

黄土丘陵沟壑区不同立地条件草本群落物种多样性与生物量研究

寇 萌¹, 焦菊英^{2,3*}, 杜华栋³, 王志杰³, 王巧利⁴, 苏 媛⁴

(1. 西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 西北农林科技大学 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100;
3. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100; 4. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘 要:以黄土丘陵沟壑区张家河、麻地沟流域草本群落为研究对象,分析物种多样性、地上生物量、枯落物量随立地条件的变化趋势及三者间的相互关系。结果表明,物种数表现为阴梁峁坡>阴沟坡>峁顶>阳梁峁坡>阳沟坡, Margalef 指数表现为阴梁峁坡>阴沟坡>阳沟坡>阳梁峁坡>峁顶,物种数和 Margalef 指数在不同立地条件下有极显著或显著差异; Shannon-Wiener 指数与 Pielou 指数在阳坡由坡下到坡上呈减少趋势,在阴坡由坡下到坡上呈增加趋势,但差异不显著;地上生物量表现为阳沟坡>阴沟坡>阳梁峁坡>阴梁峁坡>峁顶,不同立地条件的差异不显著;枯落物量表现为阳沟坡>阳梁峁坡>峁顶>阴梁峁坡>阴沟坡,阳沟坡分别与阴梁峁坡、阴沟坡差异显著;由于多种因素的综合作用,物种多样性指数、地上生物量、枯落物量相互之间的相关性并未达到显著水平。

关键词:黄土丘陵沟壑区;立地条件;草本群落;物种多样性;生物量

中图分类号:Q948.15 文献标志码:A 文章编号:1001-7461(2013)01-0012-07

Species Diversity and Biomass of Herbosa at Different Site Conditions in the Hilly-gullied Loess Plateau

KOU Meng¹, JIAO Ju-ying^{2,3*}, DU Hua-dong³, WANG Zhi-jie³, WANG Qiao-li⁴, SU Yuan⁴

(1. College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
2. Institute of Soil and Water Conservation, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;
3. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi 712100, China; 4. College of Resources and Environment, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Taking the herbosa occurring in different site conditions in Zhangjiahe and Madigou watersheds located on the hilly-gullied Loess Plateau in northern Shaanxi as research objects, species diversity, above-ground biomass and litter amount under different site conditions, as well as their relationships were analyzed. The results showed that the number of species was in the order of shady ridge slope>shady gully slope>ridge top>sunny ridge slope>sunny gully slope, Margalef index was in the order of shady ridge slope>shady gully slope>sunny gully slope>sunny ridge slope>ridge top, and extremely significant or significant differences were found among them. In the sunny slope, Shannon-Wiener index and Pielou index decreased from gully slope to ridge slope, while increased from gully slope to ridge slope in shady slope, but they were not significantly different. Above-ground biomass was in the order of sunny gully slope>shady

收稿日期:2012-04-06 修回日期:2012-05-30

基金项目:国家自然科学基金重点项目(41030532);中国科学院重要方向项目(KZCX2-EW-406)。

作者简介:寇萌,女,硕士研究生,主要研究方向为流域生态。E-mail:mengkoumeng@126.com

*通信作者:焦菊英,女,研究员,主要研究方向为植被恢复与水土保持环境效应评价。E-mail:jjyjjiao@ms.iswc.ac.cn

gully slope>sunny ridge slope>shady ridge slope>ridge top, and the differences were not significant. Litter amount was in the order of sunny gully slope>sunny ridge slope>ridge top>shady ridge slope>shady gully slope, but only reached significantly different level between sunny gully slope and shady ridge slope, and shady gully slope. As a result of the comprehensive function of many factors, the relationships among species diversity index, above-ground biomass and litter amount were not significantly different.

Key words: hilly-gullied Loess Plateau; site condition; herbosa; species diversity; biomass

物种多样性指一个地区内生物物种的多样性或物种的丰富程度,是评价一个地区多样性状况最常用的指标,同时,也表征了群落的结构特征、组织水平、演替阶段、稳定性及生境差异等^[1-2]。生物量指一定时间内单位面积中所有生物有机体的总干物质^[3],植被生物量直接反映了植被的生长状况及当地自然环境的变化情况。近年来,作为生态系统功能指标的生物多样性和生物量已渐成为研究热点,目前已有大量与之相关的研究报道,也有学者从不同角度阐述了两者的关系^[4-7]。

针对黄土丘陵沟壑区植被生态恢复中物种多样性与生物量的研究,主要包括不同植被组织尺度^[8]、林下植物群落^[9]、不同植被恢复模式^[10-11]的物种多样性与生物量研究,但对不同立地条件下草本群落物种多样性与生物量的研究较少^[12],而研究不同立地条件的草本群落物种多样性与生物量,对于了解该区草本群落生态功能有重要意义。因此,本研究在黄土丘陵沟壑区张家河、麻地沟流域选取峁顶、梁峁坡(阴、阳坡)、沟谷坡(阴、阳坡)的草本植物群落为研究对象,调查其物种组成结构,并分析群落物种多样性、生物量、枯落物量随立地条件的变化规律及三者间的相互关系,了解该区不同立地条件下草本群落特征及草本群落功能变化,为该区的植被恢复和生态环境的改善提供理论依据。

1 研究区概况

在黄土丘陵沟壑区选择安塞县的张家河、麻地沟 2 个流域进行本研究的调查分析。其中:张家河流域地处谭家营乡,海拔 1 118 ~ 1 505 m,流域总面积 10.77 km²,土壤类型以黄绵土为主,土地利用以草地和耕地为主,兼有零星林地;麻地沟流域地处镰刀湾乡高家沟村,海拔 1 245 ~ 1 634 m,流域面积 0.8 km²,土壤类型以黄绵土为主,土地利用以草地和耕地为主。2 个流域气候属暖温带半干旱气候,年平均降雨量 483.9 mm,其中 7—9 月份的降雨占全年的 60%,多年平均气温 8.8℃,年日照时数在 2 300 ~ 2 400 h 之间,无霜期 160 d;在植被分区上属于暖温带森林草原过渡带^[13]。

2 研究方法

2.1 样地调查

2011 年 7 月 16 ~ 30 日在张家河、麻地沟流域分别选取 3 个梁峁作为研究对象,分别在峁顶、梁峁坡(阴、阳坡)、沟谷坡(阴、阳坡)5 个部位选取样地,每个样地按对角线方向布设 3 个样方,进行调查。植被调查样方大小为 2 m × 2 m,设 3 个重复,记录植被样方内物种数、多度、高度、盖度、冠幅、频度、生长状况,收集样方内草本层生物量;枯落物调查样方大小为 50 cm × 50 cm,设 3 个重复,调查枯落物层盖度、厚度、类型,收集样方内枯落物。同时调查各样地的海拔、坡度、坡向、坡位、土壤类型等(表 1)。

2.2 数据处理

2.2.1 优势度计算 植物群落是由一定植物种类组成的,植物的种类组成是植物群落形成的基础,也是植物群落的首要基本特征,各样地植物优势度大者为群落优势物种。

优势度的计算是通过多度、盖度、频度、高度、重量、密度等多个指标进行综合评定的。本研究采用群落中物种的相对密度(A)、相对高度(B)、相对盖度(C)、相对频度(E)、相对生物量(F)来确定样地的主要物种,单位均为百分率(%). 计算公式^[14]:

$$\text{优势度}/\% = (A+B+C+E+F)/5 \quad (1)$$

2.2.2 物种多样性计算 采用丰富度指数(Margalef 指数)、多样性指数(Shannon-Wiener 指数)、均匀度指数(Pielou 指数)^[15-16]来衡量不同立地条件下物种多样性的变化情况。丰富度指数能反映群落内植物种类的数量,多样性指数能显示群落种群过程与环境的关系,均匀度指数能反映群落中各种类的个体数量分配比例。

Shannon-Wiener 指数:

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i \quad (2)$$

$$\text{Margalef 指数}: D = \frac{S-1}{\ln N} \quad (3)$$

$$\text{Pielou 指数}: J = \frac{H}{\log_2 S} \quad (4)$$

式中:S 为物种数目, P_i 为属于种 i 的个体在全部个体中的比例, N 为样方中观察到的个体总数, H 为

物种多样性指数。

2.2.3 地上生物量测定 生物量是一个群落在规定时间内积累的干物质,是衡量群落生产力最好的指标,也是群落结构优劣和功能高低最直接的表现。本研究采用全部收获法测定草本地上生物量。具体是在植被调查的样方内采集地上所有植株,带回室内烘干(85℃,24 h)至恒重,称干重,计算地上生物量。

2.2.4 枯落物量测定 记录样方内枯落物盖度、厚度,并收集样方内未分解的枯落物,带回室内烘干(85℃,24 h)后称干重,以干物质重计算枯落量^[17]。

2.2.5 数据分析 将2个流域作为重复试验,进行植被调查,按阳沟坡、阳梁峁坡、峁顶、阴梁峁坡、阴沟坡划分不同立地条件。用 Excel2007 处理数据,用 SPSS16.0 软件进行差异性分析和相关性分析。

表 1 样地基本情况

Table 1 General status of sampling plots

流域	样地号	海拔/m	坡向	坡位	坡度/(°)	植被类型
张家河	1	1 265	南	沟谷	45	铁杆蒿+白羊草+芨芨群落
	2	1 307	南	沟谷	31	白羊草+芨芨群落
	3	1 307	南偏西	沟谷	21	白羊草+达乌里胡枝子+芨芨+铁杆蒿群落
	4	1 345	南	梁峁坡	30	白羊草+铁杆蒿+芨芨群落
	5	1 338	南	梁峁坡	35	白羊草+铁杆蒿群落
	6	1 349	南偏西	梁峁坡	39	白羊草+达乌里胡枝子+铁杆蒿群落
	7	1 356		峁顶	9	铁杆蒿群落
	8	1 355		峁顶	9	白羊草+铁杆蒿+达乌里胡枝子群落
	9	1 380		峁顶	1	铁杆蒿群落
	10	1 309	北	梁峁坡	37	芨芨+铁杆蒿群落
	11	1 312	北	梁峁坡	38	铁杆蒿+百里香群落
	12	1 315	北	梁峁坡	27	铁杆蒿群落
	13	1 315	北	沟谷	27	铁杆蒿+芨芨群落
麻地沟	1	1 270	南	沟谷	43	达乌里胡枝子+芨芨群落
	2	1 379	东偏南	梁峁坡	38	芨芨群落
	3	1 321	南	梁峁坡	42	铁杆蒿+芨芨+冷蒿+达乌里胡枝子群落
	4	1 370		峁顶	5	达乌里胡枝子+铁杆蒿群落
	5	1 347		峁顶	8	大针茅+达乌里胡枝子群落
	6	1 334		峁顶	3	百里香群落
	7	1 345	北	梁峁坡	36	铁杆蒿群落
	8	1 285	西偏北	梁峁坡	39	铁杆蒿群落
	9	1 304	西	沟谷	37	铁杆蒿+芨芨群落
	10	1 337	北	沟谷	13	硬质早熟禾+芦苇+铁杆蒿群落
	11	1 312	北	沟谷	40	铁杆蒿群落

注:铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、芨芨(*Artemisia giraldii*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza davurica*)、大针茅(*Stipa grandis*)、百里香(*Thymus mongolicus*)、冷蒿(*Artemisia frigida*)、硬质早熟禾(*Poa sphondylodes*)。

3 结果与分析

3.1 群落物种组成及物种多样性

3.1.1 不同立地条件下群落物种组成分析

张家河、麻地沟流域共记录物种 31 科 67 属 93 种,其中菊科(Compositae)、禾本科(Gramineae)、豆科(Leguminosae)32 属 49 种,分别占属、种总数的 51.62%、56.32%,可以看出,菊科、禾本科、豆科在草本群落中占有相当重要的地位,其余 43.68%的物种分属于 27 科,唇形科(Labiatae)3 属 3 种,蔷薇科(Rosaceae)2 属 4 种,毛茛科(Ranunculaceae)2 属 3 种,茜草科(Rubiaceae)、萝藦科(Asclepiadaceae)、百合科(Liliaceae)2 属 2 种,败酱科(Valerianaceae)、大戟科(Euphorbiaceae)、胡颓子科(Elaeagnaceae)、虎耳草科(Saxifragaceae)、堇菜科(Violaceae)、景天科(Crassulaceae)、桔梗科(Campanu-

laceae)、藜科(Chenopodiaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、牻牛儿苗科(Geraniaceae)、木贼科(Equisetaceae)、葡萄科(Vitaceae)、伞形科(Umbelliferae)、十字花科(Cruciferae)、石竹科(Caryophyllaceae)、玄参科(Scrophulariaceae)、亚麻科(Linaceae)、榆科(Ulmaceae)、远志科(Polygalaceae)、紫草科(Boraginaceae)、紫堇科(Fumariaceae)、紫葳科(Bignoniaceae)均为单属单种。物种组成表现为多数种属于少数科,少数种属于多数科,且许多物种为单属种,这与杨涛^[18]等在黄土丘陵沟壑区的研究结果一致。

对比不同立地条件下草本群落的主要物种(表 2)发现,菊科的铁杆蒿、禾本科的长芒草、豆科的达乌里胡枝子在不同立地条件下均有分布,禾本科的白羊草分布在阳坡和峁顶,菊科的芨芨分布在阴坡和阳坡,其余分布于各立地条件的物种除远志科的

表 2 样地主要物种及优势度

Table 2 Main species and dominances degree of sampling plots

主要物种	优势度/%				
	阳沟坡	阳梁峁坡	峁顶	阴梁峁坡	阴沟坡
白羊草	31.90	35.00	25.80		
达乌里胡枝子	31.41	31.40	29.51	20.83	20.58
芨蒿	29.07	23.29		21.70	22.15
铁杆蒿	25.85	27.62	24.42	34.51	29.17
中华隐子草	21.20	11.39			
长芒草	20.95	20.42	20.73	18.41	13.14
阿尔泰狗娃花	20.12	24.41	19.82	16.80	
糙隐子草	16.52		28.71		
远志	11.34				
灌木铁线莲	11.08				
猪毛蒿		19.96	18.69		
冷蒿		15.17			
菊叶委陵菜		11.01			
大针茅			20.82	24.54	15.36
百里香			16.67	23.66	15.69
蒙古蒿			16.52		
火绒草				22.99	20.10
野菊花				21.20	24.57
裂叶堇菜				15.96	
硬质早熟禾					20.75
赖草					14.82

注:表中列出不同立地条件优势度值排名前 10 的物种。中华隐子草(*Cleistogenes chinensis*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、阿尔泰狗娃花(*Heteropappus altaicus*)、糙隐子草(*Cleistogenes squarrosa*)、远志(*Polygala tenuifolia*)、灌木铁线莲(*Clematis fruticosa*)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia*)、菊叶委陵菜(*Potentilla tanacetifolia*)、蒙古蒿(*Artemisia mongolica*)、火绒草(*Leontopodium leontopodioides*)、野菊花(*Dendranthema indicum*)、裂叶堇菜(*Viola dissecta*)、赖草(*Leymus secalinus*)。

远志、毛茛科的灌木铁线莲、蔷薇科的菊叶委陵菜、唇形科的百里香、堇菜科的裂叶堇菜外,均属于菊科、禾本科、豆科,主要是这 3 科物种适应范围极广,植物生活习性多样,可生长在不同生境中。铁杆蒿是菊科蒿属多年生半灌木,长芒草是禾本科针茅属多年生密丛禾草,达乌里胡枝子是豆科胡枝子属多年生半灌木,它们生态位较宽,在不同立地条件下均能较好生长,铁杆蒿尤其在水分条件较好的阴坡分

表 3 不同立地条件下多样性指数变化

Table 3 Diversity index under different site conditions

立地条件	物种数(S)	Margalef 指数	Shannon-Wiener 指数	Pielou 指数
阳沟坡	5.0±0.6Cab	4.33±0.53ABb	2.38±0.13	0.83±0.02
阳梁峁坡	5.2±0.4BCb	4.30±0.33ABb	2.33±0.12	0.79±0.02
峁顶	5.7±0.4BCb	3.97±0.36Bb	2.23±0.10	0.74±0.03
阴梁峁坡	8.2±0.7Aab	5.78±0.39Aa	2.39±0.17	0.70±0.05
阴沟坡	7.5±0.9ABa	4.84±0.29ABab	2.27±0.30	0.69±0.10

注:右上角字母表示不同立地条件的差异水平,大写字母表示 $p < 0.01$ 水平,小写字母表示 $p < 0.05$ 水平,无字母表示不显著(表 4 同)。

3.2 地上生物量与枯落物量

由表 4 知,植被盖度为阴沟坡 > 峁顶 > 阳梁峁坡 > 阳梁峁坡 > 阳沟坡,而只有阴沟坡分别与阳沟坡、阳梁峁坡的差异达到了显著水平;地上生物量分

布更广,生长良好^[19];芨蒿是菊科蒿属小灌木,多分布在阳坡,但其对温度、水分等生态条件的适应性较宽广,因此,在阴坡也有分布;白羊草为禾本科孔颖草属多年生疏丛型禾草,性喜温暖和湿度中等的土壤环境,为典型喜暖的中旱生植物,多分布在阳坡。

3.1.2 不同立地条件下物种多样性分析 由表 3 可看出,物种数的变化趋势为阴梁峁坡 > 阴沟坡 > 峁顶 > 阳梁峁坡 > 阳沟坡,阴梁峁坡分别与阳沟坡、阳梁峁坡、峁顶的差异达到了极显著水平 ($p < 0.01$),阴沟坡和阳沟坡的差异也达到了极显著水平 ($p < 0.01$),阴沟坡分别与阳梁峁坡、峁顶的差异达到了显著水平 ($p < 0.05$)。Margalef 指数的变化趋势是阴梁峁坡 > 阴沟坡 > 阳沟坡 > 阳梁峁坡 > 峁顶,阴梁峁坡和峁顶的差异达到了极显著水平,阴梁峁坡分别与阳沟坡、阳梁峁坡的差异达到了显著水平。物种数和 Margalef 指数均是阴坡大于阳坡,主要是阴坡水分、土壤等环境因素好于阳坡,其草本群落的物种较阳坡丰富,表示物种丰富程度的 Margalef 指数相应较高,而由于微地形地貌的存在,且沟坡受坡面来水来沙的影响,其侵蚀发育强度较强、程度较高,人为干扰较少,植被自然生长的时间较长,梁峁坡和峁顶可耕种性较强,退耕晚,植被处于恢复演替阶段^[13],物种数和 Margalef 指数在沟坡、梁峁坡、峁顶的差异显著。Shannon-Wiener 指数与 Pielou 指数在阳坡由坡下到坡上呈减少趋势,在阴坡由坡下到坡上呈增加趋势,不同立地条件的差异未达显著水平,Shannon-Wiener 指数与 Pielou 指数阳坡 > 峁顶 > 阴坡,表明不同立地条件由于光照、水分条件不同,以及由此引起的土壤养分、水分条件等一系列生境条件发生了变化,致使物种多样性指数出现波动,阴坡物种多样性较高,各物种个体数量分配有所差异,阳坡物种分布较均匀。

布趋势为阳沟坡 > 阴沟坡 > 阳梁峁坡 > 阴梁峁坡 > 峁顶,不同立地条件的差异未达显著水平;枯落物层盖度和厚度在不同立地条件下的差异也未达到显著性水平;枯落物量分布趋势为阳沟坡 > 阳梁峁坡 >

阳沟坡>阴梁阳坡>阴沟坡,而阳沟坡分别与阴梁阳坡、阴沟坡的差异达到了显著水平。可见,不同立地条件下植被盖度、地上生物量、枯落物的变化趋势并不一致。这是因为不同样地的群落主要物种不同,各物种生长状况不同,各植株盖度及地上生物量也不同。对比不同物种植被盖度和地上生物量发现(表5),阳坡优势度较大的物种有白羊草、铁杆蒿、达乌里胡枝子、芡蒿,而白羊草植被盖度较大,铁杆蒿和芡蒿植被盖度小于阴坡,但地上生物量较高;阴坡优势度较大的物种有铁杆蒿、达乌里胡枝子、火绒草、野菊花、百里香,除达乌里胡枝子外植被盖度较大,但地上生物量较小,所以阳坡植被盖度小于阴

坡,地上生物量反而高于阴坡;生长于阳坡优势度较大的物种达乌里胡枝子、白羊草、铁杆蒿,除铁杆蒿外植被盖度大于阴坡和阳坡,但地上生物量小于阴坡和阳坡。因此,阳坡地上生物量最少,而植被盖度较大,阴沟坡的野菊花盖度大,硬质早熟禾地上生物量较高,因此阴沟坡的植被盖度大,地上生物量也高。由于各物种物候期不同,枯落时间有差别,大部分物种处于生长旺盛时期,枯落物较少,而且,由于风、径流的作用,梁阳坡枯落物盖度、厚度小于沟坡和阳坡,而沟坡的枯落物量高于梁阳坡和阳坡,但阴沟坡由于水分较好,部分枯落物分解腐质化,收集的未分解层枯落物较少,枯落物量小于其他立地条件。

表4 不同立地条件下草本群落盖度、地上生物量、枯落物变化

Table 4 Herbosa coverage, above-ground biomass, and litter under different site conditions

立地条件	草本层盖度/%	地上生物量/(g·m ⁻²)	枯落物盖度/%	枯落物厚度/cm	枯落量/(g·m ⁻²)
阳沟坡	26.17±4.15b	155.45±19.33	4.63±1.21	1.25±0.29	79.55±7.18a
阳梁阳坡	30.20±3.69b	143.79±31.86	3.27±0.86	0.80±0.15	52.07±10.44ab
阳坡	50.28±10.70ab	103.85±14.17	3.28±1.00	1.03±0.20	51.91±11.42ab
阴梁阳坡	39.20±9.07ab	107.03±8.49	7.27±4.45	0.71±0.12	40.09±9.35b
阴沟坡	62.08±10.82a	149.94±27.01	3.14±0.70	0.75±0.08	38.95±4.72b

表5 不同立地条件下群落主要物种盖度、地上生物量

Table 5 Main species coverage, above-ground biomass of community under different site conditions

主要物种	植被盖度/%					地上生物量/(g·m ⁻²)				
	阳沟坡	阳梁阳坡	阳坡	阴梁阳坡	阴沟坡	阳沟坡	阳梁阳坡	阳坡	阴梁阳坡	阴沟坡
白羊草	6.17	12.00	34.75			29.32	22.30	15.45		
铁杆蒿	3.75	4.05	2.44	5.18	4.22	31.15	36.34	30.18	29.85	33.77
达乌里胡枝子	4.00	3.70	3.50	1.50	1.30	35.17	16.47	14.69	7.63	9.18
芡蒿	3.78	4.75	2.00	6.00	2.08	36.23	26.83	14.72	11.13	18.12
火绒草				1.00	2.50			18.39	6.88	
野菊花				5.33	15.75			8.11	9.48	
百里香			3.00	6.00	1.17			16.82	13.34	3.09
硬质早熟禾			3.63		8.00			12.60	4.89	49.07

3.3 物种多样性与地上生物量、枯落物量的关系

由表6可知,物种多样性指数、地上生物量、枯落物量之间的相关性未达到显著水平。由于黄土丘陵沟壑区地形地貌复杂,不同立地条件的光照、水分不同,加之人类活动等多种因素的干扰,植物群落组成存在差异,因而物种多样性指数在不同立地条件下也存在差异。植被地上生物量与坡向和坡位有关^[20],因为不同立地条件下的土壤养分和水分条件不同,而这两者是影响地上生物量的主要因素^[21];另外,由于植物群落组成的不同,不同群落能够利用的光、温、水、热及养分也不同,而立地条件是光、温、水、热及养分分布的决定性因素^[22],因此不同立地条件的地上生物量不同。立地条件不同,可直接影响枯落物的流动和堆积,也可通过影响光照和土壤水分的差异来影响地表植被,进而影响枯落物分布;同时,不同立地条件的径流特征也是不同的,降水形成的径流对枯落物产生直接的冲推作用,也影响着

枯落物量的分布^[23]。总之,物种多样性指数、地上生物量和枯落物量受各种因素的综合影响,致使它们相互之间的相关性并不显著。

4 结论与讨论

流域内共记录物种31科67属93种,其中菊科、禾本科、豆科32属49种,分别占属、种总数的51.62%、56.32%,表明流域内物种主要是由菊科、禾本科、豆科3科组成,物种组成表现为多数种属于少数科,少数种属于多数科,且许多物种为单属种。

不同立地条件物种数表现为阴梁阳坡>阴沟坡>阳坡>阳梁阳坡>阳沟坡;Margalef指数表现为阴梁阳坡>阴沟坡>阳沟坡>阳梁阳坡>阳坡,物种数和Margalef指数在不同立地条件的差异达到了极显著或显著水平;Shannon-Wiener指数与Pielou指数在阳坡由坡下到坡上呈减少趋势,在阴坡由坡下到坡上呈增加趋势,不同立地条件间的差

异未达显著性水平。由于微生境的差异,受水分、光照、温度等因素的综合影响,不同立地条件下各指数变化趋势并不一致。

表 6 不同立地条件下草本群落盖度、多样性指数、地上生物量、枯落物相关性分析

Table 6 Correlation analysis of herbosa coverage,diversity index,above-ground biomass,and litter under different site conditions

项目	Margalef 指数	Shannon-Wiener 指数	Pielou 指数	草本层盖度	生物量	枯落物盖度	枯落物厚度
Margalef 指数	—						
Shannon-Wiener 指数	0.445*	—					
Pielou 指数	-0.139	0.0797**	—				
草本层盖度	0.105	-0.195	-0.380	—			
地上生物量	-0.214	-0.026	0.197	0.064	—		
枯落物盖度	0.231	0.125	-0.033	-0.104	-0.179	—	
枯落物厚度	-0.059	0.226	0.287	-0.187	-0.288	-0.138	—
枯落物量	-0.091	0.192	0.296	-0.043	0.081	0.283	0.254

注: **表示 $p < 0.01$, *表示 $p < 0.05$ 。

植被盖度表现为阴沟坡 > 峁顶 > 阴梁峁坡 > 阳梁峁坡 > 阳沟坡, 阴沟坡分别与阳沟坡、阳梁峁坡的差异达到了显著水平; 地上生物量表现为阳沟坡 > 阴沟坡 > 阳梁峁坡 > 阴梁峁坡 > 峁顶, 不同立地间的差异未达显著水平; 枯落物量表现为阳沟坡 > 阳梁峁坡 > 峁顶 > 阴梁峁坡 > 阴沟坡, 阳沟坡分别与阴梁峁坡、阴沟坡的差异达到了显著水平。由于不同样地的群落主要物种不同, 各物种生长状况不同, 各植株盖度及地上生物量也不同, 植被盖度、地上生物量、枯落物量变化趋势不同。

由于多种因素的综合作用, 物种多样性指数、地上生物量、枯落物量相互之间的相关性并未达到显著水平。

参考文献:

[1] 漆良华, 彭镇华, 张旭东, 等. 退化土地植被恢复群落物种多样性与生物量分配格局[J]. 生态学杂志, 2007, 26(11): 1679-1702.
 QI L H, PENG Z H, ZHANG X D, *et al.* Species diversity and biomass allocation of vegetation restoration communities on degraded lands[J]. Chinese Journal of Ecology, 2007, 26(11): 1679-1702. (in Chinese)

[2] NAGARAJA B C, SOMASHEKAR R K, BUNTY R M. Tree species diversity and composition in logged and unlogged rain-forest of Kudremukh National Park, South India[J]. Journal of Environmental Biology, 2005, 26(4): 627-634.

[3] LIETH H, WHITTAKER R H. 生物圈第一性生产力[M]. 王亚蓬, 译. 北京: 科学出版社, 1985.

[4] 尚占环, 姚爱兴, 龙瑞军. 干旱区山地植物群落物种多样性与生产力关系分析[J]. 干旱区研究, 2005, 22(1): 74-78.
 SHANG Z H, YAO A X, LONG R J. Analysis on the relationship between the species diversity and the productivity of plant communities in the Arid Mountainous Regions in China [J]. Arid Zone Research, 2005, 22(1): 74-78. (in Chinese)

[5] 彭少麟, 黄忠良. 生产力与生物多样性之间的相互关系研究概述[J]. 生态科学, 2000, 19(1): 1-9.
 PENG S L, HUANG Z L. Review on the relationship between

productivity and biodiversity[J]. Ecologic Science, 2000, 19(1): 1-9. (in Chinese)

[6] BENGTTSSON J. Which species what kind of diversity which ecosystem function some problems in studies of relations between biodiversity and ecosystem function[J]. Applied Soil Ecolog, 1998, 10: 191-199.

[7] FOX J W. The long-term relationship between plant diversity and total plant biomass depends on the mechanism maintaining diversity[J]. Oikos, 2003, 102: 630-640.

[8] 魏丽萍, 王孝安, 王世雄, 等. 黄土高原马栏林区基于不同植被组织尺度的群落物种多样性[J]. 植物生态学报, 2011, 35(1): 17-26.
 WEI L P, WANG X A, WANG S X, *et al.* Species diversity of communities based on different vegetation organizational scales in China's Malan forest region[J]. Chinese Journal of Plant Ecology, 2011, 35(1): 17-26. (in Chinese)

[9] 高艳鹏, 赵廷宁, 骆汉. 晋西黄土丘陵沟壑区人工林下草本植物生物多样性研究[J]. 水土保持通报, 2011, 31(1): 103-108.
 GAO Y P, ZHAO T N, LUO H. Biodiversity of Herbaceous species under artificial forests in hill and gully region of Western Shanxi Province[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2011, 31(1): 103-108. (in Chinese)

[10] 张健, 刘国彬. 黄土丘陵区不同植被恢复模式对沟谷地植物群落生物量和物种多样性的影响[J]. 自然资源学报, 2010, 25(2): 207-217.
 ZHANG J, LIU G B. The influence of plant community biomass and species diversity of different vegetation restoration patterns in the gully area of the Hilly Loess Region[J]. Journal of natural resources, 2010, 25(2): 207-217. (in Chinese)

[11] 张笑培, 杨改河, 王和洲, 等. 黄土沟壑区不同植被恢复群落特征及多样性研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(2): 22-25.
 ZHANG X P, YANG G H, WANG H Z, *et al.* Species diversity and community characteristics of different vegetations during restoration in the gully region of Loess Plateau[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011, 26(2): 22-25. (in Chinese)

[12] 刘中奇, 朱清科, 王晶, 等. 黄土丘陵沟壑区封禁流域立地因子对植物群落特征的影响[J]. 安徽农业科学, 2011, 39(13): 8019-8022.
 LIU Z Q, ZHU Q K, WANG J, *et al.* Effect of site factor on

- plant community characteristic in closed watershed in Loess Hilly and Gully Region[J]. *Agricultural Science & Technology*, 2011, 39(13): 8019-8022. (in Chinese)
- [13] 贾燕锋, 王宁, 韩鲁艳, 等. 黄土丘陵沟壑区坡沟植被生态序列研究[J]. *中国水土保持科学*, 2008, 6(6): 50-57.
JIA Y F, WANG N, HAN L Y, *et al.* The vegetation series along slopes on the Hilly-gullied Region of Loess Plateau[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2008, 6(6): 50-57. (in Chinese)
- [14] 杨允非, 祝廷成. 植物生态学 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2011: 65.
- [15] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法 (上)[J]. *生物多样性*, 1994, 2(3): 162-168.
- [16] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I a 多样性的测度方法 (下)[J]. *生物多样性*, 1994, 2(4): 231-239.
- [17] 叶海英, 赵廷宁, 赵陟峰. 半干旱黄土丘陵沟壑区几种不同人工水土保持林枯落物储量及持水特性研究[J]. *水土保持研究*, 2009, 16(1): 121-125.
YE H Y, ZHAO T N, ZHAO Z F. The litter storage and its water capacity characteristics in different artificial soil and water conservation forest stands of Hilly and Gully Regions on the Loess Plateau[J]. *Research of Soil and Water Conservation*, 2009, 16(1): 121-125. (in Chinese)
- [18] 杨涛, 王得祥, 周金星, 等. 陕北黄土丘陵沟壑区退耕地植物群落演替规律及物种多样性动态研究[J]. *西北林学院学报*, 2009, 24(5): 10-15.
YANG T, WANG D X, ZHOU J X, *et al.* Vegetation succession and species diversity dynamics of the plant communities in the Loess Hilly and Gully Region[J]. *Journal of Northwest Forestry University*, 2009, 24(5): 10-15. (in Chinese)
- [19] 周萍, 刘国彬, 侯喜禄. 黄土丘陵区不同坡向及坡位草本群落生物量及多样性研究[J]. *中国水土保持科学*, 2009, 7(1): 67-73.
ZHOU P, LIU G B, HYOU X L. Biomass and species diversity of herbosa at different position and aspects of slope in the Hilly-gully Region of Loess Plateau[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2009, 7(1): 67-73. (in Chinese)
- [20] 朱岩, 张岩, 朱清科, 等. 半干旱黄土区沟间天然草地植被空间分异特征[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(6): 1063-1069.
ZHU Y, ZHANG Y, ZHU Q K, *et al.* Spatial distribution patterns of vegetations on natural grassland in Loess Plateau interfluvial[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(6): 1063-1069. (in Chinese)
- [21] 郝文芳, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等. 黄土高原不同植被类型土壤特性与植被生产力关系研究进展[J]. *西北植物学报*, 2002, 22(6): 1545-1550.
HAO W F, LIANG Z S, HAN R L, *et al.* Study on the relationship between soil properties and different type vegetation in Loess Plateau[J]. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica* 2002, 22(6): 1545-1550. (in Chinese)
- [22] 张婷, 陈云明, 武春华. 黄土丘陵区铁杆蒿群落和长芒草群落地上生物量及土壤养分效应[J]. *中国水土保持科学*, 2011, 9(5): 91-97.
ZHANG T, CHEN Y M, WU C H. Change of underground biomass and soil fertility with restoration stages of *Artemisia gmelinii* and *Stipa bungeana* in Loess Hilly Region[J]. *Science of Soil and Water Conservation*, 2011, 9(5): 91-97. (in Chinese)
- [23] 刘中奇, 朱清科, 邝高明, 等. 半干旱黄土丘陵沟壑区封禁流域植被枯落物分布规律研究[J]. *草业科学* 2010, 27(4): 20-24.
LIU Z Q, ZHU Q K, KUANG G M, *et al.* Study on the distribution pattern of vegetation litter in fenced watershed in semi-arid loess hilly and gully region[J]. *Pratacultural Science*, 2010, 27(4): 20-24. (in Chinese)