

退化红壤植被恢复对土壤螨类群落结构的影响

丁程成¹, 戴征凯¹, 薛晓峰², 李辉信¹, 刘满强¹, 陈小云¹, 周 静³, 张 斌³, 胡 锋^{1,*}

(1. 南京农业大学资源与环境科学学院, 南京 210095; 2. 南京农业大学植物保护学院, 南京 210095;

3. 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008)

摘要:对退化红壤地区的旱生性草坡、稀疏针叶林、针叶林、针阔混交林等 4 种植被恢复类型及裸地、顶级常绿阔叶林等 2 个对照样地的土壤螨类群落进行四季调查, 共捕获 4 亚目 53 科, 其中隐气门亚目 27 科 (Cryptostigmata), 前气门亚目 (Prostigmata) 17 科, 中气门亚目 (Mesostigmata) 8 科, 无气门亚目 (Astigmata) 1 科, 优势类群为矮汉甲螨科 (Nanhermanniidae) 和单翼甲螨科 (Haplozetidae), 常见类群包括若甲螨科 (Oribatulidae)、盖头甲螨科 (Tectocepheidae) 等 16 科。应用个体密度、类群数、香农多样性、密度-类群 DG 指数、丰富度和均匀度、甲螨群落的 MGP 分析和捕食性螨类 MI 指数, 研究其中螨类的群落结构特征。研究表明: 不同植被类型土壤螨类群落差异显著, 各项指标均以常绿阔叶林为最高, 其次为稀疏针叶林, 显著高于其它样地 ($p < 0.05$), 针叶林和裸地处于最低水平。甲螨群落类群结构中, 各植被类型中的甲螨群落均属于 M 型; 甲螨个体密度结构类型中, 裸地属于 MP 型, 旱生性草坡属 P 型, 常绿阔叶林属于 O 型, 其它均属于 M 型。中气门螨类的 MI 指数在各植被类型没有明显的变化。DCA 分析将 6 类型分为 3 类: 裸地、常绿阔叶林各为一类, 其余各类型归为一类, 这显示了土壤螨类群落对植被恢复不同类型的响应。**关键词:** 螨类; 退化红壤; 植被恢复

文章编号: 1000-0933(2008)10-4771-11 中图分类号: Q143, Q145, Q938, Q948, S154 文献标识码: A

Effects of vegetations restoration on soil mite community in degraded red soil, Subtropical China

DING Cheng-Cheng¹, DAI Zheng-Kai¹, XUE Xiao-Feng², LI Hui-Xin¹, LIU Man-Qiang¹, CHEN Xiao-Yun¹, ZHOU Jing³, ZHANG Bin³, HU Feng^{1,*}

1 College of Resources and Environmental Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

2 College of plant protection, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China

3 Institute of soil science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China

Acta Ecologica Sinica, 2008, 28(10): 4771 ~ 4781.

Abstract: Soil mite in different restored plantations in degraded soil were studied quarterly, including a bare land (I), a xeric mesophilous herbosa (II), a sparse Coniferous woodland (III), a coniferous woodland (IV), a coniferous-broadleaf mixed woodland (V) and an evergreen broadleaf forest (VI) (I and VI were used as CK). A total of 53 families were observed, including dominant families, such as Nanhermanniidae, Haplozetidae, Oribatulidae, Tectocepheidae,

基金项目: 国家自然科学基金重大国际合作资助项目 (40520130223)

收稿日期: 2007-06-11; **修订日期:** 2007-12-14

作者简介: 丁程成 (1980 ~), 女, 安徽省蒙城人, 博士生, 主要从事土壤动物生态学研究. E-mail: dcm971@163.com

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: fenghu@njau.edu.cn

致谢: 感谢南京农业大学植物保护学院洪晓月教授的建议和帮助。

Foundation item: The project was financially supported by Collaborated internationally of National Natural Science Foundation of China (No. 40520130223)

Received date: 2007-06-11; **Accepted date:** 2007-12-14

Biography: DING Cheng-Cheng, Ph. D. candidate, mainly engaged in soil animal ecology. E-mail: dcm971@163.com

Parholaspidae, and others. The characteristics of soil mite community structure were analyzed by individual density, number of taxon, diversity, DG index, abundance, and evenness as well as MGP analysis and MI index. The results showed that the highest density was observed in VI, and the second highest was in III, the lowest density was observed in I and IV. The same trends were observed by other indices above. MGP I analysis indicated that the soil oribatida communities of all these ecosystems match the M Pattern; however, MGP II analysis identified different patterns for them, i. e. MP pattern for I, P pattern for II, O pattern for VI, M pattern for others. No differences were observed by MI index among the different restored vegetations. The 6 communities were classed into 3 groups by DCA analysis. The I and VI were isolated respectively, all others were classed into one group, which showed the response of soil mite to these different restored vegetations in the degraded red soil.

Key Words: mite; degraded red soil; vegetation restoration

土壤螨类在各类土壤中普遍存在,类群和数量丰富,群落生物多样性高,占土壤动物总数的 28.74% ~ 77.83%,是土壤分解者的重要组成部分,在生态系统能量流动、物质循环以及土壤形成与熟化过程中均起着重要作用,被看作是最重要的评价土壤质量变化的敏感性指示生物之一^[1~3]。

近年来,国外螨类研究学者加强了林业活动尤其是矿区恢复对土壤螨类群落影响的研究^[4,5]。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^[6,7],主要集中在温带地区^[7~9],关于亚热带地区植被恢复对土壤螨类群落影响的报道不多^[10,11]。

我国热带、亚热带地区红壤的退化问题十分严重,限制了该区生产潜力的发挥^[12]。本研究选择该区几种主要恢复类型为研究样地,旨在揭示其中螨类群落的分异特点,以期评价退化红壤系统恢复质量,土壤动物多样性保护提供基础资料。

1 研究方法

1.1 研究样地概况

本研究在中国科学院红壤生态开放实验站进行,位于江西省鹰潭市余江县刘家站(28°15'30"N,116°55'30"E),属中亚热带湿润季风气候区,年均温 17.6℃,年均降水量 1700mm,年均蒸发量 1359mm。全年降水分配情况是 1~3 月份占 23%,4~6 月份占 48%,7~9 月份占 19%,10~12 月份占 10%。其中 7~10 月份高温干旱,降水量低于蒸发量,月均降水量仅为 100mm,而月蒸发量达 200mm。

1.2 样地设置

以退化红壤地区植被恢复的几种主要类型为研究对象^[13],包括有裸地(I)(恢复起点)、旱生性草坡(II)、稀疏针叶林(III)、针叶林(IV)、针阔混交林(V)和顶级常绿阔叶林(VI),土壤为第四纪红粘土发育的典型红壤。各样地的概况如下:

1.3 采样时间和方法

分别于 2005 年 10 月(秋)、2006 年 1 月(冬)、2006 年 4 月(春)和 2006 年 7 月(夏)采样。每个样地选 4 个有代表性的大点(1m²左右范围),大点间距离大于 5m,在每大点范围内按对角线法采 5 个环刀样品,环刀容积为 100cm³。采样分 3 层:凋落物层,0~5cm 和 5~10cm 土层,将每大点的 5 个同层环刀样品混合成 1 个样品,作为 1 个重复。用 Tullgren 干漏斗法将中型土壤动物从土壤样品中分离出来^[6]。螨类标本依据尹文英《中国土壤动物检索图鉴》鉴定^[14],中气门亚目鉴定到属,其它亚目鉴定到科,同时统计个体数量。

1.4 数据处理

1.4.1 群落多样性分析

运用 Shannon-Wiener 指数 H' 、密度-类群 DG 指数、Margalef 丰富度指数和 Pielou 均匀度指数相结合说明螨类群落的多样性^[15~18],用除趋势对应分析 DCA(detrended correspondence analysis)进行排序^[19]。

表 1 样地概况

Table 1 Properties of different restored plantations in degraded red soil

植被类型 Vegetations	植被特征 Vegetation property	土壤有机质 SOM (g kg ⁻¹)
I 侵蚀裸地 Bare land	土壤侵蚀严重,A、B 层基本丧失,C 层裸露,形成侵蚀劣地,被称为“红色沙漠”,仅有少量地衣、苔藓低等植被(对照 1)	4.94
II 旱生性草坡 Xeric mesophilous herbosa	次生草丛,灌层主要为白檀(<i>Symplocos paniculate</i>), 杭子梢(<i>Campylotropis macrocarpa</i>),小果菝葜(<i>Smilax davidiana</i>);草本层主要为白茅(<i>Imperata cylindrica</i> var. <i>major</i>),星宿菜(<i>Lysimachia pumila</i>)等	15.38
III 稀疏针叶林 Sparse coniferous woodland	在旱生性草坡上低密度种植马尾松(<i>Pinus massoniana</i>),而后自然恢复的群落,约 30 年;乔木层为马尾松(<i>P. massoniana</i>)为主,间有石栎(<i>Quercus acutissima</i>);林下灌木层以椴子花(<i>Dracocephalum heterophyllum</i>)为主,草本层为白茅(<i>I. var. major</i>),剪股颖(<i>Agrostis matsumurae</i>)	14.98
IV 针叶林 Coniferous woodland	系 1989 年启动退化红壤恢复实验时所种,而后处于自然恢复状态,以马尾松(<i>P. massoniana</i>),湿地松(<i>Pinus elliottii</i>)为主,杂有川山矾(<i>Symplocos setchuensis</i>);林下灌木层以格药枲(<i>Eurya hebeclados</i>),小果菝葜(<i>S. davidiana</i>),白檀(<i>S. paniculate</i>)为主;草本层以星宿菜(<i>L. pumila</i>)为主,间有淡竹叶(<i>Lophatherum gracile</i>);林内乔木较密,林下光线弱	14.82
V 针-阔混交林 Coniferous-broadleaf mixed woodland	系 1989 年启动退化红壤恢复实验时所种,而后处于自然恢复状态;乔木层由马尾松(<i>P. massoniana</i>)和木荷(<i>Schima wallichii</i>)构成,间杂有香樟(<i>Cinnamomum camphora</i>)等;灌木层以木荷(<i>S. wallichii</i>)、椴子花(<i>D. heterophyllum</i>)占优势,并有少量的白檀(<i>S. paniculate</i>)、南岭尧花(<i>Wikstroemia hainanensis</i>)、狭叶山胡椒(<i>Lindera angustifolia</i>)等;草本层以白茅(<i>I. var. major</i>),剪股颖(<i>A. matsumurae</i>)为主,杂有野古草(<i>Arundinella anomala</i>),海金沙(<i>Lygodium japonicum</i>);林内乔木较密,林下光线弱	17.44
VI 常绿阔叶林 Evergreen broadleaf forest	乔木层以苦槠(<i>Castanopsis sclerophylla</i>)占优势,夹杂有木荷(<i>S. wallichii</i>),石栎(<i>Q. acutissima</i>);灌木层以石栎(<i>Q. acutissima</i>)为主,杂有油茶(<i>Camellia oleifera</i>)、杜英(<i>Elaeocarpus sylvestris</i>)等;草本层以淡竹叶(<i>L. gracile</i>)为主,另有土麦冬(<i>Liriope graminifolia</i>)和求米草(<i>Oplismenus undulatifolius</i>);是本区退化红壤植被次生演替形成的相对稳定的顶级群落,作为本研究的对照 2	26.74

Shannon-Wiener 指数

$$H' = - \sum P_i \ln P_i$$

式中, P_i 为土壤螨群落第 i 科个体数占总个体数的比例, S 为土壤螨群落中所有螨类科数。

Margalef 丰富度

$$SR = (S - 1) / \ln N$$

式中, N 为土壤螨类群落全部类群的个体总数

Pielou 均匀度

$$J = H' / \ln S$$

密度-类群指数

$$DG = (g/G) \sum (DiCi/DimaxC)$$

式中, Di 为第 i 科个体数, $Dimax$ 为各群落中第 i 科的最大个体数, g 为群落中的科数, G 为各群落所包含的总科数, Ci/C 为相对次数,即在 C 个群落中第 i 科出现的比率。

统计分析由 SPSS 软件完成。

1.4.2 甲螨 (Oribatid) 群落结构 MGP 分析

将甲螨分为三大类:大孔低等甲螨 (*Macropyline*, M)、无翅坚背甲螨 (*Gymnonota*, G) 和有翅孔背甲螨 (*Poronota*, P)。MGP 分析即是根据三大类甲螨各占群落的百分比分析群落结构特征,若以甲螨种类数计算百分比,称为 MGP 分析 I;以甲螨个体数计算百分比,则称为 MGP 分析 II^[8,20,21]。

1.4.3 中气门亚目 (Mesostigmata) 群落结构分析

中气门亚目是重要的捕食性螨类,本文采用 MI (maturity index) 指数表达各生境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 MI 指数^[22]。公式如下:

$$MI = \frac{\sum_{i=1}^s K_i}{\sum_{i=1}^s K_i + \sum_{i=1}^s r_i}$$

式中, K_i 为第 i 属所在科的 K 值, r_i 为第 i 属所在科的 r 值。

2 结果与分析

2.1 土壤螨类群落组成

四季共捕获的土壤螨类隶属于 4 亚目 53 科(表 2), 其中隐气门亚目 27 科(Cryptostigmata), 前气门亚目(Prostigmata) 17 科, 中气门亚目(Mesostigmata) 8 科, 无气门亚目(Astigmata) 1 科, 数量极少。优势类群为矮汉甲螨科(Nanhermanniidae)和单翼甲螨科(Haplozetidae), 常见类群包括若甲螨科(Oribatulidae)、盖头甲螨科(Tectocephidae)等 16 科, 二者共占总捕获螨类个体数的 89.8%, 稀有类群包括派盾螨科(Parholaspidae)等 35 科, 仅占总捕获个体数的 10.2%。

表 2 退化红壤植被恢复不同类型土壤螨类组成

Table 2 Composition of soil mites in different restored plantations in degraded red soil

土壤螨类 Mite	植被类型 Vegetations											
	I		II		III		IV		V		VI	
	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab
胭螨科 Rhodacaridae	2	+	+	2	+	10	+		22	+	12	+
派盾螨科 Parholaspidae			24	+	+	36	+	10	+	+	46	+
囊螨科 Ascidae			64	+	+	150	+	+	16	+	138	+
厚厉螨科 Pachylaelaptidae			2	+	20	+						
厉螨科 Laelapidae			22	+	+	96	+	+	34	+	18	+
寄螨科 Parasitidae			8	+	10	+	6	+	52	+	12	+
植绥螨科 Phytoseiidae			2	+	4	+	2	+	8	+		
土革螨科 Ologamasidae							2	+	26	+		
长须螨科 Stigmaeidae			70	+	+	30	+	74	+	+	4	+
陷口螨科 Calyptostomidae			2	+	6	+	6	+	58	+	2	+
叶螨科 Tetranychidae					18	+	6	+	10	+		
喜螨科 Terpnacaridae							134	+	374	+	+	+
肉食螨科 Cheyletidae			12	+	12	+	64	+	2	+		
绒螨科 Trombididae	4	+	+	2	+	2	+				4	+
莓螨科 Rhagidiidae	2	+	+		14	+	8	+	20	+	6	+
真足螨科 Eupodidae			4	+	36	+	32	+	14	+	14	+
巨须螨科 Cunaxidae			112	+	+	38	+	18	+	34	+	+
虫舍螨科 Ereyetidae							2	+				
跗线螨科 Tarsonemidae			154	+	+	126	+	+	12	+	144	+
盾螨科 Scutacaridae			2	+					6	+	8	+
缝鄂螨科 Raphignathidae					4	+			14	+	4	+
拟肉食螨科 Pseudocheyleidae			4	+	2	+						
腾岛螨科 Teneriffiidae			16	+			20	+				
无爪螨科 Alicorhagiidae	2	+	+									
吸螨科 Bdellidae	4	+	+	4	+	20	+	24	+	+		
珠足甲螨科 Belbidae	6	+	+	32	+	422	+	92	+	+	292	+
真罗甲螨科 Eulohmanniidae	2	+	+	4	+			4	+	+	50	+
真卷甲螨科 Archoplophoridae			6	+	48	+	28	+	104	+	38	+
前翼甲螨科 Pelopidae			2	+	28	+						
罗甲螨科 Lohmanniidae	4	+	+	2	+	2	+				96	+
盲甲螨科 Malaconothridae			6	+	322	+	66	+	16	+	110	+
菌甲螨科 Scheloribatidae			60	+	+	112	+	46	+	+	652	+
筒缝甲螨科 Haplochthoniidae			2	+					6	+		

续表

土壤螨类 Mite	植被类型 Vegetations											
	I		II		III		IV		V		VI	
	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab	Ind	Ab
联甲螨科 Synichotritidae											2	+
盖头甲螨科 Tectocephidae			104	++	744	++	252	+++	110	++	294	++
地缝甲螨科 Gehypochthoniidae			12	+	2	+			2	+	2	+
短缝甲螨科 Brachychthoniidae			30	++	2	+	24	++	62	++	26	+
单翼甲螨科 Haplozetidae	2	++	370	+++	1676	+++	152	++	58	++	442	+++
大翼甲螨科 Galumnidae			44	++	162	++	2	+	18	+	6	+
缝甲螨科 Hypochthoniidae					36	+						
尖棱甲螨科 Ceratozetidae											14	+
奥甲螨科 Oppiidae			6	+	2	+	230	+++	10	+	164	++
木单翼甲螨科 Xylobatidae			60	++					2	+	16	+
小甲螨科 Oribatellidae			60	++	10	+						
若甲螨科 Oribatulidae	16	+++	240	+++	162	++	30	++	34	++	122	++
注甲螨科 Camisiidae			28	++	140	++	52	++	6	+	2	+
上罗甲螨科 Epilohmanniidae	2	++	114	++	72	+	88	++	66	++	220	++
礼服甲螨科 Thrypochthoniidae			10	+	50	+	30	++	14	+	2	+
矮汉甲螨科 Nanhermanniidae	6	+++	288	+++	2982	+++	540	+++	878	+++	200	++
懒甲螨科 Nothridae	2	++	2	+	6	+	2	+	2	+		
刀肋甲螨属 Cultroribula			12	+	2	+			18	+	110	++
甲螨种 1Unknown sp.			4	+	6	+	2	+				
食菌螨科 Anoetidae									2	+	170	++
总计 Total	54		2004		7622		2114		2998		3448	

Ind: 个体数 individual, Ab: 优势度 abundance; +++ 为优势类群, 个体数占总捕获量的 10% 以上; ++ 为常见类群, 个体数占总捕获量的 1% ~ 10%; + 为稀有类群, 个体数占总捕获量的 1% 以下 Dominant group, individuals number is more than 10% of total individuals number; ++ Frequent group, individuals number is between 10% and 1% of total individuals number; + Rare group, individuals number is less than 1% of total individuals number

2.2 土壤螨类的群落结构

2.2.1 垂直结构

对土壤螨类的垂直分布进行研究(表 3), 结果表明: 3 个层次的螨类密度、类群数之间均存在极显著差异 ($p < 0.001$)。无论密度还是类群数, 凋落物层显著高于 0 ~ 5cm、5 ~ 10cm 土壤层, 后两者之间也存在极显著性差异 ($p < 0.001$)。

表 3 退化红壤植被恢复不同类型螨类垂直生态分布

Table 3 Ecological distribution of mites in different restored vegetations

密度 Density (ind m ⁻²)	春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn			冬季 Winter		
	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm
I		200			100	50		100			350	500
II	4800	2500	50	7250	200	50	3350	3450	300	25650	2050	850
III	54800	1100		17100	950	100	40550	2950		75200	950	100
IV	2250	50	50	6900	350		18400	1550	50	22250	700	300
V	6650	450		5650	150	50	16750	4000		40500	750	50
VI	28300	2600	750	11850	350	250	6000	8850	150	22850	3600	400
类群数 Groups	春季 Spring			夏季 Summer			秋季 Autumn			冬季 Winter		
	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm	Litter	0 ~ 5cm	5 ~ 10cm
I		4			1	1		2			4	6
II	16	13	1	26	3	1	15	16	3	27	4	8
III	26	6		20	6	1	27	9		30	5	2
IV	6	1	1	18	3		14	8	1	23	6	5
V	18	7		17	3	1	17	10		33	7	1
VI	23	13	6	14	4	2	16	18	3	23	16	5

季节、层次对土壤螨类的密度、类群数有极显著的交互作用($p < 0.001$),就密度而言,秋季各层次间的差异较小,冬季各层次间的差异最大;就类群数而言,夏季各层次间的差异最大,冬季各层次间差异最小(表3),尤其5~10cm层的土壤螨的种类明显增多,这可能是由于冬季土壤表层温度较低,螨类向下迁移所致。螨类的个体密度和类群数总体均随土壤深度的增加而递减,表现出一定的表聚性(表3),凋落物层的密度和类群数远高于土壤层。

2.2.2 水平结构

对土壤螨类的类群数和个体密度进行二因素方差分析,结果表明:植被类型显著影响螨类群落个体密度($p < 0.001$)和类群数($p < 0.05$);而季节变化对土壤螨类密度的影响达到显著性水平($p < 0.05$),但对类群数的影响未达到显著性水平($p > 0.05$)(表4)。由图1可以看出,稀疏针叶林、常绿阔叶林的螨类密度显著地高于其它类型,针阔混交林、旱生性草坡的密度与针叶林、侵蚀裸地的密度也存在显著性差异;季节对螨类的密度有显著性影响,冬季的密度显著地高于其它3季,春秋季节相近,夏季的密度最低,这与浙江天目山^[10]、南京紫金山^[23]和安徽九华山^[24]等的研究结果相一致。就类群数而言,针叶林、裸地的类群数显著地低于旱生性草坡、稀疏针叶林、针阔混交林和常绿阔叶林,后4者之间不存在显著性差异(图1);虽然土壤螨类的类群数在4季有变化,尤其冬季的类群数高于其它3个季节,但尚未达到显著性水平。

表4 植被类型、季节对土壤螨类密度和类群数的影响

Table 4 Effects of plantations and seasons on density and groups of soil mite

因子 Factor	df	密度 Density <i>F</i>	类群数 Groups <i>F</i>
植被类型 Vegetations	5	9.01 ***	2.53 *
季节 Seasons	3	5.69 *	0.741 ns
植被类型 × 季节 Vegetation × Seasons	15	0.469 ns	0.131 ns

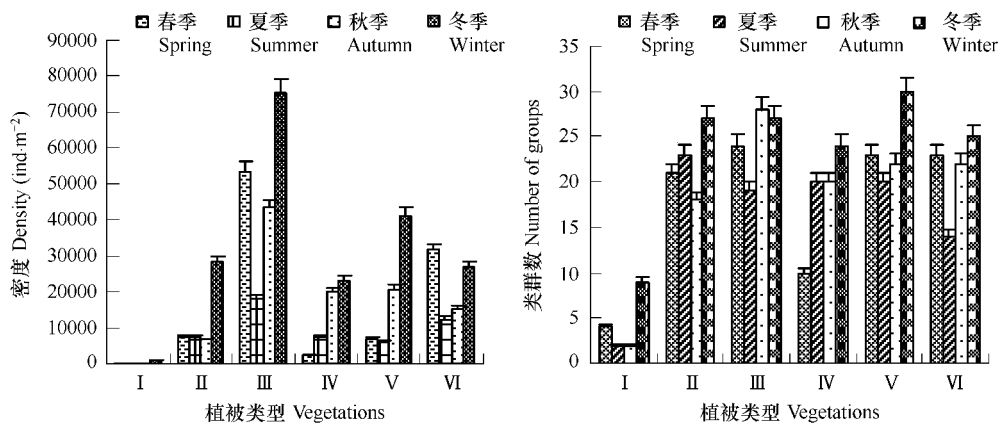


图1 退化红壤植被恢复不同类型土壤螨类的密度和类群数的季节变化

Fig. 1 Seasonal change of density and groups of soil mite in different restored vegetations in degraded red soil

I: 侵蚀裸地 Bare land; II: 旱生性草坡 Xeric mesophilous herbosa; III: 稀疏针叶林 Sparse coniferous woodland; IV: 针叶林 Coniferous woodland; V: 针-阔混交林 Coniferous-broadleaf mixed woodland; 下同 the same below

2.2.3 土壤螨类群落多样性

方差分析的结果表明:植被类型显著地影响了 Shannon-Wiener 指数 H' 、密度-类群 DG 指数、Pielou 均匀度指数和 Margalef 丰富度指数($p < 0.05$),而季节对这些多样性指数的影响均未达到显著性水平(图2)。裸地、稀疏针叶林的 Shannon-Wiener 指数显著地低于旱生性草坡、针叶林、针阔混交林和常绿阔叶林($F = 3.94$, $p < 0.01$),而后4者之间没有显著性差异;密度-类群 DG 指数则表现为稀疏针叶林显著高于其它阶段($F = 4.42$, $p < 0.01$),裸地、针叶林显著地低于旱生性草坡、针阔混交林、常绿阔叶林,后3者之间没有显著性差异。Pielou 均匀度的分布为裸地显著高于其它阶段($F = 3.34$, $p < 0.01$),稀疏针叶林显著低于旱生性草坡、针叶

林、针阔混交林和常绿阔叶林,而后 4 者间没有显著差异。*Margalef* 丰富度指数的分布为裸地、针叶林显著低于旱生性草坡、稀疏针叶林、针阔混交林和常绿阔叶林($F=2.98, p<0.05$),后 4 者间没有显著差异。

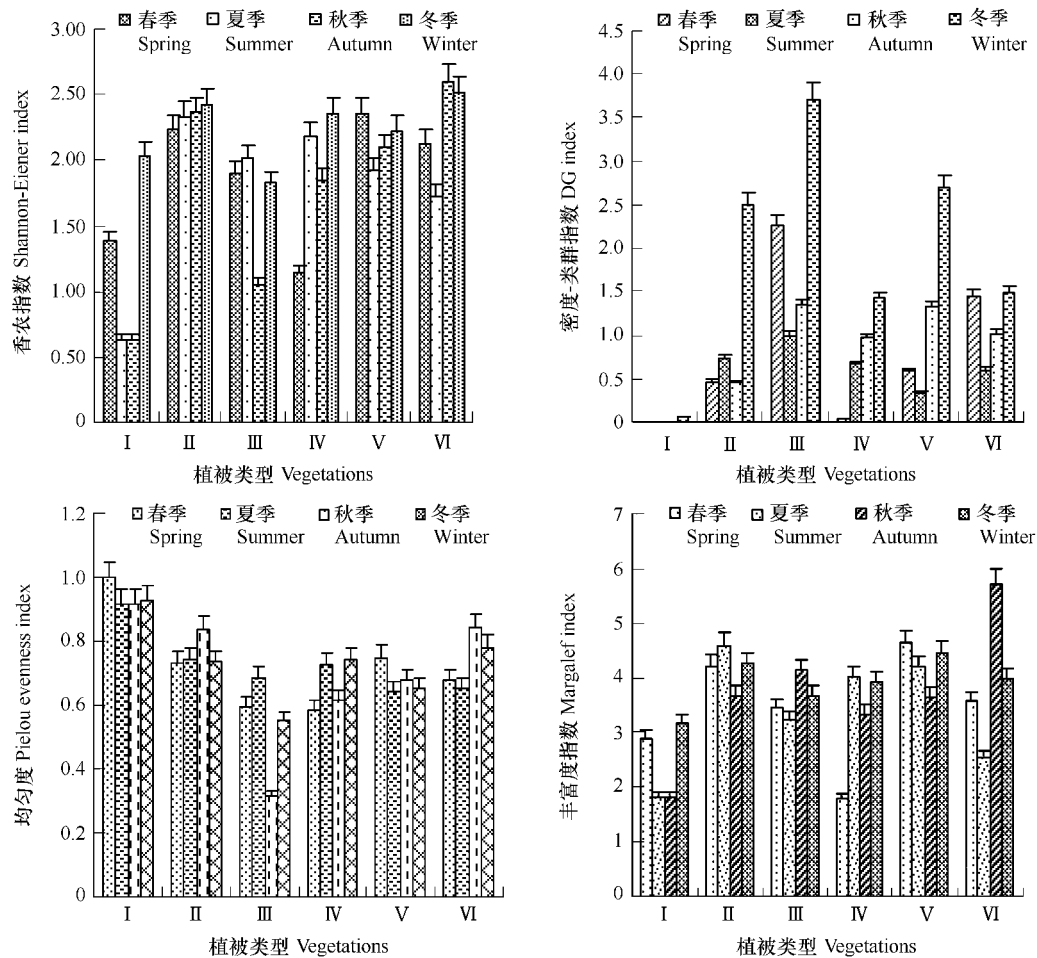


图 2 退化红壤植被恢复不同类型土壤螨类群落多样性

Fig. 2 Diversity of soil mites in different restored plantations in degraded red soil

2.2.4 甲螨群落结构特征

在研究甲螨的群落结构时,本文采用了 MGP 分析 I 和 MGP 分析 II 方法,结果见表 5,并进一步对其季节变化进行分析(表 6)。由表 5 可见,土壤甲螨群落类群结构中,各植被类型中 M 群甲螨的类群数百分比都大

表 5 退化红壤植被恢复不同类型土壤甲螨群落结构分析

Table 5 composition of soil oribatida community in different restored vegetations in degraded red soil

植被类型 Vegetations	类群数百分比 Group percent(%)			群落类型 Type	个体数百分比 Individual percent(%)			群落类型 Type
	M 群	G 群	P 群		M 群	G 群	P 群	
	Macropyline	Gymnonota	Poronota		Macropyline	Gymnonota	Poronota	
I	62.50	12.50	25.00	M	40.00	15.00	45.00	MP
II	54.17	16.67	29.17	M	33.91	10.28	55.81	P
III	54.55	18.18	27.27	M	52.49	16.74	30.77	M
IV	58.82	17.65	23.53	M	50.98	35.00	14.02	M
V	55.00	20.00	25.00	M	51.82	31.64	16.53	M
VI	52.38	19.05	28.57	M	26.15	30.07	43.78	O

M 型, M 群超过 50%; G 型, G 群超过 50%; P 型, P 群超过 50%; O 型, 3 群均超过 20%, 但不超过 50%; MG 型, M 群和 G 群在 20%~50% 之间, P 群少于 20%; GP 型, G 群和 P 群在 20%~50% 之间, M 群少于 20%; MP 型, M 群和 P 群在 20%~50% 之间, G 群少于 20%

M type, *Macropyline* mites is more than 50%; G type, *Gymnonota* mites is more than 50%; P type, *Poronota* type is more than 50%; O type, M mites, G mites and P mites are 20%~50%; MG type, M mites and G mites are 20%~50%, P mites is less than 20%; GP type, G mites and P mites are 20%~50%, M mites is less than 20%; MP type M mites and P mites are 20%~50%, G mites is less than 20%

于 50%, 属于 M 型; 土壤甲螨个体密度结构类型中, 裸地群落属于 MP 型, 旱生性草坡群落属 P 型, 稀疏针叶林群落、针叶林群落、针阔混交林群落均属于 M 型, 而顶级的常绿阔叶林群落的甲螨群落属于 O 型。其中, 稀疏针叶林群落、针叶林群落、针阔混交林群落个体密度结构类型与类群结构类型一致, 均为 M 型; 裸地、旱生性草坡、常绿阔叶林群落个体密度结构类型与类群结构类型不一致。上述的结果表明, 退化红壤地区无翅坚背甲螨类群数和个体密度低, 低等大孔甲螨和有翅孔背甲螨是土壤甲螨群落的主体。

由表 6 可见, 在不同季节, 土壤甲螨群落类型变化较为明显。土壤甲螨群落类群结构, 各生境中只有裸地春季和常绿阔叶林夏季属于 P 型, 针叶林夏季属于 MP 型, 其余属 M 型或 O 型。个体群落结构, 针阔混交林的春夏 2 季属于 G 型, 裸地春季、旱生性草坡的春秋冬 3 季、稀疏针叶林夏季及常绿阔叶林春季等属于 P 型, 其余属 M 型或 O 型。各植被恢复类型都出现土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型一致的情况, 只是发生的季节有所变化。裸地冬春 2 季的土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型始终是一致的; 旱生性草坡夏季的土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型是一致, 均为 M 型, 旱生性草坡的春秋冬 3 季, 土壤甲螨群落个体密度结构均是 P 型, 而类群结构类型是 O 型。稀疏针叶林冬季和针阔混交林冬季的土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型是一致的, 均为 M 型; 针叶林秋季土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型一致, 为 M 型; 常绿阔叶林秋季的土壤甲螨群落个体密度结构类型和类群结构类型也一致, 为 O 型。

表 6 退化红壤土壤甲螨群落结构季节变化

Table 6 Seasonal change of composition of soil oribatida community in degraded red soil

植被类型 Vegetations	季节 Season	类群数百分比 Group percent(%)			群落类型 Type	个体数百分比 Individual percent(%)			群落类型 Type
		M 群 <i>Macropyline</i>	G 群 <i>Gymnonota</i>	P 群 <i>Poronota</i>		M 群 <i>Macropyline</i>	G 群 <i>Gymnonota</i>	P 群 <i>Poronota</i>	
I	春 Spr.	33.33	0.00	66.67	P	33.33	0.00	66.67	P
	夏 Sum.	0.00	0.00	100.00	-	0.00	0.00	100.00	-
	秋 Aut.	0.00	0.00	100.00	-	0.00	0.00	100.00	-
	冬 Win.	66.67	16.67	16.67	M	50.00	21.43	28.57	M
II	春	40.00	20.00	40.00	O	11.54	20.77	67.69	P
	夏	50.00	12.50	37.50	M	52.99	2.56	44.44	M
	秋	40.00	20.00	40.00	O	29.25	9.43	61.32	P
	冬	40.00	20.00	40.00	O	36.87	9.34	53.79	P
III	春	50.00	18.75	31.25	M	21.69	31.94	46.37	O
	夏	50.00	8.33	41.67	M	29.75	8.86	61.39	P
	秋	42.86	21.43	35.71	O	82.78	2.44	14.77	M
	冬	50.00	14.29	35.71	M	62.33	15.95	21.71	M
IV	春	40.00	20.00	40.00	O	77.27	6.82	15.91	M
	夏	45.45	18.18	36.36	MP	57.98	34.45	7.56	M
	秋	60.00	20.00	20.00	M	58.21	37.91	3.88	M
	冬	50.00	25.00	25.00	M	37.27	36.02	26.71	O
V	春	35.71	35.71	28.57	O	18.52	50.00	31.48	G
	夏	58.33	25.00	16.67	M	34.91	55.66	9.43	G
	秋	40.00	20.00	40.00	O	71.96	8.45	19.59	M
	冬	50.00	21.43	28.57	M	50.89	35.45	13.66	M
VI	春	35.71	35.71	28.57	O	11.81	31.08	57.12	P
	夏	25.00	25.00	50.00	P	58.43	2.25	39.33	M
	秋	40.00	26.67	33.33	O	23.42	40.15	36.43	O
	冬	50.00	25.00	25.00	M	34.15	34.15	31.70	O

2.2.5 中气门螨类群落结构特征

采用 *MI* 指数研究退化红壤生态系统植被恢复不同类型土壤中气门亚目螨类群落结构的差异,捕食性螨类类群 *K*-值和 *r*-值的确定见表 7,*MI* 指数计算结果见表 8。

退化红壤植被恢复不同类型中气门螨类 *MI* 指数,春季,常绿阔叶林>针阔混交林>稀疏针叶林>旱生性草坡,而裸地和针叶林均没有中气门螨类的存在;夏季,稀疏针叶林>针叶林,而其他阶段均无 *K* 选择类群的存在,其中裸地无中气门螨类;秋季,常绿阔叶林=旱生性草坡>稀疏针叶林>针阔混交林,针叶林无 *K* 选择类群的存在,而裸地则无中气门螨类;冬季,裸地只有 1 个小圆螨属的个体出现,所以出现 *MI* 指数为 1 的反常情况,顶级常绿阔叶林>针叶林>旱生性草坡>稀疏针叶林>针阔混交林。季节间,针叶林、针阔混交林及常绿阔叶林冬季的 *MI* 指数高于其它季节;稀疏针叶林冬季的 *MI* 低于夏季,高于春秋季节;旱生性草坡冬季的 *MI* 指数低于秋季,高于春夏季节。

表 7 捕食性土壤螨类(Mesostigmata)*r*-值和 *K*-值的确定
Table 7 *K*- or *r*-values assigned to predatory soil mites (Mesostigmata)

土壤螨类 Soil mite (family)	<i>K</i> -值 <i>K</i> -value	<i>r</i> -值 <i>r</i> -value	土壤螨类 Soil mite (family)	<i>K</i> -值	<i>r</i> -值
囊螨科 Ascidae		1	派盾螨科 Parholaspididae	2	
厉螨科 Laelapidae		1	土草螨科 Ologamasidae		1
厚厉螨科 Pachylaelapidae	1		足角螨科 Podocinidae		1
寄螨科 Parasitidae		4	穴螨科 Zerconidae	3	
植绥螨科 Phytoseiidae		2	尾足螨科 Uropodidae	3	
咽螨科 Rhodacaridae	2		表刻螨科 Epicriidae	3	
维螨科 Veigaiidae	2		美绥螨科 Ameroseiidae	3	

确定土壤捕食性螨类 *K*-值或 *r*-值主要是依据各科螨类每天的产卵率和发育速度,以及螨类的扩散能力和种群动态 assign *K*-or *r*-values to families of predatory soil mites according to the egg-laying rate per day and developmental rate, mainly, other factors are dispersal ability and stability of populations^[8, 9]

表 8 退化红壤植被恢复不同类型中气门捕食性螨类群落结构特征
Table 8 Communities structures of soil predatory mites (Mesostigmata) in degraded red soil

季节 Season	I	II	III	IV	V	VI
<i>MI</i> 指数 <i>MI</i> index						
春 Spr.	0	0.22	0.25	0	0.29	0.44
夏 Sum.	0	0	0.67	0.25	0	0
秋 Aut.	0	0.67	0.38	0	0.2	0.67
冬 Win.	1	0.45	0.42	0.57	0.29	0.67

2.3 土壤螨类群落的 DCA 排序

对退化红壤植被恢复不同类型的土壤螨类群落进行 DCA 排序(图 3),由图可见,6 类型可以分为 3 类:裸地、常绿阔叶林群落各为一类,其它 4 类型归为一大类,显示了土壤螨类群落对退化红壤植被恢复不同类型的响应。其中,裸地中的螨类群落与有林地之间存在本质的区别,顶级常绿阔叶林的螨类群落可认为是该地的顶级群落,而旱生性草坡、稀疏针叶林、针叶林、针阔混交林的螨类群落具有较高的相似性,可归为一类。

3 讨论

本研究表明,退化红壤地区土壤螨类的优势类群为

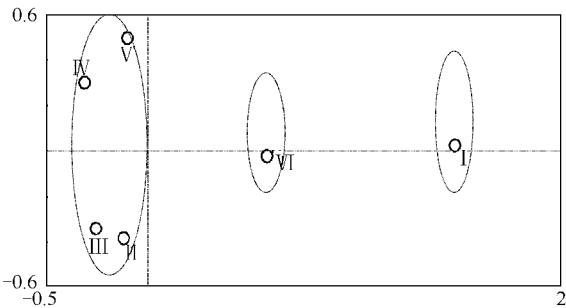


图 3 退化红壤植被恢复不同类型土壤螨类群落的 DCA 排序
Fig. 3 DCA of mite communities in different restored vegetations in degraded red soil

矮汉甲螨科(Nanhermanniidae)和单翼甲螨科(Haplozetidae),常见类群包括若甲螨科(Oribatulidae)、盖头甲螨科(Tectocephidae)等16科,二者共占总捕获螨类个体数的89.8%,上述18科是该地区土壤螨类群落中最重要的类群,稀有类群包括派盾螨科(Parholaspidae)等35科,仅占总捕获个体数的10.2%。

退化红壤植被恢复不同类型的土壤螨类群落构成存在明显差异。影响土壤螨类群落发展的因素有食物资源的数量、质量及栖息环境等^[8,25,26]。在裸地,没有凋落物覆盖,螨类的密度、类群数均为最低;针叶林的凋落物数量少、N、P、K含量低,加上单宁物质的刺激性大大降低了适口性,螨类个体密度和类群数低于其它恢复阶段,这与前人的研究一致^[11]。

MI指数最早由Ruf A提出,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孔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。通过研究北美和中欧土壤捕食性螨类群落,Ruf A^[22]认为环境所受扰动越小,土壤捕食性螨类群落MI指数越大,即群落K选择类群数比例越高。退化红壤恢复各阶段土壤捕食性螨类群落结构指数并没有得出与Ruf所提出的规律一样的结论,存在一定的差异,尤其是受扰动较大的稀疏针叶林,MI指数在夏季高于其它各阶段,而扰动很少的常绿阔叶林在夏季竟没有K选择类群存在,导致其MI指数为零。这与前人^[8]的研究有类似之处,在长春市不同土地利用方式的研究中,也出现了受到强烈影响的林地显著高于其它生境的情况。K选择类群竞争力强、存活力高,r选择类群竞争力弱、繁殖力强^[27],对螨类生活史干扰的因素,决定着群落中K选择类群和r选择类群的比例,进而决定MI指数的高低。本文采用的捕食性螨类k-r选择系列赋值主要是依据欧洲和北美的研究成果^[22],由于生物生存的地理区域不同,生活史可能会有一定的差异,这可能是导致该指数在我国的研究应用中出现偏差的原因,加强我国土壤捕食性螨类生活史的研究是必要的。

甲螨是土壤动物中分布最广,种类、数量最为丰富的主要类群之一,在森林凋落物分解转化中起着积极的作用;并能敏感地反映土壤中的细微变化,因而已成为监测土壤环境变化较理想的指示生物。在退化红壤各恢复类型的甲螨个体密度结构类型中,裸地群落属于MP型,旱生性草坡群落属P型,稀疏针叶林群落、针叶林群落、针阔混交林群落均属于M型,而顶级的常绿阔叶林群落的甲螨群落属于O型。与顶级的常绿阔叶林相比,各恢复类型中无翅坚背甲螨所占比例较低,低等大孔甲螨和有翅孔背甲螨的比例升高,这表明,退化红壤各恢复类型中的人为干扰活动对土壤甲螨影响较大^[10]。

为了更好地揭示不同植被恢复类型土壤螨类群落的差异,我们引入了多元统计手段^[19]。在DCA排序图中,6类型直观地分为3类:裸地、常绿阔叶林群落各为一类,其它4类型归为一大类,显示了土壤螨类群落对退化红壤植被恢复不同类型的响应。这表明,在植被恢复的各类型(旱生性草坡、稀疏针叶林、针叶林、针阔混交林)中,土壤螨类虽然得到很好地恢复,但与该地顶级的常绿阔叶林的差异仍很大,它们处于恢复的初始阶段。

类群数、个体密度、群落多样性、丰富度和均匀度是评价土壤动物群落结构变化的量化指标,上述不同指数组成的指标能够一定程度上反映群落环境质量状况,可以用来评价土壤质量^[1,8]。本研究运用土壤螨类类群数、个体密度、群落多样性、密度-类群DG指数和丰富度能够反映裸地与其它各恢复类型的显著差异,并进一步反映出针叶林、旱生性草坡、稀疏针叶林、针阔混交林和常绿阔叶林之间的差异。说明土壤螨类作为土壤质量评价指标能够反映退化红壤植被恢复不同类型对土壤环境产生的影响。此外,多元分析的应用及甲螨群落MGP分析可以进一步研究退化红壤植被恢复不同类型土壤螨类群落的差别,这些都将是土壤螨类群落评价的有益补充。

References:

- [1] Ke X, Liang W Y, Yu W T, *et al.* Community structure and seasonal change of soil microarthropodes in the Lower Reaches of Liaohe River Plain under different land utilization. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2004, 15 (4): 600—604.
- [2] Ruf A, Beck L, Dreher P. A biological classification concept for the assessment of soil quality: "biological soil classification scheme" (BBSK). *Agr. Ecosyst. Environ.*, 2003, 98: 263—271.
- [3] Gardi C, Tomaselli M, Parisi V. Soil quality indicators and biodiversity in northern Italian permanent grasslands. *Eur. J. Soil. Biol.*, 2002, 38:

103—110.

- [4] Lindo Z, Visser S. Forest floor microarthropod abundance and oribatid mite (Acari: Oribatida) composition following partial and clear-cut harvesting in the mixedwood boreal forest. *Can. J. For. Res.*, 2004, 34: 998—1006.
- [5] Andres P, Mateos E. Soil mesofaunal responses to post-mining restoration treatments. *Appl. Soil. Ecol.*, 2005, 24: 170—176.
- [6] Chen P. Sampling methods of soil animals. *Chinese Journal of Ecology*, 1983, 2 (2): 46—51.
- [7] Chen P, Wen Z G, Aoki J I, *et al.* Investigation on soil acrid in Jingyuetan area Changchun. *Acta Zoologica Sinica*, 1988, 34(3): 282—293.
- [8] Wu D H, Zhang B, Bu Z. Y., *et al.* The characteristics of community structure of soil mites from different habitats in Changchun area. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(1): 16—25.
- [9] Wu D H, Zhang B, Chen P. Characteristics of soil mite community structures in the mid-west plain, Jilin Province. *Acta Zoologica Sinica*, 2005, 51(3): 401—412.
- [10] Hu S H, Wang X Z. The community structure of Oribatei and their dynamic in Tianmu Mountain. In: Yin W Y ed. *subtropical soil animal of china*. Beijing: Science Press, 1992. 30—39.
- [11] Liu M Q, Hu F, Li H X, *et al.* Soil arthropod communities under different artificial woodland restored on degraded red soil. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22(1): 54—61.
- [12] Shi H, Zhao Q G, Wang M Z, *et al.* Reconstruction and sustainable development of degraded red soil ecosystem. In: Wang M Z ed. *Research on red soil ecosystem*. Beijing: Chinese Agricultural Science Press. 1995 (Ⅲ): 1—27.
- [13] Cai S K, Yang K H. Vegetative map of red soil station (1/6000). In: Shi H ed. *Research on red soil ecosystem*. Beijing: Science Press. 1992 (Ⅰ): 59—63.
- [14] Yin W Y. Pictorial keys to soil animals of China. Beijing: Science Press, 1998.
- [15] Yin X Q, Wu D H, Han X M. Diversity of soil animals community in Xiao xingan Mountains. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23 (3): 316—322.
- [16] Yeates G W, Bongers T. Nematode diversity in agroecosystems. *Agr. Ecosyst. Environ.*, 1999, 74: 113—135.
- [17] Jennifer L D, Rick J Z, John C M. Soil microarthropod community structure and dynamics in organic and conventionally managed apple orchards in Western Colorado, USA. *Appl. Soil. Ecol.*, 2001, 18: 83—96.
- [18] Liao Ch H, Li J X, Huang H T. Soil animal community diversity in the forest of the southern subtropical region, China. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17 (5): 549—555.
- [19] Gauch H G. *Multivariate analysis in community ecology*. New York: Cambridge University Press, 1982. 157—164.
- [20] Xie G L, Fu R S, Liu J L, *et al.* The community distribution of soil oribatida in Heze Peony Garden. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24 (4): 693—699.
- [21] Aoki J I. Analysis of oribatid communities by relative abundance in the species and individual numbers of the three major groups (MGP-analysis). *Bull. Institute Enviro. Sci. Techno, Yokohama National University*, 1983, 10(1): 171—176.
- [22] Ruf A. A maturity index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Appl. Soil. Ecol.*, 1998, 9: 447—452.
- [23] Wang Y F, Zhu W, Chen G D. Temporal and Vertical distribution of soil mite. *Chinese Journal of Ecology*, 1991, 10(6): 58—61.
- [24] Wang Z Y, Lu Y C, Wang H F. The ecological distribution of soil mites in Jiuhua Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(1): 58—64.
- [25] Randi A, Hansen, Coleman D C. Litter complexity and composition are determinants of the diversity and species composition of oribatid mites (Acari: Oribatida) in litterbags. *Appl. Soil. Ecol.*, 1998, 9: 17—23.
- [26] Gormsen D, Hedlund K, Wang H. F. Diversity of soil mite communities when managing plant communities on set-aside arable land. *Appl. Soil. Ecol.*, 2005, 24: 160—169.
- [27] Li B, Yang C, Lin P, *et al.* *Ecology*. Beijing: Higher Education Press, 2000. 78.

参考文献:

- [1] 柯欣, 梁文举, 字万太, 等. 下辽河平原不同土地利用方式下土壤微节肢动物群落结构研究. *应用生态学报*, 2004, 15 (4): 600—604.
- [6] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法. *生态学杂志*, 1983, 2(2): 46—51.
- [7] 陈鹏, 文在根, 青木淳一, 等. 长春净月潭地区土壤螨类的调查研究. *动物学报*, 1988, 34(3): 282—293.
- [8] 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. *生态学报*, 2006, 26(1): 16—25.
- [9] 吴东辉, 张柏, 陈鹏. 吉林省中西部平原区土壤螨类群落结构特征. *动物学报*, 2005, 51(3): 401—412.
- [10] 胡圣豪, 王孝祖. 天目山甲螨群落结构及其变动规律. 见: 尹文英主编. *中国亚热带土壤动物*. 北京: 科学出版社, 1992. 30—39.
- [11] 刘满强, 胡锋, 李辉信, 等. 退化红壤不同人工林恢复下土壤节肢动物群落特征. *生态学报*, 2002, 22(1): 54—61.
- [12] 石华, 赵其国, 王明珠, 等. 退化红壤生态系统的改造及可持续发展. 见: 王明珠主编. *红壤生态系统研究, 第三集*. 北京: 中国农业科技出版社, 1995. 1—27.
- [13] 蔡守坤, 杨开红. 红壤生态站植被图(1/6000)概述. 见: 石华主编. *红壤生态系统研究, 第一集*. 北京: 科学出版社, 1992. 59—63.
- [14] 尹文英. *中国土壤动物检索图鉴*. 北京: 科学出版社, 1998.
- [15] 殷秀琴, 吴东辉, 韩晓梅. 小兴安岭森林土壤动物群落多样性研究. *地理科学*, 2003, 23(3): 316—322.
- [18] 廖崇惠, 李健雄, 黄海涛. 南亚热带森林土壤动物群落多样性研究. *生态学报*, 1997, 17(5): 549—555.
- [20] 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. *生态学报*, 2004, 24 (4): 693—699.
- [23] 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. *生态学杂志*, 1991, 10(6): 58—61.
- [24] 王宗英, 路有成, 王慧英. 九华山土壤螨类的生态分布. *生态学报*, 1996, 16(1): 58—64.
- [27] 李博, 杨特, 林鹏, 等. *生态学*. 北京: 高等教育出版社, 2000. 78.