

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

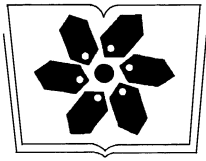
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 1 期
Vol.31 No.1
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 1 期 2011 年 1 月 (半月刊)

目 次

青藏高原东缘林线杜鹃-岷江冷杉原始林的空间格局	缪 宁, 刘世荣, 史作民, 等 (1)
季风常绿阔叶林不同恢复阶段藤本植物的物种多样性比较	李帅锋, 苏建荣, 刘万德, 等 (10)
越冬和复苏时期太湖水体蓝藻群落结构的时空变化	顾婷婷, 孔繁翔, 谭 啸, 等 (21)
海南新村湾海草床主要鱼类及大型无脊椎动物的食源	樊敏玲, 黄小平, 张大文, 等 (31)
广西涠洲岛造礁珊瑚种群结构的空间分布	梁 文, 张春华, 叶祖超, 等 (39)
宽窄行栽植模式下三倍体毛白杨根系分布特征及其与根系吸水的关系	席本野, 王 烨, 贾黎明, 等 (47)
干旱河谷-山地森林交错带土壤水分与养分特征	刘 彬, 罗承德, 张 健, 等 (58)
信号分子水杨酸减缓干旱胁迫对紫御谷光合和膜脂过氧化的副效应	易小林, 杨丙贤, 宗学凤, 等 (67)
UV-B 辐射对南方红豆杉生活史型和紫杉烷类含量的影响	于景华, 李德文, 庞海河, 等 (75)
模拟氮沉降对石栎和苦槠幼苗土壤呼吸的影响	李 凯, 江 洪, 由美娜, 等 (82)
环渤海湾地区连作苹果园土壤中酚酸类物质变化	孙海兵, 毛志泉, 朱树华 (90)
不同施肥方法对马来沉香和土沉香苗期根系生长的影响	王 冉, 李吉跃, 张方秋, 等 (98)
秋华柳和枫杨幼苗对镉的积累和耐受性	贾中民, 魏 虹, 孙晓灿, 等 (107)
祁连山北坡退化林地植被群落的自然恢复过程及土壤特征变化	赵成章, 石福习, 董小刚, 等 (115)
中国北方农牧交错带 C3 草本植物 $\delta^{13}\text{C}$ 与温度的关系及其对水分利用效率的指示	刘贤赵, 王国安, 李嘉竹, 等 (123)
不同退耕模式细根(草根)分解过程中 C 动态及土壤活性有机碳的变化	荣 丽, 李守剑, 李贤伟, 等 (137)
黑龙江省完达山东部林区东北虎猎物生物量	周绍春, 张明海, 孙海义 (145)
生态保护项目对大熊猫栖息地的影响	张玉波, 王梦君, 李俊清 (154)
石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落在落叶分解中的变化	高梅香, 张雪萍 (164)
基于 EPG 的麦长管蚜、麦二叉蚜和禾谷缢管蚜取食行为比较	苗 进, 武予清, 郁振兴, 等 (175)
对映-贝壳杉烷型二萜类化合物对土壤纤毛虫群落的毒性效应	宁应之, 杜海峰, 王红军 (183)
红脂大小蠹种群空间格局地统计学分析及抽样技术	潘 杰, 王 涛, 宗世祥, 等 (195)
山西不同生态型大豆种质资源蛋白亚基的变异	王燕平, 李贵全, 郭数进, 等 (203)
施肥和覆膜垄沟种植对旱地小麦产量及水氮利用的影响	李廷亮, 谢英荷, 任苗苗, 等 (212)
近 40a 甘肃省气候生产潜力时空变化特征	罗永忠, 成自勇, 郭小芹 (221)
基于 GIS 的农村住区生态重要性空间评价及其分区管制——以兴国县长冈乡为例	谢花林, 李秀彬 (230)
农户收入差异对生活用能及生态环境的影响——以江汉平原为例	杨 振 (239)
河北省耕地生态经济系统能值指标空间分布差异及其动因	王 千, 金晓斌, 周寅康, 等 (247)
土地利用对石漠化地区土壤团聚体有机碳分布及保护的影响	罗友进, 魏朝富, 李 渝, 等 (257)
专论与综述	
景观格局-土壤侵蚀研究中景观指数的意义解释及局限性	刘 宇, 吕一河, 傅伯杰 (267)
美国煤矿废弃地的生态修复	张成梁, B. Larry Li (276)
农田土壤食物网管理的原理与方法	陈云峰, 胡 诚, 李双来, 等 (286)
学术信息与动态	
旱地、荒漠和荒漠化: 探寻恢复之路 —— 第三届国际荒漠化会议述评	吕一河, 傅伯杰 (293)

石灰和 EM 处理条件下土壤动物群落 在落叶分解中的变化

高梅香^{1,2}, 张雪萍^{3,*}

(1. 东北林业大学, 哈尔滨 150040; 2. 哈尔滨学院地理系, 哈尔滨 150086; 3. 哈尔滨师范大学地理科学学院, 哈尔滨 150025)

摘要: 2003 年 6 月至 2005 年 10 月, 用石灰和 EM 处理改变土壤微酸性特性和微生物活性, 采用网袋分解法对大兴安岭地区土壤动物群落结构在落叶分解过程中的动态变化进行了研究。结果如下: (1) 土壤动物群落个体数、类群数和 DG 指数仍表现为季节波动性, 气候因子是影响研究区土壤动物群落长期动态变化的重要因素, 石灰和 EM 处理未改变这种规律。(2) 处理条件下土壤动物在落叶分解过程中仍具有阶段性特征, 且各类群集聚时间有所差异。(3) CCA 排序分析表明, 土壤 pH 值和有机质是影响土壤动物群落动态变化的重要因素, 中气门亚目、前气门亚目、节跳虫科、甲螨亚目、绫跳虫科、山跳虫科、棘跳虫科、鳞跳虫科和石蜈蚣目对土壤 pH 值和有机质变化具有较强的适应能力。

关键词: 落叶分解; 土壤动物; 动态变化; 大兴安岭

Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment

GAO Meixiang^{1,2}, ZHANG Xueping^{3,*}

1 Northeast Forestry University, Harbin 150040, China

2 Geography Department, Harbin University, Harbin 150086, China

3 College of Geography Science, Harbin Normal University, Harbin 150025, China

Abstract: The Da Hinggan Mountains are located in the cold-temperate zone, low in temperature and the soil is of the faint acid soil type. This kind of environment limited the development of soil fauna and microorganism. Spraying of effective microorganisms (EM) and lime can increase the activities of microorganisms and lower the acidity of soil, respectively. In this paper, canonical correspondence analysis (CCA) is used to analyze the relationship between soil fauna dynamics and the pH and organic matter dynamics. Distinct difference exists in soil pH value under treatment of lime 1 and lime 2 ($P = 0.001$, $F = 19.94$, $df = 15$; $P = 0.043$, $F = 4.94$, $df = 15$) and great difference appeared in soil organic matter under treatment of EM 1 and EM 2 ($P = 0.001$, $F = 19.56$, $df = 15$; $P = 0.048$, $F = 4.71$, $df = 15$). It shows that the experiment meets the original research aim.

From June 2003 to Oct. 2005, lime and EM treatment were used to change the faint acid soil and microorganism activities. Fluctuation of soil fauna community was studied during the defoliation decomposition process in Da Hinggan Mountains by litterbags. It shows that: (1) In total, there are 73 038 soil animals, belonging to 3 phyla, 6 classes and 20 orders. Among them, Mesostigmata, Prostigmata, Isotomidae and Oribatida are dominant groups. Entomobryidae, Pseudachorutidae, Onychiuridae and Sminthuridae are common groups, while the others are rare groups. The group number and DG biodiversity index reduced, but in individual number increased under lime and EM treatment. The individual number is influenced by the climatic character of the research zone and fluctuated with seasons. The group number and DG index fluctuated with seasons, lower in June, but higher in August and October. The discipline was not changed under lime

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40671004); 黑龙江省自然科学基金项目(G200812); 教育部博士点基金资助项目(200802310001)

收稿日期: 2009-11-09; **修订日期:** 2010-09-27

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: hellozxp@163.com.

and EM treatment. (2) Soil fauna had staged feature during defoliation decomposition in treated plots. And the succession index of each group was different in each plot. The succession indices of dominant and common groups were longer than others. There are 4 colonization types of soil fauna. Type I is made up of Mesostigmata, Onychiuridae, Tomoceridae, Entomobryidae, Lithobiomorpha and Hypogastruridae, and most of them are dominant and common groups. In different stages, most of them had distinct advantages. Type II is made up of Prostigmata, Sminthuridae, Staphylinidae, Chironomidae and Oncopoduridae, colonizing in the early stage of defoliation decomposition. Type III included Isotomidae, Oribatida, Pseudachorutidae, Carabidae, Staphylinidae larva and Corrodentia, appearing at the last stage of defoliation decomposition. Type IV is made up of those appearing only at middle stage of defoliation decomposition. They are low in number and basically rare groups. (3) Canonical correspondence analysis showed that soil pH and organic matter were important factors to affect fluctuation of soil fauna community. Mesostigmata, Prostigmata, Isotomidae, Oribatida, Entomobryidae, Pseudachorutidae, Onychiuridae, Tomoceridae and Lithobiomorpha had better adaptation ability to soil pH and organic matter changes. As the decomposer, soil fauna maybe have influence on defoliation decomposition process and further influence the cycling of nutrition and materials under lime and EM treatment.

Key Words: defoliation decomposition; soil fauna; fluctuation; da Hinggan Mountains

土壤动物在生态系统的循环过程中,通过消化和粉碎落叶刺激微生物参与落叶的分解,其在落叶分解过程中的动态变化会对食物网结构产生影响。目前已开展了许多落叶分解过程中土壤动物群落结构的变化研究^[1-2],但多数是在自然条件下完成的,国内很少有人工处理条件下的对比研究。大兴安岭地区地处寒温带,气温低、土壤呈弱酸性,这在一定程度上限制了土壤动物和微生物的发生和发展,喷洒石灰和 EM (effective microorganisms) 分别可以中和酸性土壤^[3]和增加土壤微生物活性^[4]。EM 是一种新型复合微生物制剂,采用适当的比例和独特的发酵工艺把经过仔细筛选出的好气性微生物和厌气性微生物加以混合,培养出多种多样的微生物群落,其代表性的微生物有光合微生物、醋酸杆菌、放线菌、乳酸菌、酵母菌等,各种微生物在生长过程中产生的物质,成为相互间促进生长的基质和原料,通过相互间的这种共生增殖关系,形成了一个复杂而稳定的微生物系统^[5-6]。本试验对样地进行石灰和 EM 处理,研究土壤 pH 值和有机质变化的环境下落叶分解过程中土壤动物群落结构的动态变化。典范对应分析(canonical correspondence analysis, CCA)是一种直接排序方法,国外已应用于土壤动物与环境关系的研究中^[7-10],而我国这方面的研究少见。本文尝试性的使用 CCA 分析研究土壤动物动态变化与土壤 pH 值和有机质动态变化之间的关系,希望能促进土壤动物生态地理研究的发展。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究地自然概况

研究区位于黑龙江省北部塔河县境内,大兴安岭北缘伊勒呼里山北坡,地理位置为 123°13'—125°48'E, 52°09'—53°23'N。属寒温带大陆性季风气候,冬季漫长寒冷,夏季短暂温热,年均温 -5℃,年均降水量 428mm,年无霜期 80—100d。地带性土壤为棕色针叶林土,森林覆盖率 76% 左右。样地位于针阔混交林内,乔木主要有杨树(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、兴安落叶松(*Larix gmelini*)等,林下包括灌木层和草本层。土壤凋落物层约 7—9cm, A 层约 5—6cm, B 层约 5—6cm,凋落物重约 1385—1397g/m²。

1.2 研究方法

1.2.1 野外处理及取样方法

选取 5 个 10m² 自然条件基本一致的相对平坦的样地,彼此相隔 1m 避免相互影响。分别将 5kg 和 2.5kg 石灰均匀洒于前两个样地内(石灰 1, LM1; 石灰 2, LM2); 分别将 250 倍和 1000 倍 EM 稀释液均匀洒于另 2 个样地内(EM1; EM2); 对照样(CP)不做任何处理,于 2003 年 6 月和 2004 年 6 月做 2 次相同处理。

2002 年 10 月收集研究区针叶和阔叶常见树种:兴安落叶松、樟子松(*Pinus sylvestris* var.)、白桦和蒙古栎(*Quercus mongolica*)当年落叶,落叶自然风干处理后装入网孔为 6 目(大孔,允许土壤动物进入)、30 目(中孔,

只允许中小型土壤动物进入)和 260 目(小孔,防止土壤动物进入),大小为 18cm × 18cm 的尼龙网袋,每个网袋装入 10g 单一类落叶,另同时布设 120 个备用分解袋,以应对丢失、破损和误操作等情况的发生,每样地 120 个共计 600 个网袋。2003 年 6 月将装有落叶的尼龙网袋置于各个样地的 A_0 层和 A_1 层之间(约凋落物表层下 5—7cm)。于 2003、2004 和 2005 年的 6、8、10 月取回网袋,每次每样地取 12 个共计 60 个网袋,同时各样地随机确定 4 个采样点,采集表层 0—10cm 土壤组成混合样品约 1kg,带回室内待分析测定土壤 pH 值和有机质含量。

1.2.2 室内分析方法

采用 Tullgren 法分离网袋内土壤动物,分离结束后清除叶片表面土壤颗粒和混入的杂质,烘干至恒重立即称重记录。土壤动物一般鉴定到科、少数鉴定到目,成虫和幼虫分开统计。土壤 pH 值采用酸度计测定法,土壤有机质的测定采用重铬酸钾氧化法。

1.2.3 数据处理分析

采用 SPSS 13.0 软件进行单因素方差分析(One-Way ANOVA),检验样地间土壤 pH 值和有机质的差异性;采用 R 2.7 和 EXCEL 2003 软件绘制图表;采用 Canoco for Windows 4.5 软件进行排序,分析土壤动物时间动态变化与土壤 pH 值和有机质动态变化之间的关系。

(1) 密度-类群指数(DG)^[11]:

$$DG = (g/G) \sum (D_i C_i / D_{imax} C)$$

式中, C 为所研究的群落数; C_i 为第 i 类群在 C 个群落中出现的次数; D_i 为第 i 个类群的密度; D_{imax} 为第 i 个类群在 C 个群落中出现的密度最大值; g 为群落中的类群数; G 为各群落所包含的总类群数。

(2) 演替指数 不同处理条件下某类群的时间动态变化趋势采用演替指数(M)来表示,它反映落叶分解过程中某类群占据时间的统计量^[12]:

$$M = \frac{\sum_{i=1}^s t_i n_i}{N}, S_{dv} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^s n_i (t_i - M)^2}{N}}$$

式中, M 为类群演替指数, S 为类群数, S_{dv} 为标准差, t_i 为开始到第 i 次采样时的月数, n_i 为第 i 次采样时某类群的个体数, N 为某类群个体总数。

(3) CCA 要求两个数据矩阵,一个是物种数据矩阵,一个是环境数据矩阵。本文用于排序的物种数据在各样地 8 次取样出现的频度均 ≥ 2 ,物种矩阵和环境矩阵的有机质值都要进行 $\log(X+1)$ 转换。应用国际标准通用软件 Canoco for Windows 4.5 进行运算,将生成的数据文件。sol 应用 CANODRAW 4.5 作图,排序结果用物种-环境因子关系的双序图表示。

(4) 落叶的分解状况采用分解消耗率来表达^[13]:

$$D = (W_0 - W_1) / W_0$$

式中, D 为落叶分解消耗率; W_0 为落叶初始干重, W_1 为落叶经过一段时间分解之后的干重。

2 结果

2.1 样地土壤 pH 值和有机质分析

由表 1 可以看出,石灰 1 和石灰 2 样地土壤 pH 均值分别增加了 15.80% 和 9.75%,分别和对照样地差异显著($P=0.001$, $F=19.94$, $df=15$; $P=0.043$, $F=4.94$, $df=15$),两石灰处理样地间没有显著差异。EM1 和 EM2 样地土壤 pH 均值分别降低 3.09% 和 1.49%,均和对照样地无显著差异。可见石灰处理改善了研究区土壤弱酸性的特质,而 EM 处理对土壤 pH 的动态变化未产生显著影响。

EM1 和 EM2 样地土壤有机质均值分别增加 11.29% 和 5.91%,分别与对照样地差异显著($P=0.001$, $F=19.56$, $df=15$; $P=0.048$, $F=4.71$, $df=15$),两 EM 处理样地间差异不显著。石灰 1 和石灰 2 样地土壤有机质均值分别降低 0.33% 和增加 0.73%,均和对照样地无显著差异。可以认为 EM 处理增加了土壤微生物活性,间接加速了土壤有机质的转化,石灰处理对土壤有机质未产生显著的影响。

表 1 各样地土壤 pH 值和有机质含量

Table 1 Soil pH and organic matter contents in each plots

	样地 Plots	2003			2004			2005			均值 Average	标准差 Standard Deviation
		6 月 Jun.	8 月 Aug.	10 月 Oct.	6 月 Jun.	8 月 Aug.	10 月 Oct.	6 月 Jun.	8 月 Aug.	10 月 Oct.		
pH	对对照样 CP	5.18	5.41	5.28	5.45	5.27	5.1	5.25	5.63	4.96	5.29	0.21
	石灰 1 LM1	5.2	6.28	5.97	6.63	5.23	6	6.84	6.14	5.95	6.13	0.49
	石灰 2 LM2	5.19	6.37	6.45	6.59	5.12	5.22	5.91	5.75	5.07	5.81	0.62
	复合微生物制剂 1 EM1	5.26	5.45	5.32	5.49	5.11	5.01	5.14	4.82	4.7	5.13	0.28
	复合微生物制剂 2 EM2	5.24	5.39	5.33	5.57	5.07	5.04	5.12	4.95	5.25	5.22	0.21
有机质 Organic Matter/ (g/kg)	对对照样 CP	80.14	81.48	80.92	81.2	80.22	76.24	70.26	80.5	78.97	78.72	3.81
	石灰 1 LM1	79.44	78.6	76.2	80.2	79.4	78.52	78.09	79.13	77.6	78.47	1.22
	石灰 2 LM2	80.67	79.42	79.7	79.34	83.1	77.63	73.42	81.25	80.5	79.30	2.86
	复合微生物制剂 1 EM1	81.02	93.11	89.3	92.23	85.16	82.03	84.48	90.67	83.92	87.61	4.22
	复合微生物制剂 2 EM2	79.26	90.4	87.14	83.35	79.75	79.16	77.98	88.47	80.79	83.38	4.72

2.2 落叶的分解

各样地 4 种落叶于分解年限内逐渐减少,最初 4 个月分解消耗较快,分解消耗量基本达其质量的 30% 左右,以后分解消耗逐渐减慢^[1]。总体看来,石灰和 EM 处理后仍表现为阔叶分解快于针叶分解,基本上为桦树 > 蒙古栎 > 樟子松 > 落叶松,各样地 4 种落叶彼此间分解消耗率没有显著差异(图 1)。

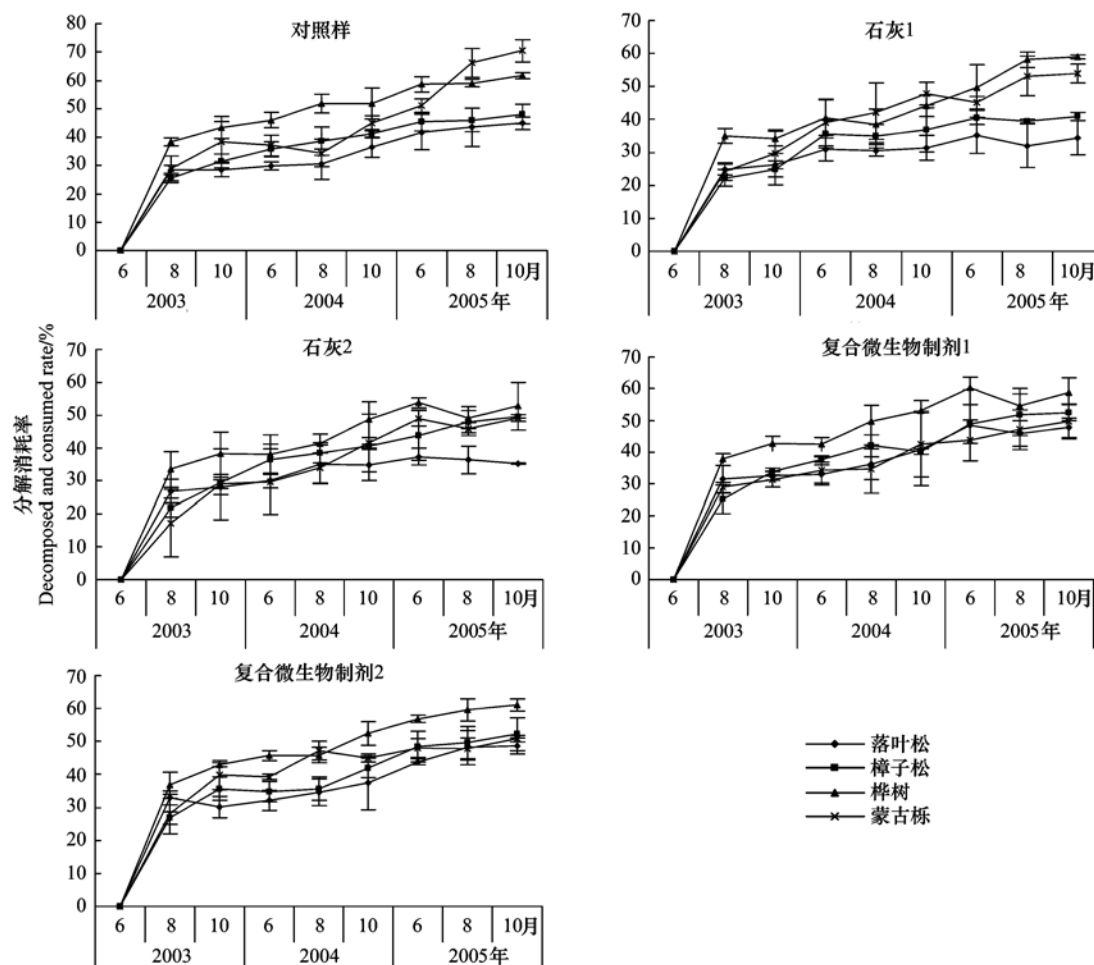


图 1 各样地落叶分解消耗率

Fig. 1 Decomposed and consumed rates of defoliation in each plots CP, LM1, LM2, EM1, EM2

2.3 土壤动物群落在落叶分解中的变化

共获土壤动物73038只(表2),隶属于3门6纲20目。中气门亚目(Mesostigmata)、前气门亚目

表2 各样地落叶分解袋土壤动物类群和数量

Table 2 Soil fauna groups and individuals of litterbags in each plots

序号 Order	土壤动物 Soil fauna	石灰 1 LM1	石灰 2 LM2	复合微生物 制剂 1 EM1	复合微生物 制剂 2 EM2	对照样 CP	多度 Abundance
1	中气门亚目 Mesostigmata	3705	4326	6059	4713	3903	+++
2	前气门亚目 Prostigmata	4726	3883	3485	2762	2446	+++
3	节跳虫科 Isotomidae	2857	3249	3622	2456	2784	+++
4	甲螨亚目 Oribatida	1371	1890	1626	1486	1569	+++
5	绫跳虫科 Entomobryidae	576	696	790	634	504	++
6	山跳虫科 Pseudoscorpionidae	491	396	518	228	177	++
7	棘跳虫科 Onychiuridae	321	240	679	302	176	++
8	圆跳虫科 Sminthuridae	67	113	197	183	210	++
9	鳞跳虫科 Tomoceridae	18	60	391	127	114	+
10	球角跳虫科 Hypogastruridae	127	230	171	76	93	+
11	啮虫目 Corrodentia	78	69	31	46	55	+
12	石蜈蚣目 Lithobiomorpha	51	40	59	40	39	+
13	摇蚊科幼虫 Chironomidae	37	50	36	37	15	+
14	绢跳虫科 Oncopoduridae	10	15	13	9	14	+
15	蜘蛛目 Araneida	2	10	17	9	16	+
16	蝉科 Cicadidae	3	6	12	9	12	+
17	水虻科幼虫 Stratiomyiidae	7	6	11	9	7	+
18	隐翅虫科 Staphylinidae		11	8	12	9	+
19	步甲科幼虫 Carabidae	3	9	6	6	10	+
20	虻科幼虫 Tabanidae	7	8	9	6	3	+
21	小覃甲科 Mycetophagidae		2	3	3	21	+
22	地蜈蚣目 Geophilomorpha	5	3	7	3	6	+
23	蓟马科 Thripidae	3	8	3	2	6	+
24	膜翅目若虫 Hymenoptera	2	6	5	4	4	+
25	瘿蚊科幼虫 Cecidomyiidae	5	5	1	5	1	+
26	隐翅虫科幼虫 Staphylinidae	2	2	4	5	2	+
27	舞虻科幼虫 Empididae	3	1	2	4	4	+
28	夜蛾科幼虫 Noctuidae		2	6	1	2	+
29	马陆目 Juliformia	2	3	2	2	1	+
30	椿象若虫 Hemiptera	2	3	3	1	1	+
31	疣跳虫科 Neanuridae		3	2		2	+
32	蚤蝇科幼虫 Phoridae	2		2	3	3	+
33	蚁科 Formicidae		5				+
34	步甲科 Carabidae	1				3	+
35	大蚊科幼虫 Tipulidae					2	+
36	尺蛾科幼虫 Geometridae	2				1	+
37	长足虻科幼虫 Dolichopodidae	3		1			+
38	毛覃甲科 Biphyllidae		1		2		+
39	原尾目 Protura	1				1	+
40	鹬虻科幼虫 Rhagionidae	1				1	+
41	毛蚊科幼虫 Bibionidae				1	1	+
42	扁甲科 Cucujidae	1				1	+
43	草蛉科若虫 Chrysopidae	1		1			+
44	出尾覃甲科 Scaphidiidae					1	+
45	象甲科幼虫 Curculionidae		1				+
46	花萤科幼虫 Cantharidae			1			+
47	盲蛛目 Phalangida	1					+
48	灯蛾科幼虫 Arctiidae					1	+
49	蛞蝓 Limacidae			1			+
50	叶甲科幼虫 Chrysomelidae					1	+
类群 Groups		36	34	36	33	42	
数量 Individuals		14494	15352	17784	13186	12222	

+++ 优势类群,个体数占总数的10%以上; ++ 常见类群,个体数占总数的1%—10%; + 稀有类群,个体数占总数的1%以下

(Prostigmata)、节跳虫科(Isotomidae)和甲螨亚目(Oribatida)为优势类群,绶跳虫科(Entomobryidae)、山跳虫科(Pseudachorutidae)、棘跳虫科(Onychiuridae)和圆跳虫科(Sminthuridae)为常见类群,其他为稀有类群。

石灰和 EM 处理后,土壤动物类群数和多样性指数减少,个体数增加(图 2)。土壤动物个体数受研究区气候特征的影响随季节波动,总体上没有明显的上升或下降趋势。土壤动物类群数和 DG 指数也随季节波动性变化,6 月份为较低值,8 月份和 10 月份值较高。

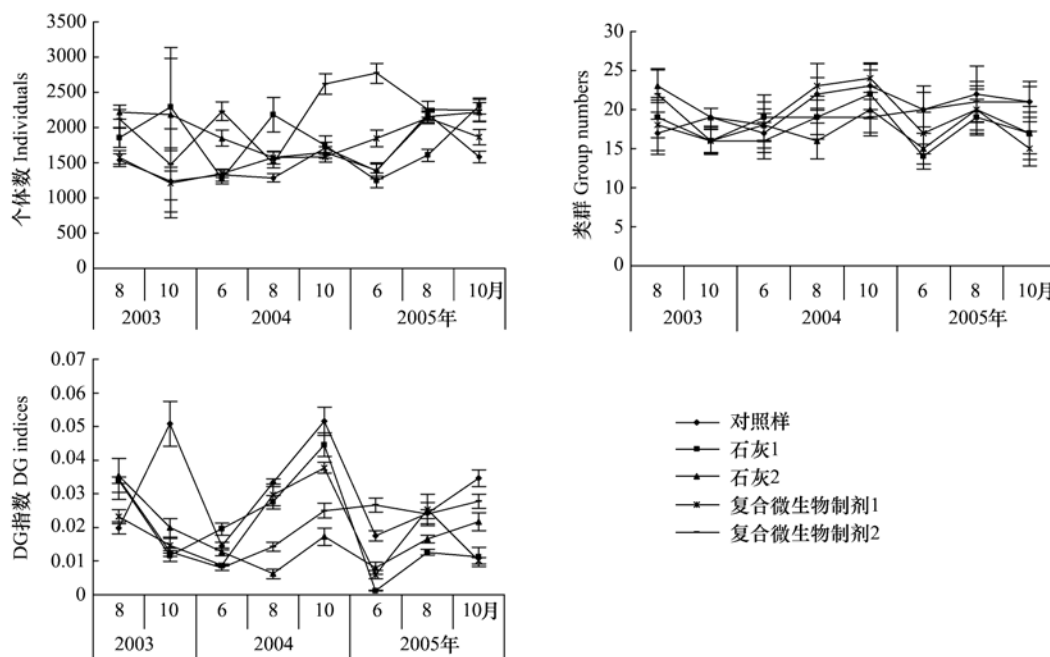


图 2 落叶分解袋内土壤动物个体数、类群数及 DG 指数

Fig. 2 Individuals, group numbers and DG indices of soil fauna in litterbags

2.4 主要土壤动物类群在落叶分解中的动态变化

根据土壤动物在样地落叶分解过程中出现的频度及其集聚特征,将其分为 4 种类型(图 3):全期集聚型(I)包括中气门亚目、棘跳虫科、鳞跳虫科、绶跳虫科、石蜈蚣目和球角跳虫科,大多为优势和常见类群,在样地的各个时期均有出现并占有明显的优势。前期集聚型(II)包括前气门亚目、圆跳虫科、隐翅虫科、摇蚊科幼虫和绢跳虫科,于落叶分解初期大量发生。后期集聚型(III)包括节跳虫科、甲螨亚目、山跳虫科、步甲科幼虫、隐翅虫幼虫和啮虫目,落叶分解后期数量逐渐增加。中期或阶段集聚型(IV)仅在某一个或几个样地出现,在落叶分解中期或某几个阶段集聚,数量较少且基本为稀有类群。各类土壤动物都受到研究区气候影响表现出一定的季节性波动,大部分土壤动物在 8 月份和 10 月份较多,如前气门亚目和棘跳虫科;少数土壤动物(如圆跳虫科)于 6 月份进入繁盛期。

2.5 主要土壤动物类群在落叶分解中的集聚时间

演替指数反映土壤动物在落叶分解过程中集聚时间的长短。表 3 为优势和常见类群集聚的演替指数,各样地节跳虫科、甲螨亚目和山跳虫科集聚时间最长,圆跳虫科集聚时间稍短,其他类群集聚时间介于二者之间。其他稀有类群在样地内集聚的时间相对较短,如绢跳虫科集聚时间为 3.73—6.92 之间。同种类群在不同样地间集聚时间有所差异,但没有明显的规律性。

2.6 主要土壤动物类群与土壤 pH 值和有机质动态变化的 CCA 排序分析

筛选出 36 个类群用于 CCA 分析(表 2 序号 1—36),将各样地每次采样的数据作为单个样地数据来反映时间动态变化特征。表 4 列举了 CCA 分析的统计信息,可见各样地轴 1 的特征值大于其他轴;在土壤动物类群与环境因子之间的相关系数中,各样地轴 1 和轴 2 的相关性都很高,排序轴 1 和排序轴 2 均解释了 100% 的

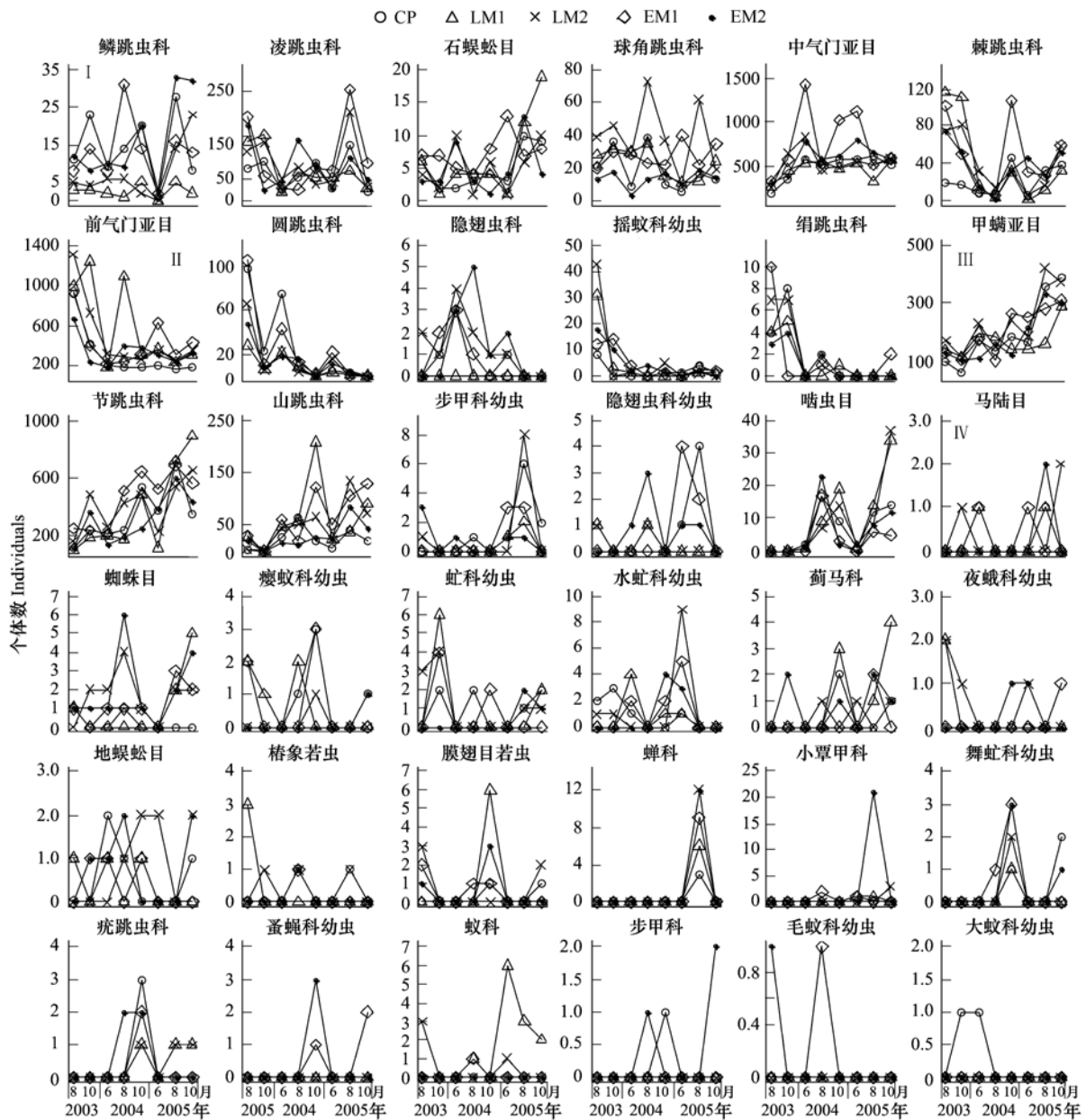


图3 主要土壤动物类群在落叶分解过程中的集聚特征

Fig. 3 Colonization feature of main soil fauna during defoliation decomposition

I: 全期集聚型, II: 前期集聚型, III: 后期集聚型, IV: 中期或阶段集聚型

土壤动物群落与环境因子之间的关系;各样地前两个物种排序轴近似垂直,前两个环境排序轴的相关系数均为0,说明排序的结果是可靠的^[14]。

环境因子与土壤动物类群第一、第二排序轴的相关系数见表5。对照样地土壤pH值和有机质分别与轴1(0.8639)和轴2(-0.8394)正相关和负相关。石灰1样地土壤pH值和有机质分别与轴2(-0.8004)和轴1(-0.7847)负相关。石灰2样地土壤pH值与轴1正相关(0.8145),有机质与轴2负相关(-0.6664)。EM1样地的土壤pH值(-0.8719)和有机质(-0.709)与轴1负相关。EM2样地土壤pH值(0.5604)和有机质(0.8218)与轴1正相关。

表 3 优势和常见类群集聚的演替指数
Table 3 Succession indices for dominant and common groups

类群 Groups	对照样 CP		石灰 1 LM1		石灰 2 LM2		复合微生物 制剂 1 EM1		复合微生物 制剂 2 EM2	
	<i>M</i>	<i>S_{dv}</i>	<i>M</i>	<i>S_{dv}</i>	<i>M</i>	<i>S_{dv}</i>	<i>M</i>	<i>S_{dv}</i>	<i>M</i>	<i>S_{dv}</i>
节跳虫科 Isotomidae	19.16	8.05	20.88	8.15	17.59	9.00	18.65	8.24	19.00	9.05
前气门亚目 Prostigmata	10.45	9.55	11.20	8.75	11.02	9.77	14.28	10.29	14.27	9.56
中气门亚目 Mesostigmata	17.76	8.11	16.51	8.66	16.22	8.70	16.51	7.88	17.41	8.27
甲螨亚目 Oribatida	20.18	8.26	17.28	9.07	18.73	8.86	18.81	8.60	19.23	8.94
绫跳虫科 Entomobryidae	14.80	9.46	11.73	9.56	14.84	10.01	16.78	10.57	13.81	9.27
山跳虫科 Pseudoscorpionidae	18.35	6.49	17.98	6.75	21.18	6.45	20.51	7.45	21.33	7.73
棘跳虫科 Onychiuridae	17.61	9.34	8.14	8.81	12.00	10.14	13.82	9.95	14.48	10.73
圆跳虫科 Sminthuridae	7.00	5.92	8.09	6.49	7.58	7.89	7.80	7.54	9.08	8.15

M: 演替指数, *S_{dv}*: 标准差

表 4 各样地土壤动物群落 CCA 分析的统计信息
Table 4 Summary statistics for the first two axis of CCA performed on soil fauna communities

样地 Plots	对照样 CP		石灰 1 LM1		石灰 2 LM2		复合微生物 制剂 1 EM1		复合微生物 制剂 2 EM2	
	排序轴 1 Axis 1	排序轴 2 Axis 2	排序轴 1 Axis 1	排序轴 2 Axis 2	排序轴 1 Axis 1	排序轴 2 Axis 2	排序轴 1 Axis 1	排序轴 2 Axis 2	排序轴 1 Axis 1	排序轴 2 Axis 2
特征值 Eigenvalues	0.079	0.046	0.051	0.029	0.066	0.025	0.06	0.027	0.059	0.015
物种与环境间的相关系数 Species-environment correlations	0.905	0.944	0.795	0.803	0.822	0.724	0.904	0.854	0.892	0.688
物种数据变化的累积比例 Cumulative percentage variance of species data	26.1	41.2	17.3	27.3	19.3	26.5	23.0	33.4	21.4	26.7
物种与环境关系变化的累积 比例 Cumulative percentage variance of species-environment relation	63.4	100	63.2	100	73.0	100	69.1	100	80.2	100
特征值总和 Sum of all eigenvalues	0.304		0.292		0.343		0.263		0.278	
典范特征值总和 Sum of all canonical eigenvalues	0.125		0.08		0.091		0.088		0.074	

表 5 环境因子与土壤动物种类排序轴间的相关系数
Table 5 Correlation coefficients for soil fauna groups axes 1 and 2 and environmental variables

环境因子 Environmental factors	对照样 CP		石灰 1 LM1		石灰 2 LM2		复合微生物 制剂 1 EM1		复合微生物 制剂 2 EM2	
	排序轴 1 SPX1	排序轴 2 SPX2	排序轴 1 SPX1	排序轴 2 SPX2	排序轴 1 SPX1	排序轴 2 SPX2	排序轴 1 SPX1	排序轴 2 SPX2	排序轴 1 SPX1	排序轴 2 SPX2
pH 值 pH Value	0.8639 **	0.2818	0.0681	-0.8004 **	0.8145 **	-0.0966	-0.8719 **	-0.2244	0.5604 *	-0.5354
有机质 Organic matter contents	0.4138	-0.8394 **	-0.7847 **	-0.1313	0.3217	-0.6664 **	-0.709 **	0.5292	0.8218 **	0.267

SPX1: The first species axis, SPX2: The secondary species axis; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

从图 4 可以看出,在对照样地及石灰和 EM 处理样地,中气门亚目、前气门亚目、节跳虫科、甲螨亚目、绫跳虫科、山跳虫科、棘跳虫科、鳞跳虫科和石蜈蚣目都位于距坐标轴中心点较近位置,说明这些物种对土壤 pH 值和有机质的适应性较强^[15]。对照样地圆跳虫科、隐翅虫科与土壤 pH 值相关;地蜈蚣目和摇蚊科幼虫与土壤有机质相关。石灰 1 样地石蜈蚣目、地蜈蚣目和球角跳虫科与土壤有机质相关,步甲科幼虫与土壤 pH 值相关。石灰 2 样地与土壤 pH 值相关的类群有摇蚊科幼虫、隐翅虫科、圆跳虫科和地蜈蚣目,与土壤有机质相关的类群有瘦蚊科幼虫、隐翅虫科幼虫和蜘蛛目。EM1 样地与土壤 pH 值相关的类群有圆跳虫科和夜蛾科幼

虫,与土壤有机质相关的类群有虻科幼虫、摇蚊科幼虫、隐翅虫科和绢跳虫科。EM2 样地地蜈蚣目和圆跳虫科与土壤 pH 相关,石蜈蚣目、摇蚊科幼虫、绢跳虫科、虻科幼虫、膜翅目成虫及瘿蚊科幼虫与土壤有机质相关。

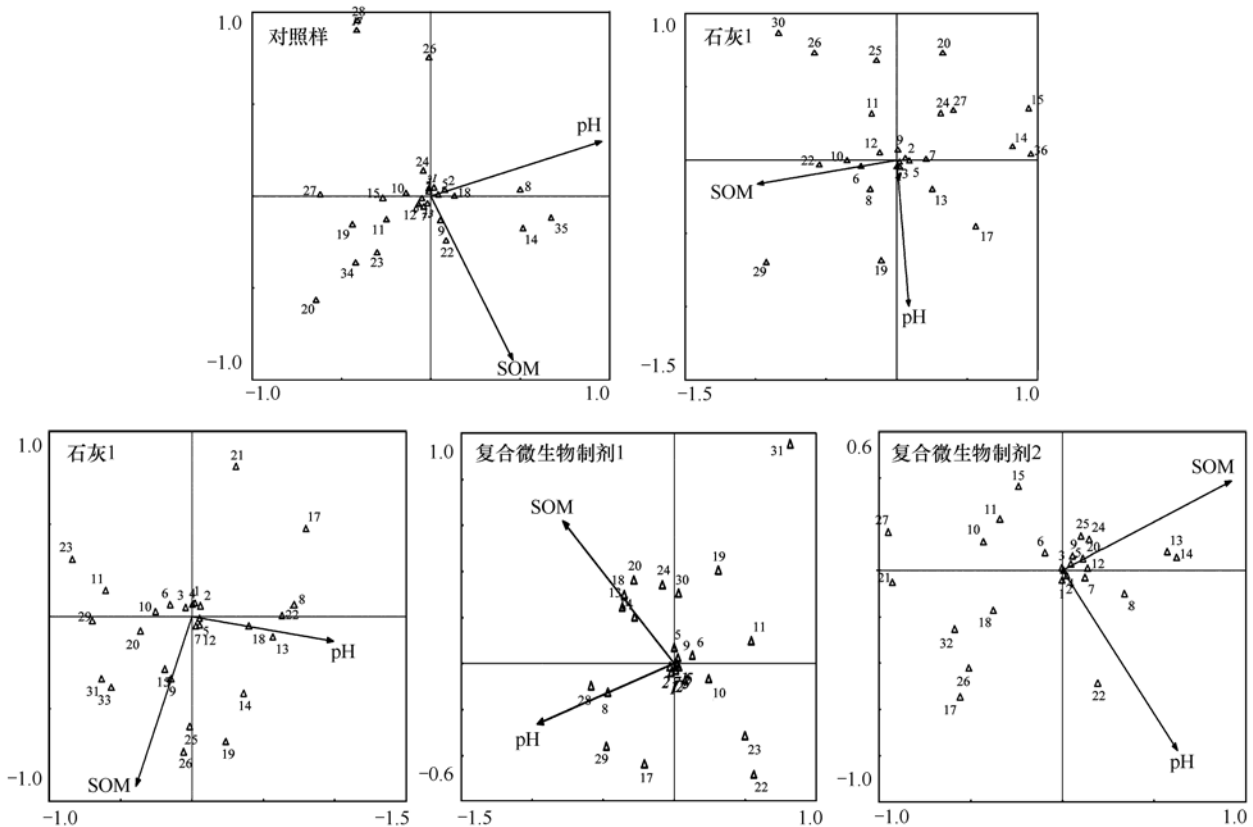


图4 各样地主要土壤动物类群与环境关系的 CCA 二维排序图

Fig. 4 CCA biplot of main soil fauna and environmental variables in each plots

pH: 土壤 pH 值; SOM: 土壤有机质值; 表 2 给出 1—36, 土壤动物类群编号

3 结论与讨论

3.1 土壤动物群落动态变化特征

石灰和 EM 处理使土壤动物个体数增加,类群数和密度-类群指数(DG)减少,但较长时期(近 3a)的动态变化趋势没有明显变化,仍表现为规律的季节波动性。尽管土壤有机质和 pH 值变化会影响各月份土壤动物多样性,但较长时期的动态变化仍主要受气候因子的影响,研究区土壤动物数量和类群在暖季较高,与降雨量和温度的变化规律一致,这与黄丽荣等人的研究结果一致^[16]。Radea 等^[17]也证明,虽然火干扰影响土壤动物数量,但影响土壤动物群落时间动态的最主要因素仍然是气候的季节性。

土壤动物在落叶分解过程中的发生具有阶段性特征,且各类群集聚时间有所差异,优势和常见类群集聚时间相对较长,石灰和 EM 处理使同种类群集聚时间发生变化,但没有明显差异。Takeda 等^[1]历时 5a 的研究发现,在针叶分解过程中弹尾目和中气门亚目属前期集聚型,前气门亚目和甲螨亚目是后期集聚型。大兴安岭地区前气门亚目、绢跳虫科和圆跳虫科在前期集聚,甲螨亚目、节跳虫科和山跳虫科于后期集聚,中气门亚目和其他弹尾类在整个分解过程中较均匀分布,与 Takeda 等人研究有所差别,说明土壤动物的集聚特征受食物源和环境条件的影响^[12],这也是土壤动物分解功能的体现。网袋中螨类和弹尾类的明显优势表明其重要的分解者角色^[1,18],同时其他类群的分解作用也不容忽视。

3.2 土壤动物动态变化与土壤 pH 和有机质动态变化的关系

CCA 分析结果表明,各样地土壤 pH 值和有机质是影响土壤动物群落动态变化的重要因素,Zimme^[19]等

采用 CCA 分析说明土壤 pH 是影响大型土壤动物(等脚类)分布的重要因素,Ferraro^[20]等采用同样方法表明土壤有机碳是影响中小型土壤动物丰富度的重要因子。石灰和 EM 处理并未改变土壤动物受土壤 pH 值和有机质影响这个规律,但具体土壤动物类群对其响应特征各异。

中气门亚目、前气门亚目、节跳虫科、甲螨亚目、绫跳虫科、山跳虫科、棘跳虫科、鳞跳虫科和石蜈蚣目这 9 类土壤动物(主要是螨类和弹尾类),对土壤 pH 值和有机质的变化具有较强的适应能力。在处理样地,这几类土壤动物个体数基本上都增加。线性回归模型表明螨类和弹尾类分别与土壤有机碳呈负相关和正相关^[20]。而 Oliver^[21]等采用 CCA 分析表明地下栖息的螨类和弹尾类与土壤 pH 值和有机碳无明显的相关性,地面栖息的弹尾类在石灰处理样地与土壤 pH 值和有机碳呈负相关。石灰和 EM 处理使土壤动物与土壤 pH 值和有机质的关系发生一定的变化,但基本上仍存在很大的共性。

石灰和 EM 处理增加了研究区土壤动物密度,鉴于土壤动物重要的分解者角色,土壤 pH 值和有机质的变化有可能对落叶分解产生影响,继而影响研究区营养转化和物质循环过程,相关研究还有待于深入探讨。根据 Olson^[22]建立的凋落物分解方程,本试验落叶分解 95% 所需时间约为 7—11a,因此无法确定在整个落叶分解过程中全部土壤动物群落的动态特征,这需要更长时间的试验和观察。

References:

- [1] Takeda H. A 5 year study of litter decomposition processes in a *Chamaecyparis obtusa* Endl. Forest. Forest. Ecological Research, 2006, 10(1): 1440-1703.
- [2] Lin Y H, Zhang F D, Liu H D, Su H L. Fluctuation of soil fauna community in Baiwangshen during paper Mulberry leaf litter decomposition. Chinese Journal of Zoology, 2005, 40(3): 60-66.
- [3] Smolander A, Kitunen V, Paavolainen L, Mäliköinen E. Decomposition of Norway spruce and Scots pine needles: effects of liming. Plant and Soil, 1996, 179(1): 1-7.
- [4] Cao Z P, Li W J, Sun Q L, Ma Y L, Xu Q. Effect of microbial inoculation on soil microorganisms and earthworm communities: a preliminary study. Journal of Crop Production, 2000, 3(1): 275-283.
- [5] Van Vliet P C J, Bloem J, Goede R G M de. Microbial diversity, nitrogen loss and grass production after addition of Effective Micro-organisms (EM) to slurry manure. Applied Soil Ecology, 2006, 32(2): 188-198.
- [6] Ke B, Higa T, Zhong Z X, Liang Y F. Antiaging activities of Effective Microorganisms Extract(EM-X) on the fruit fly and the mouse. Journal of Snake, 2001, 13(1): 1-18.
- [7] Fagan L L, Didham R K, Winchester N N, Behan-Pelletier V, Clayton M, Lindquist E, Ring R A. An experimental assessment of biodiversity and species turnover in terrestrial vs canopy leaf litter. Oecologia, 2006, 147(2): 335-347.
- [8] Chagnon M, Hébert C, Paré D. Community structures of Collembola in sugar maple forests: relations to humus type and seasonal trends. Pedobiologia, 2000, 44(2): 148-174.
- [9] Scheu S, Schulz E. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribatids and saprophagous soil macro-invertebrates. Biodiversity and Conservation, 1996, 5(2): 235-250.
- [10] Hasegawa M. The relationship between the organic matter composition of a forest floor and the structure of a soil arthropod community. European Journal of Soil Biology, 2001, 37(4): 281-284.
- [11] Liao C 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.
- [12] Ke X, Zhao L J, Yin W Y. Succession in communities of soil animals during leaf litter decomposition in *Cyclobalanopsis glauca* forest. Zoological Research, 1999, 20(3): 207-213.
- [13] Yin X Q, Zhong W Y, Wang H X, Chen P. Decomposition of forest defoliation and role of soil animals in Xiao Hinggan Mountains. Geographical Research, 2002, 21(6): 689-699.
- [14] Braak C J F T. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. Ecology, 1986, 67(5): 1167-1179.
- [15] Yu N, Chen L Q, Zhao Q H. CCA of ostracod distribution and environmental factors in the taihu lake. Acta Micropalaeontologica Sinica, 2007, 24(1): 53-60.
- [16] Huang L R, Zhang X P. Community characteristics of Mid-micro soil animals in cold-temperate zone of the Daxing'an Mountains, China. Chinese

- Journal of Applied and Environmental Biology, 2008, 14(3): 388-393.
- [17] Radea C, Arianoutsou M. Cellulose decomposition rates and soil arthropod community in a *Pinus halepensis* Mill. forest of Greece after a wildfire. European Journal of Soil Biology, 2000, 36(1): 57-64.
- [18] Petersen H, Luxton M. A comparative analysis of soil fauna population and their role in decomposition processes. Oikos, 1982, 39(3): 287-388.
- [19] Zimmer M, Brauckmann H J, Broll G, Topp W. Correspondence analytical evaluation of factors that influence soil macro-arthropod distribution in abandoned grassland. Pedobiologia, 2000, 44(6): 695-704.
- [20] Ferraro D O, Ghera C M. Exploring the natural and human-induced effects on the assemblage of soil microarthropod communities in Argentina. European Journal of Soil Biology, 2007, 43(2): 109-119.
- [21] Oliver I, Garden D, Greenslade P J, Haller B, Rodgers D, Seeman O, Johnston B. Effects of fertiliser and grazing on the arthropod communities of a native grassland in south-eastern Australia. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2005, 109(3/4,1): 323-334.
- [22] Olson J S. Energy storage and the balance of producers and decomposers in ecological systems. Ecology, 1963, 44(2): 322-331.

参考文献:

- [2] 林英华, 张夫道, 刘海东, 苏化龙. 百望山土壤动物群落结构在栒树落叶分解中的变化. 动物学杂志, 2005, 40(3): 60-66.
- [11] 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.
- [12] 柯欣, 赵立军, 尹文英. 青冈林土壤动物群落结构在落叶分解过程中的演替变化. 动物学研究, 1999, 20(3): 207-213.
- [13] 殷秀琴, 仲伟彦, 王海霞, 陈鹏. 小兴安岭森林落叶分解与土壤动物的作用. 地理研究, 2002, 21(6): 689-699.
- [15] 禹娜, 陈立侨, 赵泉鸿. 太湖介形虫分布与水环境因子间关系的典范对应分析. 微体古生物学报, 2007, 24(1): 53-60.
- [16] 黄丽荣, 张雪萍. 大兴安岭寒温带地区中小型土壤动物群落特征. 应用与环境生物学报, 2008, 14(3): 388-393.

CONTENTS

Spatial pattern analysis of a <i>Rhododendron-Abies</i> virginal forest near timberline on the eastern edge of Qinghai-Tibetan Plateau, China	MIAO Ning, LIU Shirong, SHI Zuomin, et al (1)
Changes of liana species diversity in different restoration stages of monsoonal broad-leaved evergreen forest	LI Shuaifeng, SU Jianrong, LIU Wande, et al (10)
Investigation on spatio-temporal pattern of cyanobacterial community structure by T-RFLP during overwinter and recruitment period in Taihu Lake	GU Tingting, KONG Fanxiang, TAN Xiao, et al (21)
Food sources of fish and macro-invertebrates in a tropical seagrass bed at Xincun Bay, Southern China	FAN Minling, HUANG Xiaoping, ZHANG Dawen, et al (31)
Spatial pattern of Scleractinian coral Population Structure in Weizhou Island, Beihai, Guangxi	LIANG Wen, ZHANG Chunhua, YE Zuchao, et al (39)
Property of root distribution of triploid <i>Populus tomentosa</i> and its relation to root water uptake under the wide-and-narrow row spacing scheme	XI Benye, WANG Ye, JIA Liming, et al (47)
Soil nutritional properties and moisture gradient of the ecotone between dry valley and montane forest of the Minjiang River	LIU Bin, LUO Chengde, ZHANG Jian, et al (58)
Signal chemical salicylic acid mitigates the negative effects of drought on photosynthesis and membrane lipid peroxidation of purple majesty	YI Xiaolin, YANG Bingxian, ZONG Xuefeng, et al (67)
Effects of supplementary UV-B radiation on life cycle forms and the accumulation of taxanes of <i>Taxus chinensis</i> var. <i>mairei</i>	YU Jinghua, LI Dewen, PANG Haihe, et al (75)
Effect of simulated nitrogen deposition on the soil respiration of <i>Lithocarpus glabra</i> and <i>Castanopsis sclerophylla</i>	LI Kai, JIANG Hong, YOU Meina, et al (82)
Changes of phenolic acids in the soil of replanted apple orchards surrounding Bohai Gulf	SUN Haibing, MAO Zhiqian, ZHU Shuhua (90)
Growing dynamic root system of <i>Aquilaria malaccensis</i> and <i>Aquilaria sinensis</i> seedlings in response to different fertilizing methods	WANG Ran, LI Jiyue, ZHANG Fangqiu, et al (98)
Accumulation and tolerance of <i>Salix variegata</i> and <i>Pterocarya stenoptera</i> seedlings to cadmium	JIA Zhongmin, WEI Hong, SUN Xiaocan, et al (107)
Dynamics of vegetation structure and soil properties in the natural restoration process of degraded woodland on the northern slope of Qilian Mountains, northwestern China	ZHAO Chengzhang, SHI Fuxi, DONG Xiaogang, et al (115)
Relationship between temperature and $\delta^{13}\text{C}$ values of C3 herbaceous plants and its implications of WUE in farming-pastoral zone in North China	LIU Xianzhao, WANG Guoan, LI Jiazhu, et al (123)
Carbon dynamics of fine root (grass root) decomposition and active soil organic carbon in various models of land use conversion from agricultural lands into forest lands	RONG Li, LI Shoujian, LI Xianwei, et al (137)
Prey biomass of the Amur tiger (<i>Panthera tigris altaica</i>) in the eastern Wanda Mountains of Heilongjiang Province, China	ZHOU Shaochun, ZHANG Minghai, SUN Haiyi (145)
The impact of conservation projects on giant Panda Habitat	ZHANG Yubo, WANG Mengjun, LI Junqing (154)
Fluctuation of soil fauna community during defoliation decomposition under lime and EM treatment	GAO Meixiang, ZHANG Xueping (164)
Comparative of feeding behaviors of <i>Sitobion avenae</i> , <i>Sitobion graminum</i> and <i>Rhopalosiphum padi</i> (Homoptera: Aphididae) using electrical penetration graph (EPG)	MIAO Jin, WU Yuqing, YU Zhenxing, et al (175)
Toxic effects of <i>ent</i> -kaurane diterpenoids on soil ciliate communities	NING Yingzhi, DU Haifeng, WANG Hongjun (183)
Geostatistical analysis and sampling technique on spatial distribution pattern of <i>Dendroctonus valens</i> population	PAN Jie, WANG Tao, ZONG Shixiang, et al (195)
Variation analysis of protein subunits of soybean germplasms of different eco-types in Shanxi	WANG Yanping, LI Guiquan, GUO Shujin, et al (203)
Effects of fertilization and plastic film mulched ridge-furrow cultivation on yield and water and nitrogen utilization of winter wheat on dryland	LI Tingliang, XIE Yinghe, REN Miaomiao, et al (212)
The changing characteristics of potential climate productivity in Gansu Province during nearly 40 years	LUO Yongzhong, CHENG Ziyong, GUO Xiaoqin (221)
Spatial assessment and zoning regulations of ecological importance based on GIS for rural habitation in Changgang Town, Xinguo county	XIE Hualin, LI Xiubin (230)
Influences of rural households' income differences on living energy consumption and eco-environment: a case study of Jiangnan Plain, China	YANG Zhen (239)
Spatial differences and its driving factors of emergy indices on cultivated land eco-economic system in Hebei Province	WANG Qian, JIN Xiaobin, ZHOU Yinkang, et al (247)
Effects of land use on distribution and protection of organic carbon in soil aggregates in karst rocky desertification area	LUO Youjin, WEI Chaofu, LI Yu, et al (257)
Review and Monograph	
Implication and limitation of landscape metrics in delineating relationship between landscape pattern and soil erosion	LIU Yu, LÜ Yihe, FU Bojie (267)
Ecological reclamation and restoration of abandoned coal mine in the United States	ZHANG Chengliang, B. Larry Li (276)
Managing farmland soil food web: principles and methods	CHEN Yunfeng, HU Cheng, LI Shuanglai, et al (286)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任: 孔红梅

执行编辑: 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 1 期 (2011 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 1 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief	FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		

