

# 扎龙湿地苔藓群落土壤动物的分布及多样性<sup>①</sup>

潘林<sup>1</sup>, 焦德志<sup>1</sup>, 王文峰<sup>2</sup>, 郭继勋<sup>3\*</sup>

(1 齐齐哈尔大学生命科学与农林学院, 黑龙江齐齐哈尔 161000; 2 黑龙江扎龙国家级自然保护区管理局, 黑龙江齐齐哈尔 161000; 3 东北师范大学草地科学研究所, 长春 130024)

**摘要:** 2007年4—5月份和2008年4—5月份, 对扎龙湿地苔藓群落土壤动物进行了调查。通过对扎龙湿地苔藓群落土壤动物生态特征的研究, 共捕获土壤动物22类、7384只, 隶属于4门7纲17目25科; 包括大型种类2788只, 中小型种类4596只。优势类群为线虫纲、线蚓科和蚁科; 常见类群有轮虫纲、鞘翅目、鞘翅目幼虫、蜚蠊目、双翅目幼虫、疣跳虫科、盲蛛目。土壤动物的垂直分布表现出明显的表聚性; 多样性的各项指数2007年均高于2008年, 但2008年的种类和数量明显高于2007年。多样性指数与丰富度指数反映一致的变化规律; 均匀性指数和优势度指数则表现不明显。

**关键词:** 扎龙湿地; 苔藓群落; 土壤动物; 多样性分析

**中图分类号:** S154.5

苔藓植物分布广泛, 对干旱有一定的忍耐能力, 也具有很强的适应水湿的特点, 对温度的变化有较强的适应能力, 且多伴生长在比较贫瘠的土壤上。苔藓植物具有薄的土壤层, 可使土壤保持一定的温湿度, 对环境的变化敏感, 是一类良好的指示生物<sup>[1-2]</sup>, 可用于全球变化和环境污染的指示, 它为土壤动物的生存与繁衍提供了丰富的食物资源和稳定的栖息环境。通过调查发现苔藓群落中分布着种类和数量极为丰富的动物类群, 能否和苔藓植物一样对环境变化敏感, 能否作为环境污染和气候变化的指示生物, 还有待于进一步研究。土壤动物的研究在国内已有20多年的历史了, 有关湿地苔藓群落土壤动物的研究却很少有报道, 对齐齐哈尔扎龙湿地苔藓群落土壤动物的研究还未见报道。我们于2007年4—5月份和2008年4—5月份, 在黑龙江省齐齐哈尔地区, 对扎龙湿地苔藓群落的土壤动物进行了初步调查研究, 旨在了解扎龙自然保护区湿地苔藓群落土壤动物的组成、数量及其分布特征, 对阐明扎龙湿地的自然环境变化、保护和利用苔藓土壤生态系统及动物多样性在环境污染与变迁过程中的指示作用、维持保护区生态系统平衡等, 都具有重要意义; 也为湿地苔藓群落土壤动物生态学方面的研究提供一定的基础和依据。

## 1 自然概况及研究方法

### 1.1 自然概况

扎龙湿地是中国最大的鹤类等水禽为主体的珍惜鸟类和湿地生态类型的自然保护区, 位于黑龙江西部乌裕尔河下游湖沼苇草地带, 齐齐哈尔市东南部, 大庆市林甸县西南部和泰康县西北部的交界地带。地理坐标为124°02'E, 47°29'N, 南北长65 km, 东西宽37 km, 总面积21万hm<sup>2</sup>, 该地区全年降水变化很大, 一年内降水分配也不均匀, 全年降水多集中在6—9月份, 其量占全年降水量的82%, 属于明显的大陆性气候, 年平均气温1~3℃, 年温差40℃。植被资源以草原草甸、湿草甸、沼泽、水生植被为主; 动物资源主要以鸟类为主, 世界上现存鹤类15种, 中国有9种, 而扎龙就有6种; 全世界有丹顶鹤2000只, 扎龙就有346只。1992年被联合国教科文组织列入“世界重要湿地名录<sup>[4]</sup>”。

### 1.2 研究方法

于2007年4—5月和2008年4—5月, 在扎龙湿地选取位置相同的苔藓群落作为样地, 在该样地随机选取3个样点重复取样, 在每个采样点随机选取面积50 cm × 50 cm样方, 以5 cm间隔取四层, 分别取大型、中小型和湿生土壤动物。手拣收集大型土壤动物, 捡取后保存在75%酒精溶液中; 中小型土壤动物用50 ml土壤环刀取样, 湿生土壤动物用25 ml土壤环刀取样。两年共取样品72个, 带回实验室分别用干漏斗和湿漏斗进行24 h和48 h分离提取中小型和湿生土壤动物。所获得的土壤动物在实验室鉴定<sup>[5-8]</sup>。

①基金项目: 黑龙江省教育厅科学技术研究项目(11531424)和国家自然科学基金项目(30570273)资助。

\* 通讯作者(gjixun@nenu.edu.cn)

作者简介: 潘林(1964—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 硕士, 高级实验师, 主要从事土壤动物生态学研究。E-mail: plin@163.com

本文土壤动物群落多样性分析选取 Shannon-Wiener 多样性指数  $H = -\sum P_i \ln(P_i)$ , Pielou 均匀度指数  $J = H/\ln S$ , Simpson 优势度指数  $D = 1 - \sum P_i^2$ , 和 Margalef 丰富度指数  $E = (S - 1)/\ln N$  研究苔藓群落土壤动物群落多样性<sup>[9-12]</sup>。式中  $P_i = n_i/N$ , 表明  $i$  个种的相对多度;  $n_i$  为第  $i$  个种的个体数目,  $N$  为群落中所有种的个体总数,  $S$  为类群数。

数据分析采用 SPSS13.0 和 Sigma 分析软件。

## 2 研究结果及分析

### 2.1 苔藓群落土壤动物的组成及数量

2007 年 4—5 月及 2008 年 4—5 月在扎龙湿地共捕获土壤动物 22 类、7 384 只, 隶属于 4 门 8 纲 17 目 6 科 (表 1)。其中大型土壤动物 2 788 只, 占所获得土壤动物总个体数 37.76%; 中小型干生土壤动物 722 只, 占所获得土壤动物总个体数 9.78%; 中小型湿生土壤动物 3 874, 占所获得土壤动物总个体数 52.46%。3 类动物中以中小型湿生土壤动物所占比例最高, 共同组成苔藓群落土壤动物的主体; 优势类群为线虫纲、线蚓科和蚁科; 常见类群有轮虫纲、鞘翅目、鞘翅目幼虫、蜉蝣目、双翅目幼虫、疣跳虫科、盲蛛目。

表 1 2007 年与 2008 年扎龙湿地苔藓群落土壤动物数量统计

Table 1 Statistics of soil animals in moss plant communities in Zhalong National Nature Reserve Wetland during April-May 2007 and April-May 2008

土壤动物	2007 年 4—5 月			2008 年 4—5 月			总数		
	个体数	百分比 (%)	多度	个体数	百分比 (%)	多度	个体数	百分比 (%)	多度
线虫纲	1 038	33.45	+++	2355	52.85	+++	3 393	45.95	+++
线蚓科	189	6.46	++	641	14.39	+++	830	11.24	+++
轮虫纲	342	11.68	+++	36	0.81	+	378	5.12	++
蚁科	720	24.59	+++	761	17.08	+++	1 481	20.06	+++
地蜈蚣科				5	0.11	+	5	0.07	+
鞘翅目	99	3.38	++	94	2.11	++	193	2.61	++
膜翅目				6	0.13	+	6	0.08	+
金针虫	6	0.21	+	18	0.40	+	24	0.33	+
鞘翅目幼虫	45	1.54	++	105	2.36	++	150	2.03	++
半翅目				5	0.11	+	5	0.07	+
蜉蝣目	84	2.87	++	147	3.30	++	231	3.13	++
革翅目	27	0.92	+				27	0.37	+
双尾目	24	0.82	+				24	0.33	+
双翅目	24	0.82	+				24	0.33	+
双翅目幼虫	78	2.66	++				78	1.06	++
疣跳虫科	144	4.92	++	193	4.33	+	337	4.56	++
蜘蛛目	27	0.92	+	10	0.22	+	37	0.50	+
盲蛛目	54	1.84	++	72	1.61	++	126	1.71	++
蚜科				5	0.11	+	5	0.07	+
直翅目幼虫	18	0.62	+				18	0.24	+
鳞翅目幼虫	9	0.31	+				9	0.12	+
缨翅目				3	0.07	+	3	0.04	+
个体数	2 928			4 456			7 384		
类群数	17			16			22		

注: +++ 优势类群 (个体数占总个体数 > 10%), ++ 常见类群 (1%~10%), + 稀有类群 (<1%)。

2007 年在扎龙湿地苔藓群落共获得土壤动物 2 928 只, 隶属于 4 门 7 纲 13 目 5 科。2008 年在扎龙湿地苔藓群落共获得土壤动物 4 456 只, 隶属于 4 门 6 纲 13 目 6 科。2 年中 3 类土壤动物以中小型湿生土壤动物所占比例最高, 两年物种的变化不大。但 2008 年土壤动物的数量明显高于 2007 年。

**2.1.1 大型土壤动物群落组成** 从 2 年大型土壤动物群落组成上看, 既有相似性, 也存在差异性。优势类群都为蚁科和线蚓科, 占大型土壤动物总数的 79.19%, 而常见类群和稀有类群却存在差异。共同发现的种类有线蚓科、蚁科、鞘翅目、金针虫、疣跳虫科、蛛形纲、鞘翅目幼虫, 说明这些类群是扎龙地区苔藓群落的广布群落没有变化。但是 2007 年发现了地蜈蚣、半翅目、螨类、蚜虫等种类, 而没有发现等翅目、双尾目、双翅目幼虫及直翅目幼虫。这可能是由于采样点不够多而造成的误差。另外, 2008 年线蚓的数量有很大的增长, 由 2007 年捕获的 189 头增加到 2008 年捕获的 641 头, 数量翻了 3 倍多, 说明 2008 年的土壤生存环境有利于线虫和线蚓的生长。

**2.1.2 中小型土壤动物群落组成** 从中小型土壤动物群落组成看, 2 年共有类群有 7 类, 为线虫纲、线蚓科、轮虫纲、疣跳虫科、蜱螨目、盲蛛目和鞘翅目。它们是扎龙地区苔藓群落中小型土壤动物群落的主要类群, 为保护区内广布种。数量与其他类群相比, 相差非常悬殊。

2 年的相同优势类群为线虫纲, 2008 年比 2007 年在数量上也多了 1 倍之多。蜱螨目和疣跳虫科在数量上也有了提高, 说明土壤的污染程度在减小, 越来越适合土壤动物的生存, 环境质量在获得改观。

## 2.2 土壤动物群落的垂直分布

土壤动物的垂直分布是指土壤动物在土壤中的垂直分层现象。土壤动物分布之所以有分层现象, 主要与食物有关, 因为不同深度的土壤中, 养分含量、植物根系的分布是不同的, 可以被土壤动物取食的食物种类和数量不同; 其次还与不同层次的微气候要素如: 土壤湿度、pH、地温等有关。虽然一类土壤动物可同时在几个不同土壤层次生存, 但相对而言, 总有一个最适合生存的层次。垂直分布状况见表 2。

研究表明, 无论在哪个年份, 整个扎龙地区大型、中小型土壤动物类群数和密度随土壤深度增加而呈递减趋势, 且表聚性明显。统计分析结果表明, 各土层间土壤动物分布的数量差异达极显著水平 ( $p = 0.001$ ,  $F = 8.974$ )。这主要由于 0~5 cm、5~10 cm 土壤层, 植物根系比较聚集, 土壤结构疏松, 土壤养分含量丰富, 比较适宜土壤动物生存, 类群数较多, 密度较高, 数量也多。

年度间的统计分析结果表明, 大型土壤动物和土壤动物的总数在各土层的分布差异达到显著水平 ( $p = 0.008$ ,  $F = 131.81$ ;  $p = 0.018$ ,  $F = 53.62$ ), 中小型土壤动物未达到显著水平。

表 2 不同年份扎龙湿地苔藓群落土壤动物垂直分布(只)

Table 2 Vertical distributions of soil animals in moss plant communities in different years in Zhalong National Nature Reserve Wetland

土层深度 (cm)	2007 年 4—5 月			2008 年 4—5 月		
	大型	中小型	总数	大型	中小型	总数
0~5	647	687	1 334	992	1 301	2 293
5~10	355	423	778	440	974	1 414
10~15	168	429	597	130	488	618
15~20	36	183	219	20	111	131

## 2.3 土壤动物群落多样性

多样性分析由表 3 可知, 2007 年的各项指数均高于 2008 年; 但 2008 年土壤动物的数量比 2007 年增加很多。这主要是由于 2008 年线虫和线蚓明显高于 2007 年而形成的, 2008 年的生境条件优于 2007 年, 有利于土壤动物的生存; 多样性指数 ( $H$ ) 与丰富度指数 ( $E$ ) 反映一致的变化规律; 均匀性

指数 ( $J$ ) 和优势度指数 ( $D$ ) 表现不明显, 2008 年比 2007 年稍有减少。统计分析结果表明, 无论大型、中小型和总数的各项指标年度间的差异均达到极显著水平 ( $p < 0.001$ )。引起年度间差异的原因, 可能是由于不同年份主要气象要素 (降水、温度、光照等) 的变化, 使土壤动物的生境条件发生改变。

表3 不同年份扎龙湿地苔藓群落土壤动物群落多样性分析

Table 3 Diversity analyses of soil animals in moss plant communities in different years in Zhalong National Nature Reserve Wetland

指标	2007年4—5月			2008年4—5月		
	大型	中小型	总数	大型	中小型	总数
土壤动物个体数 ( $N$ )	1 206	1 722	2 928	1 582	2 874	4 456
土壤动物类群数 ( $S$ )	11	9	17	11	9	16
Shannon-Wiener 多样性指数 ( $H$ )	1.467 1	1.273 1	1.966 2	1.256	0.769 2	1.514 2
Pielou 均匀性指数 ( $J$ )	0.611 8	0.579 4	0.694 0	0.523 6	0.350 1	0.546 2
Simpson 优势度指数 ( $D$ )	0.614 8	0.588 0	0.790 0	0.630 0	0.320 9	0.666 5
丰富度指数 ( $E$ )	1.409 4	1.073 7	2.004 5	1.357 5	1.004 6	1.785 3

### 3 结论与讨论

两年在扎龙湿地共捕获土壤动物 7 384 只, 隶属于 4 门 7 纲 17 目 25 科。其中大型土壤动物 2 788 只, 占所获得土壤动物总个体数 37.76%; 中小型干生土壤动物 722 只, 占所获得土壤动物总个体数 9.78%; 中小型湿生土壤动物 3 874 只, 占所获得土壤动物总个体数 52.46%。3 类土壤动物中以中小型湿生土壤动物所占比例最高, 共同组成苔藓群落土壤动物的主体; 优势类群为线虫纲、线蚓科和蚁科; 常见类群有轮虫纲、鞘翅目、鞘翅目幼虫、蜚蠊目、双翅目幼虫、疣跳虫科、盲蛛目。

2007 年在扎龙地区苔藓群落共获得土壤动物 2 928 只; 2008 年在扎龙地区苔藓群落共获得土壤动物 4 456 只。2 年中 3 类土壤动物以中小型湿生土壤动物所占比例最高, 两年物种的变化不大, 2008 年土壤动物的数量明显高于 2007 年。这主要是由于 2008 年雨量比 2007 年大, 土壤含水量较高, 有利于土壤线虫和线蚓的生存, 线虫和线蚓的数量猛增造成的。

扎龙湿地苔藓群落土壤动物的垂直分布与其他植物群落土壤动物的垂直分布有着相似的规律, 即不同群落的个体数和类群数均具有明显的表聚性, 并随土层加深动物个体数及类群数递减, 且递减的速度越来越快<sup>[13-14]</sup>。这主要是由于 0~5、5~10 cm 土壤层, 植物根系比较聚集, 土壤结构疏松, 土壤养分含量丰富, 土壤理化性质等都较适宜土壤动物生存<sup>[15-16]</sup>, 类群数较多, 密度较高, 数量也多。而 10~20 cm, 养分含量欠缺, 土壤结构紧密, 温度寒冷, 不适宜土壤动物生存, 故呈现上多下少的现象。各土层间统计分析结果表明, 土壤动物分布的数量差异达极显著水平; 年度间的统计分析结果表明, 大型土壤动物和土壤动物的总数在各土层的分布差异达到显著水平, 中小型土壤动物未达到显著水平。

土壤动物的多样性, 由于分类上的困难, 往往只

能以较大的分类单位进行群落多样性的比较分析<sup>[13]</sup>。

从苔藓群落土壤动物的多样性上来看, 2007 年的各项指数均高于 2008 年; 但 2008 年土壤动物的数量和种类明显高于 2007 年。这主要是由于 2008 年线虫和线蚓明显高于 2007 年而形成的, 2008 年的生境条件优于 2007 年, 有利于湿生土壤动物的生存; 多样性指数 ( $H$ ) 与丰富度指数 ( $E$ ) 反映一致的变化规律; 均匀性指数 ( $J$ ) 和优势度指数 ( $D$ ) 表现不明显, 2008 年比 2007 年稍有减少。统计分析结果表明, 无论大型、中小型和总数的各项指标年度间的差异均达到极显著水平。由于苔藓群落的土壤与森林的土壤相比, 比较贫瘠, 土壤有机质含量低, 因此, 苔藓群落土壤动物的多样性和丰富度等远远不如森林土壤动物<sup>[17-18]</sup>。总的来说, 在分析土壤动物多样性时, 不能选择单一的指数, 要多指标地综合分析, 才能得出正确的结果, 有待于进一步研究。

苔藓植物覆盖在土壤表面与土壤层紧密连接在一起, 对土壤动物群落的存在有重要的影响。作为湿地, 土壤水分含量高, 生长良好的苔藓植物还可使土壤温度、湿度保持相对的稳定, 这对湿生土壤动物如线虫、线蚓以及跳虫等的生存是非常重要的。至于苔藓群落的土壤动物能否和苔藓植物一样对环境变化敏感、能否作为环境污染和气候变化的指示生物, 还有待于进一步探讨。

#### 参考文献:

- [1] 曹同, 路勇, 吴玉环, 谢维. 苔藓植物对鞍山市环境污染的生物指示作用. 应用生态学报, 1998, 9(6): 635-639
- [2] 谢维, 曹同, 韩桂春, 来永斌, 金福杰, 孙晓怡. 苔藓植物对抚顺地区大气污染的指示作用研究. 生态学杂志, 1999, 18(3): 1-5
- [3] 吴玉环, 高谦, 程国栋, 于兴华, 曹同. 苔藓植物对全球变化的响应及其生物指示意义. 应用生态学报, 2002, 13(7): 895-900
- [4] 高中信等主编. 扎龙鸟类. 北京: 中国林业出版社, 1988: 1-7

- [5] 《土壤动物研究方法手册》编写组. 土壤动物研究方法手册. 北京: 中国林业出版, 1998: 42-46
- [6] 李鸿兴等. 昆虫分类检索. 北京: 农业出版社, 1986: 19-26
- [7] 尹文英等. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 1998: 375-379
- [8] 尹文英等. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 2000: 10-306
- [9] 殷秀琴. 东北森林土壤动物研究. 长春: 东北师范大学出版社, 2001
- [10] 殷秀琴, 李建东. 羊草草原土壤动物群落多样性的研究. 应用生态学报, 1998, 19(2): 186-188
- [11] 李博主编. 生态学. 北京: 高等教育出版社, 2000
- [12] Smrz J. The ecology of the microarthropod community inhabiting the mosscover of roofs. *Pedobiologia*, 1992, 36: 331-340
- [13] Yosef S, Stanislav PM, Walter GW. Soil disturbance by soil animals on a topoclimatic gradient. *European Journal of Soil Biology*, 2004, 40: 73-76
- [14] 黄玉梅. 土壤动物群落多样性研究进展. 西部林业科学, 2004, 33(3): 63-68
- [15] 刘继亮, 殷秀琴, 邱丽丽. 左家自然保护区大型土壤动物与土壤因子关系研究. 土壤学报, 2008, 45(1): 130-136
- [16] 艾尼瓦尔·吐米尔, 余曙光. 乌鲁木齐北郊不同土地利用方式下大中型土壤动物群落分布特征. 生态与农村环境学报, 2008, 24(2): 36-40
- [17] 刘红, 袁兴中. 中国东部山地森林土壤动物多样性. 山地学报, 2000, 18(3): 221-225
- [18] 付必谦, 陈卫, 董晓晖. 北京松山四种大型土壤动物群落组成和结构. 生态学报, 2002, 22(2): 215-223

## Soil Fauna Distribution and Diversity in Moss Communities in Zhalong National Nature Reserve Wetland

PAN Lin<sup>1</sup>, JIAO De-zhi<sup>1</sup>, WANG Wen-feng<sup>2</sup>, GUO Ji-xun<sup>3</sup>

(1 College of Life Science and Agriculture and Forestry, Qiqihaer University, Qiqihaer, Heilongjiang 161000, China;

2 Zhalong National Nature Reserve Administration, Qiqihaer, Heilongjiang 161000, China;

3 Institute of Grassland Science, Northeast Normal University, Changchun, 130024, China)

**Abstract:** A survey was conducted to study the ecological characteristics of soil animals in moss plant communities in Zhalong National Nature Reserve Wetland during April-May 2007 and April-May 2008. The results showed that 22 groups and 7 384 soil animals were obtained, including 2 788 large-size soil animals and 4 596 small/medium-size soil animals in the communities, belonging to 4 phyla, 7 classes, 17 orders and 25 families. The dominant groups were *Namatoda*, *Enchytraoidea* and *Formicidae*, and the common groups were *Rotifera*, *Coleoptera*, *Coleoptera-Larvae*, *Acarina*, *Diptera-Larvae*, *Neanuridae* and *Opiliones*. The vertical distribution of soil animals declined with the increase of depth of soil layer. The diversity of soil animals was higher in 2007 than 2008, but the groups and numbers of soil animals in 2008 was higher than 2007. The diversity index and the richness index changed coincidentally, while the evenness index and the dominance index changed indistinctly.

**Key words:** Zhalong Wetland, Moss communities, Soil fauna, Diversity