

拉萨拉鲁湿地夏季土壤动物的群落特征

陈德来^① 马正学^{①*} 普布^② 巴桑^{①②}

① 西北师范大学生命科学学院 兰州 730070; ② 西藏大学理学院 拉萨 850000

摘要: 2010年6~7月,对拉鲁湿地5个生境的土壤动物进行了调查,共捕获大型和中小型干生土壤动物41类,18 446只,隶属于3门7纲14目32科17属。土壤动物的优势类群为线蚓科,占总捕获量的10.95%。常见类群有27类,占总捕获量的84.63%,其中螨类占总捕获量的32.5%,弹尾类占总捕获量的31.43%。各生境的土壤动物数量和种类在土壤各层的垂直分布具有明显的表聚性。5个生境分布的土壤动物Shannon-Weiner多样性指数(H')从大到小依次为 $3^{\#} > 5^{\#} > 4^{\#} > 1^{\#} > 2^{\#}$ 。5个生境间土壤动物的相似程度由极不相似到中等不相似(S 值为0.105~0.400)。

关键词: 拉鲁湿地; 土壤无脊椎动物; 群落特征; 拉萨市西北部

中图分类号: S154.5, Q958.15 文献标识码: A 文章编号: 0250-3263(2011)05-01-07

Characteristics of Soil Animal Community in Lhalu Wetlands during the Summer

CHEN De-Lai^① MA Zheng-Xue^{①*} PUBU^② BASANG^{①②}

① College of Life Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070;

② Department of Biology, School of Science, Tibet University, Lhasa 850000, China

Abstract: Macro- and mid- soil animal was sampled from five quadrates (20 m × 20 m each) to presented the soil community of Lhalu Wetlands in June and July 2010 of the study area. Total of 18 446 species, belonging to 3 phyla, 7 classes, 14 orders, 32 families and 17 genera were recorded. Individuals belonged to Enchytraeidae was dominant and accounted for 10.95% of the total sampled specimen. About 84.63% of the total individuals were the component of 27 groups (family or genus) which are considered common groups. Among those common group, Acari and Collembola accounted for 32.5% and 31.43% of sampled individuals. The soil animals mainly distributed in the soil surface layer in the sampled quadrates. The value of diversity index H' in each samples from highest to lowest was in the order $3^{\#} > 5^{\#} > 4^{\#} > 1^{\#} > 2^{\#}$. The species similarity among the 5 samples were either medium or extreme dissimilarity (S was 0.105 - 0.400), respectively.

Key words: Lhalu Wetland; Soil animal component; Community characteristics; Northwest of Lhasa City

近年来,随着全球对生物多样性及其保护的
关注,土壤动物多样性的研究已经成为土壤
生态研究的热点和前沿^[1-3]。土壤动物是土
壤生态系统不可缺少的重要组成部分,在改变
土壤的理化性质,促进生态系统物质循环和能
量流动方面发挥着及其重要的功能^[4]。我国
对土壤动物群落多样性的研究主要集中在森
林、草地以及农业生态系统,对湿地土壤动物群

落多样性的研究较少^[5]。有关青藏高原沼泽
湿地土壤动物学方面的研究只有大型土壤动物

基金项目 教育部科学技术研究重点资助项目(No. 210214),
中国海洋大学海水养殖教育部重点实验室开放基金项目;

* 通讯作者, E-mail: mzhx53@163.com;

第一作者介绍 陈德来,男,硕士研究生;研究方向:环境动物
生物学; E-mail: chendl80@163.com。

收稿日期: 2011-02-18, 修回日期: 2011-07-05

群落特征^[6],系统研究则鲜有报道。2010年6~7月,作者对位于西藏拉萨河谷的沼泽湿地——拉鲁湿地土壤动物的群落特征进行了初步研究,旨在了解该湿地土壤动物多样性及群落结构特征,探讨土壤动物在生态系统中的作用,为保护高原湿地生态环境和生物多样性,优化湿地生态系统的结构与功能方面提供依据,为我国系统地开展青藏高原地区土壤动物分类学研究积累基础资料。

1 研究区域概况

拉鲁湿地位于拉萨市区西北(地处29°39'46.3"N~29°41'05.5"N,91°03'48.5"E~91°06'51.4"E),平均海拔3645 m。该湿地属高寒气候(夏季温暖,降水较多,冬季寒冷干燥),是目前世界上罕见的海拔最高的天然内陆湿地,也是我国惟一的位于城市市区面积最大的(超过5 km²)天然内陆湿地。湿地分布区为东西向不规则长带状,地势由东北向西南略为倾斜,坡降比2%^[7-8]。

拉鲁湿地因其独特的地理环境,湿地植物资源丰富。主要湿地植物有芦苇(*Phragmites australis*)、菖蒲(*Acorus ealams*)、杉叶藻(*Hippuris vulgaris*)、灯心草(*Juncus spp.*)、水毛茛(*Batraehium bungei*)、白睡莲(*Nymphaea tetragona*)、水蓼(*Polygonum hydropiper*)、马先蒿(*Podialaris spp.*)、龙胆(*Centiana sp.*)、委陵菜(*Potentilla anserine*)、苔草(*Carex spp.*)、嵩草(*Kobresia spp.*)等。此外,在湿地

边缘有杨树(*Populus spp.*)、柳树(*Salix spp.*)人工林和沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、蔷薇(*Rosa sp.*)、小檗(*Berberis sp.*)等天然植被^[9]。湿地周围有大片草场、农田以及家畜(牦牛、羊、马、骡子等)。

2 研究方法

2.1 采样点设置及采样

2.1.1 采样点设置 根据湿地的植被类型和环境特征将研究区域划分为5个采样区^[7-9](表1)。1#生境是湿地水源流入区,2#、3#生境是湿地核心区域,4#、5#生境是天然湿地。在3#和5#生境之间有一条大约50 m宽的公路及其缓冲带穿过(之间有水道相互接通)。2#、4#生境附近为牛羊主要活动区,人为干扰程度较大。3#、5#生境内家畜和人类活动很少,基本保持着天然湿地的原貌,保护得比较好。湿地保护区周围有围栏(图1)。

2.1.2 采样方法 2010年6~7月,在每个研究区选取5个样方(20 m×20 m),采用梅花五点式随机选取5个样点,每个样点分散采集5个小样合并为1个混合样。大型土壤动物取样面积为50 cm×50 cm,分别对凋落物层和0~5 cm层取样,取土样约2 kg,1#、2#水浸生境在周围取样,3#~5#生境在样方中间取样。中小型土壤动物和湿生土壤动物取样面积为10 cm×10 cm,分别对0~5 cm层和5~15 cm层取样,共取土壤样本75个。

2.1.3 土壤动物分离与鉴定 大型土壤动物

表1 拉鲁湿地取样生境特征

Table 1 Characteristics of Lhalu wetland

| 生境 Plot | 生境类型 Characteristics of plot | 主要植物组成 Dominant species of the vegetation |
|------------|---------------------------------|--|
| 1# | 长期浸水区 | 芦苇(<i>Phragmites australis</i>)、杉叶藻(<i>Hippuris vulgaris</i>)、白睡莲(<i>Nymphaea tetragona</i>) |
| 2# | 污水浸没区 | 紫浮萍草(<i>Spirodela sp.</i>) |
| 3# | 块状草甸和小丘区 | 苔草*(<i>Carex spp.</i>)、西藏报春花(<i>Primula tibetisa</i>)、蒿草(<i>Artemisia spp.</i>)、委陵菜(<i>Potentilla anserine</i>)、稗(<i>Echinochloa sp.</i>)、茵草(<i>Beckmannia syzigochne</i>) |
| 4# | 间歇性浸水区 | 水蓼(<i>Polygonum sp.</i>)、灯心草(<i>Juncus spp.</i>)、菖蒲(<i>Acorus ealams</i>)、柳叶菜(<i>Epilobium sp.</i>)、蔊菜(<i>Rorippa sp.</i>)和荸荠(<i>Eleocharis sp.</i>) |
| 5# | 间歇性浸水区 | 水蓼、灯心草、菖蒲、柳叶菜、蔊菜和荸荠、芦苇 |

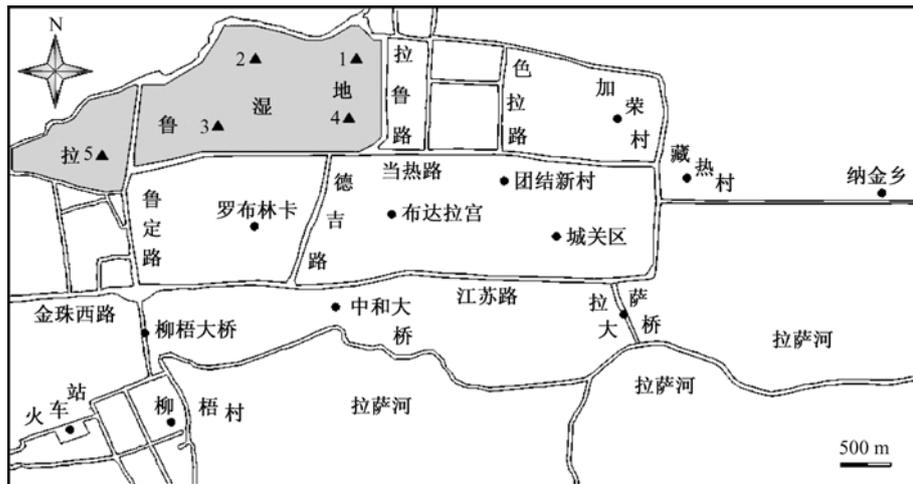


图1 采样点分布示意图

Fig. 1 Distribution of sampling sites

现场采用手拣法进行分离,中小型土壤动物和湿生土壤动物土壤样品带回实验室内用 Tullgren 法和 Baermann 法分离,并保存在 75% 乙醇和 10% 福尔马林(滴加适量的甘油)溶液中。在实体镜和光学显微镜下分类鉴定动物种类^[10-12],统计土壤动物个体数和类群数,土壤昆虫成虫与幼虫分别进行统计。

此外,采集土壤动物样品的同时用土温计测定土壤表层(0 cm)和 5 cm、15 cm 土层的温度。以土壤表层和 5 cm 土层温度平均值作为土壤 0~5 cm 层温度,5 cm 和 15 cm 土壤温度平均值作为 5~15 cm 土壤层温度^[13]。土壤含水量采用烘干法(105℃)。土壤 pH 采用电位法(pH 酸度计)测定。

2.2 数据处理 各类群数量等级划分:个体数量占全部捕获量 10% 以上为优势类群,介于 1%~10% 之间的为常见类群,介于 0.1%~1.0% 为稀有类群,0.1% 以下的为极稀有类群^[14]。功能类群依据土壤动物食性划分^[10-11]。

土壤动物群落多样性分析采用^[15-17], (1) Shannon-Weiner 物种多样性指数: $H' = -\sum(P_i \ln P_i)$; (2) Simpson 优势度指数: $C = \sum P_i^2$; (3) Pielou 均匀度指数: $E = H/\ln S$; 其中, $P_i = N_i/N$, N 是样品中所有种类的总个体

数, N_i 是第 i 种的个体数, S 是样品中的类群数。根据上述公式计算出 1#~5# 生境内土壤动物群落的物种多样性指数 (H')、均匀度指数 (E) 和优势度指数 (C)。

土壤动物相似性采用 Sprenson 相似性指数^[18]: $S = 2C/(A + B)$; 式中, C 为 2 个群落或样地生境共有类群数, A 和 B 分别为生境 a 和生境 b 的类群数。

以上数据统计分析通过 Excel 2003 软件完成。

3 结果

3.1 研究区域主要环境因子特征 根据该湿地生态环境和植被类型划分(4 种类型)5 个样区(样方),环境特征见表 2。

3.2 土壤动物群落组成 5 种类型生境共获得土壤动物 44 858 头,隶属 4 门 9 纲 20 目 40 科 55 属,其中湿生土壤动物 26 412 头(湿生土壤线虫将另文报道),隶属 1 门 2 纲 6 目 8 科 14 属,占总捕获量的 58.88%;干生土壤动物 41 类 18 446 头,占总捕获量的 41.12%,隶属 3 门 7 纲 14 目 32 科 41 属(表 3)。

优势类群为线蚓科,占总捕获量的 10.95%;常见类群有副大翼甲螨属、长跳属、齿棘圆跳属和臭虻科幼虫等 27 类,占总捕获量的

表 2 拉鲁湿地各生境环境特征

Table 2 Location and soil physical properties in the five plots, Lhalu wetland

| 生境 Plot | 海拔 Altitude (m) | 坐标 Coordinate | | 温度(°C) Temperature | | | 土壤含水率(%) Soil moisture content | | 土壤 pH Soil pH |
|----------------|-----------------------|------------------|-----------|-----------------------|-----------|---------|-----------------------------------|---------|------------------|
| | | N | E | 气温 Air | 地温 Ground | | 0~5 cm | 5~15 cm | |
| | | | | | 0~5 cm | 5~15 cm | | | |
| 1 [#] | 3 657 | 29°40'50" | 91°06'39" | 26.2 | 28.0 | 26.5 | 73.27 | 79.32 | 8.42 |
| 2 [#] | 3 654 | 29°40'49" | 91°06'03" | 27.8 | 29.3 | 26.8 | 73.99 | 74.25 | 10.56 |
| 3 [#] | 3 650 | 29°40'16" | 91°06'15" | 25.8 | 30.6 | 20.5 | 53.63 | 69.37 | 8.97 |
| 4 [#] | 3 646 | 29°40'21" | 91°05'46" | 27.2 | 32.2 | 21.6 | 53.52 | 63.36 | 8.54 |
| 5 [#] | 3 647 | 29°39'55" | 91°04'43" | 25.2 | 26.5 | 19.4 | 63.66 | 69.68 | 7.18 |

84.63%,其中以螨类(Acari)和弹尾类(Collembola)为主;稀有类群有石蛭科、琥珀螺科、克螨属等8类,占总捕获量的4.30%;极稀有类群有粗螯蛛科、捕鸟蛛科和石蜈蚣目3类,仅占总捕获量的0.12%(表3)。表明,在拉鲁湿地土壤动物群落组成中以喜湿环境的线蚓为优势类群,螨类和弹尾类的比例A/C(螨类与弹尾类的比值) >1 ,不同于一般森林土壤动物研究的结论,具有明显的湿地特征^[19]。

3.3 群落结构特征

3.3.1 不同生境之间土壤动物群落差异 从表3可以看出,在水平分布上,不同样地土壤动物分布不均匀。3[#]生境土壤动物个体数和类群数最多,出现了中生或较为干燥条件下生存的隐翅甲科、蛭科和石蜈蚣目动物,并出现了占用生存空间比较大的内齿螺科物种,说明块状草甸和小丘这类退化湿地能提供更多的空间供大型土壤动物生存。5[#]生境线蚓科动物最多,具有明显的湿地特征。4[#]生境虽然与5[#]生境类型相同,但受到人为干扰程度较大,土壤动物个体数和类群数均较少。1[#]生境干生土壤动物个体数量明显少于3[#]~5[#]生境,这与该生境长期浸水有关。2[#]生境土壤动物个体数和类群数均最少,这与该生境接纳了大量的城市生活污水有关。

依据土壤动物的主要食性差异,将土壤动物分为腐食性、捕食性和植食性功能群^[20]。对拉鲁湿地土壤动物按功能群进行分类,属于腐食性功能群的有正蚓目、颤蚓目、无吻蛭目、柄

眼目、基眼目、真螨目、寄螨目、弹尾目、双翅目幼虫,个体数量占总数量的91.65%;属于捕食性功能群的有蜘蛛目、石蜈蚣目、鞘翅目成虫、缨翅目物种,个体数量占总数量的4.61%;属于植食性功能群的有鞘翅目幼虫、同翅目物种,个体数量占总数量的3.74%。结果显示,拉鲁湿地土壤动物以腐食性为主。三大功能类群间的比例关系是,腐食性动物 $>$ 捕食性动物 $>$ 植食性动物。这一结果与三江平原湿地岛状林土壤动物的功能类群结构相似^[13]。

3.3.2 土壤动物垂直分布 由表4可见,土壤动物个体数和类群数总体上随着土壤深度的增加而减少,具有明显的表聚性特征,这一结果符合土壤动物的一般分布规律。

3.3.3 土壤动物群落多样性分析 由表3和表4可以看出,在5个生境中,土壤动物群落的个体数由大到小依次为3[#](5 548) $>$ 5[#](4 937) $>$ 4[#](4 728) $>$ 1[#](2 470) $>$ 2[#](763);类群数由大到小依次为3[#](18) $>$ 5[#](13) $>$ 4[#](10) $>$ 1[#](12) $>$ 2[#](3);0~5 cm土壤层H'值由大到小依次为3[#] $>$ 5[#] $>$ 4[#] $>$ 1[#] $>$ 2[#],优势度指数大小依次为2[#] $>$ 1[#] $>$ 4[#] $>$ 5[#] $>$ 3[#],均匀度指数大小依次为3[#] $>$ 5[#] $>$ 4[#] $>$ 1[#] $>$ 2[#],表明3[#]样方的多样性最丰富、物种分布最均匀,更适合土壤动物生存,2[#]样方的多样性最低,物种分布不均匀。相关关系分析显示,多样性指数与均匀度指数呈正相关,多样性指数与优势度指数呈负相关。

3.3.4 群落的相似性特征 采用Sprenson相似性指数(S)表示群落的相似性特征,计算结

表 3 拉鲁湿地各生境土壤动物的群落结构特征

Table 3 Community's composition of soil fauna at 5 plots in Lhalu wetland

| 动物类群 Fauna | 动物个体数 Individual number (只/m ²) | | | | | 总计 Total | 比例(%) Percentage | 多度 Abundance |
|-------------------------------|---|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------|---------------------|-----------------|
| | 1 [#] | 2 [#] | 3 [#] | 4 [#] | 5 [#] | | | |
| 线蚓科 Enchytraeidae | 301 | 183 | 75 | 401 | 1 060 | 2 020 | 10.95 | +++ |
| 正蚓科 Lumbricidae | 206 | | | 170 | 83 | 459 | 2.49 | ++ |
| 石蛭科 Erpobdellidae | | | | | 40 | 40 | 0.22 | + |
| 琥珀螺科 Succineidae | 18 | | 36 | | | 44 | 0.24 | + |
| 内齿螺科 Endodontidae | | | 303 | | | 303 | 1.64 | ++ |
| 粗螯蛛科 Prodidomidae | | | 3 | | | 3 | 0.02 | ± |
| 捕鸟蛛科 Theraphosidae | | | | | 3 | 3 | 0.02 | ± |
| 绥螨科 Sejidae | | 273 | | 399 | 202 | 874 | 4.74 | ++ |
| 克螨属 <i>Kleemannia</i> | | | | | 180 | 180 | 0.98 | + |
| 原大翼甲螨属 <i>Protokalumna</i> | 103 | | | | 341 | 444 | 2.41 | ++ |
| 副大翼甲螨属 <i>Parakalumna</i> | | | | 1 369 | | 1 369 | 7.42 | ++ |
| 三盲甲螨属 <i>Trimalacothonrus</i> | 194 | | | | | 194 | 1.05 | ++ |
| 奇矮螨属 <i>Allopyemphorus</i> | 87 | | | | | 87 | 0.47 | + |
| 布伦螨属 <i>Brennandania</i> | | | 261 | | | 261 | 1.41 | ++ |
| 大赤螨科 Anystidae | | | 392 | | | 392 | 2.13 | ++ |
| 麦氏螨属 <i>Makunkania</i> | 502 | | | | 175 | 677 | 3.67 | ++ |
| 矮蒲螨属 <i>Pygmephorus</i> | | | | | 532 | 532 | 2.88 | ++ |
| 新腾岛螨属 <i>Neoteneriffiola</i> | | | | | 250 | 250 | 1.36 | ++ |
| 跗线螨科 Tarsonmidae | | | | 158 | | 158 | 0.86 | + |
| 巨须螨科 Cunaxidae | | | | 575 | | 575 | 3.12 | ++ |
| 石蜈蚣目 Lithobiomorphy | | | 15 | | | 15 | 0.08 | ± |
| 土跳属 <i>Tullbergia</i> | 289 | | 197 | | | 486 | 2.63 | ++ |
| 图跳属 <i>Tuvia</i> | | | | | 682 | 682 | 3.70 | ++ |
| 原等跳属 <i>Proisotoma</i> | | | 480 | | | 480 | 2.60 | ++ |
| 小等跳属 <i>Isotomiella</i> | | | 253 | | | 253 | 1.37 | ++ |
| 隐跳属 <i>Cryptopygus</i> | 199 | | | | | 199 | 1.08 | ++ |
| 长跳属 <i>Entomobrya</i> | | | | 530 | 829 | 1359 | 7.37 | ++ |
| 齿棘圆跳属 <i>Arrhopalites</i> | | | 281 | 360 | 570 | 1211 | 6.57 | ++ |
| 小圆跳属 <i>Sminthurinus</i> | | 307 | | | | 307 | 1.66 | ++ |
| 球圆跳属 <i>Sphaeridia</i> | 287 | | | | | 287 | 1.56 | ++ |
| 短角跳属 <i>Neelus</i> | | | 534 | | | 534 | 2.89 | ++ |
| 管蓟马科 Phlaeothripidae | | | 162 | 386 | | 548 | 2.97 | ++ |
| 蚜科 Aphididae | | | 366 | | | 366 | 1.98 | ++ |
| 隐翅甲科 Staphylinidae | | | 325 | | | 325 | 1.76 | ++ |
| 隐翅甲科幼虫 Staphylinidae | | | 283 | | | 283 | 1.53 | ++ |
| 虻科幼虫 Tabanidae | 90 | | | | | 90 | 0.49 | + |
| 长足虻科幼虫 Doilchopodidae | 94 | | | | | 94 | 0.51 | + |
| 鼓翅蝇科幼虫 Sepsidae | 100 | | | | | 100 | 0.54 | + |
| 臭虻科幼虫 Coenonyidae | | | 1 394 | 380 | | 1 774 | 9.62 | ++ |
| 摇蚊科幼虫 Chironomidae | | | 188 | | | 188 | 1.02 | ++ |
| 个体数 Individual number | 2 470 | 763 | 5 548 | 4 728 | 4 937 | 18 446 | 100.00 | |
| 类群数 Fauna number | 12 | 3 | 18 | 10 | 13 | 41 | | |

+++ 优势类群,个体数/总数 > 10%; ++ 常见类群,个体数/总数 = 1% ~ 10%; + 稀有类群,个体数/总数 < 1%; ± 极稀有类群,个体数/总数 < 0.1%。

+++ Dominant (individual of a given group is more than 10% in the total sample size); ++ Common (individual of a given group ranges 1% - 10%); + Rare (individual of a given group is < 1%); ± Very rare (individual of a given group < 0.1%).

表 4 各生境土壤动物群落多样性分析

Table 4 Species diversity of soil animal communities in five plots

| 生境 Plot | 类群数 Fauna number | | 个体数 Individual number | | 多样性指数 Diversity index H' | | 优势度指数 Dominance index C | | 均匀度指数 Evenness index E | |
|------------|---------------------|-----------|--------------------------|-----------|-------------------------------|-----------|------------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|
| | 0 ~ 5 cm | 5 ~ 15 cm | 0 ~ 5 cm | 5 ~ 15 cm | 0 ~ 5 cm | 5 ~ 15 cm | 0 ~ 5 cm | 5 ~ 15 cm | 0 ~ 5 cm | 5 ~ 15 cm |
| | 1# | 9 | 3 | 1 459 | 787 | 1.516 9 | 1.083 1 | 0.342 6 | 0.343 2 | 0.797 9 |
| 2# | 3 | 0 | 763 | 0 | 1.106 2 | | 0.386 1 | | 0.690 4 | |
| 3# | 17 | 1 | 5 222 | 163 | 2.493 4 | 0 | 0.088 6 | 0 | 0.972 1 | 0 |
| 4# | 10 | 0 | 4 728 | 0 | 1.843 5 | | 0.175 3 | | 0.828 1 | |
| 5# | 12 | 1 | 4 737 | 200 | 2.185 3 | 1.056 3 | 0.151 2 | 0.359 3 | 0.839 0 | 0.961 5 |

果见表 5。各生境间的相似性指数在 0.105 ~ 0.400 之间。2# 与 3# 样方的相似性系数最小 (为 0.105), 3# 样方与 4# 样方的相似性系数最大 (为 0.400), 结果说明, 5 种生境间土壤动物群落多样性为极不相似到中等不相似, 这也间接地证明各生境之间的环境质量存在着差异性。由于湿地环境的异质性, 导致不同生境中土壤动物群落组成存在一定的差异性。

表 5 5 个生境中土壤动物群落的相似性系数

Table 5 Species similarity of soil animal communities in five plots

| 生境 Plot | 1# | 2# | 3# | 4# | 5# |
|---------|-------|-------|-------|-------|----|
| 2# | 0.125 | | | | |
| 3# | 0.133 | 0.105 | | | |
| 4# | 0.222 | 0.235 | 0.400 | | |
| 5# | 0.308 | 0.250 | 0.138 | 0.370 | |

4 讨论

本研究结果显示, 拉鲁湿地的土壤动物在种类组成上具有明显的高原湿地特征 (以腐生性的线蚓为优势类群)。该湿地位于高原温带半干旱季风气候区, 但这里的土壤动物 A/C (蠕类与弹尾类的比值) > 1, 其结果接近亚热带地区。已有文献表明^[21], 在温带、亚热带、热带等不同地带中, A/C 值具有地带性分布规律, 如位于温带的长白山 A/C 为 0.5, 位于亚热带的鼎湖山 A/C 为 1.4, 位于热带的新加坡 A/C 为 3.7。拉鲁湿地位于青藏高原温带半干旱季风气候区, 而这里的 A/C 值为 1.03, 接近亚热带地区, 这表明拉鲁湿地土壤动物群落结构有其独特的地区特征, 形成这种分布特征的真

正原因还有待进一步深入研究。

各生境土壤动物的类群数和个体数均呈现出随土壤深度的增加而减少, 具有明显表聚性特征, 符合土壤动物的一般分布规律^[21]。拉鲁湿地地处青藏高原, 白天紫外线辐射强烈, 地表水分蒸发量大, 相对地表的温度会升高, 平均高于深层 6.3℃; 地表的水分蒸发快, 含水量也会随之而降低, 平均低于深层 7.6%, 加之深层存在永冻层, 故温度会下降。表层土壤中的养分含量和透气性也具有优越性。由于表层土壤的环境条件相对优越, 所以土壤动物表现出表聚性分布特征。这也指示该湿地环境质量良好, 未受到明显的干扰。

Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 中包含了 2 个方面的因素: 即每个生境中土壤动物总的类群数和该生境中每种土壤动物的数量比例^[17]。可以用 H' 值的大小来衡量某个生境中土壤动物的丰富程度。Simpson 优势度指数 (C) 与 Pielou 均匀度指数 (E) 反映的是一个事物的 2 个方面, C 值表现了某个生境中物种数量的集中程度, C 值与 E 值具有负相关关系, C 值越大说明该生境中某个种类的土壤动物的个体数占该生境总个体数的比例越高, 导致该生境总体的均匀度下降而优势度增加^[6]。多样性指数与均匀度指数呈正相关, 多样性指数与优势度指数呈负相关。即某一群落的优势度指数越低, 同时在群落内个体数量出现的几率在种类间分配越均匀, 即均匀度指数就越大, 多样性指数也就越高^[21], 拉鲁湿地土壤动物的群落特征也符合这一分布规律。3# 样方为边缘

块状草甸和小丘生态类型,土壤动物群落所处的生境温湿条件、含氧量、透气性都适宜土壤动物生存,植物种类多样,覆盖度高,为土壤动物生存提供了充足的营养物质和适宜环境条件,所以该生境的土壤动物类群丰富、物种多样,个体数最大,均匀度高、优势类群不明显,物种多样性指数最高(2.493 4)。4[#]和5[#]样方为间歇性浸水生态类型,植物种类较多,采样时这一样区的土壤没有被水淹没,表层土壤含氧量丰富,有利于土壤动物生存。5[#]比4[#]样方受到旅游人群踩踏和周围居民放牧干扰少,因此,有较多典型的湿生动物分布。1[#]样方为长期浸水生态类型,土壤透气性差,不利于土壤动物生存,因此,动物类群数和个体数都较少。2[#]样方为污水区生态类型,土壤受到居民生活污水和农业退位水的影响较大,土壤 pH 较高(10.56),所以该生境土壤动物类群数仅有3类,在表层仅捕获动物763头,深层未捕获到动物标本。由此可见,在湿地土壤环境中动物的群落结构特征是土壤环境质量的综合体现。

不同生境土壤动物群落的相似性分析表明,1[#]~5[#]样区土壤动物群落的相似性指数在0.105~0.400之间,为极不相似到中等不相似。由于生境环境的异质性,导致不同生境中分布的土壤动物群落组成存在一定的差异性。5个样区共有的类群,反映了适应大环境的区域分布规律,各生境的特有类群反映了小环境的特殊性^[20]。要进一步明确动物群落特征中的哪些指标参数对生态系统环境质量具有指示作用,还有待进一步研究确定。

综上分析表明,湿地土壤环境的异质性影响动物群落特征的差异性,环境中生物的群落结构特征指标是土壤环境质量的综合反映,这正是人类研究环境生物学的价值所在。

参 考 文 献

- [1] Holec M, Frouz J. Ant (Hymenoptera: Formicidae) communities in reclaimed and unreclaimed brown coal mining spoil dumps in the Czech Republic. *Pedobiologia*, 2005, 49(4): 345-357.
- [2] Andrés P, Mateos E. Soil mesofaunal responses to post-mining restoration treatments. *Applied Soil Ecology*, 2006, 33(1): 67-78.
- [3] 吴玉红,蔡青年,林超文,等. 地埂植物篱对大型土壤动物多样性的影响. *生态学报*, 2009, 29(10): 5320-5329.
- [4] 林英华,张夫道,刘海东,等. 百望山土壤动物群落结构在枸树落叶分解中的变化. *动物学杂志*, 2005, 40(3): 60-66.
- [5] 韩立亮,王勇,王广力,等. 洞庭湖湿地与农田土壤动物多样性研究. *生物多样性*, 2007, 15(2): 199-206.
- [6] 殷秀琴,安静超,陶岩,等. 拉萨河流域健康湿地与退化湿地大型土壤动物群落比较研究. *资源科学*, 2010, 32(9): 1643-1649.
- [7] 次顿,倪邦贵. 西部大开发中的西藏生态环境建设战略研究. 拉萨: 西藏人民出版社, 2003.
- [8] 刘汉武,李春. 高原湿地研究: 拉萨拉鲁地区湿地研究. 北京: 气象出版社, 2005: 22-52.
- [9] 巴桑,次仁,普布,等. 拉鲁湿地国家级自然保护区鸟类资源及其保护对策. *资源科学*, 2009, 31(7): 1238-1243.
- [10] 尹文英,胡圣豪,沈韞芬,等. 中国土壤动物检索图鉴. 北京: 科学出版社, 1998.
- [11] 郑乐怡,归鸿. 昆虫分类. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [12] 钟觉民. 幼虫分类学. 北京: 农业出版社, 1990.
- [13] 武海涛,吕宪国,杨青,等. 三江平原湿地岛状林土壤动物群落结构特征及影响因素. *北京林业大学学报*, 2008, 30(2): 50-58.
- [14] 陈鹏. 土壤动物的采集和调查方法. *生态学杂志*, 1983, 2(2): 46-51.
- [15] 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.
- [16] 尹文英,颜亨梅. 中国土壤动物. 北京: 科学出版社, 2000.
- [17] 苏智先,王仁卿. 生态学概论. 济南: 山东大学出版社, 1989: 104-110.
- [18] Odum E P; 孙濡泳,等译. 生态学基础. 北京: 人民教育出版社, 1981.
- [19] 武海涛,于少鹏,吕宪国,等. 三江平原乌拉苔草-毛苔草湿地土壤动物多样性及其枯落物分解功能. *湿地科学*, 2008, 6(2): 285-292.
- [20] 张雪萍,侯威岭,陈鹏. 东北森林土壤动物同功能种团及其生态分布. *应用与环境生物学报*, 2001, 7(4): 370-374.
- [21] 黄丽荣,张雪萍. 大兴安岭北部森林生态系统土壤动物组成与多样性分析. *土壤通报*, 2008, 39(6): 502-507.