

黄土丘陵区天然群落的植物组成、 植物多样性及其与环境因子的关系

郝文芳¹, 杜峰², 陈小燕², 梁宗锁^{1,2*}

(1. 西北农林科技大学生命科学学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

摘要:选择陕北黄土丘陵区不同立地条件下的 4 个典型群落, 进行群落调查与土壤水分和养分的测定, 探索天然群落自然恢复过程中群落的结构组成、植物多样性与环境因子的关系, 为该地区的植被恢复提供指导。结果表明: 植物群落组成主要集中在菊科、禾本科、豆科和蔷薇科, 这 4 大科植物在该区具有较强的生态适应性; 研究区天然群落组成较为简单; 铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)在各立地均有分布, 且重要值相对较大, 为各个群落的优势种或者亚优势种; 植物的生活型中多年生草本植物占优势, 其次是半灌木, 再其次是一、二年生草本植物, 灌木植物所占的比例最少; 相同坡向不同坡位的群落较为相似; 不同立地条件下群落多样性指数的大小与各立地的水分条件关系密切。植被盖度、坡度、海拔高度和坡向对多样性产生影响, 主要是通过直接影响土壤含水量实现的。土壤含水量是影响植物群落组成和多样性最为关键的生态因子, 是黄土高原植被恢复和重建的关键性因子。

关键词:陕北黄土丘陵区; 天然群落; 植物组成; 植物多样性

中图分类号: Q948.15; S812.8

文献标识码: A

文章编号: 1007-0435(2012)04-0609-07

Composition and Diversity Analysis of Natural-Community Plants in the Loess Hilly Region

HAO Wen-fang¹, DU Feng², CHEN Xiao-yan², LIANG Zong-suo^{1,2*}

(1. The Life Science College of Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi Province 712100, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi Province 712100, China)

Abstract: The relationships among community structures, plant diversity and environmental factors during the recovery process of a natural community of the loess hilly region were analyzed based on community survey, soil moisture and nutrient contents of four typical communities. Results showed that Gramineae, Compositae, Leguminosae and Rosaceae had strong ecological adaptability and their community composition was relatively simple. *Artemisia sacrorum* was widespread and dominated the area with importance. Perennial herbs dominated in this area, followed by semi-shrubs, annual or biennial herbs and shrubs. There are similar communities in the same orientation of slopes. Diversity indices of communities with different standing conditions were closely related with the moisture conditions of each site. The effects of vegetation cover, slope, altitude and aspect on diversity were related to soil moisture. Soil moisture, playing an important role in affecting community structure and diversity, is a key factor for the recovery and reconstruction of vegetation.

Key words: Loess hilly region; Native community; Plant composition; Plant diversity

群落的物种组成是反映其结构变化的重要指示因子, 研究群落的植物组成和区系成分了解群落的基础, 也是了解群落性质的关键。群落的植物物种多样性是表征植物群落结构的重要参数, 能客观

的反映群落内物种组成的变化, 其中物种多样性、物种丰富度是生态恢复的核心指标。由于环境因子对群落的物种组成有着深刻的影响, 因此, 群落的物种多样性必然要反映环境对群落的这种影响^[1-2]。目

收稿日期: 2012-01-16; 修回日期: 2012-03-30

基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX2-YW-443); 中国科学院“西部之光”人才培养项目(2008DF02); 中央高校 09 基本科研业务费专项资金(QN2009051)资助

作者简介: 郝文芳(1968-), 女, 陕西西乡人, 副教授, 博士, 主要从事植物生理生态学和恢复生态学研究, E-mail: haowenfang2002@tom.com; * 通信作者 Author for correspondence, E-mail: Liangzs@ms.iswc.ac.cn

前关于陕北黄土丘陵区群落结构组成及其植物多样性报道的研究对象主要集中在退耕地^[3-8],而对未开垦的天然群落缺乏研究报道。因此研究不同立地条件下天然植物群落组成、植物多样性及其与环境因子的关系显得尤为重要。

本研究选择具有代表性的4种立地条件,通过对不同立地条件下天然植物群落组成、植物多样性及其与环境因子的关系的研究,从群落结构组成的空间变异来分析环境因子对群落组成和植物多样性的影响,探索陕北黄丘陵区天然群落自然恢复过程中群落的结构组成、多样性与环境因子的关系,为该区域植被恢复提供有效借鉴。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于陕北安塞县高桥乡,主要为梁峁状黄土丘陵。全区海拔1000~1400 m,年均日照时数2300~2570 h,年均降雨量490.5~663.3 mm,多集中在7—9月份,属于旱半干旱区。年均温7.7~10.6℃,无霜期157 d,≥10℃积温3170.3℃。土壤以黄绵土为主。地带性植被为森林草原,植物以菊科(Compositae)、豆科(Leguminosae)、禾本科(Poaceae)和蔷薇科(Rosaceae)的物种为主。分布较广且有代表性的植物种有铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)、达乌里胡枝子(*Lespedeza dahurica*)、

白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、长芒草(*Stipa bungeana*)、芨芨蒿(*Artemisia giraldii*)等。

1.2 研究方法

1.2.1 样地的选择及其群落调查 在高桥北宋塔、任台沟和刘坪沟3条沟道,选择群落类型相同、外貌相似的4个立地8个群落(设2个重复),这4个立地分别是阴坡上坡位、阴坡下坡位、阳坡上坡位和阳坡下坡位(表1)。

2008年6月、8月、10月初,用样方法进行群落调查,研究区的灌木基本上都是矮小的半灌木,因此灌木样方面积为2 m×2 m,草本样方面积为1 m×1 m,每个样地设置10个样方。调查指标包括植物种类、高度、盖度、多度、频度和生活型等。3次调查的数据取其平均值用作数据处理。生境因子记录地理位置、海拔高度、坡向以及坡度。

1.2.2 土壤含水量和土壤有机质的测定 于2008年6月、8月、10月初,用烘干称重法测定0~100 cm土层(除表层为0~10 cm外,其余为每20 cm一层)的土壤含水量。每块样地设置3次重复,取平均值作为该样地当月的土壤含水量。

2008年8月采集土样进行土壤养分分析。取样深度为0~20和20~40 cm,按S形设5个重复,同一样地5个重复的土样按相同层次混合成一个样品,风干、磨碎、过筛,以四分法将土样调减到所需的量。有机质测定采用重铬酸钾容量法外加热法^[9]。

表1 不同立地条件的基本概况

Table 1 Conditions of different habitats

立地 Habitat types	群落类型 Community types	坡向/ ^o Aspect	坡度/ ^o Slope gradient	海拔/m Elevation	总盖度/% Total cover	土壤含水量/% Soil moisture	土壤有机质/% Soli organic matter
阴坡上坡位 Upslope of shade	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	232	38.5	1196.5	114.55	13.09	1.04
阴坡下坡位 Down-slope of shade	南牡蒿 <i>A. erropoda</i>	235	46	1156	118.23	16.43	1.96
阳坡上坡位 Upslope of sunny	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	3	48.5	1182	83.73	8.64	0.66
阳坡下坡位 Down-slope of sunny	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	3	44	1134	110.00	11.05	0.96

注:①坡向度数规定面南方为0°,顺时针转动一圈为360°;②土壤含水量为0~100 cm土层的平均值,土壤有机质为0~40 cm土层的平均值

Note: ①South Slope is defined as 0°, clockwise circle is defined as 360°. ② Soil moisture is a average value in the depth of 0~100 cm, organic matter is a average value in the depth of 0~40 cm

1.2.3 物种多样性指数的测度 重要值(IV)的计算公式^[10]为:重要值IV=(相对盖度+相对密度+相对高度)/3。

生物多样性指数采用 Simpson 指数 D 、Shannon-Wiener(1949)指数 H 、Patrick(1949)丰富度指数 D_{pa} 、Jaccard(1901)相似性指数 S_j ^[10]来分析。计

算公式如下:

Patrick 丰富度指数: $D_{pa} = S$

Simspon 指数: $D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)}$

$i = 1, 2, 3, \dots, s$

Shannon-Wiener 指数: $H = - \sum_{i=1}^s (P_i \ln P_i)$

$P_i = \frac{N_i}{N}$

Jaccard 相似性系数: $S_j = a / (a + b + c)$

式中: S 为物种总数; N_i 为 i 种的重要值, N 为样地中全部种的重要值之和; P_i 为 i 种的相对重要值; a 表示 A 和 B 这 2 个群落都有的物种数目, b 是 B 群落有但 A 群落没有的物种的数目, c 是 A 群落有但 B 群落没有的物种的数目。

1.2.4 生活型的界定 本研究用 Whittaker 的生长型系统来表示生活型,即用群落中植物茎的木质化程度来确定生活型^[11],将群落中的植物分为灌木、半灌木、多年生草本、一二年生草本 4 种类型。

1.3 数据处理

数据采用 SPSS 13.0 软件进行分析。

表 2 不同立地条件下群落主要植物科、种的组成动态变化

Table 2 Composition of plant families and species under different habitats

立地 Habitats	总科数/个 Total families	总属数/个 Total genera	总种数/个 Total species	4 大科的种数分布/个 The species distribution of four big families					
				菊科 Compositae	禾本科 Poaceae	豆科 Leguminosae	蔷薇科 Rosaceae	合计 Total	占本群落的比率 Rate in total/%
A	19	37	48	13	10	7	1	31	64.58
B	19	42	57	15	13	6	5	39	68.42
C	6	12	23	6	8	6	0	20	86.76
D	12	24	31	9	7	5	2	23	74.19

注: A: 阴坡上坡位; B: 阴坡下坡位; C: 阳坡上坡位; D: 阳坡下坡位; 下同

Note: A: up-slope of shade; B: down-slope of shade; C: up-slope of sunny; D: down-slope of sunny. The same as below

2.2 不同立地条件下天然群落优势种及其伴生种的差异比较

重要值表示一个种的优势程度,是反映该种群在群落中的相对重要性的一个综合指标和对所处群落的适应程度^[12],本研究用各立地优势种、亚优势种及其主要伴生种的重要值来反应天然群落物种随环境变化的动态响应(表 3)。

由表 3 可知,有些物种虽然在不同立地条件下均有分布,但是在不同群落中的功能和作用却不同,如铁杆蒿在阴坡上坡位、阳坡上坡位、阳坡下坡位均为优势种,而在阴坡下坡位为亚优势种。达乌里胡枝子在阴坡上坡位和阳坡上坡位是伴生种,而在阳

2 结果与分析

2.1 不同立地条件下天然群落的组成

由表 2 可知,不同立地的群落,物种的组成数目从大到小的顺序为:阴坡下坡位 > 阴坡上坡位 > 阳坡下坡位 > 阳坡上坡位。各群落相比,属的个体数之和与种的组成有相同的规律,即阴坡属的数目大于阳坡,下坡位物种属数大于上坡位。从大类群的组成来看,阴坡科的数目大于阳坡;同一坡向不同坡位相比,阴坡 2 个立地的科数目相同,阳坡下坡位科的数目是上坡位的 2 倍;植物组成以双子叶居多,单子叶次之,裸子植物最少;且都属于高等植物。

4 个立地各群落植物种类属于菊科、禾本科、豆科、蔷薇科这 4 大科的比例较高,群落植物组成主要集中在这 4 大科内。这 4 大科中又以菊科物种最多,禾本科次之,豆科较少,蔷薇科最少。其中阴坡上坡位这 4 大科植物占本群落植物种之和的 64.58%,阴坡下坡位占 68.42%,阳坡上坡位占 86.76%,阳坡下坡位占 74.19%。相对而言,这 4 大科的植物更适合阳坡生长,主要原因是菊科、禾本科等植物比较能适应干旱的环境。

坡下坡位却是亚优势种。

同一坡向的上、下坡位,优势种和伴生种重要值不同,因此形成的群落结构也不一样。铁杆蒿和南牧蒿(*A. eriopoda*)在阴坡上坡位和阴坡下坡位均占有重要地位,只不过优势种和亚优势种刚好互换。阳坡的上坡位和下坡位的优势种均为铁杆蒿,而阳坡上坡位的亚优势种为无芒隐子草(*Cleistogenes songorica*)和茭蒿,阳坡下坡位的亚优势种为达乌里胡枝子。杠柳(*Periploca sepium*)在阳坡的 2 个坡位均为伴生种,而在阴坡的 2 个坡位虽然也有分布,但其重要程度却比不上阳坡的 2 个坡位。

由表 3 还可看出,各个立地优势种的重要值均

较小,重要值指数分配比较分散。如阳坡上坡位的铁杆蒿的重要值为所有物种中最大的重要值,仅仅

为 18.42%,各个样地主要伴生种的重要值指数均较小。因此各个群落中物种的优势地位不是很明显。

表 3 群落中优势种、亚优势种及其主要伴生种重要值的变化

Table 3 Important value of dominant and sub-dominant species

%

立地 Habitats	阴坡上坡位 Upslope of shade		阴坡下坡位 Down-slope of shade		阳坡上坡位 Upslope of sunny		阳坡下坡位 Down-slope of sunny	
优势种 Dominant species	铁杆蒿 <i>Artemisia sacrorum</i>	15.01	南牡蒿 <i>A. eriopoda</i>	12.87	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	18.48	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	15.1
亚优势种 Sub-dominant	南牡蒿 <i>A. eriopoda</i>	13.89	铁杆蒿 <i>A. sacrorum</i>	9.58	无芒隐子草 <i>Cleistogenes songorica</i>	14.73	达乌里胡枝子 <i>Lespedeza dahurica</i>	13.98
主要伴生种 Main companion species	芨芨草 <i>A. giraldii</i>	5.91	蛇含委陵菜 <i>Potentilla kleiniana</i>	5.35	达乌里胡枝子 <i>L. dahurica</i>	10.99	白羊草 <i>Bothriochloa ischaemum</i>	10.68
	草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	5.84	草地早熟禾 <i>P. pratensis</i>	5.2	长芒草 <i>Stipa bungeana</i>	7.66	无芒隐子草 <i>C. songorica</i>	9.41
	大针茅 <i>Stipa grandis</i>	5.64	细弱早熟禾 <i>P. amua var. tenella</i>	4.78	阿尔泰狗娃花 <i>Heteropappus altaicus</i>	6.52	芨芨草 <i>A. giraldii</i>	8.17
	长芒草 <i>S. bungeana</i>	4.56	白羊草 <i>B. ischaemum</i>	4.64	细叶远志 <i>Polygala tenuifolia</i>	5.7	白草 <i>B. ischaemum</i>	7.33
	阿尔泰狗娃花 <i>H. altaicus</i>	3.73	芨芨草 <i>A. giraldii</i>	4.37	中华隐子草 <i>C. chinensis</i>	3.43	阿尔泰狗娃花 <i>H. altaicus</i>	6.42
	达乌里胡枝子 <i>L. dahurica</i>	3.41	大针茅 <i>S. grandis</i>	2.98	杠柳 <i>Periploca sepium</i>	2.97	长芒草 <i>S. bungeana</i>	3.91

2.3 不同立地条件下天然群落生活型结构特征

几种生活型相比,各个立地有相同的趋势:多年生草本植物占优势,重要值之和均大于 59.73%,其次是半灌木,一、二年生草本植物和灌木的比例均较

小。同一坡向不同坡位相比,一、二年生草本植物和灌木均是下坡位优于上坡位。而多年生草本植物和灌木的重要值却是上坡位大于下坡位。

表 4 不同立地条件下群落的生活型的重要值

Table 4 The important value of community life form under different habitats

%

立地 Habitat	一、二年生草本植物 Annual herbaceous plants	多年生草本植物 Perennial herbaceous plants	半灌木 Semi-shrubs	灌木 Shrubs
A	5.09	74.81	18.42	1.11
B	10.58	69.59	11.43	5.62
C	0.75	64.46	29.41	5.38
D	3.17	59.73	29.09	7.2
合计 Total	19.59	268.59	88.35	19.31

各个立地的群落中,灌木主要局限在几个物种之间,如阴坡上部是灌木铁线莲(*Clematis fruticosa*)、尖叶胡枝子(*Lespedeza juncea*);阴坡下坡位的灌木是杠柳、紫丁香(*Syringa oblata*)、柔毛绣线菊(*Spiraea pubescens*)、尖叶胡枝子和山莓(*Rubus corchorifolius*);阳坡上坡位是灌木铁线莲、杠柳和狼牙刺(*Sophora vicii folia*);阳坡下坡位是灌木铁线莲、杠柳、扁核木(*Prinsepia uniflora*)、紫丁香和狼牙刺。立地之间相比,下坡位的灌木物种多于上坡位。各立地的半灌木物种数目相同,均是铁杆蒿

和达乌里胡枝子。草本植物主要以禾草类和蒿草类为主。

2.4 不同立地条件下群落的相似性

群落相似性表示 2 个群落共有的基本特征,相似性的大小直接反映群落间的相似程度。相似性系数是测量群落间或者样方间种类组成上的相似程度的一种指标。二元数据 Jaccard 相似系数结果表明(表 5):阳坡上坡位和阳坡下坡位的群落相似性最大,2 个相似系数为 0.5429,阴坡的上下 2 个坡位次

之,相似性系数为 0.4474。阴坡下坡位与阳坡上坡位相似性最小,相似系数为 0.2388。即同一坡向不

同坡位的群落间相似性较高,而不同坡向不同坡位的群落间相似性较低。

表 5 不同立地条件下各群落的相似系数

Table 5 The similarity coefficient of communities in different habitats

立地 Habitat types	阴坡上坡位 Up-slope of shade	阴坡下坡位 Down-slope of shade	阳坡上坡位 Up-slope of sunny	阳坡下坡位 Down-slope of sunny
阴坡上坡位 Up-slope of shade	—			
阴坡下坡位 Down-slope of shade	0.4474	—		
阳坡上坡位 Up-slope of sunny	0.3273	0.2388	—	
阳坡下坡位 Down-slope of sunny	0.3065	0.2639	0.5429	—

2.5 不同立地条件下群落的物种多样性及其影响因素分析

4 种立地条件下,相同坡位不同坡向相比, Simpson 指数和 Shannon-Wiener 指数具有相同的

规律:阳坡大于阴坡;Patrick 丰富度指数表现为阴坡大于阳坡。同一坡向不同坡位相比, Simpson 指数、Patrick 丰富度指数以及 Shannon-Winner 指数均是下坡位大于上坡位。

表 6 不同立地条件下各群落的物种多样性

Table 6 Species diversity of community under different habitats

多样性指数 Diversity index	阴坡上坡位 Up-slope of shade	阴坡下坡位 Down-slope of shade	阳坡上坡位 Up-slope of sunny	阳坡下坡位 Down-slope of sunny
Simpson 指数 (D)	0.8302±0.03 ^a	0.8768±0.02 ^a	0.8521±0.02 ^a	0.8887±0.06 ^a
Shannon-winner 指数 (H)	2.5331±0.28 ^a	2.8065±0.05 ^a	2.2728±0.14 ^a	2.5358±0.28 ^a
Patrick 丰富度指数 (D_{pa})	50.0000±4.95 ^{aB}	60.0000±2.12 ^{aA}	23.0000±3.54 ^{bB}	31.0000±4.95 ^{bB}

注:不同小写字母表示在 0.05 水平上显著;不同大写字母表示在 0.01 水平上显著

Note: different small letters represent significant difference between different habitats at the 0.05 level; different capital letters represent significant difference at the 0.01 level

经 Tukey 多重比较,各立地群落中 Patrick 丰富度指数表现为:阴坡与阳坡相比时不论是上坡位还是下坡位均达显著水平 ($P < 0.05$),且阴坡下坡位分别与阳坡上坡位和阳坡下坡位的差异达极显著水平 ($P = 0.0035 < 0.01, P = 0.0079 < 0.01$)。其他各指数均差异不显著。

多样性指数之间大多显著相关,因为多样性指数、均匀度指数、丰富度指数反应的群落特征具有一致性^[13],本文以 Patrick 丰富度指数为代表,分析多样性指数与海拔、坡度、坡向、土壤含水量、土壤有机质以及群落盖度之间的相关性,并进行回归分析,分析不同立地条件群落多样性的影响因素。

由表 7 可知,坡度与物种多样性成显著负相关,随着坡度的增大,物种多样性将会减少;土壤含水量与多样性指数、土壤有机质与多样性指数、植被盖度和多样性指数之间成显著正相关 ($P < 0.05$)。土壤水分及有机质含量的增加,植物生长的环境得到改善,物种多样性将会提高;植被盖度增加,物种多样性随着提高。

此外,海拔高度和多样性指数成负相关,坡向和多样性指数成正相关 ($P > 0.05$)。说明随着海拔、坡向也会对物种多样性产生影响,但是海拔和坡向对多样性的影响远不如土壤含水量、坡度以及有机质含量明显。

表 7 不同立地条件下各生境因子的相关分析

Table 7 The correlation analysis of environmental factors in different habitats

相关系数(r) Related coefficient	x1	x2	x3	x4	x5	x6
海拔 Elevation x1	—					
坡度 Slope gradient x2	0.76	—				
坡向 Aspect x3	0.38	-0.32	—			
土壤含水量 Soil moisture x4	-0.13	-0.74	0.86	—		
土壤有机质 Soil organic matter x5	-0.28	-0.78	0.72	0.95*	—	
植被盖度 Vegetation coverage x6	-0.27	-0.79	0.72	0.86	0.72	—
多样性指数 Diversity index x7	-0.38	-0.89*	0.71	0.95*	0.91*	0.94*

由表8可知:土壤含水量与多样性指数之间的回归分析的 t 值为 4.4917,其值大于检验值 $t_{3,0.05} = 3.182, P = 0.0206 < 0.05$,说明土壤含水量与多样性指数之间具有显著的一元线性关系,用线性方程拟合即 $y = 1.9391 + 0.0473z_1$ 。随着土壤含水量的升高,群落的多样性将线性增加。群落盖度与多样性指数之间回归系数的 t 值为 3.8043, $P = 0.0319 < 0.05$,说明盖度与多样性指数之间呈显著的一元

线性关系,用线性方程拟合即 $y = 1.4933 + 0.0096z_4$ 。随着植被盖度的增大,群落的物种多样性将呈现出线性增加的趋势。而土壤有机质、坡度与多样性指数之间回归分析的 t 值分别为 3.1039 和 -2.7976,其绝对值均小于检验值 3.182,且 $P > 0.05$,表现出多样性指数与土壤有机质和坡度之间虽然密切相关,但线性相关性较弱。

表8 主要环境因子与多样性指数的回归分析

Table 8 The regression analysis of main environmental factors and diversity index

因变量 Dependent variable	自变量 Independent variable	回归系数 Regression coefficient		决定系数 R^2 Coefficient of determination	t 值 t value	P 值 P value
		B_0	B_1			
y	z_1	1.9391	0.0473	0.9098	4.4917	0.0206
y	z_2	2.2145	0.2657	0.8281	3.1039	0.0531
y	z_3	3.6744	-0.0265	0.7965	-2.7976	0.068
y	z_4	1.4933	0.0096	0.8786	3.8043	0.0319

注: y: 多样性指数; z_1 : 土壤水分; z_2 : 土壤有机质; z_3 : 坡度; z_4 : 盖度

Note: y: diversity index; z_1 : soil moisture; z_2 : soil organic matter; z_3 : slope gradient; z_4 : coverage

3 讨论与结论

3.1 不同立地条件下群落的结构组成

黄土丘陵区由于其特殊的地理位置和生态环境,土壤水分具有非常重要的意义,它不仅影响植物的个体发育,而且决定着植物的类型,限制植被的分布^[14-15]。众所周知,阴坡的水分好于阳坡,下坡位的水分优于上坡位。在陕北黄土丘陵区,这种立地的不同引起的水分生态环境差异表现的更为明显,进而使得群落结构组成明显不同。

本研究中,各立地群落植物的种类主要集中在菊科、禾本科、豆科、蔷薇科,其他科的物种相对少且分散,这4大科的植物具有较强的生态适应性,能适应陕北黄土丘陵区干旱少雨、土壤贫瘠的生态环境,是各个立地群落的主要组成部分;其中铁杆蒿在各立地均有分布,且重要值相对较大,为各个立地的优势种或者亚优势种,表明菊科中的铁杆蒿在当地分布范围很广,适应性强,在植被恢复重建过程中该种应优先考虑。

群落的结构组成是群落的基本特征,分类上来自不同科、属的植物形态特征上的差异,也可能预示着差异多样的生态属性。重要值表示一个种的优势程度,是反映该种群在群落中相对重要性的一个综合指标和对所处群落的适应程度^[16],优势种及其伴生种重要值的变化,反映了不同立地条件下植被生长的环境因子也在发生复杂的变化^[17]。群落物种

组成的生活型结构是群落结构的重要组成部分,在一定程度上反映了群落的外貌,是植物群落对生境各种因素综合反映的外部表现^[18-19]。各个立地的群落主要由多年生草本植物组成,其次是半灌木,再其次是一、二年生草本植物,灌木植物所占的比例最少,这是研究样地植物对干燥的气候环境和贫瘠的土壤条件有较强适应性的外部表现^[20-21]。

不同立地条件下的群落,因组成群落各物种的生物、生态学特性不同,使群落的结构组成表现出一定差异。该研究中出现群落结构简单,物种单一且数目偏少,科、属和种相对集中,以及物种的生活型是以草本植物占据优势、灌木和半灌木较少的局面,主要与陕北黄土丘陵区干旱少雨的大环境有关,其次是由组成群落物种的生物学特性所决定。

3.2 不同立地条件下群落的植物多样性及其与环境因子的关系

在本研究中,不同立地条件下群落的 Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数以及 Patrick 丰富度指数的变化规律主要与各个立地的水分条件关系密切。因此在该区进行植被建设时应优先选择水分条件较好的阴坡以及下坡位,在改变局部环境的情况下,逐渐改变该区的生态环境。

植物与环境存在着一定的相互关系,环境对植物群落的组成、结构、功能、成因、动态分布等都有影响^[22]。物种的多样性能很好地体现出植被的空间分布格局,以及群落的结构类型、组织水平、发展

阶段、稳定程度和生境差异^[14,19,22]。群落的相似性系数越大,表明各群落之间的差异性就越小,环境条件就越相近。相同坡向不同坡位的群落较为相似,主要原因是坡向相同的立地,其水、热、光等生态因子相似,进而其群落结构相似。本研究中,影响Patrick丰富度指数的因子从大到小依次是:土壤含水量、群落盖度、土壤有机质、坡度、坡向和海拔。植被盖度、坡度、海拔高度和坡向对多样性产生影响,主要是通过直接影响土壤含水量来实现的。土壤含水量是影响多样性最为关键的生态因子。

综上所述,生境的多样性影响群落的结构组成及其物种多样性。不同立地条件下的群落,因生态因子的差异对物种的分布格局、群落类型产生影响,又由于组成群落的各个物种具有生态生物学特性的异质性,从而导致了不同立地条件下群落结构和生物多样性的变化。土壤含水量对该区植物群落的结构组成及其多样性起着关键性的作用,是黄土高原植被恢复和重建的关键性因子。

参考文献

- [1] 陈文年,吴宁,罗鹏,等. 岷江上游林草交错带祁连山圆柏群落的物种多样性及乔木种群的分布格局[J]. 应用与环境生物学报,2003,9(3):221-225
- [2] 温仲明,焦峰,刘宝元,等. 黄土高原森林草原区退耕地植被自然恢复与土壤养分变化[J]. 应用生态学报,2005,16(11):2025-2029
- [3] 李裕元,邵明安. 子午岭植被自然恢复过程中植物多样性的变化[J]. 生态学报,2004,24(2):252-260
- [4] 郝文芳,梁宗锁,陈存根,等. 黄土丘陵区弃耕地群落演替过程中的物种多样性研究[J]. 草业科学,2005,22(9):1-9
- [5] 潘成忠,上官周平,刘国彬. 黄土丘陵沟壑区退耕草地土壤质量演变[J]. 生态学报,2006,26(3):690-696
- [6] 王国宏. 黄土高原自然植被演替过程中的植物特征与土壤元素动态[J]. 植物学报,2002,44(8):990-998
- [7] 张成娥,陈小利. 黄土丘陵区不同撂荒年限自然恢复的退化草地土壤养分及酶活性特征[J]. 草地学报,1997,5(3):195-200
- [8] Day K J, Hutchings M J, John E A. The effects of spatial pattern of nutrient supply on the early stages of growth in plant populations [J]. *Journal of Ecology*,2003,91(2):305-315
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978
- [10] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239
- [11] 宋永昌. 植被生态学[M]. 上海:华东师范大学出版社,2001:41-102
- [12] 刘军,陈益泰,罗阳富,等. 毛红椿天然林群落结构特征研究[J]. 林业科学研究,2010,23(1):93-97
- [13] 陈廷贵,张金屯. 十五个物种多样性指数的比较研究[J]. 河南科学,1999,17(S1):55-71
- [14] 孙长忠,黄宝龙,陈海滨,等. 黄土高原人工植被与其水分环境相互作用关系研究[J]. 北京林业大学学报,1998,20(3):7-14
- [15] 杨文治. 黄土高原土壤水分状况分区(试拟)与造林问题[J]. 水土保持通报,1981(2):14-15
- [16] 张全发,郑重,金义兴. 植物群落演替与土壤发展之间的关系[J]. 武汉植物学研究,1990,8(4):325-333
- [17] 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等. 基础生态学[M]. 2版. 北京:高等教育出版社,2007:142
- [18] Baer S G, Blair J M, Collins S L. Plant community responses to resource availability and heterogeneity during restoration [J]. *Oecologia*,2004,139(4):617-629
- [19] 冉隆贵,唐龙,梁宗锁,等. 黄土高原4种乡土牧草群落的 α 多样性[J]. 应用与环境生物学报,2006,12(1):18-24
- [20] Veenendaal E M, Swaine M D, Techa R T. Responses of west African forest tree seedlings to irradiance and soil fertility[J]. *Functional Ecology*,1966,10(4):501-511
- [21] Bazzaz F A. Plants in changing environments: Linking physiological [M]. *Population and Community Ecology Cambridge*: Cambridge University Press,1966
- [22] 周红章. 物种与物种多样性[J]. 生物多样性,2000,8(2):215-226

(责任编辑 李美娟)