

沙地柠条(*Caragana*)灌丛微生境节肢动物群落特征

刘任涛¹, 郝伟华², 刘佳楠¹, 赵娟¹, 常海涛¹

(1. 宁夏大学 西北土地退化与生态恢复国家重点实验室培育基地, 宁夏 银川 750021; 2. 山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041004)

摘要:以宁夏荒漠草原柠条(*Caragana*)灌丛林地为研究对象,于2011年春、夏、秋季,利用陷阱诱捕法,调查了灌丛微生境节肢动物群落分布特征。结果表明:(1)调查共获得节肢动物9目31科32个类群,分属于4种功能群(植食性、捕食性、腐食性和杂食性)。其中,优势类群为蚁科(Formicidae)和拟步甲科(Tenebrionidae),个体数占总个体数的71.97%;常见类群有7科8个类群,个体数占总个体数的19.72%;其余22个类群为稀有类群,个体数仅占总个体数的8.30%。(2)随着季节变化,灌丛内外节肢动物类群组成和个体数分布均发生改变。春季灌丛内外均包括优势类群、常见类群和稀有类群;夏季灌丛内外均包括优势类群,而灌丛下仅有常见类群,无稀有类群,灌丛外既没有常见类群也没有稀有类群;秋季灌丛内外均有优势类群和常见类群,但灌丛内外均无稀有类群。(3)夏季灌丛内外共有类群数最少,相似性指数最低,秋季次之,而春季灌丛内外共有类群数最多,相似性指数也最高。(4)春季和秋季,灌丛内外微生境中节肢动物个体数、丰富度和Shannon指数均无显著差异($P>0.05$)。夏季,节肢动物个体数灌丛内外无显著差异性($P>0.05$),但丰富度和Shannon指数均表现为灌丛内显著高于灌丛外($P<0.05$)。(5)春季灌丛内外捕食性、植食性和杂食性节肢动物的个体数和丰富度均无显著差异性($P>0.05$);但是,腐食性动物个体数和丰富度均表现为灌丛内显著高于灌丛外($P<0.05$)。夏季,仅有捕食性动物丰富度呈现出灌丛内显著高于灌丛外($P<0.05$),而其他指标灌丛内外均无显著差异性($P>0.05$)。秋季,每种功能群动物的个体数和丰富度灌丛内外均无显著差异性($P>0.05$)。沙地灌丛内外生境中节肢动物的空间分布,既与灌丛本身生理生态学特性相关,也与季节性降雨和温度等气象条件的改变密切相关。

关键词:荒漠草原; 季节变化; 节肢动物群落; 空间分布; 群落结构; 灌丛微生境

文章编号: 1000-694X(2018)01-0117-09

DOI: 10.7522/j.issn.1000-694X.2016.00143

中图分类号: S812.29

文献标志码: A

0 引言

在干旱、半干旱地区,灌丛具有独特的形态和生理特性,既能够降风滞尘、改善土壤结构、增加土壤肥力、调节土壤水分,又具有“蓄种保种”等多种“资源岛”功能,对沙地生态系统的恢复至关重要^[1-2]。在不同季节,灌丛内外微生境呈现出不同的土壤理化性质和地表植被分布状况^[3]。随着季节性降雨变化,灌丛内外微生境中土壤水分、土壤温度等环境因素均将发生改变^[4]。土壤环境的改变亦将影响到灌丛内外地表植被的分布及其生活史过程^[5]。地表节肢动物以地表植被与土壤有机质为食,具有个体小、种类丰富、世代周期短、食性多样、运动能力强及对环境扰动敏感等特点^[6]。灌丛内外微生境中土壤状况和植被分布的季节变化将对节肢动物群落结构产

生深刻影响^[6-7]。因此,研究不同季节灌丛内外微生境中节肢动物群落分布特征,对于全面地了解全球变化背景下土壤动物对灌丛内外微生境的响应规律、灌丛林地管理和生物多样性保护均具有重要意义。

目前,对干旱、半干旱区灌丛微生境土壤动物的研究,主要集中在灌丛种差异对土壤动物分布的影响^[8-9]、灌丛“虫岛”现象及其形成机制^[6]、沙地柠条灌丛“虫岛效应”随林龄的变化^[10]、不同沙地类型灌丛生境土壤动物群落结构的差异性^[11]等方面。Peterson等^[12]、Mazía等^[13]、Zhao等^[6]对灌丛和土壤动物分布间的关系研究表明,灌丛能够起到聚集和增加局部大型土壤动物种类、数量和多样性的作用,在流动沙地形成所谓的“虫岛”现象。沙地灌丛下之所以能够较灌丛外流沙地聚集较多的土壤动物类群和数量,与灌丛下土壤环境的改善和食物资源

收稿日期:2016-07-08; 改回日期:2016-11-08

资助项目:宁夏自然科学基金项目(NZ15025);国家自然科学基金项目(41661054);教育部霍英东教育基金项目(1511103);中国科学院“西部之光”西部青年学者项目(XAB2016AW02);宁夏大学西部一流大学重点实验室建设专项(GZXM2017001)

作者简介:刘任涛(1980—),男,河南邓州人,副研究员,主要从事旱区土壤生物生态学相关研究。E-mail: nxuliutao2012@126.com

的增加有关^[6,8]。但是,在宁夏荒漠草原区,对不同季节灌丛内外微生境中节肢动物群落组成及其数量特征分布研究较少。

在干旱、半干旱沙地生境中,灌丛具有集流作用而能够增加灌丛下植物根部的土壤含水量,而灌丛外生境地表植被的稀少而易导致地表径流,这些均将导致土壤水分在灌丛内外的空间分布差异^[14]。相对于灌丛外生境,灌丛能够挡风固沙,灌丛内风速较低,可以有效减少风对土壤动物分布的干扰作用^[15];同时,灌丛可以有效地增加灌丛下枯落物的积累^[16]。在夏季,灌丛覆盖能够有效降低灌丛内的土壤温度,而灌丛外缺少遮荫而导致土壤温度偏高^[17]。灌丛内外生境中土壤环境的改变亦影响到地表草本植被的分布^[18]和土壤生物活性^[19]。这些因素直接决定了灌丛内外微生境中土壤动物空间分布与季节性气象条件间的关系^[20-21]。研究表明,气候因子(主要是降水和温度)的季节变化可能直接或间接地导致土壤动物栖息地的生物(如植被)和非生物环境(地表温度和土壤水分含量等)条件的变化,对土壤节肢动物种群和群落的生长和繁殖过程产生深刻影响^[9,20]。

鉴于此,以宁夏荒漠草原区灌丛林地节肢动物为研究对象,利用陷阱诱捕法,通过调查春季、夏季和秋季灌丛内外微生境中节肢动物群落组成、数量变化和多样性指数分布特征,分析季节变化对灌丛内外微生境中节肢动物群落结构分布的影响,旨在丰富荒漠草原区灌丛林地生境中土壤动物群落分布规律的研究内容,为该地区灌丛林地管理与利用、生物多样性保护、生态系统结构与功能恢复提供依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究样地位于宁夏回族自治区盐池县城东北部 10 km 处(37°49'N, 107°30'E)。盐池县属于中温带半干旱区,年平均气温 7.7 °C,最热月(7 月)平均气温 22.4 °C,最冷月(1 月)平均气温 -8.7 °C;≥10 °C 的年积温 2 751.7 °C。年降水量 280 mm,集中在 7—9 月,占全年降水量的 60% 以上,且年际变率大,年蒸发量 2 710 mm。年无霜期 120 d。年平均风速 2.8 m·s⁻¹,冬春风沙天气较多,每年 5 m·s⁻¹ 以上的扬沙达 323 次。该县地带性土壤主要有黄绵土与灰钙土(淡灰钙土),非地带性土壤主要有风沙土、盐碱土和草甸土等。本研究调查在 2011 年,7 月降雨量较多,5 月和 9 月相差不大,而 6 月降雨较少。6—8 月大气温

度接近,高于 5 月和 9 月大气温度(图 1)。

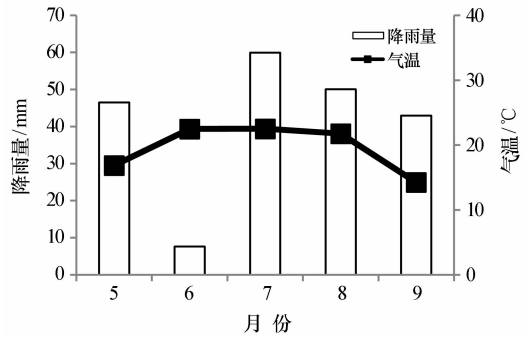


图 1 5—9 月降雨量与气温分布(2011 年)

Fig. 1 Rainfall amount and air temperature from May to September in 2011

本研究选择林龄为 24 年生的柠条(*Caragana*)灌丛林地为研究样地。该样地土壤为风沙土,植被类型为种植有大面积人工柠条林而形成的半天然草地。柠条灌木高度 90~110 cm,平均密度 35~45 株/100 m²,行距 6~8 m。主要草本植物包括猪毛菜(*Salsola collina*)、山苦荬(*Ixeris chinensis*)、白草(*Pennisetum centrasiaticum*)和牛枝子(*Lespedeza potaninii*)等。

1.2 试验设计与调查

在 24 年生柠条灌丛林地布设 3 个重复样地,面积为 30 m×30 m。在每一个样地中心位置,选择 4 株长势良好的植株标记为样株。在每株灌丛样株内外分别布设一个样点(灌丛外样点距离灌丛边缘 3 m 左右),于 2011 年的 5 月(春季)、7 月(夏季)、9 月(秋季),采用陷阱诱捕法采集地面节肢动物。

在每个取样点,将 1 个塑料杯(上表面直径 7 cm,下表面直径 5 cm,高度 10 cm)埋入土中,杯口与地而齐平;同时在其内加入浓度为 3% 的福尔马林溶液和少量甘油,增加诱捕的有效性。每次布设陷阱持续时间均为 14 d,每 3 d 检查塑料杯中浸渍液,以保证陷阱取样的有效性;然后将收集到的地面节肢动物标本带回实验室进行鉴定统计。动物标本分类鉴定主要依据《中国土壤动物检索图鉴》^[21]和《昆虫分类》^[22]。同时根据相关的文献将采集到的地面节肢动物依据取食类型不同划分为植食性(Ph)、捕食性(Pr)、腐食性(Sa)、和杂食性(Om)4 个营养功能群。

1.3 数据处理

为了保证数据结果的充足性以用于统计分析,本研究中将每个样地中获得地面节肢动物进行

合并计算。利用相似性指数来分析不同季节灌丛内外生境中地面节肢动物群落间的相似性。

Sorenson 指数：

$$SS = 2c / (a + b)$$

式中： c 为共有类群数； a 与 b 分别为各个微生境中的类群数。

同一季节内灌丛内外数据结果比较采用 2 个独立样本的 T -检验。不同季节间数据结果采用单因

素方差分析(One-way ANOVA)。所有数据采用 SPSS 统计软件进行分析。

2 结果与分析

2.1 群落组成与多度分布

本调查共捕获地面节肢动物 578 只, 分属 9 目 31 科 32 个类群(表 1)。其中, 优势类群为蚁科

表 1 地面节肢动物群落组成

Table 1 Community composition of ground-dwelling arthropod between shrub microhabitats

目	科	功能群	个体数	百分比/%	优势度	
等足目 Isopoda	瘤潮虫科 Tylidae	Ph	2	0.35	+	
盲蛛目 Opiliones	长奇盲蛛科 Phalangiidae	Pr	4	0.69	+	
蜘蛛目 Araneae	园蛛科 Araneidae	Pr	1	0.17	+	
	逍遥蛛科 Philodromidae	Pr	3	0.52	+	
	狼蛛科 Lycosidae	Pr	7	1.21	++	
	光盆蛛科 Liocranidae	Pr	4	0.69	+	
	平腹蛛科 Callilopisnocturnae	Pr	3	0.52	+	
	蟹蛛科 Thomisidae	Pr	1	0.17	+	
	半翅目 Hemiptera	盲蝽科 Miridae	Ph	3	0.52	+
姬蝽科 Nabidae		Pr	1	0.17	+	
蝽科 Pentatomidae		Ph	1	0.17	+	
红蝽科 Pyrrhocoridae		Ph	1	0.17	+	
直翅目 Orthoptera	网翅蝗科 Arcypteridae	Ph	3	0.52	+	
	鞘翅目 Coleoptera	步甲科 Carabidae	Pr	35	6.06	+
鞘翅目 Coleoptera	叶甲科 Chrysomelidae	Ph	3	0.52	+	
	蜣螂科 Coprinae	Sa	8	1.38	++	
	绒毛金龟科 Glaphyridae	Ph	4	0.69	+	
	金龟科 Scarabaeidae	Ph	1	0.17	+	
	蜉金龟科 Aphodiidae	Sa	6	1.04	++	
	鳃金龟科 Melolonthidae	Ph	27	4.67	++	
	象甲科 Curculionidae	Ph	18	3.11	++	
	阎甲科 Histeridae	Sa	1	0.17	+	
	龟甲科 Cassididae	Ph	1	0.17	+	
	皮蠹科 Dermestidae	Ph	1	0.17	+	
	拟步甲科 Tenebrionidae	Ph	171	29.58	++++	
	膜翅目 Hymenoptera	蚁科 Formicidae	Om	245	42.39	++++
		蜜蜂科 Apinae	Ph	2	0.35	+
		土蜂科 Scoliididae	Pr	1	0.17	+
姬蜂科 Ichneumonidea		Pr	1	0.17	+	
泥蜂科 Sphecidae		Pr	3	0.52	+	
鳞翅目 Lepidoptera	鳞翅目幼虫 Lepidoptera larvae	Ph	13	2.25	++	
双翅目 Diptera	食虫虻科 Asilidae	Pr	3	0.52	+	

+ 稀有类群, 个体数百分比 < 1%; ++ 常见类群, 个体数百分比介于 1%~10%; +++ 优势类群, 个体数百分比 > 10%; Ph = 植食性; Pr = 捕食性; Sa = 腐食性; Om = 杂食性。

(Formicidae)和拟步甲科(Tenebrionidae),个体数分别占总个体数的 42.39%和 29.58%;常见类群有狼蛛科(Lycosidae)、步甲科(Carabidae)、蜣螂科(Coprinae)、蜉金龟科(Aphodiidae)、鳃金龟科(Melolonthidae)、象甲科(Curculionidae)和鳞翅目幼虫(Lepidoptera larvae)共 7 科 8 个类群,个体数占总个体数的 19.72%;优势类群和常见类群的个体数共占总个体数的 91.70%。其余 22 个类群为稀有类群,个体数仅占总个体数的 8.30%。

从表 2 可以看出,春季灌丛内外优势类群均有 2 个,优势类群为蚁科(Formicidae)和拟步甲科(Tenebrionidae),个体数分别占总个体数的

81.67%和 76.78%;灌丛内外常见类群分别为 6 和 3 个,个体数分别占总个体数的 14.34%和 15.18%;灌丛内外均有 9 个稀有类群,个体数分别占总个体数的 3.98%和 8.04%。夏季,灌丛内外分别包括 1 个和 3 个优势类群,个体数分别占总个体数的 62.90%和 100%;灌丛下有 13 个常见类群,但没有稀有类群;灌丛外既没有常见类群也没有稀有类群。秋季,灌丛内外分别包括 3 个和 2 个优势类群,个体数分别占总个体数的 77.63%和 74.19%;灌丛内外均包括 10 个常见类群,个体数分别占总个体数的 22.37%和 25.81%;灌丛内外均未发现有稀有类群。

表 2 灌丛内外不同类群的类群数(个体数百分比)季节分布

Table 2 Seasonal richness (percentage of abundance) distribution of different types of taxonomical groups between shrub microhabitats

类群	春季		夏季		秋季	
	灌丛下	灌丛外	灌丛下	灌丛外	灌丛下	灌丛外
优势类群	2(81.67%)	2(76.78%)	1(62.90%)	3(100%)	3(77.63%)	2(74.19%)
常见类群	6(14.34)	3(15.18%)	13(37.10%)	0	10(22.37%)	10(25.81%)
稀有类群	9(3.98%)	9(8.04%)	0	0	0	0

2.2 群落组成相似性

从表 3 可以看出,春季灌丛内外分别包括 17 和 14 个类群,共有 10 个类群,相似性指数为 0.64。夏季,灌丛内外分别包括 14 和 3 个类群,共有 3 个类

群,相似性指数降为 0.35。秋季,灌丛内外分别包括 13 和 12 个类群,共有 6 个类群,相似性指数又变为 0.48。夏季灌丛内外共有类群数最少,相似性指数最低,秋季次之,而春季灌丛内外共有类群数最多,相似性指数也最高。

表 3 不同季节灌丛内外节肢动物类群数、共有类群数和相似性指数

Table 3 The number of taxonomical groups, common group and the Sorenson index between shrub microhabitats with seasonal changes

指数	春季		夏季		秋季	
	灌丛下	灌丛外	灌丛下	灌丛外	灌丛下	灌丛外
类群数	17	14	14	3	13	12
共有类群数	10		3		6	
Sorenson 指数	0.64		0.35		0.48	

2.3 群落个体数与多样性分布

由图 2 可以看出,春季和秋季,灌丛内外微生境中节肢动物个体数、丰富度和 Shannon 指数均没有显著差异($P>0.05$)。夏季,灌丛内外节肢动物个体数仍无显著差异性($P>0.05$),但灌丛内外节肢动物丰富度和 Shannon 指数均存在显著差异($P<0.05$),表现为灌丛内显著高于灌丛外。

2.4 功能群结构

本调查共获得 4 种功能群,包括植食性、捕食性、腐食性和杂食性。从图 3 可以看出,春季灌丛内外捕食性、植食性和杂食性节肢动物的个体数和丰富度均无显著差异性($P>0.05$);但是,腐食性动物个体数和丰富度均表现为灌丛内显著高于灌丛外($P<0.05$)。夏季,捕食性动物个体数、植食性、腐

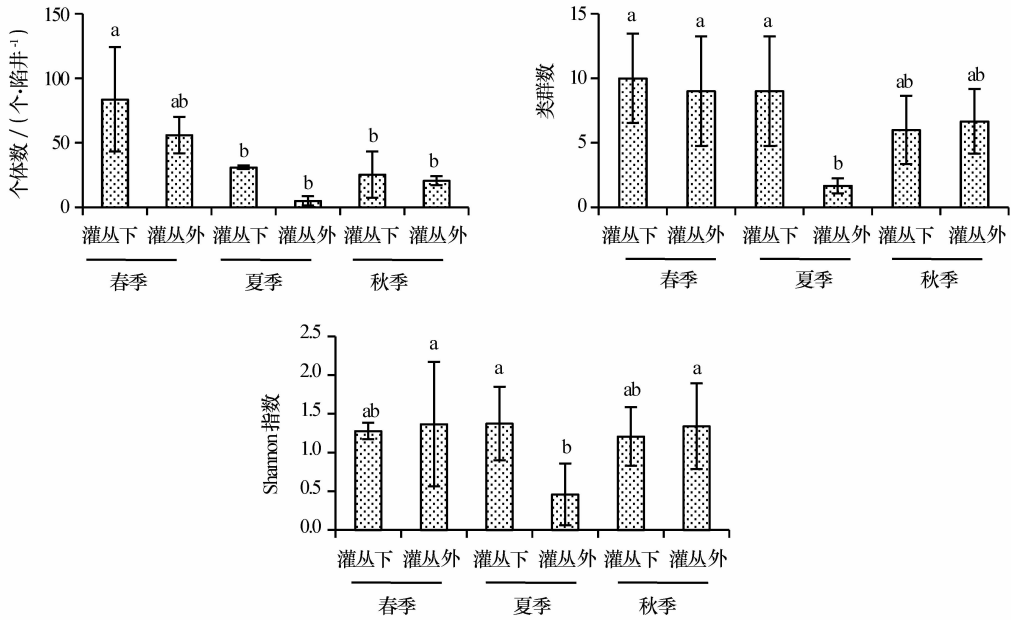


图 2 不同季节灌丛内外地面节肢动物群落指数分布(平均值±标准差;不同小写字母表示显著差异性, $P<0.05$)

Fig. 2 Ecological index distribution of ground-dwelling arthropods between shrub microhabitats with seasonal changes

食性和杂食性动物个体数和丰富度灌丛内外均未呈现出显著差异性($P>0.05$);但是,捕食性动物个体数呈现出灌丛内显著高于灌丛外。秋季,每种功能群动物的个体数和丰富度灌丛内外均未呈现出显著差异性($P>0.05$)。

3 讨论与结论

用陷阱法对荒漠草原区柠条人工林的地面节肢动物进行了调查,发现荒漠草原人工柠条林地系统中地面节肢动物群落由 9 目 31 科 32 个不同类群组成,鞘翅目的拟步甲科和膜翅目的蚁科是研究区地面节肢动物群落的主要类群。这与科尔沁沙地^[23]、宁夏白芨滩荒漠化草地^[24]、中卫沙坡头草原化荒漠生态系统^[25]以及黑河流域荒漠生态系统^[7]的研究结果一致。特别是拟步甲科类群,反映了荒漠草原干旱少雨的生境特征^[26]。这表明拟步甲科动物是干旱荒漠草原生态系统的重要组成部分,在干旱荒漠草原生态系统食物网结构和生物多样性维持,以及物质分解和以碳氮等元素为核心的生物地球化学循环过程中发挥着关键作用^[7]。

随着季节的改变,灌丛内外地面节肢动物的种类和数量均发生变化,并且同一季节灌丛内外微生境地面节肢动物类群组成亦存在显著差异性,说明地面节肢动物有其自身的生物生态学特性,能够随着环境条件的变化而产生对微生境的选择性和适应性^[26]。本研究中,春季灌丛内外优势类群和稀有类

群的类群数相同,分别为 2 个和 9 个类群,但灌丛内外常见类群差别较大,灌丛内是灌丛外的 2 倍。到了夏季,灌丛内常见类群有 13 个,而灌丛外生境无常见类群和稀有类群。秋季又表现为灌丛内外优势类群和常见类群数相似,而亦均无稀有类群。在本研究样地的前期调查表明,柠条灌丛生境中春季地面节肢动物显著高于夏季和秋季^[27]。春季属于植物的萌后期和节肢动物休眠结束期,灌丛外常见类群的出现与地表草本植被能够提供食物资源条件密切相关^[5];但更多的节肢动物类群及其个体数出现在灌丛内生境,这与前一年灌丛下节肢动物的聚集分布密切相关^[27]。这是因为柠条灌木在干旱区形成“肥岛”效应,良好的微生境和更多的食物资源吸引了大量节肢动物在灌木下积聚^[28]。夏季属于高温和降雨集中的季节,对节肢动物分布产生较大的影响,导致更多的节肢动物选择生存于温度较低而受干扰较少的灌丛下生境中^[20]。秋季灌丛内外土壤温度和水分条件相似,节肢动物能够在灌丛内外微生境自由移动,导致灌丛内外常见类群的类群数相同,其个体数百分比分布相似^[29]。另外,相对于春季,夏季和秋季均无稀有类群出现,一方面表明春季节肢动物的休眠结束期,允许更多的节肢动物类群生存,节肢动物类群数较多^[7];而另一方面,随着季节性降雨和温度的改变,一部分节肢动物由于不能适应干旱环境的变化而快速完成生活史过程退出群落,而另一部分由于对环境条件的强烈适应性而

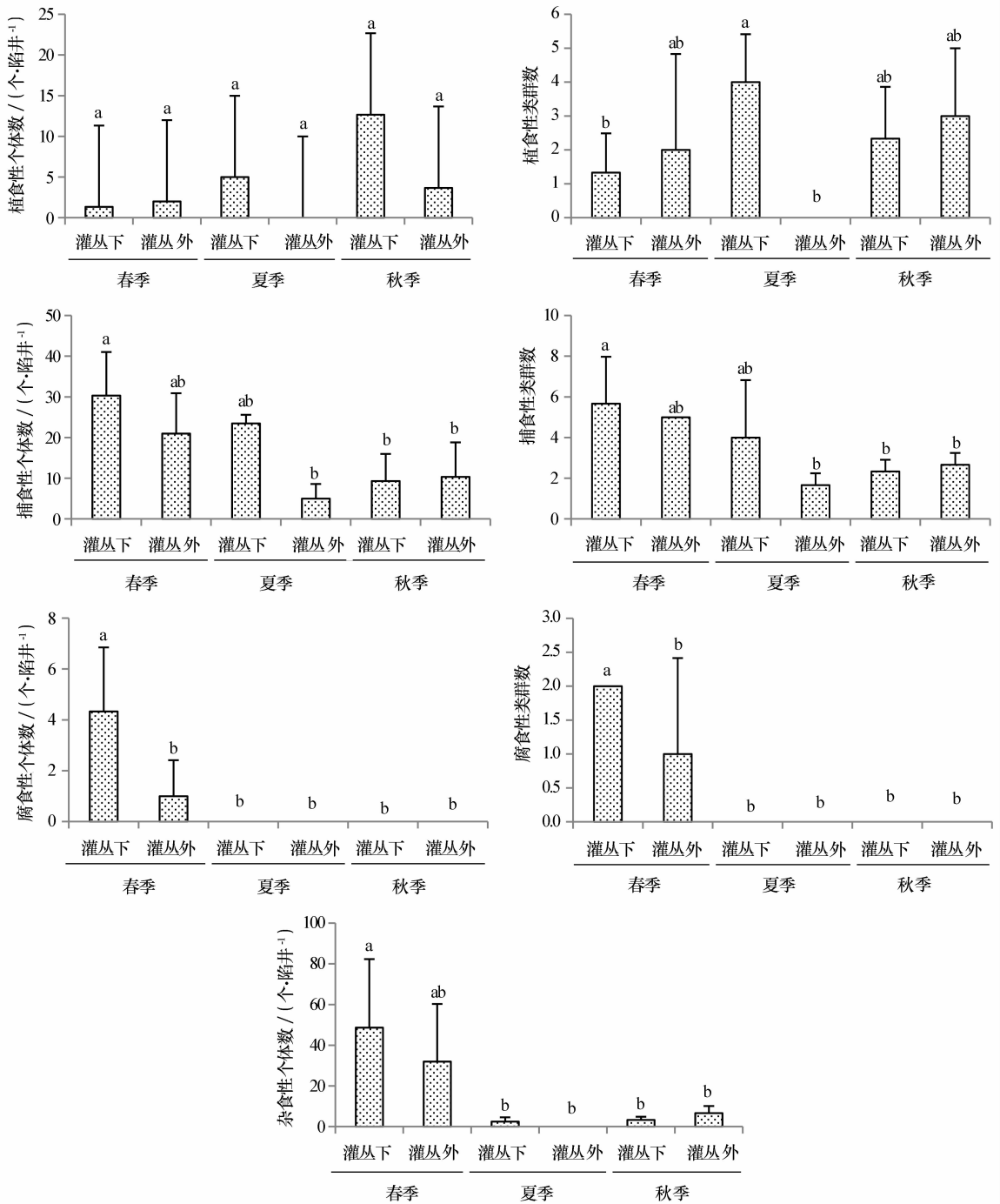


图 3 不同季节灌丛内外地面节肢动物功能群的类群数和个体数分布
(平均值±标准差;不同小写字母表示显著差异性, $P<0.05$)

Fig. 3 The abundance and richness distribution of functional groups between shrub microhabitats with seasonal changes

逐渐生存下来,保存了较多的个体数而呈现出较高的个体数分布^[30]。这与不同季节灌丛内外生境中节肢动物共有类群数和相似性指数分布的结果保持一致。在春季,较多节肢动物类群出现,灌丛内外节肢动物共有类群较多,相似性指数达到 0.64,远远高于夏季和秋季灌丛内外的共有类群数和相似性指

数分布。

随着季节变化灌丛内外生境中地面节肢动物类群组成和分布发生显著变化,地面节肢动物群落指数(个体数、丰富度和 Shannon 指数)亦发生深刻变化。本研究中,春季灌丛内外地面节肢动物个体数、丰富度和 Shannon 指数均无显著差异性,这与春季

属于地面节肢动物活跃期密切相关^[7,31]。春季土壤温度逐渐升高有利于节肢动物类群越冬后在地表活动,导致在小尺度上灌丛内外微生境中地面节肢动物群落指数分布呈现出相似性^[32]。秋季灌丛内外生境的相似性,不仅导致灌丛内外具有相似的优势类群和常见类群分布,而且亦导致群落指数的分布也呈现出相似性。在夏季,地面节肢动物丰富度和 Shannon 指数表现为灌丛内显著高于灌丛外生境,这与灌丛的生态功能密切相关^[33]。夏季高温且降雨集中,灌丛外生境易受到降雨干扰,并且土壤表层出现的较高温,不利于节肢动物的生存,导致更多的节肢动物分布在灌丛下生境中,体现了灌丛“虫岛”效应^[6]。灌丛对地面节肢动物空间分布的影响,特别是灌丛“虫岛”现象出现,一方面说明了灌丛内外节肢动物的分布与灌丛本身的生理生态学特性相关,也说明了季节性降雨和温度等气象条件的改变亦影响到灌丛内外节肢动物的分布格局^[32,34]。在本研究样地中,灌丛“虫岛”主要出现在夏季,而在春季和秋季并未出现,因此对于灌丛“虫岛”的界定需要考虑季节性环境因素条件的变化。

季节变化引起的灌丛内外节肢动物类群组成和群落指数分布的变化,亦影响到灌丛内外节肢动物功能群结构的改变。本研究中,春季灌丛内外捕食性、植食性和杂食性类群的个体数和丰富度分布均无显著差异性,而腐食性类群个体数和丰富度均表现为灌丛内显著高于灌丛外生境,这与灌丛内聚集的较多节肢动物个体数为腐食性动物类群提供了潜在的食物来源有关^[35]。灌丛内较多的节肢动物尸体为蜣螂、蜉金龟科和阎甲科等类群个体的生存提供了充足的食源条件^[36]。在夏季和秋季,灌丛内外捕食性动物个体数、植食性和杂食性动物个体数和类群数均无显著差异性,说明季节改变对灌丛内外捕食性和植食性及杂食性节肢动物的个体数分布影响较小,也说明灌丛内外植食性类群分布的稳定性有利于灌丛生境的改变和食物网结构的形成^[8]。荒漠草原区人工柠条林地中植食性动物在种类和生物量上占绝对优势地位,决定了节肢动物食物链的形成及其在沙地生境恢复过程中的生态功能^[36]。但是,在夏季捕食性动物类群数表现为灌丛内显著高于灌丛外生境,说明夏季灌丛内生境分布的植食性动物类群和适宜的土壤温度和湿度条件吸引更多的捕食性动物类群前来定居^[20,32]。

季节性降雨和温度等气象条件的变化,不仅影响到灌丛内外地面节肢动物类群组成和个体分布,

而且影响到灌丛内外的个体数、丰富度和 Shannon 指数分布。同时,对灌丛内外捕食性丰富度、腐食性动物个体数和丰富度的分布也产生深刻的影响。沙地灌丛内外生境中地面节肢动物的分布既与灌丛本身的生理生态学特性相关,也与季节性降雨和温度等气象条件的改变密切相关。这些研究结果将有助于观察和理解气候变化背景下该区域土壤动物群落适应规律和空间变化特征。

参考文献:

- [1] Garner W, Steinberger Y. A proposed mechanism for the formation of 'Fertile Islands' in the desert ecosystem[J]. *Journal of Arid Environments*, 1989, 16: 257-262.
- [2] 岳兴玲, 哈斯, 庄燕关, 等. 沙质草原灌丛沙堆研究综述[J]. *中国沙漠*, 2005, 25(5): 738-743.
- [3] 刘任涛, 柴永青, 徐坤, 等. 荒漠草原区柠条固沙人工林地草本植被季节变化特征[J]. *生态学报*, 2014, 34(2): 500-508.
- [4] 刘任涛, 朱凡, 陈林. 降雨增加对沙质草地土壤温度的影响[J]. *土壤通报*, 2015, 46(2): 350-355.
- [5] 朱凡, 刘任涛, 贺达汉. 模拟增雨条件下沙质草地地表植被和节肢动物群落初步研究[J]. *草业科学*, 2014, 31(12): 2333-2341.
- [6] Zhao H L, Liu R T. The "bug island" effect of shrubs and its formation mechanism in Horqin Sand Land, Inner Mongolia [J]. *Catena*, 2013, 105: 69-74.
- [7] 刘继亮, 李锋瑞, 刘七军, 等. 黑河中游干旱荒漠地面节肢动物群落季节变异规律[J]. *草业学报*, 2010, 19(5): 161-169.
- [8] Doblaz-Miranda E, Sanchezinero F, Gonzalez-Megias A. Different microhabitats affect soil macroinvertebrate assemblages in a Mediterranean arid ecosystem[J]. *Applied Soil Ecology*, 2009, 41: 329-335.
- [9] Li F R, Liu J L, Liu C A, et al. Shrubs and species identity effects on the distribution and diversity of ground-dwelling arthropods in a Gobi desert[J]. *Journal of Insect Conservation*, 2012, 17(2): 319-331.
- [10] 刘任涛. 基于群落与种群水平的沙地柠条灌丛“虫岛效应”随林龄的变化[J]. *应用与环境生物学报*, 2015, 21(4): 689-694.
- [11] 刘任涛, 王少昆, 周娟, 科尔沁和毛乌素沙地灌丛“虫岛”效应比较[J]. *中国沙漠*, 2015, 35(6): 1599-1606.
- [12] Peterson A C, Hendrix P F, Haydu C, et al. Single-shrub influence on earthworms and soil macroarthropods in the southern California chaparral[J]. *Pedobiologia*, 2001, 45: 509-522.
- [13] Mazia C N, Chaneton E J, Kitzberger T. Small-scale habitat use and assemblage structure of 6 ground dwelling beetles in a Patagonian shrub steppe[J]. *Journal of Arid Environments*, 2006, 67: 177-194.
- [14] 赵哈林, 苏永中, 张华, 等. 科尔沁沙地灌木对土壤性质和地下植被的多重影响[J]. *中国沙漠*, 2007, 27(3): 385-390.
- [15] 曹成有, 蒋德明, 阿拉木萨, 等. 小叶锦鸡儿人工固沙区植被恢

- 复生态过程的研究[J]. 应用生态学报, 2000, 11(3): 349—354.
- [16] de Soya A G, Whitford W G, Martinez-meza E, et al. Variation in Creosotebush (*Larrea tridentata*) canopy morphology in relation to habitat, soil fertility and associated annual plant communities[J]. American Midland Naturalist, 1996, 137: 13—26.
- [17] 赵哈林, 刘任涛, 周瑞莲, 等. 科尔沁沙地灌丛的“虫岛”效应及其形成机理[J]. 生态学杂志, 2012, 31(12): 2990—2995.
- [18] 韩天丰, 程积民, 万惠娥. 人工柠条灌丛林草地植物群落特征研究[J]. 草地学报, 2009, 17(2): 25—29.
- [19] Cao C Y, Jiang D M, Teng X H, et al. Soil chemical and microbiological properties along a chronosequence of Caragana plantations in the Horqin sandy land of Northeast China[J]. Applied Soil Ecology, 2008, 40: 78—85.
- [20] 刘任涛. 沙地灌丛的“肥岛”和“虫岛”形成过程、特征及其与生态系统演替的关系[J]. 生态学杂志, 2014, 33(12): 3463—3469.
- [21] 尹文英. 中国土壤动物图鉴[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- [22] 郑乐怡, 归鸿. 昆虫分类[M]. 南京: 南京师范大学出版社, 1999.
- [23] 刘任涛, 赵哈林, 赵学勇, 等. 科尔沁沙地土壤动物分布特征[M]. 北京: 科学出版社, 2015.
- [24] 张大治, 贺达汉, 于有志, 等. 宁夏白友滩国家级自然保护区地表甲虫群落多样性[J]. 动物学研究, 2008, 29(5): 569—576.
- [25] 刘新民, 杨劫. 干旱、半干旱区几种典型生境大型土壤动物群落多样性比较研究[J]. 中国沙漠, 2005, 25(2): 216—222.
- [26] 任国栋, 于有志. 中国荒漠半荒漠的拟步甲科昆虫[M]. 河北保定: 河北大学出版社, 1999.
- [27] Liu R T, Zhu F, Song N P, et al. Seasonal distribution and diversity of ground arthropods in microhabitats following a shrub age sequence in desertified steppe[J]. PLoS One, 2013, 8(10): e77962.
- [28] 刘任涛, 朱凡, 柴永青. 干旱区不同年龄灌丛斑块地面节肢动物聚集效应[J]. 应用生态学报, 2014, 25(1): 228—236.
- [29] Crist T O, Guertin D S, Wiens J A, et al. Animal movements in heterogeneous landscapes: an experiment with *Eleodes* beetles in shortgrass prairie[J]. Functional Ecology, 1992, 6: 536—544.
- [30] Sackmann P, Flores U E. Temporal and spatial patterns of tenebrionid beetle diversity in NW Patagonia, Argentina[J]. Journal of Arid Environments, 2009, 73: 1095—1102.
- [31] Wiwatwitaya D, Takeda H. Seasonal changes in soil arthropod abundance in the dry evergreen forest of northeast Thailand, with special reference to collembolan communities[J]. Ecological Research, 2005, 20: 59—70.
- [32] 刘任涛. 宁夏荒漠草原地面节肢动物群落组成及季节变化特征[J]. 草业学报, 2016, 25(6): 126—135.
- [33] 苏永中, 赵哈林, 张铜会. 几种灌木、半灌木对沙地上壤肥力影响机制的研究[J]. 应用生态学报, 2002, 13(7): 802—806.
- [34] 刘继亮, 李锋瑞, 赵文智, 等. 干旱荒漠螨类和跳虫对降雨的响应[J]. 中国沙漠, 2017, 37(3): 439—445.
- [35] Liu R T, Pen-Mouratov S, Steinberger Y. A defined proposal of “Arthropod Island” acted by shrub cover in desertified land[J]. Arthropod-Plant Interactions, 2016, doi:10.1007/s11829-016-9450-z.
- [36] 刘任涛, 杨新国, 柴永青, 等. 荒漠草原区柠条林地地面节肢动物功能群对补播牧草和平茬措施的响应[J]. 草业学报, 2013, 22(3): 78—84.

Spatial Distribution of Arthropod Community between *Caragana* Shrub Microhabitats

Liu Rentao¹, Xi Weihua², Liu Jia'nan¹, Zhao Juan¹, Chang Haotao¹

(1. Ministry of Education Key Laboratory for Restoration and Reconstruction of Degraded Ecosystem in Northwestern China, Ningxia University, Yinchuan 750021, China; 2. School of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen 041004, Shanxi, China)

Abstract: A field survey was undertaken to investigate the community composition and spatial distribution of arthropods in the desertified steppe of Ningxia. The pitfall traps were used to collect specimens in spring, summer and autumn of 2011. (1) The traps captured 32 taxonomical groups belonging to 31 families, 9 orders and 2 classes. These taxonomical groups were classified into predator, herbivore, sapropages, and omnivore. The two dominant groups were the Tenebrionidae and Formicidae families, together making up 71.97% of total ground-dwelling arthropods. There were 8 common groups, accounting for 19.72% of total individuals, and 22 rare groups making up 8.30% of total individuals. (2) The results indicated remarkable changes in the community composition and their abundances of arthropods between shrub microhabitat along with seasonal changes. In spring, the shrub microhabitats harbored the dominant group, common group and rare group, while in the summer the shrub microhabitats only harbored the dominant group, without common group in the open space and without rare group in either shrub microhabitats. (3) The number of shared groups between shrub microhabitats was low in summer, which was followed by the autumn, whereas in the spring there were a considerably greater number of shared groups between shrub microhabitats. The order of Sorenson index was found to be followed as: spring > autumn > summer. (4) In both spring and autumn, there were no significant ($P > 0.05$) differences in total abundance, richness and Shannon index between shrub microhabitats, whereas in the summer, a markedly ($P < 0.05$) greater richness and Shannon index was found beneath the shrub cover relative to the open spaces. (5) In spring, only the abundance and richness of sapropages was found to indicate markedly ($P < 0.05$) greater values beneath the shrub cover relative to the open spaces. In summer, only the taxa richness of predator was found to indicate markedly ($P < 0.05$) greater values beneath the shrub cover relative to the open spaces. In autumn, however, there were no significant ($P > 0.05$) differences in the abundance and richness of functional groups between shrub microhabitats. (6) It was concluded that the spatial distribution of arthropod community between shrub microhabitats was correlated with both the ecological attributes of shrub plants and the seasonal changes of rainfall and temperature.

Key words: desertified steppe; seasonal changes; arthropod community; spatial distribution; community structure; shrub microhabitats