

# 梵净山常绿落叶阔叶混交林土壤螨类群落结构研究<sup>①</sup>

王鹏举, 陈 浒\*, 周 政, 林丹丹, 巫仁霞, 朱佳运

(贵州师范大学喀斯特研究院/国家喀斯特石漠化防治工程技术研究中心, 贵阳 550001)

**摘要:** 为了查明梵净山沿海拔梯度常绿落叶阔叶混交林土壤螨类群落特征及海拔差异, 2015年6月对梵净山常绿落叶阔叶混交林带土壤螨类进行调查, 获土壤螨类2100只, 隶属4亚目55科101属。采用属数和个体数量, 群落多样性、优势度、均匀度、甲螨群落MGP和捕食性螨类MI等指数对螨类群落结构的分析显示, *Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 是该林带的主要类群, 螨类分布呈现明显的表聚性。随海拔上升, 螨类类群数和个体数量基本呈减少的趋势。土壤螨类群落优势度表现为1300 m>1900 m>1500 m>1700 m, 多样性和均匀性指数表现为1700 m>1900 m>1500 m>1300 m, 方差分析表明海拔差异对螨类优势度具有显著影响, 对多样性和均匀性影响很小。甲螨群落结构以O型为主; 中气门螨类群落以K-选择类群为主。

**关键词:** 土壤螨类; 群落结构; 常绿落叶阔叶混交林; 海拔梯度

中图分类号: Q958 文献标识码: A

土壤螨类是森林生态系统土壤动物的主要类群之一, 数量大, 个体数占土壤动物个体总数的30%~50%, 生物量大概是整个人类数量的20倍; 其对土壤的形成和发育、理化性质变化和有机质分解都起着重要作用, 并能敏感地反映生境的优越程度及人类活动的影响, 已成为监测环境变化的指示生物<sup>[1-4]</sup>。我国从20世纪80年代就开展了土壤螨类生态学方面的研究, 目前, 我国典型森林土壤螨类的研究有九华山、净月潭、小兴安岭、东灵山、喀纳斯、长白山和紫金山等<sup>[5-11]</sup>, 这些研究多集中在温带地区, 而亚热带山地森林土壤螨类群落的研究相对较少。

梵净山是我国亚热带森林保存最为完好的地区之一, 以大面积水青冈为建群树种的常绿落叶阔叶混交林, 在亚热带森林生态系统具有特殊性。目前针对该林带的研究主要涉及到植物、脊椎动物、昆虫, 有关土壤螨类的报道较少。对该林带土壤螨类群落组成、结构特征进行研究, 以进一步完善梵净山世界自然遗产申报基础资料, 同时为梵净山森林生态系统健康评价提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

梵净山位于贵州省印江、江口和松桃三县交界处,

地理坐标介于27°45'6"~28°3'10"N, 108°30'41"~108°47'51"E, 是武陵山脉的主峰, 最高峰凤凰顶2570.5 m, 海拔高差达2000 m。本区属于东亚季风气候, 具有明显的中亚热带季风山地湿润气候的特征, 年平均温度介于5~17℃, 年降水量介于1100~2600 mm, 年均相对湿度80%以上, 地带性土壤为山地黄壤。

梵净山是国际人与生物圈保护区网络成员, 是东方落叶林生物地理省中物种最丰富的热点区域之一, 拥有超7000多种动植物, 也是黔金丝猴、梵净山冷杉在地球上唯一的栖息地, 目前已列入世界自然遗产提名地。该区保存有亚热带保存较完整、原生性较强的森林生态系统, 植被垂直分异明显, 常绿落叶阔叶混交林与地带性常绿阔叶林在带谱宽度和面积上几乎相当。

### 1.2 研究方法

**1.2.1 样地选择** 梵净山山体整体呈南北走向, 山体东侧水热资源更为丰富, 植被茂密。于该侧常绿落叶阔叶混交林带内, 分别在海拔1300、1500、1700和1900 m高度选取地势较为平坦、人为影响相对较少处作为样地, 每个样地设置3个采样点, 记录采样点的土壤类型、森林类型、植被组成、温度和湿度(表1)。

基金项目: 贵州省科技计划重点课题项目(黔科合SY[2015]3052号)和国家世界遗产提名项目(20140505)资助。

\* 通讯作者(gy\_chenhu@163.com)

作者简介: 王鹏举(1992—), 男, 河南洛阳人, 硕士研究生, 主要从事动物生态和喀斯特环境研究。E-mail: wangpengju\_geo@163.com

表 1 研究区土壤螨类样地自然环境  
Table 1 Natural conditions of plots in study area

样地海拔(m)	土壤类型	森林类型	植被组成	温度( )	湿度(%)
1 300	山地黄壤	常绿落叶林, 常绿阔叶混交林	长柄水青冈, 小叶青冈, 石栎, 木荷, 狭叶方竹等	25.9	75.1
1 500	山地黄壤	常绿阔叶混交林, 中山温性针叶林	亮叶水青冈, 贵州青冈, 长苞铁杉, 狭叶方竹等	25.9	75.4
1 700	暗黄棕壤	常绿阔叶混交林	亮叶水青冈, 巴东栎, 山樱, 箭竹等	26.7	73.6
1 900	暗黄棕壤	常绿阔叶混交林, 落叶阔叶林	亮叶水青冈, 贵州青冈, 槭, 箭竹等	24.3	79.4

1.2.2 样品采集与处理 2015年6月,采用容积为500 cm<sup>3</sup>的土壤环刀取样,取样共分3层:枯枝落叶层、0~5 cm 土层,5~10 cm 土层,共取样36份。样品装入透气性良好的布袋,带回室内后采用Tullgren法连续烘烤48 h后,将分离出的螨类保存在75%的酒精中,经乳酸透明后置于Olympus显微镜下观察,参照《中国土壤动物检索图鉴》<sup>[12]</sup>、《蜱螨学》<sup>[13]</sup>和《A manual of Acarology》<sup>[14]</sup>进行分类鉴定,鉴定到属,同时统计数量。

1.2.3 数据处理 采用以下指数来分析土壤螨类群落多样性

1) Shannon-Wiener 多样性指数<sup>[15]</sup>:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (1)$$

式中:  $H'$  为多样性指数,  $P_i = n_i/N$ ,  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $N$  为群落总个体数,  $S$  为总个体数。

2) Pielou 均匀性指数<sup>[16]</sup>:

$$E = H'/\ln S \quad (2)$$

式中:  $H'$  为 Shannon-Wiener 多样性指数,  $S$  为物种数。

3) Simpson 优势度指数<sup>[17]</sup>:

$$C = \sum_{i=1}^S (n_i/N)^2 \quad (3)$$

式中:  $C$  为优势度指数,  $n_i$  为第  $i$  种的个体数,  $N$  为总个体数。

4) 甲螨群落结构 MGP 分析:人们将甲螨分为三大类:M (Macropyline) 大孔低等甲螨;G (Gymnonota) 无翅坚背甲螨;P (Poronota) 有翅孔背甲螨。MGP 分析即是日本学者青木淳一提出的,根据三大类甲螨各占群落的百分比来分析群落结构特征的方法, M 类超过 50% 称为 M 型, G 类超过 50% 称为 G 型, P 类超过 50% 称为 P 型, 3 类均超过 20%, 但不超过 50% 称为 O 型, M 类和 G 类在 20%~50% 之间, P 类少于 20% 称为 MG 型, G 类和 P 类在 20%~50% 之间, M 类少于 20% 称为 GP 型, M 类和 P 类在 20%~50% 之间, G 类少于 20% 称为 MP 型。以甲螨种类数计算百分比,称为 MGP 分析;以甲螨

个体数计算百分比,则称为 MGP 分析<sup>[18]</sup>。

5) 中气门亚目群落结构分析:中气门亚目 (Mesostigmata) 是重要的捕食性螨类,采用成熟度 (Maturity index, MI) 指数表达各生境中中气门亚目土壤螨类群落结构特征,通过计算中气门亚目 K-选择类群在土壤螨类群落中的类群数权重获得,公式如下

$$MI = \frac{\sum_{i=1}^s Ki}{\sum_{i=1}^s Ki + \sum_{i=1}^s ri} \quad (4)$$

式中:  $s$  为土壤螨类群落中气门亚目螨类属数,  $Ki$  为第  $i$  属所在的科的  $K$  值,  $ri$  为第  $i$  属所在科的  $r$  值<sup>[19]</sup>。

以上数据统计及相关性分析通过 Excel 2010 软件及 SPSS 19.0 软件完成。

## 2 结果与分析

### 2.1 样地气候与土壤性质

研究区内土壤主要由山地黄壤和暗黄棕壤组成,样地的气候数据和两种土壤的理化特性见表 2。

表 2 研究区样地的气候数据和土壤理化性质  
Table 2 Climatic data and soil physicochemical properties in study area

指标	山地黄壤	暗黄棕壤
年均气温( )	13~15	8~10
年均降雨量(mm)	1 200~1 800	1 400~2 000
≥10 活动积温( )	4 000~5 000	2 300~3 500
年均相对湿度(%)	95	96
土壤酸碱度	4.2	3.6
土壤有机质(g/kg)	>100	300
土壤全氮(g/kg)	4	18
土壤碳氮比	20	25

注:据参考文献[20]整理而成。

### 2.2 土壤螨类群落种类和数量组成

共捕获土壤螨类 2 100 只,隶属于蛛形纲 4 亚目 55 科 101 属(表 3)。其中隐气门目(Cryptostigmata) 34 科 70 属 1 613 只,占总捕获量的 76.81%;中气门目

(Mesostigmata) 17 科 28 属 474 只, 占总捕获量的 22.57%; 前气门目(Prostigmata) 2 科 2 属 7 只, 占总捕获量的 0.33%; 无气门目 (Astigmata) 1 科 1 属 6 只, 占总捕获量的 0.29%。

表 3 研究区土壤螨类组成与分布  
Table 3 Composition and distribution of soil mite community in study area

科名	属名	1 300 m	1 500 m	1 700 m	1 900 m	总计	多度
Aceosejidae	<i>Cheiroseius</i>	6(0.60)	29(7.63)	34(7.80)	5(1.75)	74(3.52)	++
	<i>Lasioseius</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
Ameroseiidae	<i>Ameroseius</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
Epicriidae	<i>Epicrius</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
Eviphididae	<i>Iphidosoma</i>	0	0	1(0.23)		1(0.05)	+
Hypoaspidae	<i>Geolaelaps</i>	11(1.10)	5(1.32)	1(0.23)	5(1.75)	22(1.05)	++
	<i>Ololaelaps</i>	8(0.80)	11(2.89)	15(3.44)	10(3.50)	44(2.10)	++
Ologamasidae	<i>Gamasiphis</i>	2(0.20)	3(0.79)	0	0	5(0.24)	+
Pachylaelapidae	<i>Pachyseius</i>	6(0.60)	1(0.26)	0	2(0.70)	9(0.43)	+
	<i>Pachylaelaps</i>	6(0.60)	16(4.21)	10(2.29)	1(0.35)	33(1.57)	++
Parholaspidae	<i>Gamasholaspis</i>	2(0.20)	1(0.26)	0	3(1.05)	6(0.29)	+
	<i>Krantzholaspis</i>	3(0.30)	0	2(0.46)	3(1.05)	8(0.38)	+
	<i>Parholaspulus</i>	0	3(0.79)	0	1(0.35)	4(0.19)	+
Parasitidae	<i>Neogamasus</i>	13(1.30)	11(2.89)	5(1.15)	6(2.10)	35(1.67)	++
	<i>Parasitus</i>	29(2.91)	34(8.95)	13(2.98)	42(14.69)	118(5.62)	++
Rhodacaridae	<i>Asca</i>	10(1.00)	0	5(1.15)	3(1.05)	18(0.86)	+
	<i>Rhodacarus</i>	7(0.70)	0	0	1(0.35)	8(0.38)	+
	<i>Dendrolaelaps</i>	0	16(4.21)	24(5.50)	0	40(1.90)	++
	<i>Gamasellus</i>	0	1(0.26)	6(1.38)	0	7(0.33)	+
	<i>Rhodacarellus</i>	0	0	3(0.69)	1(0.35)	4(0.19)	+
Veigaiidae	<i>Veigaia</i>	2(0.20)	2(0.53)	3(0.69)	0	7(0.33)	+
Zerconidae	<i>Zercon</i>	1(0.10)	0	2(0.46)	1(0.35)	4(0.19)	+
Trachytidae	<i>Trachytes</i>	3(0.30)	0	0	0	3(0.14)	+
Trematuridae	<i>Nenteria</i>	3(0.30)	0	2(0.46)	2(0.70)	7(0.33)	+
Urodinychide	<i>Dinychus</i>	0	0	0	1(0.35)	1(0.05)	+
Trachyuropodidae	<i>Oplitis</i>	7(0.70)	2(0.53)	1(0.23)	0	10(0.48)	+
Uropodidae	<i>Uropoda</i>	1(0.10)	0	0	1(0.35)	2(0.10)	+
Bdellidae	<i>Bdella</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
Microtrombidiidae	<i>Microtrombidium</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Labidostommidae	<i>Labidostomma</i>	0	0	1(0.23)	5(1.75)	6(0.29)	+
Acaridae	<i>Rhizoglyphus</i>	2(0.20)	0	1(0.23)	3(1.05)	6(0.29)	+
Phthiracaridae	<i>Hoplophthiracarus</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Euphthiracaridae	<i>Euphthiracarus</i>	2(0.20)	1(0.26)	0	1(0.35)	4(0.19)	+
	<i>Microtrtia</i>	6(0.60)	1(0.26)	0	2(0.70)	9(0.43)	+
	<i>Rhysotritia</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Hypochthoniidae	<i>Eohypochthonius</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
Lohmanniidae	<i>Vepracarus</i>	2(0.20)	0	0	0	2(0.10)	+
	<i>Papillacarus</i>	2(0.20)	0	0	0	2(0.10)	+
	<i>Lohmannia</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
Epilohmanniidae	<i>Epilohmannia</i>	0	0	0	3(1.05)	3(0.14)	+
Nothridae	<i>Nothrus</i>	6(0.60)	0	1(0.23)	3(1.05)	10(0.48)	+

续表

科名	属名	1 300 m	1 500 m	1 700 m	1 900 m	总计	多度
Camisiidae	<i>Platynothrus</i>	51(5.11)	42(11.05)	88(20.18)	10(3.50)	191(9.10)	++
	<i>Camisia</i>	11(1.10)	2(0.53)	2(0.46)	34(11.89)	49(2.33)	++
	<i>Heminothrus</i>	0	0	2(0.46)	3(1.05)	5(0.24)	+
Trhypochthoniidae	<i>Trhypochthonius</i>	60(6.01)	0	10(2.29)	1(0.35)	71(3.38)	++
Malaconothridae	<i>Malaconothrus</i>	2(0.20)	48(12.63)	0	1(0.35)	51(2.43)	++
	<i>Trimalaconothrus</i>	0	0	0	3(1.05)	3(0.14)	+
Nanhermanniidae	<i>Cyrthermannia</i>	8(0.80)	1(0.26)	7(1.61)	0	16(0.76)	+
	<i>Nanhermannia</i>	11(1.10)	17(4.47)	7(1.61)	14(4.90)	49(2.33)	++
Hermanniidae	<i>Phyllhermannia</i>	6(0.60)	10(2.63)	2(0.46)	0	18(0.86)	+
	<i>Hermannia</i>	0	0	3(0.69)	0	3(0.14)	+
Hermanniellidae	<i>Hermanniella</i>	3(0.30)	1(0.26)	0	0	4(0.19)	+
Plasmobatidae	<i>Plasmobates</i>	2(0.20)	0	1(0.23)	0	3(0.14)	+
Damaeidae	<i>Epidamaeus</i>	1(0.10)	3(0.79)	1(0.23)	2(0.70)	7(0.33)	+
Cepheidae	<i>Cepheus</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Eremulidae	<i>Eremulus</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
Liacaridae	<i>Liacarus</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Carabodidae	<i>Carabodes</i>	2(0.20)	2(0.53)	0	0	4(0.19)	+
	<i>Podopterotegaeus</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Niphocephidae	<i>Niphocephus</i>	3(0.30)	0	0	2(0.70)	5(0.24)	+
Tectocephidae	<i>Tectocephus</i>	19(1.90)	7(1.84)	10(2.29)	18(6.29)	54(2.57)	++
Otocephoidea	<i>Otocephus</i>	23(2.30)	3(0.79)	0	0	26(1.24)	++
Oppiidae	<i>Lasiobelba</i>	2(0.20)	0	0	1(0.35)	3(0.14)	+
	<i>Arcoppia</i>	3(0.30)	1(0.26)	0	1(0.35)	5(0.24)	+
	<i>Oppiella</i>	1(0.10)	0	1(0.23)	0	2(0.10)	+
	<i>Lanceoppia</i>	9(0.90)	3(0.79)	10(2.29)	7(2.45)	29(1.38)	++
	<i>Multioppia</i>	0	3(0.79)	5(1.15)	1(0.35)	9(0.43)	+
	<i>Hexoppia</i>	0	0	2(0.46)	4(1.40)	6(0.29)	+
	<i>Oppia</i>	0	0	0	3(1.05)	3(0.14)	+
	<i>Operculoppia</i>	0	0	0	2(0.70)	2(0.10)	+
	<i>Quadroppia</i>	0	0	0	1(0.35)	1(0.05)	+
	Thyrisomidae	<i>Banksinoma</i>	0	0	1(0.23)	3(1.05)	4(0.19)
Cymbaeremaeidae	<i>Scapheremaeus</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
Symbioribatidae	<i>Symbioribates</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
Oribatulidae	<i>Incabates</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
	<i>Haloribatula</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
	<i>Euscheloribates</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
	<i>Andeszetes</i>	0	0	0	2(0.70)	2(0.10)	+
Haplozetidae	<i>Vilhenabates</i>	280(28.06)	26(6.84)	68(15.60)	53(18.53)	427(20.33)	+++
	<i>Setoxylobates</i>	229(22.95)	23(6.05)	26(5.96)	0	278(13.24)	+++
	<i>Xylobates</i>	5(0.50)	0	1(0.23)	0	6(0.29)	+
	<i>Tuxenia</i>	1(0.10)	1(0.26)	0	0	2(0.10)	+
	<i>Peloribates</i>	2(0.20)	0	0	4(1.40)	6(0.29)	+
	<i>Rostrozetes</i>	80(8.02)	0	0	0	80(3.81)	++
	<i>Acutozetes</i>	1(0.10)	0	0	0	1(0.05)	+
	<i>Haplozetes</i>	0	0	2(0.46)	0	2(0.10)	+
	<i>Tentaculozetes</i>	0	0	0	1(0.35)	1(0.05)	+

续表

科名	属名	1 300 m	1 500 m	1 700 m	1 900 m	总计	多度
Ceratozetidae	<i>Melanozetes</i>	1(0.10)	1(0.26)	0	1(0.35)	3(0.14)	+
	<i>Viracochiella</i>	0	0	2(0.46)	0	2(0.10)	+
Mycobatidae	<i>Minunthozetes</i>	0	0	0	6(2.10)	6(0.29)	+
Pelopidae	<i>Ceratoppia</i>	4(0.40)	2(0.53)	0	2(0.70)	8(0.38)	+
Oribatellidae	<i>Oribatella</i>	0	0	2(0.46)	0	2(0.10)	+
Achipteridae	<i>Achipteria</i>	10(1.00)	2(0.53)	0	0	12(0.57)	+
	<i>Parachipteria</i>	0	1(0.26)	0	0	1(0.05)	+
	<i>Austrachipteria</i>	0	0	2(0.46)	0	2(0.10)	+
	<i>Anoribatella</i>	0	0	1(0.23)	0	1(0.05)	+
Parakalummidae	<i>Neoribates</i>	2(0.20)	0	0	0	2(0.10)	+
Galumnidae	<i>Pergalumna</i>	8(0.80)	7(1.84)	10(2.29)	0	25(1.19)	++
	<i>Trichogalumna</i>	7(0.70)	6(1.58)	9(2.06)	0	22(1.05)	++
	<i>Cryptogalumna</i>	2(0.20)	2(0.53)	16(3.67)	0	20(0.95)	+
	<i>Galumna</i>	3(0.30)	24(6.32)	8(1.83)	1(0.35)	36(1.71)	++
	合计	998	380	436	286	2 100	

注：数量单位为只，括号内为占比(%)；“+++”表示优势类群，“++”表示常见类群，“+”表示稀有类群。

1 300、1 500、1 700 和 1 900 m 4 个不同海拔的土壤螨类个体数分别为 998、380、436 和 286 只，分别占总捕获量的 48%、18%、21% 和 14%，类群数分别为 42 属、30 属、35 属和 31 属。

土壤螨类中 *Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 为优势类群，分别占总捕获量的 20.33% 和 13.24%，*Platynothrus*、*Parasitus*、*Rostrozetes* 和 *Cheiroseius* 等 19 个属为常见类群，占总捕获量的 49.95%，其余的 80 个属为稀有类群，占总捕获量的 16.48%。

在海拔 1 300 m，*Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 为优势类群，分别占总捕获量的 28.06% 和 22.95%。在海拔 1 500 m，*Malaconothrus* 和 *Platynothrus* 为优势类群，分别占总捕获量的 12.63% 和 11.05%。在海拔 1 700 m，*Platynothrus* 和 *Vilhenabates* 为优势类群，分别占总捕获量的 20.18% 和 15.60%。在海拔 1 900 m，*Vilhenabates*、*Parasitus* 和 *Camisia* 为优势类群，分别占总捕获量的 18.53%、14.69% 和 11.89% (表 3)。

### 2.3 土壤螨类垂直分布

从梵净山常绿落叶阔叶混交林土壤螨类的垂直分布来看(图 1)，土壤螨类主要集中在土壤表层，即枯枝落叶层最多，其次为 0~5 cm 土层，在 5~10 cm 土层最少，呈现出明显的表聚性。从类群数量来看，总量 1 300 m>1 700 m>1 900 m>1 500 m；枯枝落叶层 1 300 m>1 700 m>1 500 m>1 900 m；0~5 cm 土层和 5~10 cm 土层，除 1 500 m 略低，其他 3 个海拔无明显差异。从个体数量来看(图 2)，总量和枯枝落叶层上 1 300 m>1 700 m>1 500 m>1 900 m；0~5 cm 土层

1 300 m>1 700 m>1 900 m>1 500 m；5~10 cm 土层，除 1 300 m 略高，其他 3 个海拔相同。

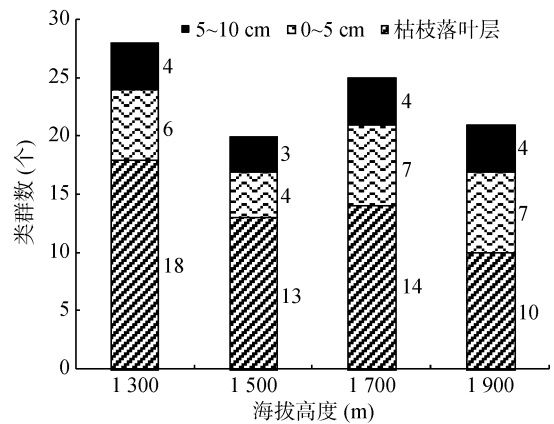


图 1 研究区土壤螨类类群数量垂直分布

Fig. 1 Vertical distribution of soil mite genus in study area

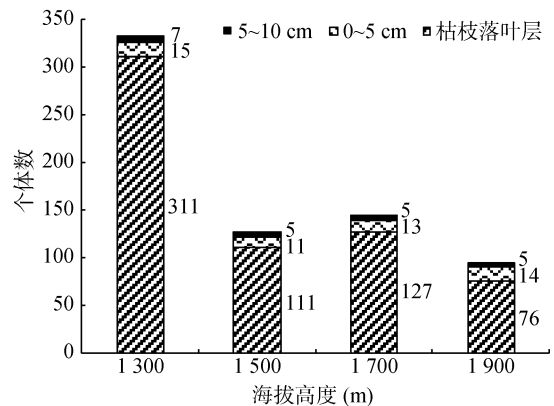


图 2 研究区土壤螨类个体数量垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of soil mite individuals in study area

2.4 土壤螨类群落多样性

方差分析结果表明,海拔差异对梵净山常绿阔叶阔叶混交林土壤螨类群落优势度具有显著影响( $P<0.01$ ),但对多样性和均匀性影响很小( $P>0.05$ ) (表 4)。多样性指数由高到低依次为 1 700 m, 1 900 m, 1 500 m, 1 300 m。均匀性指数由高到低依次为 1 700 m, 1 900 m, 1 500 m, 1 300 m。优势度指数由高到低依次为 1 300 m, 1 900 m, 1 500 m, 1 700 m(表 5)。

表 4 研究区土壤螨类群落结构差异

Table 4 Structure differences of soil mite community in study area

海拔	多样性指数 $H'$		均匀性指数 $E$		优势度指数 $C$	
	$F$	$P$	$F$	$P$	$F$	$P$
海拔	2.453	ns	3.106	ns	12.511	**

注: \*\*表示达到  $P<0.01$  显著水平, \* 表示达到  $P<0.05$  显著水平, ns 表示不显著( $P>0.05$ )。

2.5 甲螨群落结构特征

MGP 分析 结果显示, 螨类群落类群结构 4 个生境均为 O 型, MGP 分析 结果显示螨类群落个体结构, 1 500 m 与 1 900 m 属于 O 型, 1 300 m 属于 P 型, 1 700 m 其 M 群所占比例为 48.366%, 接近 50%, MP 型特征不明显(表 6)。上述结果表明梵净山常绿阔叶阔叶混交林土壤螨类类群数大孔低等甲螨、无翅尖背甲螨和有翅孔背甲螨的差异不大。在个体数量上, 海拔 1 300 m 以有翅孔背甲螨占优势, 1 700 m 以大孔低等甲螨和有翅孔背甲螨为主, 1 500 m 与 1 900 m 中大孔低等甲螨、无翅尖背甲螨和有翅孔背甲螨的差异不大。

2.6 中气门螨类群落结构特征

采用 MI 指数研究梵净山不同海拔土壤中气门亚目螨类结构的差异, 捕食性螨类类群 K-值和 r-值见表 7, MI 指数计算结果见表 8。

表 5 研究区土壤螨类群落多样性

Table 5 Diversities of soil mite communities in different altitudes in study area

海拔(m)	多样性指数 $H'$		均匀性指数 $E$		优势度指数 $C$	
	平均值	标准误差	平均值	标准误差	平均值	标准误差
1 300	2.424 9 a	0.108 0	0.668 2 a	0.030 5	0.260 7 a	0.024 5
1 500	2.482 8 a	0.191 1	0.780 7 a	0.063 9	0.127 8 b	0.005 8
1 700	2.916 2 a	0.117 3	0.829 1 ab	0.051 2	0.099 8 b	0.020 4
1 900	2.572 2 a	0.095 9	0.872 5 b	0.033 4	0.160 6 b	0.021 7

注: 同列数据小写字母不同表示不同海拔间差异达到  $P<0.05$  显著水平。

表 6 研究区土壤甲螨群落结构分析

Table 6 Structure analyses of soil oribatida communities in different altitudes in study area

海拔(m)	类群数百分比(%)			群落类型	个体数百分比(%)			群落类型
	M 群	G 群	P 群		M 群	G 群	P 群	
1 300	21.43	38.10	40.48	O	15.60	10.44	73.96	P
1 500	23.33	36.67	40.00	O	39.51	20.99	39.51	O
1 700	20.00	42.86	37.14	O	34.31	17.32	48.37	MP
1 900	32.26	41.94	25.81	O	32.11	31.05	36.84	O

梵净山不同海拔的不同样点中, 均有 K-选择类群, 不同海拔高度中气门螨类 MI 指数, 1 300 m>1 900 m>1 700 m>1 500 m; MI 指数最大值出现在 1 900 m 的样地 2, 最小出现在 1 900 m 的样地 1。

表 7 捕食性土壤螨类 (Mesostigmata) r-值和 K-值的确定

Table 7 r- and K- values of predatory soil mites (Mesostigmata)

土壤螨类(科)	K-	r-	土壤螨类(科)	K-	r-
Pachylaelapidae	1		Ameroseiidae	3	
Epicriidae	3		Parasitidae		4
Rhodacaridae	2		Zerconidae	3	
Veigaiidae	2		Parholaspidae	2	
Ologamasidae		1	Uropodidae	3	

注: 依据文献[19, 21-23]确定捕食性螨类类群 K-值和 r-值。

表 8 研究区中气门捕食性螨类群落成熟度指数

Table 8 Maturity indexes of soil predatory mites (Mesostigmata) in different altitudes in study area

海拔(m)	样地	样点 1	样点 2	样点 3
1 300	0.613 3	0.642 9	0.576 9	0.619 0
1 500	0.474 5	0.576 9	0.400 0	0.384 6
1 700	0.539 4	0.444 4	0.583 3	0.300 0
1 900	0.5263	0.090 9	0.681 8	0.583 3

3 讨论

土壤动物的群落组成和结构特征受区域气候和局部小环境的影响非常大<sup>[24-28]</sup>。不同地区不同生境间

的土壤螨类群落特点不同<sup>[29]</sup>，刘漫萍等<sup>[30]</sup>对上海城市绿化带土壤螨类的研究显示土壤螨类 36 属，其中 *Scheloribates* 为优势属；吴东辉等<sup>[31]</sup>对松嫩草原中度退化草地不同植被恢复方式下土壤螨类研究共捕获土壤螨类 41 属，其中 *Bdella* 为优势属，苜蓿样地采集到 50 属，其中 *Hypoaspis* 为优势属；吾玛尔·阿布力孜等<sup>[9]</sup>对喀纳斯地区 7 种生境的土壤螨类研究结果显示土壤螨类 58 属，其中 *Oppia* 和 *Tectocepheus* 为优势属；王宗英等<sup>[5]</sup>对九华山土壤螨类的研究中共采集到 62 属，其中 *Xylobates* 和 *Scheloribates* 为优势类群。与上述城市绿化地、退化草地、次生林地和其他森林相比，梵净山常绿落叶阔叶混交林林下共鉴定土壤螨类 101 属，*Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 为优势属，具有丰富的螨类物种组成和独特的优势类群，反映了梵净山常绿落叶阔叶混交林森林原始性强且小生境独特的特点。

谢桂林等<sup>[32]</sup>对菏泽牡丹园的土壤甲螨研究显示不同土层的土壤甲螨群落的变化不明显，相较于人为影响较大的环境，梵净山常绿落叶阔叶混交林林下土壤螨类群落具有明显的表聚性，与典型原始森林土壤螨类垂直规律一致，反映该林带土壤受到影响小的特点。

综合刘高峰和杨茂发<sup>[33-35]</sup>对梵净山不同时期的土壤甲螨的研究结果，在中山温性针叶林和常绿落叶阔叶混交林中 *Xylobates*、*Oppiella*、*Diapterobates* 和 *Archoplophora* 为优势属，本次调查显示梵净山常绿落叶阔叶混交林中 *Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 为优势属，至少表明 Haplozetidae 为该林带的优势科，产生差异的原因是样地小生境以及采样季节之间的差异。

物种多样性指数在较老的群落里指数偏高，在新建的群落里则偏低，高的多样性指数和均匀度意味着在生态系统中有更长的食物链和种间有更多的共生现象，因此有可能对负反馈有更大的控制能力而增加群落结构的稳定性和均匀度<sup>[10,36]</sup>。多样性指数大于刘高峰等的研究结果，与产生优势属差异的原因相同，均匀性指数差异不大；本研究结果中多样性指数与均匀性指数均比较高，反映了梵净山土壤螨类群落更为多样，间接说明了梵净山森林群落原始性和稳定性的特点。

一些研究认为骨化程度较低、体壁较柔软及要求生存环境相对稳定的低等甲螨适于生存在人为干扰较小及较多样化生境中，而环境单一、改变频繁或人为干扰较大的生境适于体壁固化程度高的甲螨生存<sup>[32,37]</sup>，该林带的 MGP 分析结果以 O 型为主，是因为山势陡峭，又要满足采样标准，一些样

地设置在旅游步道两侧，这些区域受到了一定程度的人为活动的影响，也反映了采样过程中有不可避免的误差。

根据不同生物的特点，人们将生物分为 K-选择类群（竞争力强、存活率高、晚熟）和 r-选择类群（竞争力弱、繁殖力强、早熟）。MI 指数即是基于此分类，通过计算土壤中捕食性螨类 K-选择类群和 r-选择类群比例的变化来反映中气门土壤捕食性螨类的群落结构特征，用以评价环境变化对螨类群落的影响，以此衡量土壤生态过程的状态的一种方法<sup>[19]</sup>。通常认为环境受到的扰动越小，土壤捕食性螨类群落 MI 指数越大，即群落 K-选择类群比例越高<sup>[23,38]</sup>。结果显示，该林带整体受到的扰动较小，保存了较为原始的森林生态环境。4 个不同海拔中，1 500 m 样地 MI 指数最小，反映出该地受到的扰动明显高于整个林带，这与 MGP 分析结果以 O 型为主的原因一致，是地形和采样过程中不可避免的误差所导致的。

## 4 结论

在常绿落叶阔叶混交林林下土壤中鉴定土壤螨类共 4 亚目 55 科 101 属 2 100 只，其中隐气门目和中气门目为主要类群，个体数分别占总捕获量的 76.81% 和 22.57%。单翼甲螨科 Haplozetidae 为优势科，*Vilhenabates* 和 *Setoxylobates* 为优势属。螨类分布呈现明显的表聚性。随海拔上升，螨类类群数和个体数量基本呈减少的趋势。方差分析表明海拔差异对螨类优势度具有显著影响，对多样性和均匀性影响很小。甲螨群落结构以 O 型为主，中气门螨类群落以 K-选择类群为主。

## 参考文献：

- [1] 尹文英, 张荣祖, 殷绥公, 等. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 149-182
- [2] 丁程成, 戴征凯, 薛晓峰, 等. 退化红壤植被恢复对土壤螨类群落结构的影响[J]. 生态学报, 2008, 28(10): 4771-4781
- [3] 崔丽巍, 刘世荣, 刘兴良, 等. 米亚罗林区不同森林恢复方式下中小型土壤动物多样性[J]. 生态学杂志, 2011, 30(6): 1153-1162
- [4] 董炜华, 李晓强, 宋扬. 土壤动物在土壤有机质形成中的作用[J]. 土壤, 2016, 48(2): 211-218
- [5] 王宗英, 路有成, 王慧英. 九华山土壤螨类的生态分布[J]. 生态学报, 1996, 16(1): 58-64
- [6] 卜照义. 净月潭地区土壤螨类及其群落生态学研究[J]. 生态学报, 1990, 10(4): 355-361
- [7] 殷秀琴, 吴东辉, 韩晓梅. 小兴安岭森林土壤动物群落多样性的研究[J]. 地理科学, 2003, 23(3): 316-322

- [8] 沈静, 王慧英, 陈国孝, 等. 北京小龙门森林生态系统定位站土壤螨类的垂直分布和季节变动[J]. 蛛形学报, 1999, 8(2): 111-117
- [9] 吾玛尔·阿布力孜, 阿提坎木·吾布力喀斯木, 吴松林. 新疆喀纳斯国家级自然保护区土壤螨类群落特征[J]. 干旱区资源与环境, 2015, 29(2): 99-104
- [10] 杨明宪, 马树才. 长白山北坡土壤螨类调查及其数量分析[J]. 辽宁大学学报(自然科学版), 1990, 17(1): 55-63
- [11] 王以方, 朱文, 陈国定. 土壤中甲螨垂直分布和季节动态的初步调查[J]. 生态学杂志, 1991, 10(6): 60-63
- [12] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 51-89
- [13] 李隆术, 李云瑞. 蛛形学[M]. 重庆: 重庆出版社, 1988: 1-520
- [14] Krantz G W, Walter D E. A manual of Acarology[M]. 3rd ed. Texas: Tech University Press, 2009: 168-807
- [15] Peet R K. The measurement of species of diversity[J]. Annual Review of Ecology and Systematics, 1974, 5: 285-307
- [16] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13: 131-144
- [17] Simpson E H. Measurement of diversity[J]. Nature, 1949, 163: 688
- [18] Aoki J I. Analysis of oribatid communities by relative abundance in the species and individual numbers of the three major groups(MGP-analysis)[J]. Bull. Institute Environ. Sci. Techno, Yokohama National University, 1983, 10(1): 171-176
- [19] Ruf A. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils[J]. Applied soil ecology, 1998, 9(1/2/3): 447-452
- [20] 张凤海, 张明. 梵净山土壤类型和特征. 梵净山研究[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1990: 67-86
- [21] 顾以铭, 郭宪国. 毛绥螨属 2 新种(蛛形亚纲: 囊螨科)[J]. 蛛形学报, 1994, 3(2): 86-90
- [22] 陈万鹏. 辽宁省部分地区和吉林省长白山土壤尾足螨分类研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2007: 9-10
- [23] 吴东辉, 张柏, 卜照义, 等. 长春市不同土地利用生境土壤螨类群落结构特征[J]. 生态学报, 2006, 26(1): 16-25
- [24] Bedano J C, Cant M P, Doucet M E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil[J]. Applied Soil Ecology, 2006, 32(3): 293-304
- [25] Mónica G L, Juan B J, Dolores T, et al. Relationships among spatial distribution of soil microarthropods, earthworm species and soil properties[J]. Pedobiologia, 2010, 53(6): 381-389
- [26] Maribie C W, Nyamasyo G H N, Ndegwa P N, et al. Abundance and diversity of soil mites (Acari) along a gradient of land use types in TaitaTaveta, Kenya[J]. Tropical and Subtropical Agroecosystems, 2011, 13(1): 11-26
- [27] Kardol P, Reynolds W N, Norby R J, et al. Climate change effects on soil microarthropod abundance and community structure[J]. Applied Soil Ecology, 2011, 47: 37-44
- [28] 任圆圆, 张学雷. 土壤多样性研究趋势与未来挑战[J]. 土壤学报, 2015, 52(1): 9-18
- [29] 高梅香, 刘冬, 张雪萍, 等. 三江平原农田地表和地下土壤螨类丰富度与环境因子的空间关联性[J]. 生态学报, 2016, 36(6): 1782-1792
- [30] 刘漫萍, 刘武惠, 崔志兴, 等. 上海城市绿化带土壤蛛螨目群落结构与生物指标[J]. 生态学杂志, 2007, 26(10): 1555-1562
- [31] 吴东辉, 尹文英, 杨振明. 松嫩草原中度退化草地不同植被恢复方式下土壤螨类群落特征的差异[J]. 动物学报, 2007, 53(4): 607-615
- [32] 谢桂林, 傅荣恕, 刘建丽, 等. 菏泽牡丹园土壤甲螨群落特点研究[J]. 生态学报, 2004, 24(4): 693-699
- [33] 刘高峰, 杨茂发. 梵净山自然保护区土壤甲螨群落结构与多样性[J]. 山地农业生物学报, 2003, 22(1): 27-33
- [34] 刘高峰, 杨茂发. 梵净山土壤甲螨群落结构与多样性调查[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(1): 142-144, 197
- [35] 刘高峰, 杨茂发. 贵州梵净山自然保护区土壤甲螨群落的季节动态[J]. 动物学杂志, 2013, 48(1): 58-64
- [36] Odum E P. Fundamentals of ecology. Philadelphia[M]. W B Saunders Company, Philadelphia, 1971: 109-121
- [37] 孜比尔妮莎·吾布力. 乌鲁木齐南部土壤甲螨群落特征的初步研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2010: 16-17
- [38] 吴东辉, 尹文英, 陈鹏. 刈割条件下松嫩平原碱化羊草草地土壤螨类群落变化特征的研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 1007-1014



## Soil Mite Community Structure in Mixed Evergreen and Deciduous Broad-leaved Forest of Fanjingshan

WANG Pengju, CHEN Hu<sup>\*</sup>, ZHOU Zheng, LIN Dandan, WU Renxia, ZHU Jiayun  
(School of Karst Science, Guizhou Normal University / State Engineering Technology Institute for  
Karst Desertification Control, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** In order to understand the characteristics of community structure of soil mites in the mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest in Fanjingshan, soil mites were investigated in June 2015 along an altitude gradient, a total of 2 100 soil mite individuals was captured which belong to 4 suborders, 55 families and 101 genera. The characteristic of soil mite community structure was analysed by using number of taxon and individual, diversity, dominance, evenness, MGP analysis and MI index. The results showed that *Vilhenabates* and *Setoxylobates* were the dominant groups for the whole forest belt, and the distribution of mites presented an upper-accumulated nature. With the increase of altitude, the quantities of both communities and individuals of mites were basically reduced. The dominance of soil mite communities in different altitudes was characterized by an order of 1 300 m>1 900 m>1 500 m>1 700 m, while the diversity and evenness indexes in an order of 1 700 m>1 900 m>1 500 m>1 300 m. Further variance analysis also indicated that altitude had a significant impact on the dominance of mites, but little effect on the diversity and evenness indexes. The community structures of Oribatid and Mesostigmatic mites were respectively dominated by O-type and K-selection.

**Key words:** Soil mites; Community structure; Mixed evergreen and deciduous broad-leaved forest; Altitude