

甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区湿地土壤 无脊椎动物群落特征^①

马 雄¹, 马正学^{2*}, 张亚莉³, 鲍双玲³, 吴利华³, 马建军³

(1 甘肃民族师范学院化学与生命科学系, 甘肃合作 747000; 2 西北师范大学生命科学院, 兰州 730070;

3 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区管理局, 甘肃平凉 744000)

摘 要:土壤动物是湿地生态系统的重要组成部分,对湿地营养物质循环具有重要的作用。2013年10月至2015年7月,对甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区16个湿地斑块的土壤无脊椎动物群落特征进行了研究,共获得土壤无脊椎动物7门130类185 033只。节肢动物门(Arthropoda)和线虫动物门(Nemata)为优势类群,分别占总捕获量的47.50%和26.08%;环节动物门和轮虫动物门为常见类群,分别占总捕获量的14.95%和9.26%;扁形动物门、软体动物门和缓步动物门为罕见类群,分别占总捕获量的1.25%、0.66%和0.30%。节肢动物门和线虫动物门构成了土壤动物的主体,对土壤动物群落特征起着决定性作用。16个湿地斑块中,2[#]样地的土壤动物个体数量最多;7[#]样地的类群数量最多,Shannon-Wiener物种多样性指数(4.496 7)最高;14[#]样地土壤动物个体数量和类群数量都最少。各样点土壤动物间的相似性指数在0.594 6~1之间,表明16个湿地斑块的土壤动物群落多样性为中等不相似到中等相似,这反映了甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区的16个湿地斑块保护状况良好,受外来影响较少;同时也反映了不同斑块之间的差异性,这些差异性与人类活动干扰有关。

关键词:太统-崆峒山国家级自然保护区;湿地;土壤动物;群落特征

中图分类号:Q958.15 文献标识码:A

土壤动物是湿地生态系统的重要组成部分,在物质循环、能量流动和生态指示等方面发挥了重要作用^[1-7],其对土壤微生物及土壤结构等具有调节作用。湿地作为水陆交互作用下的过渡生态系统,具有丰富的生物多样性。湿地土壤动物不仅是湿地水禽等消费者的重要食物来源之一,同时对湿地营养物质循环具有重要的作用^[8],针对湿地土壤动物群落结构和多样性进行研究具有极其重要的现实意义^[7, 9-10]。目前, Bardgett 和 Cook^[11]、Blankinship 等^[12]通过了解全球变化背景下不同驱动因子及其交互作用对土壤动物多样性的影响,有助于更好地预测未来土壤动物多样性及相关生态学过程的变化。而为了深入了解太统-崆峒山自然保护区湿地环境保护情况及土壤动物群落特征,在西北师范大学马正学等^[13]和段雪花等^[14]对甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区土壤动物进行初步调查的基础上,于2013年10月至2015年7月,对太统-崆峒山保护区湿地环境中分布的无

脊椎动物物种多样性及群落结构特征再次进行了调查。本研究旨在通过了解湿地生态环境中无脊椎动物的变化情况来反映环境的变化趋势,进而为湿地生态环境保护提供科学的依据,同时也为该保护区湿地无脊椎动物物种多样性及资源研究积累基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区位于陇东黄土高原西部,六盘山系东侧支脉,黄河支流泾河中上游地区平凉市崆峒区境内(106°26'18"~106°37'24"E, 35°25'08"~35°34'50"N),距城区15 km^[15-16],南北最长为17.1 km,东西最宽为17.7 km,总面积16 283 hm²。海拔在1 400~2 234 m;年均气温8.6℃,年平均降水量511.1 mm。该保护区共有湿地斑块16块(表1),湿地总面积为466.95 hm²,占保护区总面积的2.87%。该湿地分布的植物主要有芦苇(*Phragmites australis*)、

基金项目:甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区科研基金项目(20140301)和甘肃民族师范学院校长科研基金项目(15-02)资助。

* 通讯作者(mzhx53@163.com)

作者简介:马雄(1981—),男,甘肃临夏人,硕士,副教授,主要研究方向为动物生态学。E-mail: maxiong2004@163.com

表 1 甘肃太统-崆峒山自然保护区湿地坐标及面积
Table 1 Backgrounds of wetlands in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

编号	样地名称	地理位置	面积 (hm ²)	湿地类型	海拔 (m)
1 [#]	倒回沟河流湿地	35°33'08.17"N, 106°29'46.01"E	56.28	I	1 910
2 [#]	揪池沼泽湿地	35°28'09.16"N, 106°30'03.20"E	29.80	II	1 888
3 [#]	崆峒水库	35°32'35.69"N, 106°32'20.17"E	94.10	III	1 529
4 [#]	崆峒山水上公园	35°34'42.33"N, 106°32'51.49"E	11.64	III	1 464
5 [#]	坝沟河河流湿地	35°27'22.35"N, 106°30'49.43"E	40.80	I	1 841
6 [#]	中河河流湿地	35°31'55.43"N, 106°29'03.52"E	51.53	I	1 974
7 [#]	祁河河流湿地	35°30'22.06"N, 106°28'31.66"E	15.70	I	1 983
8 [#]	胭脂河河流湿地	35°33'38.17"N, 106°30'56.45"E	38.03	I	1 519
9 [#]	鸭儿沟河流湿地	35°29'17.28"N, 106°36'16.22"E	31.96	I	1 704
10 [#]	十万沟河流湿地	35°28'53.91"N, 106°31'01.70"E	28.60	I	1 519
11 [#]	泾河河流湿地	35°31'27.47"N, 106°30'53.44"E	28.60	I	1 550
12 [#]	后河河流湿地	35°31'25.25"N, 106°33'57.46"E	7.85	I	1 580
13 [#]	甘沟河流湿地	35°29'35.17"N, 106°33'49.82"E	5.94	I	1 826
14 [#]	朱家峡河流湿地	35°27'29.30"N, 106°29'04.61"E	9.72	I	1 759
15 [#]	麻武村沼泽湿地	35°27'02.51"N, 106°33'27.61"E	37.10	II	1 923
16 [#]	裴家庄沼泽湿地	35°26'42.95"N, 106°32'05.17"E	7.24	II	1 929
合计			466.95		

注：湿地类型：I 河流湿地，II 沼泽湿地，III 水库湿地。

菖蒲 (*Acorus calams*)、灯心草 (*Juncus effusus*)、水毛茛 (*Batrachium bungei*)、水蓼 (*Polygonum hydropiper*)、马先蒿 (*Podicalaris* spp.)、龙胆 (*Centiana* sp.)、委陵菜 (*Potentilla* sp.)和嵩草 (*Kobresia* spp.) 等；在该湿地边缘地带有人工种植的杨树 (*Populus* spp.)、柳树 (*Salix* spp.) 和天然沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、蔷薇 (*Rosa* sp.)、荀子 (*Berberis* sp.) 等。太统-崆峒山国家级自然保护区湿地在净化水体、调节气候、滋养牧草和水源、农业灌溉以及为野生动、植物提供栖息地等方面发挥着重要作用^[17]。

湿地样区环境概况：1[#]、5[#]~14[#] 为河流湿地，其中5[#]、9[#]、11[#] 受人为干扰较大(常住村民的生活性污染物，家畜和家禽活动干扰)，其余样区环境保持良好；2[#]、15[#]、16[#] 为沼泽湿地，3个样区均有人为干扰，其中15[#] 受人为干扰较大(人类平凡活动，牛、羊和家禽活动干扰)；3[#]、4[#] 属于水库湿地，均受到旅游人群的干扰，4[#] 受到的干扰较大(表1)。

1.2 采样及样品处理

于 2013 年 10 月至 2015 年 7 月，按照 16 块湿地斑块的地形布置样点，在每块采样地选取 5 个样方 (20 m × 20 m)，在每个样方内采用梅花五点式随机选取 5 个采样点(1 m × 1 m)，在 0~25 cm 的深度分层采样(表层 0~5 cm，中层 5~15 cm，深层 15~25 cm)^[18-19]，采样量约 4 kg，装入事先准备好的塑料袋中，写好标签，带回室内备用^[11]。

采用现场手拣法分离大型土壤动物，其余土样样

品将带回实验室，用 Tullgren 法和Baermann 法分离中、小型土壤动物，标本保存在 75% 乙醇或 10% 福尔马林(滴加适量的甘油)溶液中^[20]。在实体镜和光学显微镜下分类鉴定动物种类^[21-23]，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。采集土壤样品时，用土温计测定土壤土温，采用烘干法(105℃)测定土壤含水量，用电位法(pH 酸度计)测定土壤 pH^[20](表 2)。

1.3 土壤动物优势类群的划分

个体数量占全部捕获量的 2% 以上的类群为优势类群；个体数量介于全部捕获量的 1%~1.99% 为常见类群；个体数量介于全部捕获量的 0.01%~0.99% 为稀有类群^[24]。

1.4 土壤动物多样性

选取 Shannon-Wiener 物种多样性指数、Simpson 优势度指数和 Pielou 均匀度指数^[25-27]，分析各采样地土壤动物多样性。采用 Sprenson 相似性指数^[28]，以种来比较不同动物群落的相似性程度。

1.5 数据处理

采用 Excel 2010 软件对数据进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 土壤动物群落组成

在甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区的16个湿地斑块内，共获得土壤动物7门130类185 033只(表 3)。优势类群为节肢动物门(Arthropoda)和线虫动物门

表 2 甘肃太统-崆峒山自然保护区湿地生境环境特征
Table 2 Environmental characteristics of wetland habitat in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

生境	气温(°C)	地表温度(°C)			土壤含水率(%)			土壤 pH		
		春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季	春季	夏季	秋季
1#	12	10.5	22.5	15.5	30.5	18.3	14.5	7.1	7.1	7.1
2#	12	11	20.5	15	37.8	21.0	15.0	7.0	7.1	7.0
3#	13	11	21.5	13	28.7	21.5	15.0	7.1	7.2	7.1
4#	14	12	22.5	15	26.8	22.0	15.0	7.1	7.2	7.1
5#	14	12	21.5	14	25.7	20.0	15.0	7.0	7.1	7.1
6#	11	12	22.0	15	29.5	19.5	14.0	7.1	7.1	7.1
7#	11	12	23.0	16	31.0	20.5	14.0	7.1	7.0	7.0
8#	13	11	21.5	13	26.7	20.0	13.5	7.2	7.1	7.0
9#	13	11	22.0	16	32.5	19.5	13.5	7.0	7.2	7.1
10#	11	10	23.0	14	34.6	19.5	12.5	7.1	7.1	7.1
11#	13	11	21.5	15	26.5	20.0	14.0	7.1	7.0	7.0
12#	12	11	23.5	16	28.3	20.3	13.5	7.1	7.0	7.0
13#	13	12	25.0	16	26.5	20.0	14.0	7.2	7.1	7.1
14#	15	12	23.5	16	24.5	20.5	13.5	7.2	7.3	7.2
15#	13	11	22.0	12	29.6	19.0	13.0	7.1	7.0	7.1
16#	14	12	22.5	15	27.5	20.5	14.0	7.3	7.2	7.2

注：春季是 4 月 8—13 日采样；夏季是 7 月 10—15 日采样；秋季是 10 月 20—25 日采样。

表 3 甘肃太统-崆峒山自然保护区湿地土壤无脊椎动物种类分布及丰度
Table 3 Distribution and abundances of wetland soil invertebrate species in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

序号	动物类群(科、属)	个体总数(ind./m ²)	丰度(%)
1	扁形动物门 Platyhelminthes Turbellaria(2 属) : <i>Gyratrix</i> , <i>Aeolosoma</i>	2 314	1.25
2	轮虫动物门 Rotifera(9 属) : <i>Epiphanes</i> , <i>Rolaria</i> , <i>philodina</i> , <i>Brachionus</i> , <i>Colurella</i> , <i>Dicraniphorus</i> , <i>Lecane</i> , <i>Asplanchan</i> , <i>Cephalodella</i>	17 130	9.26
3	线虫动物门 Nemata(10 属) : <i>Labronma</i> , <i>Tylenchus</i> , <i>Hemicycliphora</i> , <i>Panagrolaimus</i> , <i>Hirschmanniella</i> , <i>Psilenchus</i> , <i>Chromadorita</i> , <i>Prismatolainus</i> , <i>Monhystera</i> , <i>Mononchus</i>	48 252	26.08
4	环节动物门 Annelida(8 属) : <i>Pristinella</i> , <i>Nais</i> , <i>Hemienchytraeus</i> , <i>Fridericia</i> , <i>Enchytraeus</i> , <i>Amyntas</i> , <i>Desmogaster</i> , <i>Drawida</i>	27 678	14.95
5	软体动物门 Mollusca(12 类群) : <i>Lymnaea</i> , <i>Philomycidae</i> , <i>Vaginulidae</i> , <i>Limacidae</i> , <i>Bradybaenidae</i> , <i>Cathaica</i> , <i>Cipangopaludina</i> , <i>Gyraulus</i> , <i>Hippeutis</i> , <i>Corbicula</i> , <i>Anodonta</i> , <i>Semisulcospira</i>	1 216	0.66
6	缓步动物门 Tardigrada : 高生科 Hysibiidae	548	0.30
7	节肢动物门 Arthropoda(82 类) : <i>Porcellionidae</i> , <i>Armadillidiidae</i> , <i>Cantho</i> , <i>Onthocampus</i> , <i>Canthocampus</i> (2 种), <i>Diaphanosoma</i> (2 种), <i>Daphnia</i> , <i>Eodiaptomus</i> , <i>Macrocylops</i> , <i>Eucyclops</i> , <i>Paracyclops</i> , <i>Thermocylops</i> , <i>Himantariidae</i> , <i>Geophilidae</i> , <i>Scolopendrellidae</i> , <i>Sejidae</i> , <i>Parastidae</i> , <i>Laelapidae</i> , <i>Scutacaridae</i> , <i>Stigmaeus</i> , <i>Penthaleidae</i> , <i>Hypochthonius</i> , <i>Nothrus</i> , <i>Heminothrus</i> , <i>Allonothrus</i> , <i>Camisia</i> , <i>Damaeus</i> , <i>Belba</i> , <i>Archoplophora</i> , <i>Galumna</i> , <i>Ceratoppia</i> , <i>Phyllhermannia</i> , <i>Lohmannia</i> , <i>Trombidiidae</i> , <i>Prolurentomon</i> , <i>Hesperentomon</i> , <i>Huashanentulus</i> , <i>Paranisentomon</i> , <i>Campodae</i> , <i>Octostigmo</i> , <i>Cestostigmo</i> , <i>Podura</i> , <i>Onychiurus</i> , <i>Tullbergia</i> , <i>Hypogastrura</i> , <i>Xenylla</i> , <i>Folsomia</i> , <i>Folsomina</i> , <i>Proisotoma</i> , <i>Isotomiella</i> , <i>Sminthurinus</i> , <i>Entomobrya</i> , <i>Sinella</i> , <i>Neanura</i> , <i>Pseudachorutes</i> , <i>Staphylinidae</i> , <i>Staphylinidae</i> larvae, <i>Scarabaeidae</i> larvae, <i>Carabidae</i> larvae, <i>Discolomidae</i> larvae, <i>Elateridae</i> larvae, <i>Scatopsidae</i> larvae, <i>Tipulidae</i> larvae, <i>Chironomidae</i> , <i>Chironomidae</i> larvae, <i>Cecidomyiidae</i> , <i>Ditomyiidae</i> larvae, <i>Muscidae</i> larvae, <i>Sciomyzidae</i> larvae, <i>Otitidae</i> larvae, <i>Syrphidae</i> larvae, <i>Chloropidae</i> larvae, <i>Stratiomyiidae</i> , <i>Asilidae</i> , <i>Tabanidae</i> , <i>Tabanidae</i> larvae, <i>Doilchopodidae</i> , <i>Dolichopodidae</i> larvae, <i>Phlaeothripidae</i> , <i>Tenthredinidae</i> larvae	87 895	47.50
合计 7 门 130 类		185 033	100
1#~16# 各样点分布的个体数(ind./m ²)依次为：9 483、29 831、11 728、16 338、8 516、9 593、11 063、7 846、9 675、7 716、13 994、6 342、5 842、5 724、12 422、18 920			

注：larvae-昆虫幼虫。

(Nemata), 分别占土壤动物全部捕获量的 47.50% 和 26.08%; 常见类群为环节动物门和轮虫动物门, 分别占土壤动物全部捕获量的 14.95% 和 9.26%; 罕见类群为扁形动物门、软体动物门和缓步动物门, 分别占土壤动物全部捕获量的 1.25%、0.66% 和 0.30%。节肢动物门和线虫动物门构成了土壤动物的主体, 对土壤动物群落特征起着决定性作用。

2.2 土壤动物群落结构特征

2.2.1 各采样地土壤动物群落组成的差异

从表 1 可以看出, 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区 16 个湿地斑块中, 2[#]、15[#] 和 16[#] 为沼泽湿地, 3[#] 和 4[#] 为水库湿地, 其余均为河流湿地。沼泽湿地土壤动物平均捕获量为 20 391 只, 水库湿地土壤动物平均捕获量为 14 033 只, 河流湿地土壤动物平均捕获量为 8 709 只, 可见沼泽湿地为土壤动物生存提供了充足

的营养物质和更适宜的环境条件。

从表 3 可以看出, 在水平分布上, 2[#] 样地的土壤动物个体数量最多 (29 831 只), 占 16 个湿地斑块土壤动物总捕获量的 16.12%, 出现了具角无齿蚌 (2[#] 和 7[#] 样地) 等罕见类群, 并出现了占用生存空间比较大的摇蚊科和珠甲螨属, 占该类动物在 16 个湿地斑块土壤动物总捕获量的 47.39% 和 41.53%。2[#] 和 7[#] 样地土壤动物类群数量最多 (均为 130 类, 表 4), 在甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区捕获的所有土壤动物全部出现, 这与 2[#] 揪池沼泽湿地和 7[#] 祁河河流湿地位置偏僻, 受人为干扰较少有关。14[#] 朱家峡可流湿地土壤动物个体数量 (5 724 只, 表 3) 和类群数量 (55 类, 表 4) 都较少, 这与该采样区的自然环境条件有关 (地处泾河上游, 水体矿化度较低、pH 偏酸、水土流失和光照不足等)。

表 4 甘肃太统-崆峒山自然保护区湿地土壤无脊椎动物群落特征及多样性指数

Table 4 Characteristics and diversity indexes of wetland soil invertebrate communities in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

样点	动物类群							类群数	比例 (%)	多样性指数 (H')	优势度指数 (D)	均匀度指数 (E)
	扁形动物门	轮虫动物门	线虫动物门	环节动物门	软体动物门	缓步动物门	节肢动物门					
1 [#]	2	15	9	8	11	1	81	127	97.69	4.377 8	0.980 1	0.903 7
2 [#]	2	15	10	8	12	1	82	130	100	4.070 8	0.973 4	0.836 3
3 [#]	2	15	9	8	5	1	49	89	68.46	3.961 6	0.973 5	0.882 6
4 [#]	2	15	9	8	4	1	49	88	67.69	3.815 0	0.967 3	0.852 1
5 [#]	2	8	8	8	6	1	52	85	65.38	3.904 5	0.969 3	0.876 6
6 [#]	2	15	10	8	11	1	81	128	98.46	4.486 2	0.985 1	0.924 6
7 [#]	2	15	10	8	12	1	82	130	100	4.496 7	0.984 9	0.923 8
8 [#]	2	10	7	8	4	1	45	77	59.23	3.831 8	0.966 9	0.877 0
9 [#]	1	15	9	8	8	1	66	108	83.08	4.202 8	0.978 5	0.897 6
10 [#]	2	12	9	8	8	1	59	99	76.15	4.279 8	0.982 8	0.931 4
11 [#]	2	15	8	8	4	1	37	75	57.69	3.751 2	0.965 2	0.866 2
12 [#]	2	11	8	7	8	1	67	104	80.00	4.325 6	0.983 6	0.933 3
13 [#]	2	11	9	8	4	1	62	97	74.62	4.307 0	0.983 3	0.945 8
14 [#]	2	7	7	8	2	1	28	55	42.31	3.467 1	0.955 3	0.861 3
15 [#]	2	15	9	8	11	1	82	128	98.46	4.243 3	0.976 8	0.874 5
16 [#]	2	15	10	8	11	1	82	129	99.23	3.942 0	0.956 8	0.811 1
合计	2	15	10	8	12	1	82	130	-	-	-	-

2.2.2 土壤动物群落多样性

由表 4 可见, 在 16 个湿地斑块中, 2[#] 和 7[#] 样地的类群数量最多 (均为 130 类), 但 7[#] 样地的多样性指数 (4.496 7)、优势度指数 (0.984 9) 和均匀度指数 (0.923 8) 均高于 2[#] 样地, 说明 7[#] 样地更适合土壤动物生存; 14[#] 样地的类群数量最少 (55 类), 多样性指数 (3.467 1) 和优势度指数 (0.955 3) 也最低, 说明 14[#] 样地自然环境条件差,

不适合土壤动物生存; 13[#] 样地的均匀度指数 (0.945 8) 最高, 16[#] 样地的均匀度指数 (0.811 1) 最低, 说明 13[#] 样地的土壤条件较均匀而 16[#] 样地的土壤条件不均匀; 而沼泽湿地 (2[#]、16[#]、17[#]) 土壤动物类群数分布最多 (130 类、128 类和 129 类), 说明沼泽湿地更适合土壤动物的生存。

2.2.3 土壤动物群落的相似性特征

由表 5 可知,

表 5 甘肃太统-崆峒山自然保护区湿地土壤无脊椎动物群落的相似性系数
Table 5 Similarity coefficients of wetland soil invertebrate communities in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

样点	1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]	7 [#]	8 [#]	9 [#]	10 [#]	11 [#]	12 [#]	13 [#]	14 [#]	15 [#]	16 [#]
1 [#]	1															
2 [#]	0.988 3	1														
3 [#]	0.824 1	0.812 8	1													
4 [#]	0.818 6	0.807 3	0.994 4	1												
5 [#]	0.801 9	0.790 7	0.931 0	0.924 9	1											
6 [#]	0.996 1	0.992 2	0.820 3	0.814 8	0.798 1	1										
7 [#]	0.988 3	1	0.812 8	0.807 3	0.790 7	0.992 2	1									
8 [#]	0.754 9	0.744 0	0.927 7	0.933 3	0.925 9	0.751 2	0.744 0	1								
9 [#]	0.919 1	0.907 6	0.893 4	0.887 8	0.870 5	0.915 3	0.907 6	0.821 6	1							
10 [#]	0.876 1	0.864 6	0.914 9	0.909 1	0.923 9	0.872 2	0.864 6	0.875 0	0.946 9	1						
11 [#]	0.742 6	0.731 7	0.914 6	0.920 2	0.850 0	0.738 9	0.731 7	0.907 9	0.808 7	0.827 6	1					
12 [#]	0.900 4	0.888 9	0.860 1	0.854 2	0.888 9	0.896 6	0.888 9	0.839 8	0.962 3	0.945 8	0.782 1	1				
13 [#]	0.866 1	0.854 6	0.903 2	0.908 1	0.912 1	0.862 2	0.854 6	0.885 1	0.936 6	0.959 2	0.825 6	0.945 3	1			
14 [#]	0.604 4	0.594 6	0.763 9	0.769 2	0.785 7	0.601 1	0.594 6	0.833 3	0.662 6	0.714 3	0.846 2	0.679 2	0.723 7	1		
15 [#]	0.996 1	0.992 2	0.820 3	0.814 8	0.798 1	0.992 2	0.992 2	0.751 2	0.915 3	0.872 2	0.748 8	0.896 6	0.862 2	0.601 1	1	
16 [#]	0.992 2	0.996 1	0.825 7	0.811 1	0.794 4	0.996 1	0.996 1	0.747 6	0.911 4	0.868 4	0.735 3	0.892 7	0.858 4	0.597 8	0.996 1	1

2[#]、7[#] 样地和 14[#] 样地土壤动物间的相似性系数最小 (0.594 6), 表明人为干扰对环境的影响差异较大; 2[#] 和 7[#] 样地土壤动物间的相似性系数最大 (1), 表明揪池沼泽湿地和祁河河流湿地保护良好, 受外来影响较少。各样点土壤动物间的相似性指数在 0.591 4 ~ 1 之间, 这说明 16 个湿地斑块的土壤动物群落多样性为中等不相似到相似, 这也间接地体现出各采样地环境质量的差异性总体不大。

3 讨论

Connell 和 Slatyer^[29]认为植被群落结构和土壤理化性质是决定土壤动物分布的主要因子, 而土壤湿度的变化是影响土壤动物动态的主要因子, 温度过高和过低都不利于土壤动物的繁殖^[30], 植物群落物种组成能够影响土壤动物群落组成和结构^[31-32]。在甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区 16 个湿地斑块内, 从土壤动物的总捕获量整体排序为 2[#]>16[#]>4[#]>11[#]>15[#]>3[#]>7[#]>9[#]>6[#]>1[#]>5[#]>8[#]>10[#]>12[#]>13[#]>14[#], 2[#] 样地土壤动物的捕获量大, 这与 2[#] 样地温度和 pH 适中、湿度较大, 且为沼泽湿地植物物种多样性较高, 覆盖度大, 光照充足等有关。土壤动物类群数分布为 2[#]、7[#]>16[#]>15[#]、6[#]>1[#]>9[#]>12[#]>10[#]>13[#]>3[#]>4[#]>5[#]>8[#]>11[#]>14[#], 2[#] 和 7[#] 样地土壤动物类群最丰富, 7[#] 样地温度和 pH 适中、湿度较大, 且 7[#] 样地(祁河河流湿地)是当地农民的主要放牧区域, 牲畜的粪便增加了

土壤中的有机物含量, 为土壤动物生存提供了充足的营养物质^[33], 所以, 7[#] 样地的土壤动物类群丰富, Shannon-Wiener 物种多样性指数 (4.496 7) 最高。而 14[#] 样地的土壤动物捕获量和类群数都最少, 这与 14[#] 样地荫蔽度较大、温度较低、pH 偏酸、植被多样性较低等因素有关。

不同采样地土壤动物群落间的相似性为中等不相似到相似。由于采样地环境的异质性, 导致不同采样地分布的土壤动物群落组成存在差异。16 个湿地斑块中共有的类群, 反映了动物适应大环境的区域分布规律, 各采样地的特有类群反映了小环境的特殊性^[34]。

4 结论

1) 甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区 16 个湿地斑块中, 共捕获土壤动物 7 门 130 类 185 033 只, 其中节肢动物门和线虫动物门为优势类群, 分别占土壤动物全部捕获量的 44.50% 和 26.08%。

2) 沼泽湿地的动物物种多样性高、群落结构复杂、分布更均匀; 表明沼泽湿地更适合土壤动物生存。

3) 16 个湿地斑块的土壤动物群落多样性为中等不相似到极为相似, 这反映了甘肃太统-崆峒山国家级自然保护区湿地环境状况良好, 受外来影响较少。14[#] 朱家峡河流湿地位于泾河上游, 受到环境条件的限制, 动物物种多样性较低, 群落结构较简单。

参考文献：

- [1] Anderson J T, Smith L M. Invertebrate response to moist-soil management of playa wetlands[J]. *Ecological Applications*, 2000, 10(2): 550–558
- [2] Volkmar W. Biodiversity of soil animals and its function[J]. *European Journal of Soil Biology*, 2001, 37(4): 221–227
- [3] Brady V J, Cardinale B J, Gathman J P, et al. Does facilitation of faunal recruitment benefit ecosystem restoration an experimental study of invertebrate assemblages in wetland mesocosms[J]. *Restoration Ecology*, 2002, 10(4): 617–626
- [4] Davis C A, Austin J E, Buhl D A. Factors influencing soil invertebrate communities in riparian grasslands of the central platte river floodplain[J]. *Wetlands*, 2006, 26(2): 438–454
- [5] 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[J]. *资源科学*, 2010, 32(9): 1643–1649
- [6] Sugden A, Stone R, Ash C. Ecology in the underworld[J]. *Science*, 2004, 304(5677): 1613–1613
- [7] 李伟, 崔丽娟, 赵欣胜, 等. 太湖岸带湿地土壤动物群落结构与多样性[J]. *生态学报*, 2015, 35(4): 944–955
- [8] 秦洁, 马正学, 刘有斌, 等. 甘肃平凉麻武山土壤纤毛虫群落特征[J]. *生态学杂志*, 2010, 29(8): 1566–1572
- [9] Burger J C, Redak R A, Allen E B, et al. Restoring arthropod communities in coastal sage scrub[J]. *Conservation Biology*, 2003, 17(2): 460–467
- [10] 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[J]. *生物多样性*, 2007, 15(2): 199–206
- [11] Bardgett R D, Cook R. Functional aspects of soil animal diversity in agricultural grasslands[J]. *Applied Soil Ecology*, 1998, 10: 263–276
- [12] Blankinship J C, Niklaus P A, Hungate B A. A metaanalysis of responses of soil biota to global change[J]. *Oecologia*, 2011, 165: 553–565
- [13] 马正学, 秦洁, 刘有斌, 等. 甘肃太统–崆峒山国家级自然保护区土壤纤毛虫群落特征 I [J]. *动物学杂志*, 2009, 44(1): 63–73
- [14] 段学花, 王兆印, 徐梦珍. 底栖动物与河流生态评价[M]. 北京: 清华大学出版社, 2010: 1–168
- [15] 李嘉钰, 谢忙义. 甘肃太统–崆峒山国家级自然保护区科学考察集[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001: 1–26
- [16] 王有元, 王廷印. 甘肃太统–崆峒山自然保护区地质地貌研究[J]. *甘肃林业科技*, 2004, 29(2): 27–31
- [17] 尹文英. 中国亚热带土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 1992
- [18] 尹文英, 颜亨梅. 中国土壤动物[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [19] 陈德来, 马正学, 普布, 等. 拉鲁湿地夏季土壤动物的群落特征[J]. *动物学杂志*, 2011, 44(5): 1–7
- [20] 陈德来, 马正学, 马世荣, 等. 西藏巴嘎雪湿地夏季土壤动物群落特征[J]. *湿地科学*, 2014, 12(5): 624–630
- [21] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1–125
- [22] 终觉民. 幼虫分类学[M]. 北京: 农业出版社, 1990: 1–305
- [23] 殷秀琴. 东北森林土壤动物研究[M]. 长春: 东北师范大学出版社, 2001
- [24] 孙濡泳等译. Odum E P 著. 生态学基础[M]. 北京: 人民教育出版社, 1981
- [25] 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[J]. *资源科学*, 2010, 32(9): 1643–1649
- [26] 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[J]. *土壤通报*, 2008, 39(6): 502–507
- [27] 王楠, 陈小云, 刘满强, 等. 红壤旱地和水田土壤用量对线虫分离效果的影响[J]. *土壤*, 2015, 47(1): 128–134
- [28] 苏智先, 王仁卿. 生态学概论[M]. 济南: 山东大学出版社, 1989: 104–110
- [29] Connell J H, Slatyer R O. Mechanisms of succession in natural communities and their role in community stability and organization[J]. *The American Naturalist*, 1977, 111(982): 1119–1144
- [30] 廖崇惠, 李健雄, 杨悦屏, 等. 海南尖峰岭热带林土壤动物群落一群落的组成及其特征[J]. *生态学报*, 2002, 22(11): 1866–1872
- [31] 吴鹏飞, 杨大星. 若尔盖高寒草甸退化对中小型土壤动物群落的影响[J]. *生态学报*, 2011, 31(13): 3745–3757
- [32] 张龙龙, 鲍毅新, 胡知渊, 等. 溪源湿地秋季不同植被类型土壤动物群落特征初步研究[J]. *浙江师范大学学报: 自然科学版*, 2009, 32(4): 453–459
- [33] 王慧, 桂娟, 刘满强, 等. 稻草和三叶草分解对微型土壤动物群落的影响[J]. *土壤学报*, 2015, 52(5): 1124–1133
- [34] 张雪萍, 张武, 曹慧聪. 大兴安岭不同冻土带土壤动物生态地理研究[J]. *土壤学报*, 2006, 43(6): 996–1003

Community Characteristics of Wetland Soil Invertebrates in Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve

MA Xiong¹, MA Zhengxue^{2*}, ZHANG Yali³, BAO Shuangling³, WU Lihua³, MA Jianjun³

(1 Department of Chemistry and Life Sciences, Gansu Normal University for Nationalities, Hezuo, Gansu 747000, China; 2 College of Life Sciences, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China; 3 Gansu Taitong-Kongtongshan National Nature Reserve Administration, Pingliang, Gansu 744000, China)

Abstract: Soil fauna, one of the most important components of the wetland ecosystem, plays an important role in nutrient cycling of the wetland. A study on community characteristics of soil invertebrates in 16 wetland patches of Gansu Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve was conducted from October 2013 to July 2015, a total of 185 033 soil invertebrates belonging to 7 phyla 130 categories was collected, among the total groups, Arthropoda and Nematoda were the dominant groups, occupying 47.50% and 26.08%, respectively; Annelida and Rotifera were the common groups, occupying 14.95% and 9.26%, respectively; Platyhelminthes, Mollusca and Tardigrada were the rare groups, occupying 1.25%, 0.66% and 0.30%, respectively. Arthropoda and Nematoda constituted the main body of soil fauna and played a decisive role in deciding the community characteristics of soil fauna. In these 16 wetland patches, sample 2 had maximum individuals of soil fauna, sample 7 had maximum taxa and the highest of species diversity index of Shannon-Wiener (4.496 7), sample 14 had minimum individuals and taxa. The similarity index among all sample plots ranged from 0.594 6 to 1, showing the community diversity of soil fauna in these 16 wetland patches was from moderate dissimilar to the medium similarity. This reflected that the protection state of these 16 wetland patches remains good and suffers little influence outside; and it also indicated that the differences among the wetland patches related to the interference of human activities.

Key words: Taitong-Kongtong Mountain National Nature Reserve; Wetland; Soil fauna; Community characteristics