

青海湖北岸不同土地利用方式对大型土壤动物群落的影响

林恭华¹, 赵芳², 陈桂琛¹, 陈生云³, 苏建平¹, 张同作^{1*}

(1. 中科院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 青海大学草业科学系, 青海 西宁 810016;

3. 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冰冻圈科学国家重点实验室, 甘肃 兰州 730000)

摘要: 为了解青海湖北岸不同土地利用方式对草地生态系统中土壤动物群落特征的影响, 对这一地区不同样地中的大型土壤动物进行了调查。共捕获大型土壤动物 657 只, 隶属 3 纲 9 目 13 个类群, 优势类群为鞘翅目幼虫、双翅目幼虫和鞘翅目成虫。研究表明, 青海湖北岸草地生态系统中大型土壤动物数量总体稀少, 生物多样性较低, 推测干旱可能是导致这一现象的主要原因。在果洛藏村样区, 弃耕地中大型土壤动物类群极为匮乏, 远低于 3 种原生草地, 而补播地的土壤动物个体数显著高于 ($P < 0.05$) 弃耕地, 已与对应的原生草地相当, 可见人为耕种对芨芨草原生草地中大型土壤动物群落具有毁灭性的破坏作用, 而人工干预措施可以促进土壤动物群落的恢复进程。在烂泥湾样区, 18 年封育草地和 6 年封育草地生物量、个体数及多样性指数都无显著差别, 而放牧通道内大型土壤动物生物量和个体数都显著低于以上 2 种封育草地类型 ($P < 0.05$), 充分体现出放牧通道内植被和土壤条件恶化对大型土壤动物的不利影响。在铁路南河边滩地样区, 放牧通道内大型土壤动物生物量、个体数及多样性指数与长期封育草原草甸都无显著差别 ($P > 0.05$), 可能与这一样区内土壤较湿润有关。

关键词: 土地利用方式; 大型土壤动物; 个体数; 生物量; 多样性

中图分类号: S154.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2012)02-0180-07

* 环青海湖地区是青海省最重要的畜牧业生产基地, 20 世纪 50 年代以来, 大规模的生产开发以及人类经济活动的干扰和影响, 尤其是人为开垦、过度放牧等不合理利用, 导致草地退化严重, 物种多样性大量丧失^[1,2]。为抑制该地区环境退化的整体趋势, 从 20 世纪 90 年代开始进行了围栏封育, 同时随着西部大开发的实施, 对环湖地区的部分耕地实行了退耕还草政策, 使天然草地的植被状况得到改善^[3]。然而长期以来人们只注重草地恢复建设, 而对建设效果的评价方面仅有少量报道。周国英等^[4-6]分析了人工恢复措施对青海湖北岸天然高寒草原的影响, 结果表明, 施肥和围栏封育后天然高寒草原的群落特征和地上生物量都发生了显著变化。乔有明等^[3]分析了青海湖北岸不同土地利用方式对土壤元素含量的影响, 结果表明, 围栏封育草地、围栏放牧草地、多年生人工草地和农田 4 种不同土地利用方式样地间土壤有机碳、全氮储量产生了较明显的差异。

土壤动物是陆地生态系统的重要组成部分, 对土壤生态系统中物质和能量的转换、维护生态平衡等起着极其重要的作用^[7]。过去很多研究将土壤理化性状、有机质含量、土壤微生物量、土壤酶活性等作为反映土壤质量的主要指标^[8,9]。然而, 土壤动物在自然生态系统中扮演着消费者和分解者的角色, 不但在土壤有机质分解、营养物质的循环和释放、植物营养物质的有效利用、土壤结构的形成和土壤生态系统的稳定、影响土壤健康和植物演替中具有重要的作用, 对环境起着天然的“过滤”和“净化”作用^[10], 而且还可作为土壤质量和生态系统恢复的重要指示生物(indicator organism)或指示指标来监测土壤或环境的变化。当某些环境因素的变化超出一定限度时, 即会影响到土壤动物的繁衍和生存, 甚至导致其死亡; 并且其生存、取食、活动对土壤理化性质的变化有一定的响应, 因此, 土壤动物可以作为草地生态系统健康的显示指标和重要指示生物。本研究选择位于青海湖北岸的青海省三角城种羊场为研究区域, 通过对该区域不同土地利用方式的样地进行大型土壤动物样品的采集和分析,

* 收稿日期: 2010-12-29; 改回日期: 2011-03-04

基金项目: 国家“十一五”科技支撑计划重点项目第 4 课题(2007BAC30B04), 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB411502), 国家自然科学基金(40901040)和冰冻圈科学国家重点实验室自主课题(SKLCSS 09-06)资助。

作者简介: 林恭华(1983-), 男, 浙江江山人, 助理, 博士。E-mail: lingonghua@163.com

* 通讯作者。E-mail: zhangtz@nwipb.cas.cn

探讨土壤动物群落对土地利用方式变化的响应,并为该地区环境变化研究和退化草地恢复重建提供参考。

1 材料与方法

1.1 研究区概况和样地信息

研究区设于青海省海北藏族自治州刚察县的三角城种羊场,海拔 3 280 m 左右。该地区属高原大陆性气候特征,具有寒冷期长,太阳辐射强,气温日差较大,干旱少雨,降水比较集中等特点。草地类型主要以高寒山地温性草原类为主,原生植被以芨芨草(*Achnatherum splendens*)、紫花针茅(*Stipa purpurea*)、线叶嵩草(*Kobresia capillifolia*),垂穗披碱草(*Elymus nutans*)等为主要建群种。研究区总体气候、植被、土壤因子等概况已有详细报道,见文献[1,3]。

表 1 土壤动物采样地信息

Table 1 Land information of study sites

样地 Site	土地使用类型 Land type	生境描述 Land characteristics
G1	弃耕地 Abandoned land	原生植被为芨芨草草原,1958 年进行过翻耕,1960 年弃耕;主要植物种类有早熟禾、异叶青兰、多裂委陵菜等,总体植被盖度 10%。Splendens (<i>A. splendens</i>) grassland as the native vegetation, be plowed in 1958 and then be abandoned in 1960; the main plant species were <i>Poa</i> sp., <i>Dracocephalum heterophyllum</i> , <i>Potentilla multifida</i> , etc.; with a total coverage of 10%.
G2	补播地 Reseeded land	原生植被为芨芨草草原,1958 年进行过翻耕,1960 年弃耕,1990 年通过松耙、撒种补播垂穗披碱草;伴生有矮嵩草、赖草等,总体植被盖度 45%~60%。Splendens grassland as the native vegetation, be plowed in 1958, be abandoned in 1960, and then be harrowed and reseeded with <i>E. nutans</i> in 1990; the companion plant species were <i>K. humilis</i> , <i>Leymus</i> sp., etc.; with a total coverage of 45%~60%.
G3	芨芨草原生草地 Achnatherum grassland	芨芨草原生草地,芨芨草盖度 30%以斑块状分布;下层为紫花针茅、棘豆、沙蒿等,盖度 20%。Native splendens grassland, with 30% coverage of <i>A. splendens</i> . Beneath the splendens were <i>S. purpurea</i> , <i>Oxytropis</i> sp., <i>Artemisia desterorum</i> , etc.; with a total coverage of 20%.
G4	紫花针茅原生草地 Stipa grassland	芨芨草原生草地,芨芨草盖度 3%~5%;下层为紫花针茅、披针叶黄华、线叶嵩草等,盖度 45%。Native splendens grassland, with 3%~5% coverage of <i>A. splendens</i> . Beneath the splendens were <i>S. purpurea</i> , <i>Thermopsis lanceolata</i> , <i>K. capillifolia</i> , etc.; with a total coverage of 45%.
G5	山地草甸 Mountain meadow	位于山地阴坡及偏阴坡,主要植物种类有线叶嵩草、苔草、垂穗披碱草等,总植被盖度 60%。Located in the shaded and side mountain slopes; the main plant species were <i>K. capillifolia</i> , <i>Carex</i> sp., <i>E. nutans</i> , etc.; with a total coverage of 60%.
L1	18 年封育草地 18-year enclosed grassland	封育 18 年天然放牧草地,主要植物种类有线叶嵩草、早熟禾、紫花针茅等,植被盖度 55%。Natural grassland which had been enclosed for 18 years, the main plant species were <i>K. capillifolia</i> , <i>Poa</i> sp., <i>S. purpurea</i> , etc.; with a total coverage of 55%.
L2	6 年封育草地 6-year enclosed grassland	封育 6 年天然放牧草地,主要植物种类有柴胡、沙蒿、虻果芥等,植被盖度 50%。Natural grassland which had been enclosed for 6 years, the main plant species were <i>Bupleurum</i> sp., <i>A. desterorum</i> , <i>Torularia humilis</i> , etc.; with a total coverage of 50%.
L3	放牧通道 Grazing channel	为封育 18 年和封育 6 年围栏之间的自由放牧通道,土壤硬实,狼毒占 30%,其他植物有柴胡、棘豆等,总盖度 10%左右。Grazing channel between the 6- and 18-year enclosed grasslands, with very hard soil; The <i>Stellera chamaejasme</i> constituted 30% of the plant coverage. The other plants included <i>Bupleurum</i> sp., <i>Oxytropis</i> sp. etc.; with a total coverage of 10%.
T1	长期封育草原草甸 Enclosed grassland meadow	垂穗披碱草草原草甸,长期封育,主要植物种类有垂穗披碱草、披针叶黄华、雪白委陵菜等,盖度 98%。Enclosed <i>E. nutans</i> grassland meadow, the main plant species were <i>E. nutans</i> , <i>T. lanceolata</i> , <i>P. nivea</i> , etc.; with a total coverage of 98%.
T2	放牧通道 Grazing channel	为草原草甸封育围栏外的放牧通道,主要植物种类有垂穗披碱草、芨芨草、碱茅等,总体植被盖度 10%。Grazing channel besides the enclosed grassland meadow, the main plant species were <i>E. nutans</i> , <i>A. splendens</i> , <i>Puccinellia</i> sp., etc.; with a total coverage of 10%.

本研究涉及以下 3 个样区,1)果洛藏村样区(N 37°16.7', E 100°19.5'),包括 5 种样地类型(G1~G5);2)烂泥湾样区(N 37°17.4', E 100°15.1'),包括 3 种样地类型:(L1~L3);3)铁路南河边滩地(N 37°14.4', E 100°13.4'),包括 2 种样地类型:(T1~T2)。各样地基本信息在表 1 中列出。

1.2 大型土壤动物调查与鉴定

于 2010 年 7 月对研究区进行采样调查,为避免季节变化带来的影响,整个采样过程在 1 周内完成。考虑到大型土壤动物有较强的垂直迁移能力,对本地区的采样未采用分层取样的方法。具体的调查方法为:在每个样地内随机选取面积大小为 50 cm×50 cm×20 cm 的样方 6 个,手拣法收集大型土壤动物,保存在装有 75%乙醇溶液的收集管中。

在实验室内,取出土壤动物用滤纸吸干表面溶液,在万分之一天平上称取生物量(总鲜重,biomass)。土壤动物的鉴定根据《中国土壤动物检索图鉴》^[11]、《昆虫学》^[12]等著作,在双目普通解剖镜下进行。因土壤动物成虫和幼虫的生活习性差异较大,所以将成虫和幼虫(包括蛹)分开统计数量;为统一起见,成虫和幼虫都仅鉴定到目。

1.3 数据分析

土壤动物优势度的划分:个体数量占群落总个体数 10.00%以上者为优势类群(+++),占 1.00%~10.00%者为常见类群(++),不足 1.00%者为稀有类群(+)。土壤动物的多度或多样性分析用个体数和 Shannon-Wiener 多样性指数($H = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$, s 为所有类群数, P_i 为第 i 类群的个体数占总个体数的比例)进行统计。分布检验显示,土壤动物数据显著偏离正态分布,因此不同样区间和不同样地间土壤动物生物量、个体数和多样性指数等均值比较用 Mann-Whitney U 检验进行,为增加检验灵敏度,这类检验以每个样方为单位样本。不同变量之间的相关性分析用非参数的 Spearman 检验,不同样地之间土壤动物群落的相似性用聚类法(hierarchical cluster analysis)进行分析。所有统计分析都在 SPSS 15.0 中进行。

2 结果与分析

2.1 大型土壤动物群落的组成特征

10 个样地共捕获大型土壤动物 657 只,隶属 3 纲(昆虫纲、蛛形纲、多足纲)9 目共 13 个类群(表 2)。其中鞘翅目昆虫(尤其是幼虫)占绝对优势(2/3 左右),双翅目幼虫次之。其他类群除了直翅目(蝗虫)成虫之外,都属于稀有种。蚯蚓是大型土壤动物中的常见类群,然而调查却未发现蚯蚓的存在,可能与这一地区高寒、干旱的气候特征有关。

表 2 大型土壤动物群落组成

Table 2 Community composition of larger-size soil animals

土壤动物 Animal soil	G1	G2	G3	G4	G5	L1	L2	L3	T1	T2	合计 Total	百分比 Percent (%)	优势度 Abundance
鞘翅目幼虫 Coleoptera larva	12	54	47	70	37	66	51	14	37	42	430	65.45	+++
鞘翅目成虫 Coleoptera	6	4	6	10	9	6	11	3	4	7	66	10.05	+++
双翅目幼虫 Diptera larva	0	4	6	53	53	7	6	1	1	1	132	20.09	+++
双翅目成虫 Diptera	0	0	0	1	3	0	0	1	0	0	5	0.76	+
双翅目蛹 Diptera pupa	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	2	0.30	+
鳞翅目幼虫 Lepidoptera larva	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0.30	+
鳞翅目蛹 Lepidoptera pupa	0	0	0	1	0	0	2	1	0	0	4	0.61	+
直翅目成虫 Orthoptera	0	1	2	0	2	3	1	0	0	0	9	1.37	++
半翅目成虫 Hemiptera	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0.30	+
同翅目成虫 Homoptera	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0.15	+
蜘蛛目 Araneae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0.15	+
蜱螨目 Acarina	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0.30	+
石蜈蚣目 Lithobiomorpha	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.15	+

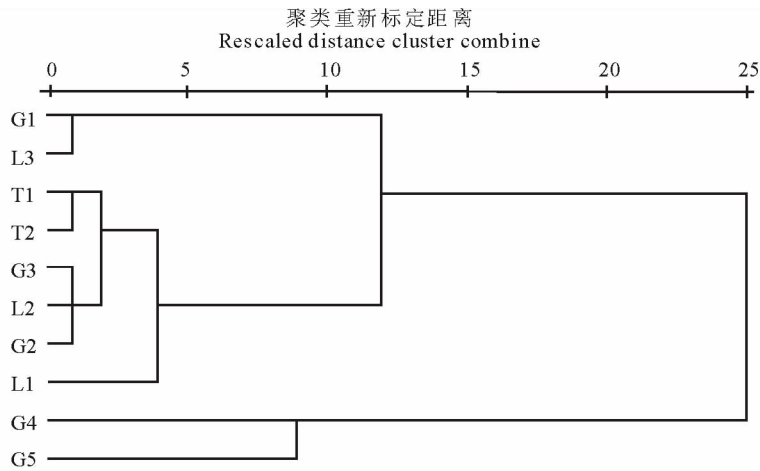


图 1 不同样地大型土壤动物群落系统聚类图

Fig. 1 Dendrogram of larger-size soil animal communities from different land sites

聚类分析(图 1)将 10 个样地分为 2 个大组:G4、G5 组成“鞘翅目+双翅目”组;而其他 8 个样地组成“鞘翅目占绝对优势”组,其中又可分为个体稀少亚组(G1、L3)和个体较多亚组(G2、G3、L1、L2、T1、T2)。聚类分析同时表明,不同区域之间土壤动物组成并未截然分开,可见地区因素不是影响土壤动物组成的关键因素。

西北高海拔地区大型土壤动物研究方面的资料比较匮乏,同时,由于不同研究其取样深度不同,因此仅少数资料具有直接比较的价值。吴亚和金翠霞^[13]对青海省海北藏族自治州门源种马场的高寒草甸生态系统大型土壤动物进行调查,结果表明,平均每个 50 cm×50 cm×20 cm 样方中大型土壤动物个数为 37.25 只。魏登贤^[14]对青海省玛沁县格姆滩 4 种高寒草甸(轻度退化、中度退化、重度退化草地和封育草地)类型进行土壤动物调查,基于其发布的研究方法和数据可以推算出这一地区平均每个 50 cm×50 cm×20 cm 样方中大型土壤动物个体数为 43.25 只。本研究的 10 个样地(共 60 个 50 cm×50 cm×20 cm 样方)平均每样方动物个体数仅为 11 只左右,即使是个体数最多的紫花针茅原生草地平均每样方也仅为 22.67 只,远低于前面 2 个区域。根据文献资料^[4,13,14],门源种马场、玛沁格姆滩和青海湖地区年均温分别为 0, -3.9, -0.5℃,而年降水分别为 500~570, 513~549, 370.3 mm。由此推测,干旱可能是导致青海湖北岸大型土壤动物总体稀少的主要原因之一。

2.2 样区内不同土地利用方式对土壤动物的影响

在果洛藏村,不同样地类型之间个体数大小(均值)顺序为:G1<G3<G2<G5<G4,而生物量和多样性指数大小(均值)顺序都为 G1<G2<G3<G5<G4(表 3)。Mann-Whitney U 检验显示,弃耕地中土壤动物个体数显著低于($P<0.05$)3 种原生草地类型,生物量显著低于($P<0.05$)紫花针茅原生草地和山地草甸,多样性显著低于($P<0.05$)紫花针茅原生草地。此外,弃耕地中大型土壤动物类群极为匮乏,平均每个样方只有 3 只鞘翅目幼虫或成虫。可见,即使是短期的人为耕种,对芨芨草原生草地中大型土壤动物群落也具有毁灭性的破坏作用,且这种不利影响在短期内很难恢复。补播地的土壤动物个体数显著高于($P<0.05$)弃耕地,已与芨芨草原生草地相当,显示人工干预措施可以促进土壤动物群落的恢复进程。

表 3 土壤动物个体数、生物量和多样性均值±方差分布

Table 3 Mean±SD distribution of individual number, biomass and Shannon-Wiener diversity (H)

样地 Site	个体数 Individual number	生物量 Biomass (g)	多样性 H
G1	3.00±3.29	0.2529±0.2691	0.4164±0.3350
G2	10.67±6.25	0.3022±0.2519	0.4242±0.2416
G3	10.17±3.66	0.4309±0.3052	0.5467±0.3860
G4	22.67±5.85	1.9162±0.4600	0.9153±0.2376
G5	17.67±11.41	1.0567±0.6835	0.7881±0.4506
L1	13.83±6.40	0.9656±0.6427	0.5708±0.4191
L2	12.17±5.64	1.4249±0.5549	0.7251±0.4341
L3	3.50±2.26	0.2606±0.2374	0.5828±0.4899
T1	7.17±3.87	0.1215±0.1067	0.4035±0.3850
T2	8.67±9.85	0.2322±0.2593	0.3780±0.3076

在烂泥湾样区,18年封育草地和6年封育草地在生物量、个体数及多样性指数上都无显著差别。居于2种封育样地之间的放牧通道内大型土壤动物生物量和个体数都显著低于以上2种封育草地类型($P < 0.05$)。Mann-Whitney U 检验显示,放牧通道内大型土壤动物的生物量、个体数及多样性3个指标都与弃耕地类似。可见,对于天然放牧草地而言,放牧通道内由于牛羊啃食和践踏严重,导致植被和土壤条件恶化^[15,16],对大型土壤动物的影响已达到弃耕地的影响水平。此外,18年封育草地和6年封育草地在土壤动物各指标上没有显著差别,天然草地围栏封育对大型土壤动物组成和数量等的影响具有饱和性,对于没有遭受彻底破坏的草地,封育6年已经可以达到稳定水平。

在铁路南河边滩地,尽管2种样地类型(长期封育草原草甸和放牧通道)在植被属性上体现2个极端,然而其内大型土壤动物生物量、个体数及多样性指数上都无显著差别($P > 0.05$)。一方面,封育草地土壤中植物根系过于繁盛,限制了土壤动物的生存空间;另一方面,由于地处河边滩地,土壤湿润,使得放牧通道内土壤中的生存条件得到缓解,可以维持一定的动物数量。

2.3 鞘翅目在西北草地生态系统中的代表意义

研究发现,青海湖地区鞘翅目个体数占土壤动物总数的75.5%(幼虫+成虫);从单个样地看,除紫花针茅原生草地(58.82%)和山地草甸(43.40%)2个样地外,其余样地鞘翅目数量占各样地土壤动物总个数的80%~100%。吴亚和金翠霞^[13]对青海省海北藏族自治州门源种马场的高寒草甸生态系统的调查显示,鞘翅目组成占大型土壤动物的64.89%;在魏登贤^[14]的研究中,尽管蜚蠊类占了很大份额,不同退化程度的高寒草甸类型中鞘翅目个数也占到大型土壤动物的19.26%~30.97%。此外,对祁连山西段疏勒河上游的大型土壤动物调查表明,鞘翅目个体数占70%以上^[17]。因此总体来说,西北地区草地生态系统中的鞘翅目是优势类群。对鞘翅目成虫的分科鉴定显示,10个样地中共有8种鞘翅目成虫(表4)。其中步甲科、金龟子科在各样地中出现的频度较高。结合前人的研究资料^[14,18],表明西北高原地区具有比较丰富的鞘翅目类群。

表4 各样地鞘翅目成体组成
Table 4 Composition of adult Coleoptera

地点 Site	G1	G2	G3	G4	G5	L1	L2	L3	T1	T2	频度 Frequency
瓢虫科 Coccinellidae						1					1
金龟子科 Scarabaeidae	4		2	7	1	4	1	1	1		8
步甲科 Carabidae		2	1	2	3	1	6	1	1	5	9
叶甲科 Chrysomelidae					1		2		1	1	4
象甲科 Curculionidae		2	1	1	1		2	1			6
隐翅甲科 Staphilinidae					2				1	1	3
拟步甲科 Tenebrionidae	1		2		1						3
芫菁科 Meloidae	1										1
合计 Total	6	4	6	10	9	6	11	3	4	7	

土壤动物的研究迄今已有150多年的历史,我国的土壤动物研究也已经经历30多年^[19]。近年来,国内外土壤动物的研究内容日益广泛,所涉及的生态系统类型和研究角度也不断增加^[18]。尽管如此,国内外不同研究之间的对比分析却鲜见报道。其中一个最关键的原因是不同生态系统类型之间土壤动物的类群组成差别甚大,难以统一量化比较。在科研日益全球化的今天,如何选择有代表性的类群进行跨区域的系统分析,是土壤动物学发展的一个重要的潜在突破点。鞘翅目是昆虫纲中最具多样性的一个类群,几乎分布于陆地上每一个角落,迄今全世界已知36万多种,占全球已知昆虫总数的1/3,是昆虫纲中乃至动物界种类最多、分布最广的第1大目^[20,21]。因此认为,可以将鞘翅目作为西北草地生态系统大型土壤动物研究的通用指示物种。值得一提的是,土壤中的鞘翅目个体大多以幼虫的形式存在,而这些幼虫(包括其他昆虫的幼虫)在形态上有趋同性,不易区分。近年来,基于

DNA 序列的鞘翅目分子系统发育研究发展迅速^[20,22,23],而大量的分子序列信息将有利于用 DNA 条码技术^[24]进行物种的准确、快速鉴定,从而在群落水平(以物种为单位)和遗传学水平(以碱基为单位)进行土壤动物多样性分析。这样可以大大提高大型土壤动物对环境因素的指示作用研究精度和跨区域研究水平,为草地生态学和昆虫生态学的发展提供较好的发展平台。

参考文献:

- [1] 周国英,陈桂琛,李伟,等. 青海湖地区芨芨草群落特征及其物种多样性研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(11): 1956-1962.
- [2] 朱宝文,周华坤,徐有绪,等. 青海湖北岸草甸草原牧草生物量季节动态研究[J]. 草业科学, 2008, 25(12): 62-66.
- [3] 乔有明,王振群,段中华. 青海湖北岸土地利用方式对土壤碳氮含量的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(6): 105-112.
- [4] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等. 施肥和围栏封育对青海湖地区高寒草原影响的比较研究——I 群落结构及其物种多样性[J]. 草业学报, 2004, 13(1): 26-31.
- [5] 周国英,陈桂琛,赵以莲,等. 施肥和围栏封育对青海湖地区高寒草原影响的比较研究——II 地上生物量季节动态[J]. 草业科学, 2005, 22(1): 59-63.
- [6] 周国英,陈桂琛,韩友吉,等. 围栏封育对青海湖地区芨芨草原群落特征的影响[J]. 中国草地学报, 2007, 29(1): 19-23.
- [7] 吴鹏飞,刘兴良,刘世荣. 米亚罗亚高山草甸冬春两季土壤动物群落特征的比较[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 123-129.
- [8] Curry J P, Good J A. Soil faunal degradation and restoration[J]. Advances in Soil Science, 1992, 17: 11-21.
- [9] 焦婷,常根柱,周学辉,等. 高寒草甸草场不同载畜量下土壤酶与土壤肥力的关系研究[J]. 草业学报, 2009, 18(6): 98-104.
- [10] Lavelle P. Faunal activities and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function[J]. Advances in Ecological Research, 1997, 24: 93-132.
- [11] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [12] 南开大学五校合编. 昆虫学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1980.
- [13] 吴亚,金翠霞. 土壤昆虫的数量与生物量及其影响因素[J]. 生态学报, 1982, 2(4): 375-382.
- [14] 魏登贤. 格姆滩不同程度退化草地土壤动物的指示作用研究[D]. 西宁: 青海大学, 2008.
- [15] 仁青吉,武高林,任国华. 放牧强度对青藏高原东部高寒草甸植物群落特征的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(5): 256-261.
- [16] 张成霞,南志标. 放牧对草地土壤理化特性影响的研究进展[J]. 草业学报, 2010, 19(4): 204-211.
- [17] 林恭华,杨传华,陈生云,等. 疏勒河上游冻土区大型土壤动物群落调查[J]. 草业科学, 2011, 28(10): 1864-1868.
- [18] 金朝. 高寒草地大型土壤动物群落结构研究[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2008.
- [19] 尹文英. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [20] 葛斯琴,杨星科,李文柱,等. 鞘翅目系统演化关系研究进展[J]. 动物分类学报, 2003, 28(4): 599-605.
- [21] Resh V H, Carde R T. Encyclopedia of Insects (2nd Edition)[M]. San Diego: Academic Press, 2009.
- [22] 付景,张迎春. 27 种瓢虫 mtDNA COI 基因序列分析及系统发育研究(鞘翅目: 瓢虫科)[J]. 昆虫分类学报, 2006, 28(3): 179-186.
- [23] Hunt T. A comprehensive phylogeny of beetles reveals the evolutionary origins of a superradiation[J]. Science, 2007, 318: 1913-1916.
- [24] Kress W J, Erickson D L. DNA barcodes: Genes, genomics, and bioinformatics[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2008, 105(8): 2761-2762.

**Effects of different land-use types on larger-size soil animal communities in
the northern region of Qinghai Lake**

LIN Gong-hua¹, ZHAO Fang², CHEN Gui-chen¹, CHEN Sheng-yun³,
SU Jian-ping¹, ZHANG Tong-zuo¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. Grass Science Department, Qinghai University, Xining 810016, China; 3. Qilian Shan Station of Glaciology and Ecologic Environment, State Key Laboratory of Cryospheric Sciences, Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China)

Abstract: To investigate the effects of different land-use styles on soil animal communities in the grasslands of the northern region of Qinghai Lake, the larger-size soil animals from 10 different sites were investigated. A total of 657 animals (belonging to 3 classes 9 orders 13 taxonomic groups) were collected, with larval Coleopteran (beetles), larval Diptera and adult Coleopteran as the dominant groups. Compared with former related studies in other regions in the northwest of China, the northern region of Qinghai Lake had rather low numbers (11 individuals per 50 cm×50 cm×20 cm quadrat) and diversity, perhaps due to the arid nature of the area. Compared with three other original grassland types, abandoned land in the Guoluozang County area, soil animals were very scarce, while in the reseeded land there were significantly larger numbers of soil animals, indicating that cultivations had destructive effects on the *Achnatherum* grassland, while manual activities might be helpful for the recovery process. In the Lanniwan area, there were no differences in animal numbers, biomass and biodiversity between 18-years and 6-years enclosed grassland, but the unfenced grazing channel had significantly lower numbers and animal biomass than the two enclosed grasslands, indicating the negative effects of degraded vegetation and soil conditions on soil animal communities. In the River Beach area, there were no differences of animal biomass, number and biodiversity between the grazing channel and the enclosed meadow steppe, perhaps due to the humid soil environment in the area.

Key words: land-use type; larger-size soil animal; number; biomass; diversity