~34	-	6.0~7.2	32~52	-	-	0.9~1.4	-	-

表 2 安徽省合肥市大蜀山螺旋属线虫形态值变异系数比较

Table 2 Comparison of variation coefficient of morphological values of *Helicotylenchus* species in Dashushan hill, Hefei city, Anhui Province

种类 Species	数量/条 No.	不同形态值的变异系数 Coefficient of variance of different morphological values				
		体长 Length	口针 Stylet	<i>c</i>	<i>V</i>	最大体宽 Body width
<i>H. abunaamai</i>	7	0.15	0.07	0.16	0.02	0.12
<i>H. africanus</i>	11	0.08	0.06	0.07	0.02	0.10
<i>H. bambesae</i>	10	0.12	0.07	0.07	0.02	0.19
<i>H. dihystra</i>	9	0.06	0.03	0.13	0.03	0.11
<i>H. exallus</i>	6	0.07	0.03	0.10	0.01	0.07
<i>H. mucronatus</i>	4	0.13	0.07	0.18	0.02	0.10
<i>H. pseudorobustus</i>	11	0.10	0.04	0.16	0.03	0.18
变异系数范围 Range of coefficient of variance	-	0.06~0.15	0.03~0.07	0.07~0.18	0.01~0.03	0.07~0.19

不同形态值的变异系数 Coefficient of variance of different morphological values

<i>a</i>	<i>Dhe</i>	<i>b</i>	尾长 Tail	肛门处体宽 Body diameter at anus	<i>c'</i>	<i>Ex. pore</i>	<i>DGO</i>
0.12	0.17	0.12	0.20	0.12	0.22	-	-
0.10	0.14	0.08	0.10	0.09	0.11	-	-
0.13	0.16	0.15	0.08	0.16	0.15	0.15	0.20
0.10	0.08	0.12	0.19	0.15	0.18	-	-
0.06	0.10	0.07	0.09	0.07	0.10	-	-
0.06	0.05	0.09	0.12	0.07	0.10	-	-
0.11	0.11	0.15	0.14	0.13	0.21	-	-
0.06~0.13	0.05~0.17	0.07~0.15	0.08~0.20	0.07~0.16	0.10~0.22	-	-

注: *Dhe*: 体前端到食道与肠的距离。Note: *Dhe*: Distance head to esophago-intestinal junction.

表 3 安徽省合肥市大蜀山 4 种建群种区系螺旋属线虫多样性分析

Table 3 Diversity analysis of *Helicotylenchus* species among biotas of 4 constructive species in Dashushan hill, Hefei city, Anhui Province

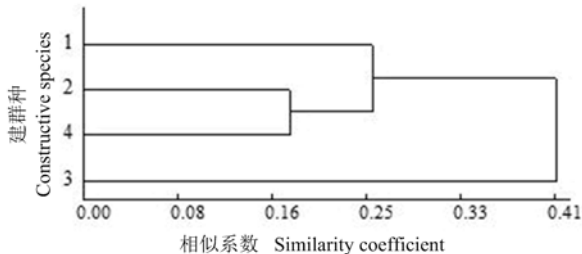
指标 Index	建群种区系和位置 Constructive species biotas & location				变幅范围 Range of variation	变幅 Range value
	麻栎 <i>Q. acutissima</i>	马唐 <i>D. sanguinalis</i>	三角枫 <i>A. buergerianum</i>	枫香 <i>L. formosana</i>		
	31°50'34"N, 117°10'38"E	31°50'14"N, 117°10'3"E	31°50'50"N, 117°10'29"E	31°50'55"N, 117°10'49"E		
辛普森指数 Simpson	0.789	0.702	0.816	0.768	0.702~0.816	0.114
香农指数 Shannon	2.378	1.940	2.550	2.316	1.940~2.550	0.610
均匀度 Evenness	0.847	0.751	0.908	0.825	0.751~0.908	0.158
Brillouin	2.073	1.602	2.246	1.937	1.602~2.246	0.643
McIntosh(Dmc)	0.615	0.534	0.645	0.602	0.534~0.645	0.111
实际物种数量 Actual species	7	6	7	7	6~7	1
线虫密度/条·500 g ⁻¹ Nematode density	5	5	4	6	4~6	2

3 讨论与结论

本次的大蜀山调查共发现 7 种螺旋属线虫, 其中竹螺旋线虫 (*H. bambesae*)、双宫螺旋线虫 (*H. dihystra*)、异螺旋线虫 (*H. exallus*) 为大蜀山首次发现。竹螺旋线虫 (*H. bambesae*) 为安徽省首次记

录, 截至目前, 安徽省共发现 12 种螺旋线虫。大蜀山竹螺旋线虫 (*H. bambesae*) 阴门位置 (*V* 值) 与刚果原模 (Elmiligy, 1970)^[19]、Rafiq Siddiqi^[20] 报道的马拉维共和国地模以及冯志新报道的中国地模基本一致。口针长、*a* 值等与 Elmiligy、Rafiq Siddiqi 和冯志新等报道的值接近, 虫体长度与刚果

原模 (Elmiligy, 1970)^[19]和 Rafiq Siddiqi^[20]报道的马拉维共和国地模略有差异。调查还发现大蜀山螺旋属线虫种内形态存在一定的多样性, 但阴门位置最为稳定, 其 V 值的变异系数低于 0.04, 其次稳定的形态为口针长度和 a 值, 与 2015 年 Uzma 等^[11]的讨论基本一致。因此螺旋线虫形态种类鉴定中, V 值、口针长度和 a 值应为重点比对的形态值。



1. 麻栎 *Quercus acutissima*; 2. 马唐 *Digitaria sanguinalis*;
3. 三角枫 *Acer buergerianum*; 4. 枫香 *Liquidambar formosana* $RR=0.9786$

图 2 大蜀山不同建群种区系螺旋属线虫多样性相似性聚类分析图

Figure 2 Cluster analysis map of the similarity of *Helicotylenchus* diversity in different constructive species biotas in Dashushan hill

本文首次报道安徽省大蜀山不同建群种区系螺旋属线虫种类多样性差异, 发现三角枫建群种区系内螺旋属线虫种类多样性指数最高。2018 年 Pennekamp 等认为多样性对区域稳定性和持久性有明显的指示作用^[22], 但利用某个线虫的多样性来说明该区的稳定性, 需要更多的科学依据, 如进一步进行大量的相关性检验等工作。

参考文献:

- [1] RITZ K, TRUDGILL D. Utility of nematode community analysis as an integrated measure of the functional state of soils: perspectives and challenges[J]. *Plant Soil*, 1999, 212(1): 1-11.
- [2] BONGERS T, FERRIS H. Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring[J]. *Trends Ecol Evol*, 1999, 14(6): 224-228.
- [3] WURST S, DE DEYN G B, ORWIN K. Soil biodiversity and functions[J]. *Soil Ecology Ecosyst*, 2012: 28-44.
- [4] 张晓珂, 梁文举, 李琪. 我国土壤线虫生态学研究进展和展望[J]. *生物多样性*, 2018, 26(10): 1060-1073.
- [5] STEINER G. *Helicotylenchus*, a new genus of plant-parasitic nematodes and its relationship to *Rotylenchus filipjev*[J]. *P Helm Soc Wash*, 1945, 12(2): 34-38.
- [6] FILIPJEV I N. The classification of the free-living nematodes and their relation to the parasitic nematodes [J]. *Smithsonian Misc Col*, 1934, 89(6): 1-63.
- [7] SHER S A. Revision of the Hoplolaiminae (Nematoda) VI. *Helicotylenchus* Steiner, 1945[J]. *Nematol*, 1966, 12(1): 1-56.
- [8] 赵雷, 郑炜, 梅圆圆, 等. 基于 rDNA 的 PCR-RFLP 及序列分析对四种螺旋线虫的分子鉴定[J]. *农业生物技术学报*, 2010, 18(5): 981-984.
- [9] 刘维志. 植物线虫志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004: 179-245.
- [10] 刘唐玉, 吴慧平, 胡培, 等. 安徽省合肥市大蜀山风景区植物根际螺旋线虫种类记述[J]. *植物保护*, 2017, 43(4): 97-103.
- [11] UZMA I, NASIRA K, FIROZA K, et al. Review of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945(Nematoda: Hoplolaimidae) with updated diagnostic compendium[J]. *Pakistan J Nematol*, 2015, 33(2): 115-160.
- [12] 张功, 陈思英, 夏尚光, 等. 合肥大蜀山国家森林公园主要植物群落空气清洁度评价研究[J]. *中国城市林业*, 2014, 12(3): 5-7.
- [13] 王南忠. 大蜀山森林公园林相改造措施及成效[J]. *现代农业科技*, 2018, 728(18): 152, 160.
- [14] 高凌岩. 普通生态学[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2016: 140.
- [15] 刘维志. 植物线虫学研究技术[M]. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1995.
- [16] COBB N. Antarctic marine free-living nematodes of the shakelton expedition[J]. *Contrib Sci Nematol*, 1914, 1: 1-33.
- [17] FORTUNER R. Morphometrical variability in *Helicotylenchus* Steiner, 1945. 6: Value of the characters used for specific identification[J]. *Revue de Nematologie*, 1984, 7(3): 245-264.
- [18] 唐启义. DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2007.
- [19] ELMILIGY I A. Three new species of the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945(Hoplolaiminae: Nematoda)[J]. *Mededeling van de Faculteit Landbouwwetenschappen Universiteit Gent*, 1970, 35(4): 1099-1106.
- [20] RAFIQ SIDDIQI M. On the genus *Helicotylenchus* Steiner, 1945 (Nematoda: Tylenchida), with descriptions of nine new species[J]. *Nematol*, 1972, 18(1): 74-91.
- [21] RAFIQ SIDDIQI M. *Helicotylenchus mucronatus* N. sp. and *H. tunisiensis* N. sp. (Nematoda: hoplolaiminae)[J]. *Nematol*, 1963, 9(3): 386-390.
- [22] PENNEKAMP F, PONTARP M, TABI A, et al. Biodiversity increases and decreases ecosystem stability[J]. *Nature*, 2018, 563(7729): 109-112.