



疏勒河上游冻土区大型土壤动物群落调查

林恭华¹, 杨传华¹, 陈生云², 刘文杰², 陈桂琛¹, 张同作¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 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 祁连山冰川与生态环境观测研究站, 甘肃 兰州 730000)

摘要:为了掌握疏勒河上游冻土生态系统中土壤动物的群落特征,于2010年6—7月对这一地区不同生境中的大型土壤动物进行了调查。共捕获大型土壤动物453头,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。与我国西北高原地区的土壤动物群落相比,疏勒河上游地区的土壤动物数量稀少、生物多样性较低,推测极端干旱可能是导致这一现象的主要原因。尽管不同植被类型间的大型土壤动物物种组成方面有较大差别,但其生物量和多样性与植被定量指标之间无显著相关关系($P>0.05$)。季节冻土和多年冻土之间,土壤动物生物量、个体数和Shannon-Wiener多样性指数都无显著差异($P>0.05$),而过渡类型冻土中的土壤动物生物量和个体数却显著大于其他2种冻土类型($P<0.05$)。

关键词:大型土壤动物;冻土类型;植被类型;气候特征

中图分类号:S154.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0629(2011)10-1864-05

*¹ 土壤动物是陆地生态系统的重要成员,对土壤生态系统中物质的转换、有机物的分解、土壤的发育和成熟等功能过程起着极其重要的作用^[1]。近年来,国内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;然而总体来看,这些研究主要集中于中国东部地区,对广阔且自然环境独特的西部,土壤动物方面的知识依然十分匮乏^[2]。

疏勒河流域地处青藏高原东北缘祁连山西段,是我国河西走廊内陆干旱区三大内陆河流域之一,也是河西农牧民群众的“生命线”和“天然水塔区”^[3]。疏勒河上游地区按陆地表层干湿指数区划属于半干旱区—干旱区边缘地带,呈现干寒气候条件下的草原—荒漠景观^[4]。然而由于气候、地形、水文等因素的影响^[4-6],这一地区形成多种不同的植被和冻土类型^[3],进而影响土壤动物的群落组成。本研究初步分析疏勒河上游地区不同草地类型大型土壤动物群落组成、多样性、生物量等特征,同时分析这些特征与样点分布、冻土类型以及植被类型等环境因子的关系,以期为更好地认识这一地区生态系统的结构和功能提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区概况和样地信息

祁连山境内的沙果林那穆吉木岭,其上游区域位于疏勒南山与托来南山之间,海拔2 100~5 750 m,行政区域上地跨青海省海西蒙古自治州的天峻县和甘肃省酒泉市的肃北蒙古族自治县。研究区总体气候、植被、土壤因子等概况之前已有详细报道^[3]。

本研究涉及的疏勒河上游地区样点分布于2个样带上,一个是青海省天峻县苏康公路两侧(6个样点:SLP2、SLP4、SLP5、SLP6、SLP7、SLP8),另一个是甘肃省肃北县石梦公路两侧(4个样点:SB1、SB2、SB3、SB5)。样点基本信息见表1。

1.2 植被信息分析 在每一样地随机布设50 m长样线,沿此样线随机设置50 cm×50 cm的一级样方3~5个。用目测法观测各样方内植物群落种类组成与结构特征值,包括植物种名、株数、平均高度、分种盖度、频度等^[3]。在此基础上,统计样方内物种数(N_p)、群落盖度(C_p);计算相对重要值(P_i),进而计算植物多样性Shannon-Wiener指数(H_p)。

收稿日期:2010-12-29 接受日期:2011-05-04
基金项目:国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2007CB411502);国家“十一五”科技支撑计划重点项目第4课题(2007BAC30B04);国家自然科学基金(40901040);冰冻圈科学国家重点实验室自主课题(SKLCS 09-06)
作者简介:林恭华(1983-),男,浙江江山人,助研,研究方向为动物生态学。E-mail:lingonghua@163.com
通信作者:张同作 E-mail:zhangtz@nwipb.cas.cn

$$P_i = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) / 3;$$

$$H_p = -\sum P_i \ln P_i, (i=1, 2, \dots, N_p)^{[7]}.$$

用刈割法收集植物地上部分,尔后随机选取 25 cm×25 cm 的二级样方,用土钻或环刀法筛取植物 0~20 cm 地下部分(20 cm 以下根系生物量比例极小^[8],本研究未予考虑),然后连同地上部分在 85 °C 烘干箱内烘干至质量不变后称量,测定并换算地上生物量(B_{pu})、地下生物量(B_{ps})值(g/m^2 ,精度为 0.01 g)。

1.3 大型土壤动物调查与鉴定 预调查发现,疏勒河上游地区大型土壤动物数目较少,且考虑到大型土壤动物有较强的垂直迁移能力,对该地区的采样未采用分层取样的方法。具体的调查方法:在每个样地内随机选取面积大小为 50 cm×50 cm×20 cm 的样方 8 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(总鲜质量)。土壤动物的鉴定根据《中国土壤动物检索图鉴》^[9]、《昆虫学》^[10]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。

1.4 数据分析 土壤动物多度的划分: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(+)。土壤动物的多样性分析用个体数与 Shannon-Wiener 指数进行统计。分布检验显示,土壤动物数据显著偏离正态分布,因此不同区域、冻土类型及植被类型间(表 1)土壤动物生物量、个体数和 Shannon-Wiener 多样性指数均值比较用 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,不同样点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 植被与土壤动物群落的组成特征 各个样地的植被类型如表 1 所示,相关植被指标见表 2。研究表明,疏勒河上游植被盖度较小(<50%),不同植被类型间各植被指标差异较大;另外一个显著特征是,地下生物量远高于地上生物量。10 个样点共捕获大型土壤动物 453 头,隶属 3 纲 9 目共 13 个类群(表 3)。其中鞘翅目昆虫(尤其是幼虫)占绝对优势(2/3 左右),除 SB5 样点外都有分布;双翅目次之,仅 SLP8 和 SB5 两个样点内无分布。

聚类分析将 10 个样点分为 2 个大组(图 1): SLP4、SLP7 与 SB3 组成“鞘翅目占绝对优势”组;而其他 7 个样点又可分为“鞘翅目较多”亚组(SLP2、SLP5、SLP6、SLP8 和 SB2)、荒漠亚组[SB1,以蚂蚁

表 1 土壤动物采样点经纬度、海拔、植被类型、冻土类型及优势植物信息^[3]

样点	经度	纬度	海拔 (m)	植被类型	冻土类型	优势植物
SLP2	98°16'15" E	38°19'39" N	4 030	高寒草甸	多年冻土	高山嵩草(<i>Kobresia pygmaea</i>)、 青藏苔草(<i>Carex moorcroftii</i>)
SLP4	98°19'24" E	38°28'33" N	3 890	高寒草甸	多年冻土	青藏苔草、紫花针茅(<i>Stipa purpurea</i>)
SLP5	98°14'49" E	38°32'29" N	3 936	高寒草甸	多年冻土	粗壮嵩草(<i>Kobresia robusta</i>)、 昆仑蒿(<i>Artemisia nanshanica</i>)
SLP6	98°12'20" E	38°33'02" N	3 832	高寒草原	多年冻土	紫花针茅、沙生风毛菊(<i>Saussurea arenaria</i>)
SLP7	98°05'37" E	38°38'11" N	3 750	高寒草原	过渡类型	紫花针茅、赖草(<i>Leymus secalinus</i>)
SLP8	97°57'32" E	38°46'31" N	3 636	高寒草原	季节冻土	紫花针茅、火绒草(<i>Leontopodium leontopodioides</i>)
SB1	96°11'24" E	39°44'43" N	2 519	荒漠	季节冻土	珍珠猪毛菜(<i>Salsola passerine</i>)、葱(<i>Allium</i> spp.)
SB2	96°18'26" E	39°41'09" N	3 016	荒漠化草原	季节冻土	短花针茅(<i>S. breviflora</i>)、臭蒿(<i>A. hedinii</i>)
SB3	96°24'59" E	39°37'57" N	3 438	高寒草原	过渡类型	紫花针茅、火绒草
SB5	96°30'21" E	39°30'14" N	4 216	高寒冰缘	多年冻土	四裂红景天(<i>Rhodiola quadriifida</i>)、 早熟禾(<i>Poa annua</i>)

表 2 不同样地植物群落组成

样点	物种数	盖度 (%)	多样性指数	地上生物量(g/m ²)	地下生物量(g/m ²)
SLP2	13.667	41.00	2.444	55.32	1 046.62
SLP4	10.400	45.67	2.186	41.43	1 055.79
SLP5	12.250	40.00	2.304	63.21	898.92
SLP6	9.000	34.33	2.017	111.99	1 304.38
SLP7	7.667	26.10	1.860	23.19	1 048.46
SLP8	4.667	17.83	1.373	34.07	1 576.49
SB1	3.000	15.20	0.927	107.18	824.46
SB2	1.600	20.40	0.655	63.10	1 832.05
SB3	3.333	30.30	1.003	41.86	1 613.16
SB5	7.000	25.33	1.834	52.00	536.46

(*Formicidae* spp.)及蜘蛛(*Araneida* spp.)为代表动物]和高寒冰缘亚组[SB5,以石蜈蚣(*Lithobio-*

morpha spp.)为代表动物]。

在天峻县样区,以青藏苔草+紫花针茅为主的高寒草甸样点(SLP4)和以紫花针茅+赖草为主的高寒草原样点(SLP7),生物量和个体数都远高于该区其他样点;而在高山嵩草+青藏苔草为主的高寒草甸样点(SLP2),各项植被指标都较高,但土壤动物个体数却低于其他所有样点,推测认为,可能是高山嵩草庞大紧实的根系限制了土壤动物的生存。在肃北县样区,荒漠群落(SB1)中以膜翅目(主要是蚂蚁)为主,荒漠化草原(SB2)和高寒草原(SB3)中以鞘翅目为主,而高寒冰缘群落(SB5)中则以石蜈蚣占优势。可见,不同植被类型间大型土壤动物类群组成差别较大,这些都体现出疏勒河上游地区大型土壤动物分布的复杂性。

表 3 不同样地大型土壤动物群落组成

土壤动物	个体数(头)											百分比 (%)	优势度
	SLP2	SLP4	SLP5	SLP6	SLP7	SLP8	SB1	SB2	SB3	SB5	合计		
鞘翅目幼虫	4	66	16	26	84	11	2	26	73	0	308	67.99	+++
鞘翅目成虫	0	11	3	2	4	1	2	1	4	0	28	6.18	++
双翅目幼虫	2	6	3	3	4	0	2	10	5	0	35	7.73	++
双翅目成虫	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	5	1.10	++
双翅目蛹	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0.22	+
鳞翅目幼虫	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	6	1.32	++
鳞翅目蛹	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	0.66	+
半翅目	0	2	1	0	0	0	3	0	0	1	7	1.55	++
膜翅目	0	0	0	0	1	0	19	0	0	0	20	4.42	++
同翅目	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0.22	+
蜘蛛目	0	1	4	1	0	0	9	2	0	4	21	4.64	++
蜱螨目	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0.66	+
石蜈蚣目	0	0	0	0	1	0	0	0	0	14	15	3.31	++

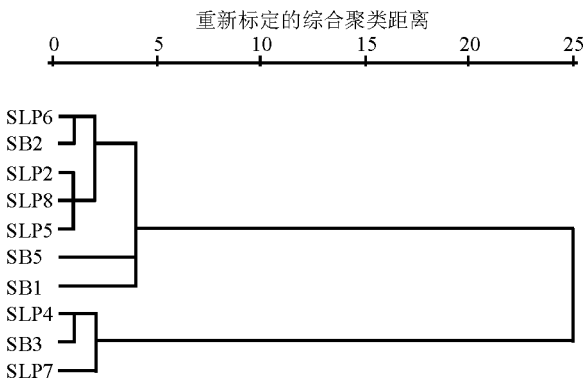


图 1 不同样地大型土壤动物群落系统聚类图

鞘翅目是昆虫纲中乃至动物界种类最多、分布最广的第一大目^[11-12],在本研究中,鞘翅目总体上占绝对优势地位。然而在荒漠群落(SB1),鞘翅目的地位被膜翅目的蚂蚁所取代,说明蚂蚁在干旱贫瘠的环境中具有更强的竞争力。此外,在高寒冰缘群落(SB5)中,未发现鞘翅目存在,而石蜈蚣成为优势物种,这可能与冰缘地带流石滩环境给石蜈蚣提供适宜的栖息地条件相关。至于体型相对较大的石蜈蚣如何在食物资源非常匮乏的高山冰缘群落完成

生活史过程,是一个值得探讨的问题。

2.2 土壤动物生物量与多样性分布 SLP4、SLP7 和 SB3 样地具有较高的个体数,SLP4、SLP7 和 SB2 具有较高的生物量,而 SLP4、SLP5 和 SB1 具有较高的物种多样性(表 4)。Spearman 相关检验显示,个体数与生物量之间具有显著相关性($r=0.770, P<0.01, N=10$),而生物量和个体数与 Shannon-Wiener 多样性指数之间无显著相关关系($P>0.05, N=10$)。

Mann-Whitney U 检验表明,土壤动物生物量、个体数和 Shannon-Wiener 多样性 3 个指标在两个地区间均无显著差别($P>0.05, N=80$)。此外, Spearman 相关分析也未发现植被相关指标与土壤动物各指标之间有明显相关关系,可见空间差异和植被定量指标不是影响疏勒河上游大型土壤动物的根本因素。Mann-Whitney U 检验显示,季节冻土

表 4 大型土壤动物个体数、生物量和 Shannon-Wiener 多样性均值分布

样点	个体数 (头)	生物量 (g)	Shannon-Wiener 多样性指数
SLP2	1.00±0.93	0.069 2±0.142 1	0.259 9±0.358 7
SLP4	11.13±9.60	0.172 6±0.197 6	0.599 6±0.492 1
SLP5	3.75±4.03	0.043 0±0.041 1	0.633 2±0.558 5
SLP6	4.25±6.61	0.049 2±0.073 2	0.249 6±0.388 1
SLP7	11.88±8.66	0.194 5±0.261 1	0.262 7±0.261 6
SLP8	1.75±1.04	0.034 2±0.046 8	0.166 2±0.308 1
SB1	4.75±4.20	0.063 1±0.100 4	0.514 5±0.633 1
SB2	5.00±3.46	0.178 8±0.266 9	0.480 1±0.332 9
SB3	10.25±8.99	0.074 3±0.077 6	0.323 0±0.367 3
SB5	2.88±2.53	0.024 0±0.029 6	0.378 7±0.523 4

注:表中数据为平均值±标准偏差。

和多年冻土之间,上述 3 个指标无明显差异($P>0.05, N=64$);而过渡类型中的生物量和个体数却显著大于季节冻土和多年冻土($P<0.05, N$ 分别为 40 和 56)。冻土是陆地生态系统的重要组成部分,不同冻土类型其土壤水分格局、植被演替和微生物作用规律等有明显区别^[13-14],导致生态系统组成与功能差异,最终可能影响土壤动物的类群组成和多样性。过渡类型个体数多于季节冻土和多年冻土,主要体现在鞘翅目幼虫个体数上(表 3),根据本研究结果推测,多年冻土和季节冻土之间的过渡类型可能更有利于土壤中鞘翅目幼体的

存活。

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^[15]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进行大型土壤动物调查,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 头。魏登贤^[16]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 头。本研究的 10 个样点(共 80 个 50 cm×50 cm×20 cm 样方)平均每样方动物个体数仅为 6.04 头,远低于上述两个区域。根据文献资料^[3,15-16],门源种马场、玛沁格姆滩和疏勒河地区年均温分别为 0、-3.9、-4.85℃,而年降水分别为 500~570、513~549、100~300 mm。由此推测,极端干旱的气候特征可能是导致疏勒河地区大型土壤动物总体稀少的主要原因之一。

3 结论

对疏勒河上游地区大型土壤动物进行调查,10 个样点共捕获大型土壤动物 453 只,隶属 3 纲 9 目;其中鞘翅目昆虫占 2/3 左右。聚类分析显示,鞘翅目的相对优势地位是区分群落组成的主要指标。总体上看,疏勒河上游属于西北地区土壤动物数目较少的区域,而寒冷干旱可能是导致这一现象的主要原因。研究表明,尽管不同植被类型间的物种组成有较大差别,空间差异和植被定量指标不是影响疏勒河上游大型土壤动物生物量和多样性的根本因素。季节冻土和多年冻土之间,土壤动物生物量、个体数和 Shannon-Wiener 多样性指数无明显差异;而过渡类型中的生物量和个体数却显著大于其他两种冻土类型,主要体现在鞘翅目幼虫个体数上,推测多年冻土和季节冻土之间的过渡类型可能更加有利于土壤中鞘翅目幼体的存活。

参考文献

- [1] 尹文英. 中国土壤动物[M]. 北京:科学出版社,2000: 1-4.

- [2] 朱永恒,赵春雨,王宗英,等.我国土壤动物群落生态学
研究综述[J].生态学杂志,2005,24(12):1477-1481.
- [3] 陈生云,刘文杰,叶柏生,等.疏勒河上游地区植被物种
多样性和生物量及其与环境因子的关系[J].草业学
报,2011,20(3):70-83.
- [4] 吴吉春,盛煜,李静,等.疏勒河源区的多年冻土[J].地
理学报,2009,64(5):571-580.
- [5] 王海群.疏勒河流域生态环境可持续发展对策研究
[J].甘肃科技,2003,19(3):46-47.
- [6] 谢霞,杨国靖,王增如,等.疏勒河上游山区不同海拔梯
度的景观格局变化[J].生态学杂志,2010,29(7):
1420-1426.
- [7] 郭连金,徐卫红,孙海玲,等.空心莲子草入侵对乡土植
物群落组成及植物多样性的影响[J].草业科学,2009,
26(7):137-142.
- [8] 贡静,王万林,安沙舟,等.昭苏马场不同垂直带草地类
型生物量的研究[J].草业科学,2009,26(1):19-22.
- [9] 尹文英.中国土壤动物检索图鉴[M].北京:科学出版
社,1998:1-6.
- [10] 南开大学,中山大学,北京大学,等.昆虫学(上册)
[M].北京:高等教育出版社,1980:67-321.
- [11] 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.
- [12] Resh V H,Carde R T. Encyclopedia of Insects[M].
2nd Edition. San Diego: Academic Press, 2009:
183-201.
- [13] 吕久俊,李秀珍,胡远满,等.寒区生态系统中多年冻
土研究进展[J].生态学杂志,2007,26(3):435-442.
- [14] 袁九毅,闫水玉,赵秀峰,等.唐古拉山南麓多年冻土
退化与嵩草草甸变化的关系[J].冰川冻土,1997,
19(1):47-51.
- [15] 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.
- [16] 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,2008:13-21.

Larger-size soil animal communities of the frost soil regions in the upper reaches of Shule River

LIN Gong-hua¹, YANG Chuan-hua¹, CHEN Sheng-yun²,
LIU Wen-jie², CHEN Gui-chen¹, ZHANG Tong-zuo¹

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Qinghai Xining 810008, China;

2. Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute,
Chinese Academy of Sciences; State Key Laboratory of Cryospheric Sciences;

Qilian Shan Station of Glaciology and Ecologic Environment, Gansu Lanzhou 730000, China)

Abstract: To understand the soil animal communities of the frost soil regions in the upper area of Shule River, a field survey was carried out to investigate the larger-size soil animals from different habitats during June to July, 2010. A total of 453 animals (belonging to 3 classes 9 orders 13 taxonomic groups) were identified in this study, in which the larval Coleopteran (beetles), larval Diptera and adult Coleopteran were dominant groups. Compared with former related record at other regions in the northwest of China, the quantity and diversity of soil animal in the upper reaches of Shule River was lower due to the extremely arid conditions. Although the species composition of the soil animals differed significantly in different vegetation types, the animal biomass and diversity had no obvious correlations with quantified vegetation indices ($P > 0.05$). The biomass, individual numbers and Shannon-Wiener diversity of soil animals was not significantly different between permafrost and seasonal frost ($P > 0.05$); however, the diversity in the transition zone of permafrost were significantly higher than those in the permafrost and seasonal frost ($P < 0.05$).

Key words: larger-size soil animal; frost type; vegetation type; climate