

DOI: 10.5846/stxb201708221517

臧建成, 孙涛, 洪大伟, 杨小林. 拉萨半干旱河谷植被对地表节肢动物多样性的影响. 生态学报, 2018, 38(22): - .

Zang J C, Sun T, Hong D W, Yang X L. Effect of vegetation types on ground-dwelling arthropod diversity in the semi-arid Lhasa valley. Acta Ecologica Sinica, 2018, 38(22): - .

拉萨半干旱河谷植被对地表节肢动物多样性的影响

臧建成^{1,3}, 孙 涛^{1,2,*}, 洪大伟^{1,3}, 杨小林¹

1 西藏农牧学院 植物科学学院, 林芝 860000

2 淮北师范大学生命科学学院, 淮北 235000

3 西藏高原资源昆虫与应用昆虫实验室, 林芝 860000

摘要: 调查不同植被恢复措施下拉萨半干旱河谷地表节肢动物类群多样性以及群落结构, 为揭示地表节肢动物多样性对植被恢复措施的响应具有重要意义。采用陷阱法对青藏高原半干旱河谷砂生槐灌丛、人工杨树林和藏沙蒿灌丛样地地表节肢动物群落组成、类群多样性以及功能群结构进行调查, 计算各处理地表节肢动物类群相对多度、类群丰富度、多样性指数、Cody 指数和 Sørensen 指数。共采集半干旱河谷地表节肢动物个体数 738, 隶属 5 纲 15 目 51 科。砂生槐灌丛样地收集节肢动物 40 科, 占有类群 78.4%, 杨树人工林和藏沙蒿灌丛样地调查到土壤节肢动物类群为 30 和 23 科, 分别占总科数的 58.8% 和 45.1%。各植被恢复类型在目的分类单元下, 双翅目、膜翅目和弹尾目类群相对多度较高, 而在科的分类单元下, 驼跳科、蚁科和漏斗网蛛科为拉萨半干旱河谷优势地表节肢动物类群。砂生槐灌丛节肢动物类群丰富度和多样性指数最高, 人工杨树林最低。砂生槐灌丛和藏沙蒿灌丛地表节肢动物营养功能群均以捕食性为主。不同植被群落间群落相似性也有差异, 砂生槐与藏沙蒿灌丛间相似性较高, 而人工杨树林与藏沙蒿之间较低。不同植物群落组成和结构影响土壤理化特性、地表凋落物数量、质量和微生物条件, 进而影响地表节肢动物群落组成、数量和营养功能群。砂生槐灌丛样地具有较高节肢动物类群丰富度和捕食性动物类群, 有利于拉萨半干旱河谷地区地表节肢动物多样性维护。

关键词: 植被恢复; 节肢动物; 物种多样性; 群落结构; 砂生槐

Effect of vegetation types on ground-dwelling arthropod diversity in the semi-arid Lhasa valley

ZANG Jiancheng^{1,3}, SUN Tao^{1,2,*}, HONG Dawei^{1,3}, YANG Xiaolin¹

1 Xizang Agricultural and Animal Husbandry College, Department of Plant Technology, Linzhi 860000, China

2 College of Life Science, Huaibei Normal University, Huaibei 235000, China

3 Lab of Resource and Applied Insect in the Tibet Plateau, Linzhi 860000, China

Abstract: The diversity and trophic functional group of ground-dwelling arthropod communities was investigated in the Lhasa semi-arid valley in China in order to provide further insight in our understanding of the response of arthropod diversity to vegetation restoration. The study was carried out in three vegetation types including *Sophora moorcroftiana* (SM), *Populus spp.* (PS), and *Artemisia wellbyi* (AW). The pitfall trap method was used to investigate the community composition, diversity, and functional group structure by calculating the relative abundance, richness, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index, Simpson dominant index, Cody index, and Sørensen index of ground-dwelling arthropods. A total of 738 individuals were collected, representing 5 insects, 15 orders, and 51 families. There were 40,

基金项目: 国家自然科学基金项目 (41561054); 西藏农牧学院 2016 年柔性人才引进项目 (RXR201603); 作物学科建设项目 (2015ZWXXJS, 2016ZWXXJS)

收稿日期: 2017-08-22; 修订日期: 2018-01-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: sunt231@126.com

30, and 23 families under SM, PS, and AW, accounting for 78.4%, 58.8%, and 45.1% of the total fauna, respectively. The relative abundance of Diptera, Hymenoptera, and Collembola were the higher in the taxonomy of the order, and Cyphoderidae, Formicidae and Agelenidae were the dominant group in the taxonomy of the family in the three vegetation restoration measures. The largest values of richness and diversity were found under SM, while the lowest under PS. The analysis of similarities of arthropod community indicated the similarities of ground-dwelling arthropod fauna varied among different vegetation types, with the highest similarity between SM and AW and the lowest similarity between PS and AW. The results of this study demonstrate that the composition and structure of vegetation community affect soil physical-chemical properties, amount and quality of ground litter, and micro-environment condition, thus affecting the community composition, population, and functional group of arthropods. SM has higher abundance of arthropod group and predatory group, which contributes to conserving arthropod diversity of land in the Lhasa semi-arid valley.

Key Words: vegetation restoration; soil arthropod; species diversity; community structure; shrubby *Sophora*

地表节肢动物是土壤生态系统的重要组成部分之一,在调节生态系统营养动态、改善土壤理化性状以及土壤质量监测等方面扮演着十分重要的角色^[1],它个体小、世代周期短、种群数量大、生殖潜能大和对环境扰动敏感,在环境变化、生态功能和生物多样性指示方面具有广泛应用^[2]。地表节肢动物主要以地表植物茎叶、根系、地表凋落物及土壤有机质为其主要食物源,其群落组成、结构和数量动态与土壤质地、孔隙状况、水分温度以及有机质含量等特性密切相关,也受地表微生境空间资源、地上植被生产力及群落结构的影响^[3],外界的各种扰动会在不同程度上均会对其群落组成及多样性产生影响^[4]。

拉萨半干旱河谷地带作为西藏“一江两河”重点区域之一,是青藏高原国家安全和生态安全的重要屏障^[5]。近年来随着全球气候变化以及人类活动影响,该区域植被破坏、草场退化、土地沙化等生态问题日益显著,严重影响到当地农牧民生产生活^[6]。植被恢复作为退化生态环境构建的主要手段,在拉萨半干旱河谷地带生态环境建设中发挥了重要作用。当前有研究就该区域植被数量生态^[5]、宜林土壤水分时空分布格局^[7]、砂生槐灌丛植被退化程度评价及恢复过程群落特性演变^[8-9]、造林树种蒸腾耗水特性和水分利用效率等方面开展了大量工作^[10]。有关该区域土壤节肢动物多样性的研究主要集中在植物种类、耕作方式及环境条件对土壤动物分布格局和土壤动物群落相似程度的影响^[11],以及砂生槐灌丛优势土壤动物类群分布及其对封育年限的响应等方面^[12]。然而,对于拉萨半干旱河谷地带不同植被下地表节肢动物多样性变异,以及地表节肢动物群落组成对植被恢复过程的响应尚不明晰。为此,本研究选择该地区 3 种常见的植被类型,调查比较了不同恢复措施下地表节肢动物类群多样性,评估了不同植被对地表节肢动物类群丰富度、多度、多样性以及营养功能群的影响。研究结果对深入认识拉萨半干旱河谷不同植被下地表节肢动物多样性保育和维持机制,为利用节肢动物群落特性评估植被恢复成效提供科学参照依据。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

本研究区域位于拉萨河中下游堆龙德庆县柳梧乡境内,为典型的拉萨半干旱河谷地带,海拔 3650—3800,该区属高原季风半干旱气候,全年多晴朗天气,年均气温 7.4℃,多年极端最高温度 29.6℃,极端最低温度 -16.5℃,年均降水量 200—500 mm, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2177℃,年均日照时数 2600—2800 h,全年日照时数 3000 h 以上。主要植被类型有亚高山灌丛和草甸植被以及河谷人工林群落^[13]。河谷分布有沙棘 (*Hippophae rhamnoides*)、藏川杨 (*Populus zechuanica* var. *tibetica*)、砂生槐 (*Sophora moorcroftiana*)、藏沙蒿 (*Artemisia wellbyi*) 和固沙草 (*Orinus thoroldii*) 等。土壤为拉萨河谷典型灌丛草原土,土壤田间持水量为 19.4%。

1.2 样地设置与取样

本研究在河谷地区依次选择 3 种植被群落类型作为样地。砂生槐灌丛 (SM): 以砂生槐为优势种,草本植

物有须芒草(*Andropogon yunnanensis*)、香藜(*Chenopodium botrys*)、喜马拉雅草沙蚕(*Tripogon hookerianus*)、圆齿红景天(*Rhodiola crenulata*)等;杨树人工林(PS),以藏川杨和银白杨(*Populus alba*)阔叶树种占优势;林下植物种类单一,主要以钉柱委陵菜(*Potentilla saundersiana*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)等为主;藏沙蒿灌丛(AW):以藏沙蒿为优势种,草本主要有白草(*Pennisetum flaccidum*)、西藏早熟禾(*Poa tibetica*)、须芒草(*Andropogon yunnanensis*)、喜马拉雅草沙蚕(*Tripogon hookerianus*)、香藜、圆齿红景天等。在每个研究区样地中选取3个典型样方。

2016年7月中旬至8月下旬,在每个植被群落中选取3个典型样地,每典型样地各选取7个样方,采用陷阱法调查地表节肢动物^[14]。具体方法为:在每个采样点,将PP塑料小桶(上下表面直径分别为7.8 cm和6 cm,深17.5 cm,容积50 mL)埋入土中,杯口与地面齐平,同时在杯中加入浓度3%的福尔马林溶液和少量甘油,以增加诱捕有效性。为确保每个调查样区收集器在统计学上的独立性,收集器的间距大于15 m左右。采样期,每5—7 d检查一次收集器,整个采集期为54 d,将捕获的动物标本放在含酒精75%的250 mL塑料瓶中保存。采集标本在体视显微镜下主要参照《中国土壤动物检索图鉴》、《昆虫分类》进行分类鉴定到目、科^[15-16],并按不同分类群(科)统计动物个体数量,土壤节肢动物营养功能群依据食性进行划分^[17-18]。

1.3 数据分析

地表节肢动物类群的相对多度、类群丰富度、Shannon-Wiener多样性指数、Pielou均匀度指数和Simpson优势度指数计算公式见文献^[19]。本文 β 多样性选取Cody指数和Sørensen指数来比较不同植被群落间地表节肢动物群落物种组成的相异性随环境梯度更迭速率^[20-21]。

Sørensen指数计算公式如下:

$$S_i = 2c/(a+b);$$

Cody指数计算公式如下:

$$\beta_c = (a+b-2c)/2$$

式中: S_i 为Sørensen指数, β_c 为Cody指数, a, b 为两群落地表节肢动物类群数, c 为两群落共有的类群数。

将每样地内7个样方合并1个数据样本,各样地共获得9个样本,用于统计分析不同植被类型间地表节肢动物多样性的差异。为保证试验数据满足正态分布,对地表节肢多样性指数、均匀性指数和优势度指数进行 $\lg(1+x)$ 转化。数据统计与分析采用SPSS 18.0和Excel软件进行,采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和Tukey HSD进行各处理间相关数据多重分析。

2 结果与分析

2.1 地表节肢动物群落组成

不同植被恢复地表节肢动物群落组成及类群相对多度见表1。调查共收集到地表节肢动物个体数为738只,隶属5纲15目51科,其中昆虫纲在拉萨半干旱河谷3种植被群落中占有绝对优势,包含9个目、39个科。在目的分类水平下,鞘翅目和双翅目为优势类群,均含10个科,占总科数19.6%,而双尾目、蛭蟥目和等足目所含个体数量不到总数的0.5%,为稀有或极稀有类群;从科级分类水平看,优势类群为蚁科、蚊科、叶爪螨科和漏斗网蛛科,分别占总数的22.2%、4.8%、4.6%和4.7%。缩头甲科、食蚜蝇科、盲蝽科、姬蝽科、缩头水虱、幺松科和幺蚰科个体数极小,所占总数均不到0.5%,为稀有类别。

2.2 土壤节肢动物群落分布

拉萨半干旱河谷不同植被群落之间地表节肢动物群落组成和数量也有较大差异(表1)。砂生槐灌丛样地具有最多的节肢动物科类群数,调查到地表节肢动物40科,占全部采集样的78.4%,杨树人工林和藏沙蒿灌丛样地调查到土壤节肢动物类群为30和23科,分别占总科数的58.8%和45.1%。尽管藏沙蒿灌丛节肢动物类群数(科)较小,但藏沙蒿灌丛样地含有最高的节肢动物数量(占总数的39%),且不同类群间数量差异很大,其中蚊科所占比例高达32.9%,而幺蚰科、夜蛾科、蝗科和土蜂科所占比例不到0.5%。调查也发现不同植

被群落有其各自特有类群,如瓢甲科、虎甲科、缩头甲科、盲蝽科、姬蝽科、么松科和么蚰科等为砂生槐灌丛特有类群,丽金龟科、阎甲科和姬小蜂科为藏沙蒿灌丛特有类群。

表 1 不同植被类型地表节肢动物群落组成及其相对多度 (%)

Table 1 Composition and relative abundance (%) of ground-dwelling arthropod groups in different vegetation types

类群 (纲/目/科) Group (order/family)	功能群 Functional group	植被类型 Vegetation types		
		SM	PS	AW
昆虫纲		54.38	72.96	48.26
直翅目 Orthoptera		5.53	3.00	2.08
疣蝗科 Oedipodids	Ph	1.38	0.86	0.69
蝗科 Acridiidae	Ph	1.38	0.86	0.35
飞蝗科 Grylloidea	Ph	2.76	1.29	1.04
鳞翅目 Lepidoptera		5.53	5.15	0.35
夜蛾科 Noctuidae	Ph	0.92	0.43	0.35
尺蛾科 (幼虫) Geometridae	Ph	2.30	1.72	
螟蛾科 Pyralidae	Ph	2.30	3.00	
鞘翅目 Coleoptera		6.91	4.72	4.17
瓢甲科 Coccinellidae	Pr	0.46		
虎甲科 Cicindelidae	Pr	0.46		
丽金龟科 Rutelidae	Ph			0.69
步甲科 Carabidae	Pr	0.92	0.86	0.69
拟步甲科 Tenebrionidae	Ph	2.76	0.86	1.04
象甲科 Carabidae	Ph	0.46		
隐翅甲科 Podroczina	De	0.46	2.58	1.04
阎甲科 Histeridae	Pr			0.69
叶甲科 Chrysomelidae	Ph	0.92	0.43	
缩头甲科 Chelonariidae	Pr	0.46		
膜翅目 Hymenoptera		9.68	21.89	34.03
蚁科 Formicidae	Om	9.22	21.03	32.99
叶蜂科 Tenthredinidae	Ph		0.86	
土蜂科 Scoliididae	Pr	0.46		0.35
姬小蜂科 Eulophidae	Pr			0.69
双翅目 Diptera		17.51	36.91	6.25
眼蕈蚊科 (幼虫) Mycetophilidae	Pr	0.46		
眼蕈蚊科 Mycetophilidae	Pr	6.91		3.13
蚊科 Culicidae	Pr	4.61	9.87	1.04
摇蚊科 Chironomidae	Pr	0.92	2.58	
花蝇科 Anthomyiidae	De	1.84	9.01	1.39
蝇科 Muscidae	De		9.01	
丽蝇科 Calliphoridae	De	0.92	0.43	
食蚜蝇科 Syrphidae	Pr	0.46		
大蚊科 Tipulidae	Pr	1.38	3.00	0.69
蚤蝇科 Phoridae	De		3.00	0.00
同翅目 Homoptera		1.84	1.29	1.39
飞虱科 Delphacidae	Ph	1.84		
蚜科 Aphididae	Ph		0.86	0.35
叶蝉科 Cicadellidae	Ph		0.43	1.04
半翅目 Hemiptera		1.84		
盲蝽科 Miridae	Ph	0.46		

续表				
类群(纲/目/科) Group (order/family)	功能群 Functional group	植被类型 Vegetation types		
		SM	PS	AW
猎蝽科 Reduviidae	Pr	0.92		
姬蝽科 Nabidae	Pr	0.46		
革翅目 Dermaptera		5.07		
大尾蠼螋科 Pygidicnidae	Om	2.30		
蠼螋科 Labduridae	Om	2.76		
等足目 Isopoda		0.46		
缩头水虱科(Cymothoidae)	Pr	0.46		
蛛形纲		26.73	9.44	25.35
真螨目 Acarina		7.37	2.58	4.51
叶爪螨科 Tetranychidae)	Ph	7.37	2.58	4.51
蜘蛛目 Araneae		19.35	6.87	20.83
狼蛛科 Lycosodae	Pr	5.99	0.43	
逍遥蛛科 Philodromidae	Pr		0.86	
漏斗蛛科 Agelenidae	Pr		0.43	
漏斗网蛛科 Agelenidae)	Pr	5.99	3.43	9.72
皿蛛科 Linyphiidae)	Pr	7.37	1.72	11.11
唇足纲		1.84	1.72	0.35
蜈蚣目 Scolopendromopha		0.92	1.72	
地蜈蚣科 Geophilidae	Pr	0.92	1.72	
蚰蜒目 Scutigermorpha		0.92		0.35
么松科 Scolopendrellidae	Pr	0.46		
么蚰科 Scutigerellidae	Pr	0.46		0.35
弹尾纲 Collembola		17.05	14.59	26.04
弹尾目 Collembola		17.05	14.59	26.04
棘跳科	De	2.76		
驼跳科 Cyphoderidae	De	14.29	14.59	26.04
双尾纲			1.29	
双尾目 Diplura			1.29	
康(虫八)科 Campodeidae	De		1.29	
总类群数/科		40	30	23
总个体数		217	233	288

Pr: 捕食性 Predatory group; Ph: 植食性 Phytophagous group; Om: 杂食性 Omnivorous group; De: 腐食性 Detritivore; SM: 砂生槐灌丛, *Sophora moorcroftiana*; PS: 杨树人工林, *Populus* spp; AW: 藏沙蒿灌丛, *Artemisia wellbyi*

2.3 土壤节肢动物群落多样性和相似性

植被群落类型可以显著影响土壤动物群落类群丰富度和 Shannon-Wiener 指数 ($F=3.67, P<0.05$), 但对均匀度和优势度指数未有明显影响(表 2)。砂生槐灌丛样地地表节肢动物的类群丰富度和 Shannon-Wiener 指数均显著高于杨树人工林和藏沙蒿灌丛样地, 杨树人工林样地的 Shannon-Wiener 指数最小。丰富度指数的变化顺序表现是砂生槐灌丛>杨树人工林>藏沙蒿灌丛。均匀度和优势度指数在 3 个样地间没有呈现显著差异 ($P>0.05$)。

不同植被类型对地表节肢动物 Sørensen 指数有影响(表 3)。Sørensen 较高值出现在砂生槐灌丛与藏沙蒿灌丛之间, 而砂生槐灌丛和藏沙蒿灌丛与杨树人工林之间 Sørensen 多样性值接近。地表节肢动物群落特性受植被群落影响较大, 其类群组成因植被群落不同导致的环境梯度所呈现的替代速率不尽相同(表 3), 砂生槐灌丛与杨树人工林和藏沙蒿灌丛的 Cody 值相同, 且高于杨树人工林与藏沙蒿灌丛之间值。说明砂生槐灌丛与杨树人工林和藏沙蒿灌丛节肢动物类群的相似性程度较小, 群落间共有类群较少。而杨树人工林与藏沙

蒿灌丛间群落相似性程度低,共有种类群数较多。

表 2 不同植被类型地表节肢动物多样性

Table 2 Diversity of ground-dwelling arthropod in different vegetation types				
植被类型 Vegetation types	丰富度/科 Richness	多样性指数 Diversity index	均匀性指数 Evenness index	优势度指数 Dominance index
SM	23.5±6.23 a	1.87±0.23 a	0.84±0.01	0.76±0.01
PS	13.6±5.8 b	1.63±0.30 c	0.89±0.02	0.78±0.01
AW	17.3±7.2 b	1.75±0.15 b	0.85±0.01	0.80±0.02

不同植被类型间不含相同字母表示差异显著($P<0.05$, Tukey HSD 检验)

表 3 不同植被类型对地表节肢动物类群相似性影响

Table 3 Effect of vegetation types on the similarity of ground-dwelling arthropod groups				
指标 Index	值 Value	SM	PS	AW
Sørensen 指数 Sørensen indices	SM	1		
	PS	0.66	1	
	AW	0.93	0.65	1
Cody 指数 Cody indices	SM	1		
	PS	11.5	1	
	AW	11.5	9	1

2.4 土壤节肢动物功能群组成

本研究中将地表节肢动物营养功能群划分为捕食性、植食性、杂食性和腐食性。3种植被群落中,捕食性和植食性地表节肢动物均占优势地位(图1)。从捕食性功能群比例来看,砂生槐灌丛(51.28%)>藏沙蒿灌丛(43.48%)>杨树人工林(34.48%),植食性功能群丰度比例表现为,杨树人工林(41.38%)>藏沙蒿灌丛(39.13%)>砂生槐灌丛(30.77%)。捕食性功能群主要以蛛形纲蜘蛛目下狼蛛科、漏斗网蛛科、漏斗蛛科,半翅目猎蝽科、姬蝽科等为主;植食性则以昆虫纲下直翅目、鳞翅目和同翅目等组成。腐食性和杂食性功能群所占比例较小,包含数量也较少,其类群主要以弹尾目驼跳科、棘跳科,革翅目大尾蠼螋科和蠼螋科为主。

3 结论与讨论

不同植被恢复措施下土壤节肢动物类群、数量及其相对多度的明显差异,这与不同植被群落下土壤理化特性不同有极其密切的关系。土壤物理特性受到植被类型的影响,不同的植被类型其冠层结构、郁闭度,根系的生长发育和分布,凋落物的储量、构成及其分解速率等均存在差异^[22],这势必导致土壤地表水分和有机质含量的变异^[23-24]。本研究人工杨树林的冠层郁闭度高,尽管它对降水的截留强度高于其他2种植被类型,但其根系大多分布在较深土层,对表层土壤有效水分的吸收利用较小,加之较高的冠层郁闭度导致其表层土壤水分蒸腾作用较弱,综合作用下来,导致其土壤水分含量较

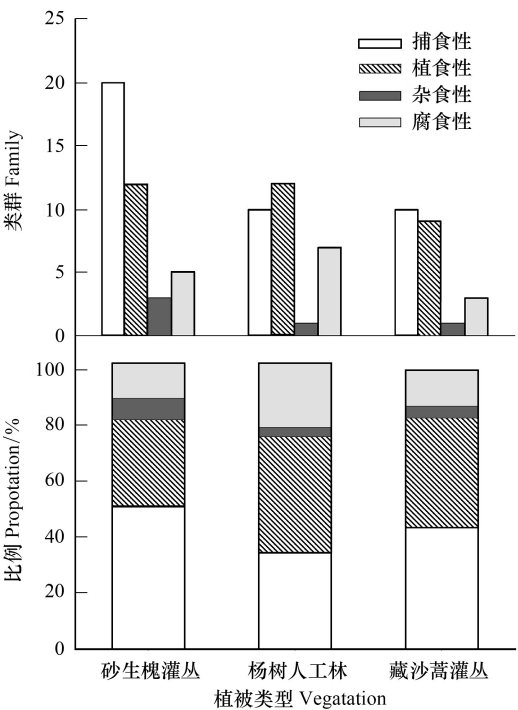


图 1 不同植被类型地表节肢动物功能群组成

Fig.1 Composition of ground-dwelling arthropods of functional group in different vegetation types

Pr: 捕食性 Predatory group; Ph: 植食性 Phytophagous group; Om: 杂食性 Omnivorous group; De: 腐食性 Detritivore

高^[24]。有研究发现土壤水分的变化可在不同程度上影响地表节肢动物个体和类群数量,并在不同的气候地理条件下得到验证^[25-27]。科尔沁沙地不同生境土壤动物类群丰富度和多样性指数与土壤含水量呈负相关^[25],东北黑土区农田大型土壤动物个体、类群数与土壤含水量之间成显著负相关^[26];类似结果在典型黑土区不同耕作措施下节肢动物多度与土壤水分的关系中也被发现^[27]。但是在降雨充沛地区,土壤动物的生存和分布一旦不受水分含量限制,土壤水分不再成为影响其群落数量动态的关键因子^[19]。本研究地处拉萨半干旱河谷,年降雨仅为 200—500 mm,水分为制约地表节肢动物群落特性关键因子。不同植被恢复措施间土壤水分存有差异,必将对土壤动物类群数量、结构和分布有所影响。

不同植物群落组成和结构,导致地表凋落物的数量(厚度)和质量(营养组成)有很大差异,凋落物数量和质量的不同导致凋落物分解速率不同,而凋落物的分解是土壤有机质的直接来源,进而影响土壤有机质积累速率和大小^[23,25,28]。此外,不同植被恢复类型间根系生物量、死活根比例以及空间分布也会影响土壤有机质的含量高低和空间分布^[25]。凋落物及根系作为土壤动物的重要的栖息场所和食物来源,凋落物数量及根系分布在不同程度上影响土壤动物类群丰富度和多样性。许多研究发现,有机质含量与大型土壤动物个体密度、丰富度和多样性指数呈正相关关系^[26,29],本研究砂生槐灌丛地表节肢动物的类群丰富度、Shannon-Wiener 指数均显著高于杨树人工林和藏沙蒿灌丛样地,这与砂生槐灌丛地表植被丰富、草灌植物可形成大量的地表凋落物,以及土壤表层根系密集分布有关。凋落物及根系是决定砂生槐灌丛地表节肢动物具有较高的类群丰富度和多样性的关键因子。

除了土壤特性,植被群落特性的变异,也会影响地表节肢动物种类、组成与营养功能群。地表植被是地表节肢动物的主要食物源,满足节肢动物不同发育阶段对营养的需求,且有些节肢动物类群的寿命、产卵率以及搜寻和繁殖行为均受到取食营养条件的制约^[30]。不同植物群落组成及各种间的物候呈现一定的差异,各器官所能提供的营养素类别及其含量也有变化,这给节肢动物类别的生活史及其生殖力造成影响,进而致使其种群数量和组成发生变异,反映到整个节肢动物群落水平,就会出现节肢动物种类组成及数量的变化。本研究砂生槐灌丛节肢动物类群数多,这与该植被群落植物物种数量多、生活型多样化,地表凋落物数量及其分解速率等有关。有研究表明砂生槐幼嫩种子是种实害虫夜蛾科豆荚螟和姬小蜂科刺槐小蜂幼虫的食物源^[31-32],砂生槐的花是种实害虫产卵的场所,因此,砂生槐开花时期、花朵数量以及种子结实情况均对夜蛾科和姬小蜂科种群的数量产生影响。此外,植被群落结构、郁闭度、凋落物、林下植物和根系分布等也是地表节肢动物栖息、生长、捕食、避敌的场所^[33-34]。拉萨半干旱河谷不同植物群落组成和结构,使其地表凋落物的种类、数量和基质质量差异较大,这在一定程度上影响土壤动物类群组成与数量的分布格局^[35]。本研究砂生槐灌丛凋落物数量多,而且大多为草灌茎叶,易分解,为土壤动物的生存和繁衍提供了良好的微环境;人工杨树林树干较高,地表节肢动物的食物源主要依赖林下植物和凋落物,但受林下光热资源限制,林下植物种类较为单一,因此凋落物特性成为决定土壤节肢动物种类和数量的关键因子。这样的微生境条件和凋落物状况有利于这些喜湿、腐食性节肢动物的生活^[36]。不同动物类群生活习性和食性的选择偏好,也是导致不同植被类型节肢动物类群丰富度及其特有类群有差异的主要因子^[28]。从节肢动物营养功能群数来看,砂生槐灌丛捕食性节肢动物类群数所占比例高,这一方面与砂生槐种子寄生的害虫为其它捕食性天敌提供营养源,另一方面,地表丰富的凋落物中和近地表枯死根系的分解,均给中小型土壤节肢动物的生存和发展提供生物空间,导致少数优势类群的增多,同时节肢动物对微生境和适应的进化演替过程也有一定作用^[37]。

本研究发现 Sørensen 多样性指数最高与最低值分别出现在砂生槐与藏沙蒿灌丛、人工杨树林与藏沙蒿灌丛间。表明地表节肢动物类群构成在砂生槐灌丛与藏沙蒿灌丛之间相似性差异最大,也表明不同植被恢复过程中,植物种类组成变化及其对应适应机制形成不同的资源分配策略,从而导致不同植被类型间土壤动物类群的组成和数量的变化。Cody 指数反映样带地表节肢动物类群组成沿环境梯度的替代速率,是对不同环境梯度间生物类群多样性的测度,可揭示不同植被类型下生境被物种分割的程度,也反映物种周转速率、物种替代速率和生物变化速率^[38]。本研究中,不同植被群落见人为干扰强度、地上植被覆盖度、地表微生境以及食

物源的差异,导致地表节肢动物类群间有生态替代现象,不同植被样地共有种就是这种作用的主要体现。共有种的作用导致节肢动物群落结构、功能和优势种类群的变化。本研究将地表节肢动物类群结构、组成及其多样性应用到植被类型不同导致的资源环境异质性响应中。拉萨半干旱河谷退化生态系统植被恢复过程中,土壤节肢动物群落结构和功能的变化,一方面是对植物群落组成和结构变异引发的地表凋落物的数量和质量响应,同时也是对植物群落特性制约下土壤理化特性分化的适应结果。因此,从这个角度来讲,地表节肢动物可作为参考指标来评价半干旱河谷植被恢复成效。

参考文献 (References):

- [1] Mitchell M G E, Bennett E M, Gonzalez A. Agricultural landscape structure affects arthropod diversity and arthropod-derived ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2014, 192: 144-151.
- [2] Eyre M D, Labanowska-Bury D, Avayanos J G, White R, Leifert C. Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in an intensively managed vegetable crop landscape in eastern England. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2009, 131(3/4): 340-346.
- [3] 宋敏. 增加降水及大气氮沉降对黄淮海平原弃耕地地表节肢动物的影响. *应用生态学报*, 2016, 27(11): 3682-3688.
- [4] Smith J R, Schmitz O J. Cascading ecological effects of landscape moderated arthropod diversity. *Oikos*, 2016, 125(9): 1261-1272.
- [5] 杨小林, 赵垦田, 马和平, 禄树晖, 罗健. 拉萨半干旱河谷地带的植被数量生态研究. *林业科学*, 2010, 46(10): 15-22.
- [6] 孙鸿烈, 郑度, 姚檀栋, 张德铨. 青藏高原国家生态安全屏障保护与建设. *地理学报*, 2012, 67(1): 3-12.
- [7] 邱邦桂, 李永霞, 杨小林, 马和平. 拉萨半干旱河谷宜林地土壤水分时空分布格局. *北京林业大学学报*, 2016, 38(11): 9-15.
- [8] 杨小林, 宫照红, 马和平. 拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛群落退化程度评价. *西北林学院学报*, 2012, 27(5): 11-14.
- [9] 赵垦田, 杨小林, 马和平, 张新军. 拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛生态恢复过程的群落特征与土壤微生物动态分析. *林业科学*, 2013, 49(2): 15-20.
- [10] 幸福梅, 杨小林, 赵垦田, 罗桑卓玛. 干旱胁迫对拉萨半干旱河谷主要乔木树种幼树耗水及光合特性的影响. *浙江大学学报: 农业与生命科学版*, 2016, 42(2): 199-208.
- [11] 马宏彬, 刘惠清. 拉萨河流域不同土地利用方式下土壤动物的群落特征. *东北师大学报: 自然科学版*, 2012, 44(2): 84-90.
- [12] 臧建成, 孙涛, 杨小林, 幸福梅. 拉萨半干旱河谷砂生槐灌丛不同封育时间土壤动物多样性特征. *核农学报*, 2017, 31(7): 1381-1387.
- [13] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. *西藏植被*. 北京: 科学出版社, 1988.
- [14] Van Straalen N M, Rijninks P C. The efficiency of Tullgren apparatus with respect to interpreting seasonal changes in age structure of soil arthropod populations. *Pedobiologia*, 1982, 24: 197-209.
- [15] 尹文英. *中国土壤动物检索图鉴*. 北京: 科学出版社, 2000.
- [16] 郑乐怡, 归鸿. *昆虫分类*. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [17] Yang X D, Chen J. Plant litter quality influences the contribution of soil fauna to litter decomposition in humid tropical forests, southwestern China. *Soil Biology and Biochemistry*, 2009, 41(5): 910-918.
- [18] 李萌, 吴鹏飞, 王永. 贡嘎山东坡典型植被类型土壤动物群落特征. *生态学报*, 2015, 35(7): 2295-2307.
- [19] Krebs C J. *Ecological Methodology*. 2nd ed. Menlo Park, CA, USA: Benjamin Cummings, 1999.
- [20] Brower J E, Zar J H. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Dubuque, Iowa: Brown Publishers, 1977.
- [21] 崔保山, 赵欣胜, 杨志峰, 唐娜, 谭学界. 黄河三角洲芦苇种群特征对水深环境梯度的响应. *生态学报*, 2006, 26(5): 1533-1541.
- [22] 魏文俊, 尤文忠, 赵刚, 张慧东, 颜廷武. 退化柞蚕林封育对枯落物和表层土壤持水效能的影响. *生态学报*, 2016, 36(3): 721-728.
- [23] 潘颜霞, 王新平. 荒漠人工植被区浅层土壤水分空间变化特征分析. *中国沙漠*, 2007, 27(2): 250-256.
- [24] 石培礼, 于贵瑞. 拉萨河下游河谷不同土地利用方式下土壤有机碳储量格局. *资源科学*, 2003, 25(5): 96-102.
- [25] 赵哈林, 刘任涛, 周瑞莲. 科尔沁沙地土地利用变化对大型土壤节肢动物群落影响. *土壤学报*, 2013, 50(2): 413-418.
- [26] 林英华, 朱平, 张夫道, 彭畅, 高洪军, 刘淑环. 吉林黑土区不同施肥处理对农田土壤昆虫的影响. *生态学报*, 2006, 26(4): 1122-1130.
- [27] 孙涛, 陈强, 张兴义. 东北黑土区耕作措施对地表节肢动物多样性的影响. *昆虫学报*, 2014, 57(1): 74-80.
- [28] 孟令军, 张利敏, 张丽梅, 冯仲科. 五大连池药泉山大型土壤动物对旅游踩踏的响应. *生态学报*, 2016, 36(20): 6607-6617.
- [29] 张雪萍, 崔国发, 陈鹏. 人工落叶松林土壤动物生物量的研究. *应用生态学报*, 1996, 7(2): 150-154.
- [30] 汪庚伟, 田俊策, 朱平阳, 郑许松, 徐红星, 杨亚军, 吕仲贤. 蜜源食物对节肢动物天敌寿命、繁殖力和控害能力的影响. *昆虫学报*, 2014, 57(8): 979-990.
- [31] 王文娟. 西藏砂生槐种子生命力特性及其种实害虫生物生态学特性研究[D]. 银川: 宁夏大学, 2010.
- [32] 臧建成, 幸福梅. 砂生槐种实害虫对砂生槐种子与萌发的影响. *西北农业学报*, 2012, 21(2): 198-201.

- [33] Belovsky G E, Slade J B. Dynamics of two Montana grasshopper populations: relationships among weather, food abundance and intraspecific competition. *Oecologia*, 1995, 101(3): 383-396.
- [34] 许洪军, 于立忠, 黄选瑞, 朱教君, 杨晋宇, 高尚林, 王拥军. 辽东山区次生林与人工林大型地表节肢动物多样性. *生态学杂志*, 2015, 34(3): 727-735.
- [35] Siemann E, Tilman D, Haarstad J, Ritchie M. Experimental tests of the dependence of arthropod diversity on plant diversity. *American Naturalist*, 1998, 152(5): 738-750.
- [36] Maleque M A, Maeto K, Ishii H T. Arthropods as bioindicators of sustainable forest management, with a focus on plantation forests. *Applied Entomology and Zoology*, 2009, 44(1): 1-11.
- [37] Kanaga M K, Latta L C, Mock K E, Ryel R J, Lindroth R L, Pfrender M E. Plant genotypic diversity and environmental stress interact to negatively affect arthropod community diversity. *Arthropod-Plant Interactions*, 2009, 3(4): 249-258.
- [38] Koleff P, Gaston K J. Latitudinal gradients in diversity: real patterns and random models. *Ecography*, 2001, 24(3): 341-351.