

网络出版时间:2020-09-25 13:48 DOI:10.13207/j.cnki.jnwfufu.2021.03.011
网络出版地址:https://kns.cnki.net/kcms/detail/61.1390.S.20200924.1246.011.html

西藏东南部典型林草交错地带不同植被地表节肢动物多样性研究

臧建成^{1a,1b},孙涛²,洪大伟^{1a,1b}

(1 西藏农牧学院 a 植物科学学院,b 西藏高原资源昆虫与应用昆虫实验室,西藏 林芝 860000;
2 淮北师范大学 生命科学学院,安徽 淮北 235000)

【摘要】 【目的】了解西藏东南部不同植被类型对地表节肢动物群落结构及多样性的影响。【方法】采用陷阱诱捕法于 2018 年 5~9 月对高山栎灌丛、高山栎灌丛林牧交错地带(林牧交错地带)、天然草地、人工种植草地 4 种典型植被类型进行地表节肢动物调查,分析其相对多度、类群丰富度、Shannon-Wiener 多样性指数、Pielou 均匀度指数、Simpson 优势度及相似性指数 Sørensen 和 Cody。【结果】1)西藏东南部不同植被群落之间地表节肢动物群落组成和数量有较大差异。天然草地具有最多的节肢动物科类群数,地表节肢动物有 77 科,动物数占全部采集样数的 32.36%;其次是林牧交错地带,地表节肢动物有 75 科,动物数占全部采集样数的 32.77%;类群相对较少的是高山栎灌丛和人工草地,分别为 59 和 55 科,动物数分别占全部采集样数的 9.27%和 25.60%;高山栎灌丛采集到的动物数量最少,且不同类群间差异较大。2)类群丰富度天然草地最高,人工草地最低;Shannon-Wiener 多样性指数天然草地最高,高山栎灌丛最低;Pielou 均匀度指数高山栎灌丛最低,天然草地最高;Simpson 优势度指数高山栎灌丛最高,林牧交错地带最低。3)Sørensen 相似性指数最高值出现在高山栎灌丛与林牧交错地带之间,高山栎灌丛与人工草地的 Sørensen 相似性指数和人工草地与林牧交错地带的接近,高山栎灌丛与林牧交错地带的 Sørensen 相似性指数和人工草地与天然草地的接近。高山栎灌丛与天然草地的 Cody 相似性指数最高,其次是林牧交错地带与天然草地;高山栎灌丛与林牧交错地带、人工草地与天然草地的 Cody 指数最小。【结论】西藏东南部植被类型、环境、干扰程度均对地表节肢动物有较大影响。林牧交错地带是高山栎灌丛与天然草地之间的过渡地带,天然草地是林牧交错地带与人工草地之间的过渡地带,但在演替过程中具有连续性。

【关键词】 西藏东南部;林牧交错地带;植被类型;地表节肢动物;物种多样性;群落结构
【中图分类号】 Q958.1 【文献标志码】 A 【文章编号】 1671-9387(2021)03-0093-08

Diversity of arthropods on different vegetation types in typical forest grass ecotone of Southeast Tibet

ZANG Jiancheng^{1a,1b},SUN Tao²,HONG Dawei^{1a,1b}

(1 a Plant Science College,b Lab of Resource and Applied Insect in the Tibet Plateau,Tibet Agricultural and Animal Husbandry University,Linzhi,Tibet 860000,China;
2 College of Life Science,HuaiBei Normal University,HuaiBei,Anhui 235000,China)

Abstract: 【Objective】 This study aimed to understand the influence of different vegetation types on community structure and diversity of surface arthropods in southeast Tibet. 【Method】 From May to September in 2018,four typical vegetation types of *Quercus aquifolioide* shrubs,forest and animal husbandry,natural grassland and artificially grassland were investigated by the method of trapping. The relative abun-

【收稿日期】 2020-03-17
【基金项目】 国家自然科学基金项目(41967007,41561054);西藏自治区科技厅地区基金项目(XZ2018ZRG-35(Z))
【作者简介】 臧建成(1977—),男,甘肃通渭人,副教授,主要从事昆虫生态、土壤动物和农林害虫防治研究。
E-mail:zangjc2008@163.com

dance, group richness, Shannon-Wiener diversity index, Pielou evenness index, Simpson dominance index and similarity indexes (Cody and Sørensen) were analyzed. 【Result】 1) The composition and quantity of arthropod community in different vegetation communities were quite different. The natural grassland had the largest number of arthropod families, including 77 families of surface arthropods and accounting for 32.36% of all samples collected. The second was the crisscross area of forest and animal husbandry, including 75 families and accounting for 32.77% of all samples collected. The relatively small groups were *Q. aquifolioides* shrubs and artificial grassland, with 59 and 55 families and accounting for 9.27% and 25.60% of the total, respectively. The number of *Q. aquifolioides* shrubs collected was the least with great differences among different groups. 2) The group richness was the highest in natural grassland and the lowest in artificial grassland. Shannon-Wiener diversity index was the highest in natural grassland and the lowest in *Q. aquifolioides* shrubs. Pielou uniformity index was the lowest in *Q. aquifolioides* shrubs and the highest in natural grassland, and Simpson dominance index was the highest in *Q. aquifolioides* shrubs and the lowest in forest-pastoral zone. 3) The highest value of Sørensen similarity index was between *Q. aquifolioides* shrubs and forest-pastoral transition zone. The Sørensen similarity index of *Q. aquifolioides* shrubs and artificial grassland was close to that of artificial grassland and forest-pastoral zone. The Sørensen similarity index of *Q. aquifolioides* shrubs and forest-pastoral zone was close to that of artificial grassland and natural grassland. The Cody index between *Q. aquifolioides* shrubs and natural grassland was the highest, followed by forest-pastoral transition zone and natural grassland. *Q. aquifolioides* shrubs and forest-pastoral transition zone, artificial grassland and natural grassland had the smallest Cody index. 【Conclusion】 The surface arthropods were greatly influenced by vegetation types, environmental changes and disturbance degrees in southeastern Tibet. Forest-pastoral zone was the transition zone between *Q. aquifolioides* shrubs and natural grassland, and natural grassland was the transitional zone between forest-pastoral zone and artificial grassland, but there was continuity in the process of succession.

Key words: southeast Tibet; forest-pastoral zone; vegetation types; surface arthropods; species diversity; community structure

稳定的植被群落具有多样性的生物种群,其功能及营养物质在群落中的流动和循环也较为稳定^[1]。植被的改变会影响土壤动物群落的分布、结构及功能^[2-4]。节肢动物是生态系统的重要组成部分,其在土壤有机物分解、物质循环、土壤结构改善、植物群落变化中均具有重要作用^[5]。近年来有关青藏高原土壤动物、地表节肢动物方面已有大量研究,这些研究主要集中在西藏农田土壤动物,河谷灌丛不同封育时间、不同植被类型、不同土地利用方式对土壤节肢动物的影响以及林牧交错地带土壤动物比较等方面^[6-10]。

在西藏东南部包括雅鲁藏布江中下游及其支流的高山峡谷地带,分布着茂密的森林、灌丛、草甸,气候类型复杂,造就了多种典型的植被类型及过渡类型^[11]。本研究选择西藏东南部高山栎灌丛林牧交错地带 4 种典型植被类型为对象,对其地表节肢动物群落进行调查,旨在探明西藏东南部典型植被类型的地表节肢动物组成、群落多样性以及功能群在

不同植被类型间的变化趋势,为生物多样性保护和昆虫生态学研究提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于青藏高原东南部西藏林芝市巴宜区章麦村,系念青唐古拉山向南延伸的余脉,与喜马拉雅山东部向北发展的山系相连。该区域位于北纬 $26^{\circ}52' - 30^{\circ}40'$, 东经 $92^{\circ}09' - 98^{\circ}47'$, 平均海拔 3 000 m, 受印度洋暖湿季风影响, 冬春干燥, 夏秋多雨。年降水量 600~1 000 mm, 年平均温度 $8 \sim 10^{\circ}\text{C}$, $\geq 0^{\circ}\text{C}$ 积温为 $3\ 000 \sim 3\ 500^{\circ}\text{C}$, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 的时间约 180 d, 为西藏降水量最充沛的地区之一, 属半湿润区与湿润区的过渡地带^[12-13]。研究区生物资源丰富, 为农牧林过渡地带, 是藏东南温暖气候区与半湿润气候区的过度地带, 林区植被类型主要为川滇高山栎 (*Quercus aquifolioides*) 灌丛、高山栎灌丛林牧交错地带 (简称林牧交错地带, 植物主要为禾本科羊

茅(*Festuca ovina*)、早熟禾(*Poa annua*))、天然草地(植物主要为白茅(*Imperata cylindrica*))和人工草地(植物主要为垂穗披碱草(*Elymus nutans*))。

1.2 节肢动物样本的采集与鉴定

于 2018 年 5—9 月对高山栎灌丛、林牧交错地带、天然草地、人工草地 4 种典型植被进行调查。采用陷阱诱捕法采集地表节肢动物。采用 5 点取样法,每个样点设置 5 个重复,每个样方间隔 5 m。在每个取样点,将塑料杯(50 mL)埋入土壤,杯口与地面平齐,同时在杯中加入 4% 的福尔马林液、5 mL 甘油和几滴洗衣粉溶液,增加诱捕的有效性。每次布置陷阱持续的时间为 7 d,每 3 d 检查杯中浸渍液以确保取样的有效性;采集的样品收集于指型管内,带回实验室用体积分数 75% 酒精保存。参考《中国土壤动物检索图鉴》^[14]、《昆虫分类》^[15]、《青藏高原蜘蛛》^[16],将样品在尼康中级体视显微镜 SMZ800+D5100 下进行分类鉴定。

1.3 数据处理与分析

参考文献[17],计算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。为保证试验数据满足正态分布,对地表节肢动物的多样性指数、均匀性指数和优势度指数进行 lg(1+x)转化。不同植被地表节肢动物群落的相似性用 Cody 指数和 Sørensen 指数^[18-19]反映,计算公式如下:

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

式中:*Bc* 为 Cody 指数;*a*、*b* 为两群落地表节肢动物类群数,*c* 为两群落共有节肢动物的类群数;*S_i* 为 Sørensen 指数。

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的多重分析。

2 结果与分析

2.1 西藏东南部 4 种典型植被地表节肢动物的特征分析

西藏东南部不同典型植被地表节肢动物群落组成及类群相对多度见表 1。

表 1 西藏东南部 4 种典型植被地表节肢动物群落结构
Table 1 Surface arthropods community structure of 4 typical vegetation types in southeastern Tibet

类群 Group		不同植被类型的动物数 Arthropods number of different vegetation type				小计 Subtotal	占总数 比例/% Proportion of the total	相对多度 Relative abundance
目 Order	科 Family	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	天然草地 Natural grass	人工草地 Artificial grass			
鞘翅目 Coleoptera	隐翅甲科 Cryptoptera	4	103	142	139	388	10.58	+++
	步甲科 Carapaceae	0	0	27	121	148	4.03	++
	象甲科 Curculionidae	2	4	13	7	26	0.71	+
	拟步甲科 Tenebrionidae	3	4	3	2	12	0.33	+
	薪甲科 Latridiidae	0	0	1	3	4	0.11	+
	叩头甲科 Elateridae	0	3	9	0	12	0.33	+
	瓢虫科 Coccinellidae	0	0	2	7	9	0.25	+
	丽金龟科 Rutelinae	0	2	10	0	12	0.33	+
	鳃角金龟科 Melolonthidae	2	3	11	0	16	0.44	+
	拟球甲科 Corylophidae	0	0	0	3	3	0.08	+
	跳甲科 Halticidae	0	0	27	18	45	1.23	+++
	虎甲科 Cicindelidae	0	1	4	0	5	0.14	+
	伪叶甲科 Lagriidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	伪瓢甲科 Endomychidae	2	0	0	0	2	0.05	+
	蛱蝶科 Geotrupidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	叶甲科 Chrysomelidae	8	6	0	0	14	0.38	+
	郭公虫科 Cleridae	0	0	0	1	1	0.03	+
	出尾蕈甲科 Scaphidinae	1	0	0	1	2	0.05	+
	锯谷盗科 Siovanidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	花萤科 Cantharidae	0	0	2	0	2	0.05	+
	小计 Subtotal	22	129	251	302	704	19.19	+++
鳞翅目 Lepidoptera	螟蛾科 Pyralidae	0	1	1	4	6	0.16	+
	夜蛾科 Noctuidae	1	3	3	2	9	0.25	+
	尺蛾科 Geometridae	0	0	1	1	2	0.05	+

表 1(续) Contiuned table 1

类群 Group		不同植被类型的动物数 Arthropods number of different vegetation type				小计 Subtotal	占总数 比例/% Proportion of the total	相对多度 Relative abundance
目 Order	科 Family	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	天然草地 Natural grass	人工草地 Artificial grass			
鳞翅目 Lepidoptera	卷叶蛾科 Tortricidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	小计 Subtotal	1	4	6	7	18	0.49	+
双翅目 Diptera	花蝇科 Anthomyiidae	1	7	5	8	21	0.57	+
	禾蝇科 Opomyzidae	18	67	1	2	88	2.40	+
	蚤蝇科 Phoridae	2	1	2	35	40	1.09	++
	麻蝇科 Sarcophagidae	9	3	6	2	20	0.55	+
	长足虻科 Dolichopodidae	0	0	1	1	2	0.05	+
	厕蝇科 Fanniidae	2	1	2	0	5	0.14	+
	实蝇科 ephritidae	0	0	0	1	1	0.03	+
	小金蝇科 Ulidiidae	1	4	9	2	16	0.44	+
	眼蕈蚊科 Mycetophilidae	17	9	2	0	28	0.76	+
	瘿蚊科 Cecidomyiidae	0	2	1	0	3	0.08	+
	潜蝇科 Agromyzidae	0	0	13	1	14	0.38	+
	粪蚊科 Scatopsidae	0	0	3	0	3	0.08	+
	臭虻科 Coenomyidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	水虻科 Stratiomyidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	鹬虻科 Rhagionidae	0	0	4	0	4	0.11	+
	食蚜蝇科 Syrphidae	0	3	0	1	4	0.11	+
	菌蚊科 Mycetophilidae	5	1	0	0	6	0.16	+
	大蚊科 Tipulidae	1	1	0	0	2	0.05	+
	毛蚊科 Bibionidae	6	4	0	0	10	0.27	+
	蝇科 Muscidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	小粪蝇科 Sphaeroceridae	0	4	0	0	4	0.11	+
	粪蝇科 Scopeumatidae	0	2	0	0	2	0.05	+
	刺股蝇科 Megamerinidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	寡脉蝇科 Asteiidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	秆蝇科 Chloropidae	5	6	0	0	11	0.30	+
	小花蝇科 Anthomyzidae	2	20	0	0	22	0.60	+
	眼蝇科 Conopidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	头蝇科 Dryomyzidae	0	2	0	0	2	0.05	+
	茎蝇科 Psilidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	小计 Subtotal	72	139	51	53	315	8.59	++
直翅目 Orthoptera	螞总科 Eumastacoidea	0	1	12	2	15	0.40	+
	斑腿蝗科 Catantopidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	蚱总科 Tetrigoidea	0	0	0	1	1	0.03	+
	亚螽科 Sagidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	螽蜥科 Phaneropterinae	0	1	0	0	1	0.03	+
	小计 Subtotal	0	3	13	3	19	0.52	+
缨翅目 hysanoptera	蓟马科 Thripidae	0	0	2	0	2	0.05	+
膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	81	110	315	38	544	14.83	+++
	姬蜂科 Ichneumonidae	4	7	2	4	17	0.46	+
	角胸泥蜂科 Hornpectoridae	1	0	1	1	3	0.08	+
	缘腹细蜂科 Scelionidae	0	0	0	2	2	0.05	+
	扁股小蜂科 Elasmidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	举腹蜂科 Aulacidae	2	2	1	0	5	0.14	+
	茧蜂科 Braconidae	3	5	2	0	10	0.27	+
	巨蜂科 Megalyridae	0	0	2	0	2	0.05	+
	小蜂科 Chalalcididae	0	0	3	0	3	0.08	+
	叶峰科 Tenthredinidae	0	2	0	0	2	0.05	+
	广腹细蜂科 Platygasteridae	1	0	0	0	1	0.03	+
	环腹瘦蜂科 Figitidae	2	0	0	0	2	0.05	+

表 1(续) Contiuned table 1

类群 Group		不同植被类型的动物数 Arthropods number of different vegetation type				小计 Subtotal	占总数 比例/% Proportion of the total	相对多度 Relative abundance
目 Order	科 Family	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	天然草地 Natural grass	人工草地 Artificial grass			
膜翅目 Hymenoptera	角股小蜂科 Hornidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	锤角细蜂科 Diapriidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	匙胸瘦蜂科 Eucoilidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	瘦蜂科 Cynipidae	1	0	0	0	1	0.03	+
	姬小蜂科 Eulophinae	1	3	0	0	4	0.11	+
	金小蜂科 Pteromalidae	0	2	0	0	2	0.05	+
	胸小蜂科 Perilampidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	小计 Subtotal	99	132	327	45	603	16.44	++++
蜘蛛目 Araneae	地蛛科 Atypidae	3	5	4	6	18	0.49	+
	狼蛛科 Lycosidae	0	0	16	49	65	1.77	++
	狼栉蛛科 Zoridae	2	0	38	7	47	1.28	++
	节板蛛科 Liphistiidae	0	3	6	0	9	0.25	+
	管巢蛛科 Clubionidae	4	1	114	107	226	6.16	++
	水蛛科 Argyronetidae	0	0	0	2	2	0.05	+
	皿蛛科 linyphiidae	1	0	3	43	47	1.28	++
	长脚蛛科 Tetragnathidae	0	0	0	2	2	0.05	+
	螳蟠科 Ctenizidae	2	2	5	1	10	0.27	+
	妩蛛科 Uloboridae	0	0	0	1	1	0.03	+
	近管蛛科 Anyphaenidae	1	0	0	2	3	0.08	+
	平腹蛛科 Gnaphosidae	0	1	1	9	11	0.30	+
	拟平腹蛛科 Zodaroidea	0	3	1	107	111	3.03	++
	园蛛科 Araneidae	1	0	0	1	2	0.05	+
	蟹蛛科 Thomisidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	巨蟹蛛科 Sparassidae	0	0	5	0	5	0.14	+
	猫蛛科 Oxyopidae	0	0	2	0	2	0.05	+
	转蛛科 Trochanteriidae	0	0	5	0	5	0.14	+
	弱蛛科 Leptonetidae	3	3	1	0	7	0.19	+
	异纺蛛科 Hexathelidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	卵形蛛科 Oonopidae	12	10	1	0	23	0.63	+
	盗蛛科 Pisauridae	1	1	75	150	227	6.19	++
	逍遥蛛科 Philodromidae	0	1	21	4	26	0.71	++
	花皮蛛科 Scytodidae	1	0	0	6	7	0.19	+
	类石蛛科 Segestriidae	0	0	0	1	1	0.03	+
	栅蛛科 Hahniidae	0	4	1	0	5	0.14	+
	漏斗蛛科 Agelenidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	幽灵蛛科 Pholcidae	0	2	0	0	2	0.05	+
	隆头蛛科 Eresidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	暗蛛科 Amaurobiidae	0	1	0	0	1	0.03	+
	逸蛛科 Zoropsidae	0	9	0	0	9	0.25	+
	管网蛛科 Filistatid	2	2	0	0	4	0.11	+
	拟态蛛科 Mimetidae	2	0	0	0	2	0.05	+
	栉足蛛科 Ctenidae	2	0	0	0	2	0.05	+
	捕鸟蛛科 Theraphosoidea	0	3	0	0	3	0.08	+
	长脚盲蛛 Opiliones	5	3	0	0	8	0.22	+
	小计 Subtotal	42	55	302	498	897	24.45	++++
蝎目 Scorpionida	钳蝎科 Buthidae	0	0	3	0	3	0.08	+
半翅目 Hemiptera	长蝽科 Lygaeoidea	0	4	1	0	5	0.14	+
	奇蝽科 Enicocephalidae	0	9	2	7	18	0.49	+
	上蝽科 Pentatomidae	0	0	1	0	1	0.03	+
	花蝽科 Anthocoridae	0	0	1	0	1	0.03	+
	毛角蝽科 Schizopteridae	0	0	2	0	2	0.05	+
	小计 Subtotal	0	13	7	7	27	0.74	+

表 1(续) Contiuned table 1

类群 Group		不同植被类型的动物数				小计 Subtotal	占总数 比例/% Proportion of the total	相对多度 Relative abundance
目 Order	科 Family	Arthropods number of different vegetation type		天然草地 Natural grass	人工草地 Artificial grass			
		高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	林牧交错地带 Forest and animal husbandry					
同翅目 Homoptera	蚜科 Aphididae	0	1	1	1	3	0.08	+
	叶蝉科 Cicadellidae	0	5	0	0	5	0.14	+
	小计 Subtotal	0	6	1	1	8	0.22	+
蜉蝣目 phemeroptera	蜉蝣科 Ephemeridae	0	0	2	7	9	0.25	+
真螨目 Acariforms	赤螨科 Erythraeidae	0	1	127	0	128	3.49	++
	盾螨科 Scutacaridae	0	0	1	0	1	0.03	+
	绒螨科 Trombidiidae	0	0	32	3	35	0.95	+
	叶螨科 Tetranychidae	0	0	0	1	1	0.03	+
	微离螨科 Microdispidae	1	2	0	0	3	0.08	+
	小计 Subtotal	1	3	160	4	168	4.58	++
石蜈蚣目 Geophilomorpha	石蜈蚣科 Chilenophilidae	1	4	6	3	14	0.38	+
球马陆目 Glomerida	生圆马陆科 Paradoxoso- matidae	37	11	0	0	48	1.31	++
蚰蜒目 scutigermomorpha	蚰蜒科 Scutigeridae	0	1	0	0	1	0.03	+
后孔寡毛目 Opisthopora	正蚓科 Lumbricidae	0	0	1	4	5	0.14	+
石蛎目 Archaeognatha	石蛎科 Machilidae	3	0	5	3	11	0.30	+
	光角蛎科 Meinertellidae	1	1	0	0	2	0.05	+
	小计 Subtotal	4	1	5	3	13	0.35	+
柄眼目 Stylommatopho- ra	蛞蝓科 Limacidae	0	0	5	0	5	0.14	+
	烟管螺科 Clausiliidae	0	0	45	1	46	1.25	++
	小计 Subtotal	0	0	50	1	51	1.39	++
双尾目 Diplura	副铗蚋科 Parajapygidae	0	0	0	1	1	0.03	+
	铗蚋科 Japygidae	1	2	0	0	3	0.08	+
	山蛩科 Spirobolidae	2	3	0	0	5	0.14	+
	小计 Subtotal	3	5	0	1	9	0.25	+
弹尾目 Collembola	跳虫科 Poduridae	23	96	0	0	119	3.24	++
	棘跳科 Onychivridae	35	600	0	0	635	17.32	+++
	小计 Subtotal	58	696	0	0	754	20.56	+++
总计 Total		340	1 202	1 187	939	3 668	100.00	

注:多度以节肢动物占样本总数比进行划分;+++、优势类群,节肢动物数占样本总数的比例>10%;++,常见类群,节肢动物数占样本总数的比例>1%~≤10%;+,稀有类群,节肢动物数占样本总数的比例≤1%。

Note:The degree of multiplicity was divided by the percentage of arthropods in the total samples. +++ dominant groups,abundance>10%;++ indicates common groups with abundance>1%~≤10%;+ indicates rare groups with abundance≤1%.

由表 1 可以看出,5~9 月共收集地表节肢动物 3 668 头,隶属 20 目 141 科,其中优势种群为隐翅甲科、蚂蚁科和棘跳科;常见类群为步甲科、跳甲科、蚤蝇科、管巢蛛科、狼栉蛛科、狼蛛科、皿蛛科、拟平腹蛛科、逍遥蛛科、盗蛛科、生圆马陆科、赤螨科、烟管螺科、跳虫科;其余科为稀有类群。在目级水平上,优势类群为鞘翅目、膜翅目、蜘蛛目、弹尾目,其动物数分别占总数的 19.19%,16.44%,24.45%和 20.56%;常见类群为双翅目、真螨目、柄眼目、球马陆目,其动物数分别占总数的 8.59%,4.58%,1.39%和 1.31%;其余目为稀有类群。

西藏东南部典型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。天然草地的节肢动物科类群数最多,为 77 科,动物数占全部采集样数的 32.36%;其次是林牧交错地带,地表节肢动物有 75 科,动物数占全部采集样数的 32.77%;高山栎灌丛和人工草地的节肢动物科数相对较少,分别为 59 和 55 科,动物数分别占全部采集样数的 9.27%和 25.60%;高山栎灌丛采集到的节肢动物数量最少,且不同类群间差异较大。

在高山栎灌丛和林牧交错地带均未出现的类群有步甲科、薪甲科、瓢虫科等 44 科,占总科数的 31.21%。天然草地和人工草地均未出现的类群有伪叶甲科、伪瓢甲科、蜣螂科等 35 科,占总科数的

24.82%。在 4 种植被类型中均出现的科有石蛾科、盗蛛科、管巢蛛科、姬蜂科、蚁科、小金蝇科、蚤蝇科、花蝇科、禾蝇科、拟步甲科、象甲科、隐翅甲科等 12 科,占总科数的 8.51%。

2.2 西藏东南部典型植被类型地表节肢动物的多样性分析

西藏东南部 4 种典型植被类型地表节肢动物的多样性指数见表 2。由表 2 可以看出,从类群丰富度来看,天然草地>林牧交错地带>高山栎灌丛>

人工草地,天然草地和林牧交错地带类群丰富度相近,高山栎灌丛和人工草地类群丰富度接近,前两者显著高于后两者。Shannon-Wiener 多样性指数天然草地最高,显著高于其他植被类型;高山栎灌丛最低,显著低于其他植被类型。Pielou 均匀度指数高山栎灌丛最低,显著低于其他植被类型;天然草地最高,显著高于其他植被类型。Simpson 优势度指数高山栎灌丛最高;林牧交错地带最低,显著低于其他植被类型。

表 2 西藏东南部 4 种典型植被类型地表节肢动物的多样性指数

Table 2 Diversity index of surface arthropods in 4 typical vegetation types in southeastern Tibet

植被类型 Vegetation type	类群丰富度(科) Taxa richness (Family)	Shannon-Wiener 多样性指数 Shannon-Wiener diversity index	Pielou 均匀度 指数 Pielou evenness index	Simpson 优势度指数 Simpson dominance index
高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	0.496 5±0.011 0 b	0.504 5±0.013 8 c	0.123 7±0.001 9 c	0.906 0±0.001 0 a
林牧交错地带 Forest and animal husbandry	0.525 7±0.012 8 a	1.082 5±0.038 8 b	0.250 7±0.002 6 b	0.724 6±0.005 0 b
天然草地 Natural grass	0.528 9±0.012 2 a	1.286 9±0.033 4 a	0.296 3±0.002 9 a	0.885 0±0.006 2 a
人工草地 Artificial grass	0.487 9±0.010 8 b	1.047 8±0.033 2 b	0.261 5±0.002 2 b	0.901 1±0.003 5 a

注:同列数据后标不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。
Note: Different lowercase letters indicate significant differences ($P<0.05$).

2.3 西藏东南部典型植被地表节肢动物群落的相似性分析

由表 3 可以看出,西藏东南部典型植被类型对地表节肢动物 Sørensen 相似性指数有影响。高山栎灌丛与林牧交错地带间 Sørensen 指数最高,高山栎灌丛与人工草地和人工草地与林牧交错地带间 Sørensen 相似性指数接近,高山栎灌丛与林牧交错地带和人工草地与天然草地间 Sørensen 相似性指数接近,结果说明地表节肢动物群落相似性随植被

类型的变化而变化,其类群组成的替代速率因植被群落的不同而不同。

高山栎灌丛与天然草地之间 Cody 指数最高,其次是林牧交错地带与天然草地;高山栎灌丛与林牧交错地带、人工草地与天然草地 Cody 指数最小,均为 28。结果说明,林牧交错地带是高山栎灌丛与天然草地的过渡地带,天然草地是林牧交错地带与和人工草地之间的过渡地带,但在演替过程中具有连续性。

表 3 西藏东南部 4 种典型植被类型地表节肢动物相似性指数

Table 3 Similarity analysis of surface arthropods of 4 typical vegetation types in southeastern Tibet

相似性指数 Similarity index	植被类型 Vegetation type	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	天然草地 Natural grass	人工草地 Artificial grass
Sørensen 指数 Sørensen index	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	1			
	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	0.582 1	1		
	天然草地 Natural grass	0.355 3	0.542 9	1	
	人工草地 Artificial grass	0.421 1	0.415 4	0.575 8	1
Cody 指数 Cody index	高山栎灌丛 <i>Quercus aquifolioides</i> shrub	1			
	林牧交错地带 Forest and animal husbandry	28	1		
	天然草地 Natural grass	41	40	1	
	人工草地 Artificial grass	33	38	28	1

3 讨 论

不同植被类型地表节肢动物类群、数量及其相对多度的明显差异,与植被群落下土壤理化特性、环

境变化及干扰程度有极其密切的关系^[20-21]。本研究结果表明,西藏东南部 4 种典型植被类型地表节肢动物类群数不同,多样性差异显著,说明不同植被对地表节肢动物的物种丰富度、均匀度指数、优势度和

多样性指数均有影响,其中对 Shannon-Wiener 多样性指数的影响最大^[22]。土壤水分变化也会影响地表节肢动物个体数量和类群数,灌丛与草地对降水截流程度不同,同样会影响地表节肢动物物种丰富度和多样性指数^[19,23-25]。研究区为西藏东南部灌丛、林牧交错地带及试验用人工草地,家畜和人为活动较为频繁、干扰较大,这对地表节肢动物个体数量和类群特征也有影响^[8,26]。

本研究发现,Sörensen 指数最高值与最低值分别出现在高山栎灌丛与林牧交错地带和高山栎灌丛与人工草地之间,表明在同一区域内,地表节肢动物类群构成因植被类型的不同而异,但在不同植被间具有连续性。

[参考文献]

[1] 尚玉昌. 普通生态学 [M]. 3 版. 北京:北京大学出版社,2010: 338-339.
Shang Y C. General ecology [M]. 3rd ed. Beijing:Peking University Press,2010:338-339.

[2] Yin X Q, Song B, Dong W H, et al. A review on the eco-geography of soil fauna in China [J]. Journal of Geographical Sciences,2010,20(3):333-346.

[3] Laossi K R, Barot B, Carvalho D, et al. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in *Amazonian pastures* [J]. Pedobiologia,2008,51(5/6):397-407.

[4] Wardle D A, Bardgett R D, Klironomos J N, et al. Ecological linkages between aboveground and belowground biota [J]. Science,2004,304(5677):1629-1633.

[5] Goralczyk K. Nematodes in a coastal dune succession: indicators of properties [J]. Applied Soil Ecology,1998,9:471-475.

[6] 张超,孙涛,臧建成,等. 西藏林芝青稞田间节肢动物群落多样性研究 [J]. 西南农业学报,2019,32(9):2061-2067.
Zhang C, Sun T, Zang J C, et al. Study on diversity of arthropod community in field of highland barley in Linzhi, Tibet [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(9):2061-2067.

[7] 臧建成,孙涛,洪大伟,等. 拉萨半干旱河谷植被对地表节肢动物多样性的影响 [J]. 生态学报,2018,38(22):8205-8212.
Zang J C, Sun T, Hong D W, et al. Effect of vegetation types on ground-dwelling arthropod diversity in the semi-arid valley of Lhasa [J]. Acta Ecologica Sinica,2018,38(22):8205-8212.

[8] 臧建成,孙涛. 西藏东南部林牧交错带林地与湿地的土壤动物群落比较 [J]. 西北农业学报,2017,26(11):1721-1726.
Zang J C, Sun T. Comparison of soil fauna communities between forest land and wetland in the ecotone between forest and pasture of Nyingchi City, Tibet [J]. Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica,2017,26(11):1721-1726.

[9] 臧建成,孙涛,杨小林,等. 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 [J]. 核农学报,2017,31(7):

1381-1387.
Zang J C, Sun T, Yang X L, et al. Soil animals changes of vegetation restoration under different fencing time of *Sophora Moorcroftiana* Shrublands in Lhasa Semi-arid Valley [J]. Journal of Nuclear Agriculture,2017,31(7):1381-1387.

[10] 翟云霞,臧建成,苏成. 西藏林芝市不同耕作方式对农田土壤动物群落特征的影响 [J]. 西南农业学报,2017,30(1):141-147.
Zhai Y X, Zang J C, Su C. Effects of different tillage methods Linzhi City of community characteristics of soil fauna [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2017, 30(1):141-147.

[11] 罗大庆,郭泉水,黄界,等. 西藏色季拉原始冷杉林死亡木特征研究 [J]. 生态学报,2004,24(3):635-639.
Luo D Q, Guo Q S, Huang J, et al. A character study on the dead wood of primeval *Abies* of Sejila Mountain in Southeastern Tibet [J]. Acta Ecologica Sinica,2004,24(3):635-639.

[12] 刘晓宏,秦大河,邵雪梅,等. 西藏林芝地区近 350a 来降水变化及突变分析 [J]. 冰山冻土,2003,25(4):375-379.
Liu X H, Qin D H, Shao X M, et al. Variation and abrupt change of precipitation in Nyingchi prefecture of Tibet autonomous region in past 350 years [J]. Journal of Glaciology and Geocryology,2003,25(4):375-379.

[13] 向毓意,杜军. 西藏浅层低温气候特征分析及与降水的关系 [J]. 成都气象学院学报,1999(1):20-25.
Xiang Y Y, Du J. Analysis of Tibet's shallow low-temperature climate and its relationship with precipitation [J]. Journal of Chengdu Meteorological Institute,1999(1):20-25.

[14] 尹文英. 中国土壤动物检索图鉴 [M]. 北京:科学出版社,1998.
Yin W Y. Chinese soil animal retrieval map guide [M]. Beijing, Science Press,1998.

[15] 郑乐怡,归鸿. 昆虫分类 [M]. 南京:南京师范大学出版社,1999.
Zheng L Y, Gui H. Insect classification [M]. Nanjing: Nanjing Normal University Press,1999.

[16] 胡金林. 青藏高原蜘蛛 [M]. 郑州:河南科学技术出版社,2001.
Hu J L. Spider on Qinghai-Tibet Plateau [M]. Zhengzhou: Henan Science and Technology Press,2001.

[17] Krebs C J. Ecological methodology [M]. 2nd ed. New York: Harpercollins College Div,1989.

[18] Brower J E, Zar J H. Field and laboratory methods for general ecology [M]. 4th ed. Boston: McGraw-Hill,1998.

[19] 崔保山,赵欣胜,杨志峰,等. 黄河三角洲芦苇种群特征对水深环境梯度的响应 [J]. 生态学报,2006,26(5):1533-1541.
Cui B S, Zhao X S, Yang Z F, et al. Responses of *Phragmites communis* population in the Yellow River Delta to environmental gradients of water depth [J]. Acta Ecologica Sinica, 2006,26(5):1533-1541.

110-124.

[20] Wilson A D,Baietto M. Applications and advances in electron-nose technologies [J]. Sensors,2009,9(7):5099-5148.

[21] 马婷,任亚梅,张艳宜,等. 1-MCP 处理对‘亚特’猕猴桃果实香气的影响 [J]. 食品科学,2016,37(2):276-281.
Ma T,Ren Y M,Zhang Y Y,et al. Effect of 1-MCP treatment on the aroma of ‘Yate’ kiwifruit [J]. Food Science,2016,37(2):276-281.

[22] Nieuwenhuizen N J,Allan A C,Atkinson R G. The genetics of kiwifruit flavor and fragrance [C]//Testolin R,Huang H W,Ferguson A R. The kiwifruit genome. Switzerland: Springer International Publishing,2016:135-147.

[23] Zhang C Y,Zhang Q,Zhong C H,et al. Volatile fingerprints and biomarkers of three representative kiwifruit cultivars obtained by headspace solid-phase microextraction gas chromatography mass spectrometry and chemometrics [J]. Food Chemistry,2019,271:211-215.

[24] Garcia C V,Quek S Y,Stevenson R J,et al. Characterization of the bound volatile extract from baby kiwi (*Actinidia arguta*) [J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2011,59(15):8358-8365.

[25] Garcia C V,Stevenson R J,Atkinson R G,et al. Changes in the bound aroma profiles of ‘Hayward’ and ‘Hort16A’ kiwifruit (*Actinidia* spp.) during ripening and GC-olfactometry analysis [J]. Food Chemistry,2013,137(1):45-54.

(上接第 100 页)

[20] 魏文俊,尤文忠,赵刚,等. 退化柞蚕林封育对枯落物和表层土壤持水效能的影响 [J]. 生态学报,2016,36(3):721-728.
Wei W J,You W Z,Zhao G,et al. Effects of enclosure and recovery for degraded Tussah-feeding oak forests on litter and surface soil water holding capacity characteristic [J]. Acta Ecologica Sinica,2016,36(3):721-728.

[21] 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 [J]. 中国沙漠,2007,27(2):250-256.
Pan Y X,Wang X P. Spatial variation of soil moisture in revegetated desert area [J]. Journal of Desert Research,2007,27(2):250-256.

[22] 侯笑云,宋博,赵爽,等. 农业景观动态对林地地表节肢动物多样性的影响 [J]. 生态学报,2015,35(23):7659-7668.
Hou X Y,Song B,Zhao S,et al. Effects of agricultural landscape dynamics on the species diversity of ground arthropods in woodlands [J]. Acta Ecologica Sinica,2015,35(23):7659-7668.

[23] 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 [J]. 资源科学,2003,25(5):96-102.
Shi P L,Yu G R. Soil carbon stock patterns of different land use types in the lower Lhasa River valley, Tibet Plateau [J]. Resources Science,2003,25(5):96-102.

[24] 林英华,张夫道,杨学云,等. 农田土壤动物与土壤理化性质关系的研究 [J]. 中国农业科学,2004,37(6):871-887.
Lin Y H,Zhang F D,Yang X Y,et al. Study on the relationship between farmland soil animals and soil physical and chemical properties [J]. China Agricultural Science,2004,37(6):871-887.

[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 [J]. 土壤学报,2013,50(2):200-205.
Zhao H L,Liu R T,Zhou R L. Impact of land use change on large soil arthropod communities in Horqin Sandy Land [J]. Acta Pedologica Sinica,2013,50(2):200-205.

[26] 孟令军,张利敏,张丽梅,等. 五大连池药泉山大型土壤动物对旅游踩踏的响应 [J]. 生态学报,2016,36(20):6607-6617.
Meng L J,Zhang L M,Zhang L M,et al. Response of large soil animals to tourism stamping in Yaoquan Mountain of Wudalianchi [J]. Acta Ecologica Sinica,2016,36(20):6607-6617.