

岷江干旱河谷灌丛 α 多样性分析

冶民生¹, 关文彬^{1*}, 谭 辉¹, 马克明², 刘国华², 汪西林¹

(1. 北京林业大学水土保持部级重点实验室, 北京 100083; 2. 中国科学院生态环境研究中心, 北京 100085)

摘要:通过对岷江干旱河谷植被及其环境因子的系统取样调查,研究了该地区植物群落的 α 多样性及其与环境因子的关系。土壤、植被、地形三者之间的典范相关分析结果表明,三者两两之间均存在着较高的相关性。土壤因子与地形因子之间,海拔和坡向起较大的作用,主要影响土壤中的全氮、有机质和土壤含水量;地形因子和植被之间,海拔和坡向影响灌木层的多样性和盖度;植被和土壤因子之间,土壤中的全氮量、有机质和土壤含水量影响灌木层的盖度和多样性。随着海拔的增加,草本和灌木群落的多样性都呈现出先增加后减小而后又增加的趋势,草本层的 α 多样性明显高于灌木层的 α 多样性,草本层和灌木层均在 1400~1600m 和 2000~2200m 两个海拔段有较高的 α 多样性;华帚菊-小黄素馨灌丛、金花小檗-忍冬灌丛、绣线菊灌丛有着较高的多样性,西南野丁香灌丛、荻灌丛、小马鞍羊蹄甲-白刺花灌丛的群落多样性较低;样带的多样性,灌木层:样带 3>样带 1>样带 2,草本层:样带 1>样带 3>样带 2;不同坡向的多样性,灌木层:阴坡>半阴半阳坡>阳坡,草本层:半阴半阳坡>阴坡>阳坡;不同坡形上的多样性,无论是灌木层还是草本层,多样性大小为凹坡>平坡>凸坡;灌木层和草本层在不同坡位上的多样性大小均为上坡位>下坡位>中坡位。

关键词:岷江干旱河谷;植物群落; α 多样性;环境因子;典范相关分析

The α diversity of shrubs community in the arid valley of the Minjiang River

YE Min-Sheng¹, GUAN Wen-Bin^{1*}, TAN Hui¹, MA Ke-Ming², LIU Guo-Hua², WANG Xi-Lin¹ (1. Key Lab. of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083; 2. Research Center for Eco-environment Sciences, CAS, Beijing 100085, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(6): 1123~1130.

Abstract: The α diversity of plant community is one of the major components of ecosystem functions. It was influenced by many environmental factors, such as soil and topographic characteristics. Conversely, plant community diversity patterns also influence the soil characteristics. The upper reaches of Minjiang River located in southwestern China is a ecological fragile transition zone from the Qinghai-Tibet Plateau to Sichuan basin. Shrubs, as a main vegetation type in this area, play a vital role in regional environmental protection. Therefore, it is important to examine the relationships between plant diversity and environmental factors to understand the process of ecosystem dynamics. This paper reports a field study on shrub community diversity in the area.

Canonical correlation analysis among vegetation, soil and topography factors shows that significant correlation exists between each pair of the variables. Altitude and slope direction have great influences on total nitrogen, organic matter, soil water, species diversity in the shrubs layer and shrubs layer coverage, while species diversity in the shrubs layer and shrubs coverage is closely related to the total nitrogen, organic matter, and soil water content. Species diversity in both the herbs layer and shrubs layer are increased at first, then decreased, and then increased with the increase of altitude. Species diversity in the herb layer is higher than that in the shrub layer, and changes of species diversity in the herbs layer is greater than that in the shrubs layer. Both herbs layer and shrubs layers have high species diversity from at the 1400~1600 m and 2000~2200

基金项目:国家重点基础研究发展规划资助项目(G2000046807)

收稿日期:2004-01-12; **修订日期:**2004-03-11

作者简介:冶民生(1979~),男,青海人,硕士生,主要从事生物多样性保护和荒漠化防治研究。

致谢:周建云、吕一河、谢春华、张育新、杨荣金、黄奕龙、吴建安、卢涛等同志参加了野外工作,在此表示感谢。

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: desertwx@bjfu.edu.cn

Foundation item: State Key Basic Research and Development Plan (No. G2000046807)

Received date: 2004-01-12; **Accepted date:** 2004-03-11

Biography: YE Min-Sheng, Master candidate, mainly engaged in the biodiversity conservation and desertification combating.

m altitudes. Species diversity of different plant formations indicates that *Pertya sinensis*-*Jasminum humile* Formation, *Berberis wilsonae*, *Lonicera japonica* Formation and *Spiraea* Spp. Formation have higher species diversity. The *Leptodermis purdomi* Formation, *Caryopteris* spp. Formation and *Bauhinia faberi*-*Sorophora vrcifolia* Formation have lower species diversity. Ranks of the species diversity in different transects varied as follows: for shrubs layer, transect3 > transect1 > transect2; and for herbs layer, transect1 > transect3 > transect2. The variance of community species diversity in different slope directions ranked as shrubs layer, shaded slope > half sunny and half shaded slope > sunny slope, herbs layer, half sunny and half shaded slope > shaded slope > sunny slope. The variance of community species diversity in different slope shape and slope position indicated the following ranking at both in shrub layers and herb layers: concave slope > straight slope > convex slope, upper slope > middle slope > lower slope.

Key words: the arid valley of Minjiang River; plant community; α diversity; environmental factors; canonical correlation analysis

文章编号:1000-0933(2004)06-1123-08 中图分类号:Q16,Q948.15 文献标识码:A

群落多样性是指生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的丰富多彩的差异,是群落生态学乃至整个生态学研究十分重要的课题,是生态系统多样性研究的核心内容^[1],它体现了群落结构类型、组织水平、发展阶段、稳定程度和生境差异,是揭示植被组织水平的生态基础,可以反映生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的异质性^[2]。物种多样性的空间分布格局受制于许多生态梯度的影响^[3,4],研究植物群落物种多样性随环境因子及群落演替等生态梯度的变化特征是揭示生物多样性与生态因子相互关系的重要方面^[5,6]。区域或景观以及更小尺度上,土壤均表现出较大的分异规律和空间异质性^[7,8],影响着植物群落的分布和发展。另一方面,坡向、坡形、坡位、海拔等地形因子对土壤性质产生影响,同样会影响植物群落的特征^[9]。而植被格局反过来亦影响着土壤水分、养分等过程^[10]。很多学者对水分^[11~13]、海拔^[11,14,15,17]、纬度^[14~16]、土壤养分^[18,19]和演替^[21]等不同梯度或过程上生物多样性的响应进行了研究。但对坡面不同景观位置的群落多样性研究还较少见。

以往对岷江干旱河谷的研究关注最多的是干旱河谷的植被恢复和生态重建问题^[21,22],对岷江干旱河谷植物群落物种多样性的量化分析尚未见报道。本区丰富的生物多样性资源是维持山地生态系统稳定和持续发展的基础。由于近年来气候变化和强烈的人为破坏,生物多样性资源丧失严重,生态环境严重退化。因此开展生物多样性的基础研究不仅具有重要的理论意义,而且对揭示系统退化与修复机制,制定合理的社会经济发展战略等也可提供指导和借鉴。本文对岷江干旱河谷植物群落多样性的研究,试图揭示:(1)群落多样性与地形土壤因子之间的关系;(2)不同生活型植物群落物种多样性对海拔梯度的响应;(3)不同坡面、地形等位置物种多样性格局的关系。

1 研究地区概况

岷江干旱河谷地区,主要分布于松潘镇江关以下,经茂县凤仪镇至汶川县的岷江正河,位于东经 103°41'~103°44',北纬 31°21'~31°44'之间。该区域年平均气温 10~11℃左右,降水量 490mm 左右,且小于当年蒸发量,气候干燥^[23]。干旱河谷特殊的气候和土壤条件所孕育的植被多为植株表面积与体积比小,叶片角质层发达,多刺、多毛的旱生适应性灌木,呈现出旱生半荒漠景观。土壤类型以山地褐土和山地棕壤土为主,极度贫瘠的土壤无法为高大乔木的生长提供必不可少的水分和养分条件,植被极为稀疏,块状分布的耐旱灌丛群落被严重冲刷的裸地分隔开,严重退化。

2 研究方法

2.1 样带及样地设计

在岷江上游干旱河谷的核心区飞虹及其北部过渡区石大关、南部过渡区威州各选择一个灌丛植物群落发育程度基本一致的河谷,沿河谷横截面设置 U 形样带 3 条,沿河谷横截面同时分两组在两侧山体上作植被和环境诸因子的调查。样方地点的选择兼顾不同的群落类型,所选取的样带具有代表性,能反映干旱河谷植被的主要类型。调查工作于 2001 年 8 月完成。

植被调查 (1)群落灌木层取样,设置 5m×5m 样方,计测灌木层物种、多度、盖度、高度等因子;(2)群落草本层取样,设置 1m×1m 草本样方,计测草本层植物盖度、高度、多度等。3 条样带共计 48 个样方 151 个种,得到 48×151 的原始物种矩阵。

环境因子调查 采用气压式海拔表测量各样方所在海拔;用 TDR(时域反射仪)实地测量每个样方的土壤含水量;在每一样方内分别在 4 个角和中间设 5 个点进行取样作为土壤样品带回室内分析,取样深度为 0~20cm。土壤分析指标包括:pH 值、有机质、土壤全 N、速效 P、速效 K;地形因子的测量包括坡度、坡位、坡向、坡形因子,坡度坡向采用实测值。坡位和坡形采取赋值法:坡位,1 代表上坡位;2 代表中坡位;3 代表下坡位;坡形,1 代表凹形坡,2 代表平坡,3 代表凸形坡。得到 48×11 的环境因子矩阵。

2.2 数据计算

采用以下指标^[24]对群落多样性进行计算,选用 Shannon 指数 H 来讨论群落的物种多样性: $H = - \sum_{i=1}^S P_i \log P_i$; 群落的均匀度 E 的计算公式为: $E = H/\ln S$; 采用 Simpson 优势度指数 D 作为群落优势度测度的指标,其表达式为: $D = \sum_{i=1}^S P_i^2$, 式中, S 为物种数目, P_i 为种 i 的相对重要值,即: $P_i = N_i/N$, N_i 为第 i 个物种的重要值, N 为群落样地中所有种重要值之和。

典范相关分析是研究两组变量间关系的一种多变量统计方法,其目的是寻找一组变量的线性组合与另一变量的线性组合,使两者之间的相关达到最大。本研究将土壤因子、地形因子和植被因子分成三组主要的变量,利用典范相关分析来研究量量之间的相互关系。统计分析在 matlab6.5 软件包中运行。

3 结果与分析

根据调查数据统计,共计 48 个样方,有维管植物 151 种,隶属于 41 科,100 属。其中包含种类最多的科为菊科、禾本科、蝶形花科、蔷薇科。属于这 4 个科的种数分别占总种数的 18.5%、15.2%、9.3%、6.6%。

3.1 群落多样性与环境因子之间的关系

把土壤理化因子中的 pH 值(X_1)、速效 P(X_2)、土壤全 N 量(X_3)、速效 K(X_4)、土壤有机质(X_5)、土壤含水量(X_6)构成第 1 组变量;把地形因子中的海拔(Y_1)、坡位(Y_2)、坡度(Y_3)、坡向(Y_4)、坡形(Y_5)构成第 2 组变量;把植被因子中的草本层和灌木层的 Shannon 指数(Z_1, Z_2)与草本层和灌木层盖度(Z_3, Z_4)构成第 3 组变量。用典范相关分析来研究 3 组变量两两之间的相互关系(表 1),表 2 为建立的典型变量构成^[25]。

表 1 典范相关分析结果
Table 1 Result of canonical correlation analysis

典范相关与变量 Canonical correlation and canonical variables	特征值 Eigenvalue	百分比 Proportion	累计百分比 Cumulative	典型相关系数 Canonical correlation coefficient
土壤与地形因子 Soil and topography factors	0.8050	0.4711	0.4711	0.8972
	0.4824	0.2823	0.7534	0.6945
地形与植被因子 Topography and vegetation factors	0.3698	0.4297	0.4297	0.6081
	0.3041	0.3534	0.7831	0.5515
植被与土壤因子 Vegetation and soil factors	0.6019	0.4381	0.4381	0.7758
	0.4761	0.3465	0.7846	0.6899

表 2 土壤、地形、植被之间的典型变量构成
Table 2 The composition of canonical variables among soil, topography and vegetation

土壤与地形的第一、二对典型变量 The first and second canonical variables of soil and topography factors	$T_1 = 0.8257Y_1 - 0.3037Y_2 + 0.1344Y_3 - 0.6911Y_4 + 0.4549Y_5$
	$N_1 = -0.2887X_1 + 0.2776X_2 - 0.4842X_3 - 0.2950X_4 + 0.5785X_5 + 0.8919X_6$
	$T_2 = -0.5941Y_1 - 0.0323Y_2 - 0.1583Y_3 - 0.7747Y_4 + 0.8529Y_5$
	$N_2 = -0.0259X_1 - 0.0722X_2 + 2.044X_3 + 0.1996X_4 - 2.8945X_5 + 1.4053X_6$
地形与植被的第一、二对典型变量 The first and second canonical variables of topography and vegetation factors	$T_1' = -0.7562Y_1 + 0.2698Y_2 - 0.2824Y_3 - 0.5210Y_4 - 0.4219Y_5$
	$V_1 = -0.2319Z_1 + 0.6735Z_2 - 0.2104Z_3 - 0.6696Z_4$
	$T_2' = -0.5914Y_1 - 0.4463Y_2 - 0.2474Y_3 + 0.7693Y_4 - 0.4998Y_5$
	$V_2 = -0.4149Z_1 + 0.6358Z_2 + 0.6332Z_3 + 0.1504Z_4$
土壤与植被的第一、二对典型变量 The first and second canonical variables of soil and vegetation factors	$V_1' = -0.2706Z_1 + 0.7511Z_2 - 0.4736Z_3 - 0.37206Z_4$
	$N_1' = 0.3481X_1 + 0.1029X_2 + 1.0861X_3 - 0.6105X_4 + 1.0303X_5 - 1.6816X_6$
	$V_2' = -0.4154Z_1 + 0.6229Z_2 + 0.3991Z_3 + 0.52924Z_4$
	$N_2' = 0.0062X_2 - 0.3433X_3 + 3.1076X_4 + 0.0927X_5 - 2.2569X_6 - 0.069X_6$

土壤与地形因子、地形与植被因子和土壤与植被因子之间的典范相关分析结果表明,前两个特征值占分别占总特征值的 75.34%、78.31%、78.46%,能反映出大部分的变量信息,因此只取前两个特征根及特征向量进行分析。

土壤因子与地形因子的第一对典型相关系数是 0.8972,第二对典型相关系数是 0.6945,也就是说两对典型变量中,地形第一、二典型变量均对土壤第一、二典型变量的影响较大^[25]。由表 2 看出,地形因子中,海拔的载荷较高,其次为坡向。土壤因子中土壤全 N 量、有机质、土壤含水量的载荷较大,说明海拔和坡向对土壤养分因子影响最大,主要影响养分中的全 N 量、有机质和含水量。

地形因子与植被因子的第一、二对典型相关系数分别为 0.6081、0.5515。说明地形第一、二典型变量均对植被第一、二典型变量的影响较大。地形因子中,海拔和坡向的载荷较大,其次为坡形和坡位。植被因子中灌木层的多样性和盖度以及草本层的盖

度较高。说明地形因子中海拔和坡向对植被的影响最大,坡形和坡位也有一定的影响,主要影响灌木层的多样性、盖度和草本层的盖度。

植被因子与土壤因子的第一、二对典型相关系数分别为 0.7758、0.6899,可见植被因子与土壤因子之间存在着很高的相关性。植被因子中,灌木层的多样性和盖度载荷较大,其次为草本层的草本层的盖度和多样性。土壤因子中土壤全 N 量、有机质和土壤含水量的载荷较大,说明它们对植被的影响较大,主要影响灌木层的多样性和盖度。

表 3 植被及环境因子之间的相关系数

Table 3 The correlation coefficient between vegetation and environment factors

	N_1	N_2	N_3	N_4	N_5	N_6	N_7	N_8	N_9	N_{10}	N_{11}	N_{12}	N_{13}	N_{14}
N_2	-0.542**													
N_3	-0.445**	0.381**												
N_4	-0.093	0.137	0.545**											
N_5	-0.418**	0.326**	0.985**	0.588**										
N_6	-0.317**	0.129	0.158	0.082	0.188									
N_7	-0.642**	0.466**	0.345**	0.102	0.338**	0.698**								
N_8	0.477**	-0.259	-0.147	-0.054	-0.156	-0.314**	-0.373**							
N_9	0.167	-0.146	0.047	0.093	0.104	-0.160	-0.161	0.256						
N_{10}	-0.436**	0.373**	0.512**	0.143	0.498**	0.198	0.441**	-0.106	-0.003					
N_{11}	-0.131	0.196	-0.136	-0.515**	-0.190	-0.233	-0.109	0.201	-0.031	0.197				
N_{12}	-0.292**	0.158	0.164	-0.118	0.132	0.369**	0.232	-0.329**	-0.062	0.173	0.134			
N_{13}	0.051	0.008	0.310**	0.472**	0.372**	-0.219	-0.324**	-0.009	-0.223	0.047	-0.055	0.11		
N_{14}	-0.250	0.120	0.286**	-0.221	0.242	0.424**	0.332**	-0.368**	-0.119	0.390**	0.178	0.700**	0.052	
N_{15}	-0.207	0.169	0.602**	0.127	0.608**	0.246	0.263	-0.110	0.122	0.525**	0.138	0.373**	0.079	0.553**

** Correlation coefficient is significant at the 0.01 level; * Correlation coefficient is significant at the 0.05 level(2-tailed); $N_1 \sim N_{15}$: pH 值 pH value;速效 P available P; 全 N 量 total N;速效 K available K;有机质 Organic matter;土壤含水量 Soil water content;海拔 Altitude;坡向 Slope direction;坡位 Slope position, 坡度 Slope degree;坡形 Slope shape, 草本和灌木多样性 Diversity in herbs layer and shrubs layer, respectively, 草本层和灌木层盖度 Herbs and shrubs layer coverage, respectively

3.2 沿海拔梯度上的多样性分析

依据上述群落多样性与环境因子的关系分析结果,将样方的 Shannon 指数按地形景观特征的不同方面进行归类对比分析,可看出不同景观特征下植物群落 α 多样性指数的变化趋势^[26]。根据各个样方所处的海拔,按 100m 的梯度对样方分组,将所有样方分为 9 个海拔段,将每一海拔段内所有样方合并汇总,算出 Shannon 指数、均匀度指数和优势度指数,作为这一海拔段的各个指数值。整个研究区域内,不同层植物群落在不同海拔梯度下的 α 多样性变化情况见图 1。无论是草本还是灌木群落,随着海拔的增加,Shannon 指数都呈现出先增加后减小而后又增加的趋势,草本层的 α 多样性明显高于灌木层的 α 多样性,且变化情况较灌木层明显,但总体上草本层和灌木层有着非常相似的变化趋势。草本层和灌木层均在 1400~1600m 和 2000~2200m 两个海拔段有较高的 α 多样性,草本层的平均 Shannon 指数达到 3.31,在海拔 1500m 处达到峰值,为 3.53;灌木层的平均 Shannon 指数达到 2.60,在海拔 2000m 处达到峰值,为 2.86。

灌木层和草本层的均匀度指数和优势度指数随海拔的变幅较小,均匀度保持在 1 附近。和灌木层相比,草本层的均匀度较高,优势度较小。值得说明的是随海拔的变化,灌木的优势度指数在缓慢的增加,表现出与均匀度指数近似相反的趋势。表明了

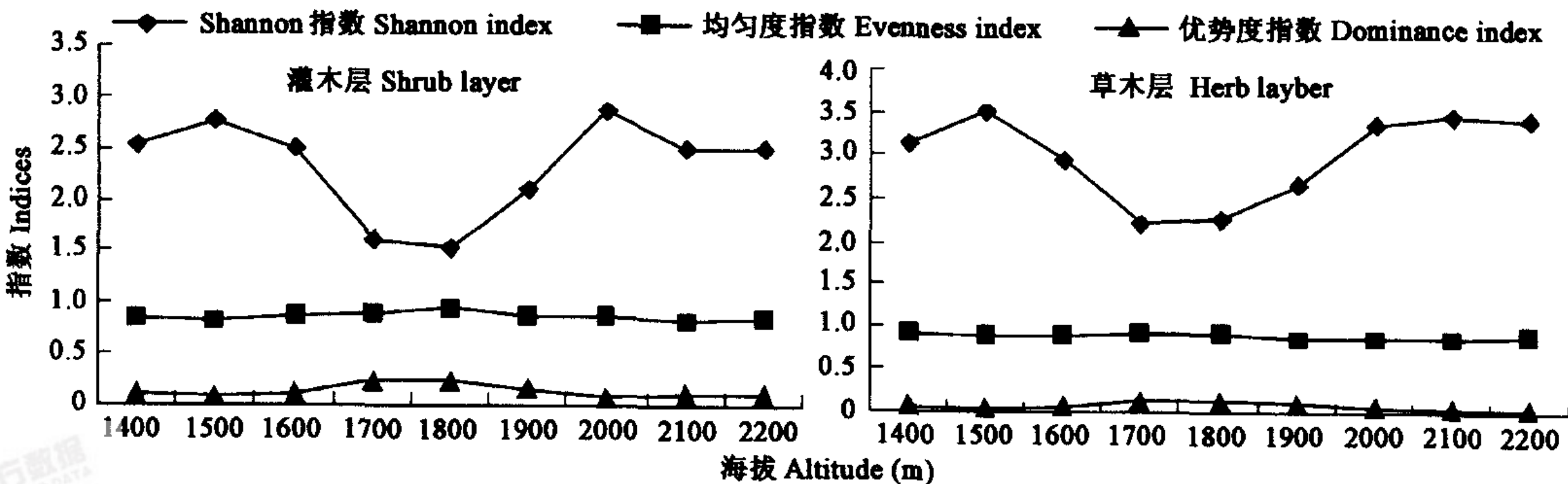


图 1 灌木层和草本层不同指数随海拔的变化

Fig. 1 Changes of different diversity indices in shrub layer and herb layer along altitude

从低海拔到高海拔,群落由多优势种向单优势种发展的趋势。而草本层的这种趋势不明显。

3.3 不同植物群系类型的多样性分析

岷江干旱河谷的植被以灌丛为主,以下 11 个灌丛为其主要群系类型,其分类过程另文发表^①,表 4 为 11 个群系的基本情况。将每个群系中所有样方的多样性、均匀度、优势度分别取平均作为该群系的各个指数值。图 2 为岷江干旱河谷 11 个植物群系类型的多样性指数、均匀度指数和优势度指数的变化趋势,它反映了该地区不同植物群系类型在物种组成或群系组织化水平方面的差异。11 个植物群系结构和功能各不相同,这种差异主要受制于组成物种不同的生态生物学特性,因而作为反映群系组织水平的物种多样性指数研究,在一定程度上可表现出各群系的一些生态学特征。

表 4 11 个不同群系的环境特征及其物种丰富度
Table 4 The environmental characteristics and species richness of 11 different plant formations

群系类型 Formation types	海拔高度 Altitude (m)	坡度 Slope(°)	坡位 Slope position	坡形 Slope shape	坡向 Slope direction	样方数 Plot number	物种丰富度 Species richness		
							总和 Total	灌木 Shrubs	草本 Herbs
I	1380~1430	25~37	下 ^①	凹、平	阴坡 ^⑦	4	43	18	25
II	1460~1480	35	下	凹 ^④	阴坡	2	35	15	20
III	1670~1965	35~40	中、上	平 ^⑤	阳、半阴半阳	8	46	19	27
IV	2050~2160	40	上 ^②	凹	阴坡	4	35	13	22
V	1525~1765	42~45	中 ^③	凸 ^⑥ 、平	阳坡 ^⑧	2	20	5	15
VI	1940~2100	25~38	上	平	半阴半阳 ^⑨	6	42	12	30
VII	1392~2070	32~40	上、中、下	凹、平	阳、半阴半阳	10	47	17	30
VIII	1710~1775	28~35	中	凸、平	半阴半阳	3	23	9	14
IX	1965~2000	25~35	上	平	阴坡	2	15	6	9
X	2033~2096	32	上	平	半阴半阳	3	31	11	20
XI	1872~1952	32~40	上	平	阴坡	4	34	13	21

群系 I: 华帚菊-小黄素馨灌丛 Form. *Pertya sinensis*, *Jasminum humile*; 群系 II: 金花小檗-忍冬灌丛 Form. *Berberis wilsonae*, *Lonicera japonica*; 群系 III: 黄花亚菊灌丛 Form. *Ajania brevilooba*; 群系 IV: 槲子栎灌丛 Form. *Quercus coccoferoides*; 群系 V: 西南野丁香灌丛 Form. *Leptodermis purdomi*; 群系 VI: 小花滇紫草灌丛 Form. *Onosma farrerii*; 群系 VII: 荻灌丛 Form. *Caryopteris* spp.; 群系 VIII: 小马鞍羊蹄甲-白刺花灌丛 Form. *Bauhinia faberi*, *Sorophora vrcifolia*; 群系 IX: 驼绒藜灌丛 Form. *Ceratoides arborescens*; 群系 X: 瑞香灌丛 Form. *Daphne* spp.; 群系 XI: 绣线菊灌丛 Form. *Spiraea* spp.; ① Lower; ② Upper; ③ Middle; ④ Concave; ⑤ Straight; ⑥ Convex; ⑦ Shaded; ⑧ Sunny; ⑨ Sem-sunny and Sem-Shaded

如图 2 所示,各项指数与群系类型有关,结构复杂的群系较其它群系的多样性指数要高。如群系 I、II、XI 分别为华帚菊-小黄素馨灌丛(Form. *Pertya sinensis*, *Jasminum humile*)、金花小檗-忍冬灌丛(Form. *Berberis wilsonae*, *Lonicera japonica*)、绣线菊灌丛(Form. *Spiraea* spp.),这些群系所处生境土壤水分和养分相对较好,群系结构较为复杂,发育较好,因而多样性指数和均匀度指数相对较大。相反,群系 V、VII、VIII 分别为西南野丁香灌丛(Form. *Leptodermis purdomi*)、荻灌丛(Form. *Caryopteris* spp.)、小马鞍羊蹄甲-白刺花灌丛(Form. *Bauhinia faberi*, *Sorophora vrcifolia*),这 3 种群系的生境相对较差,土壤水分和养分较匮乏,群系物种多样性和均匀度较低。值得说明的是群系 IV 槲子栎灌丛所处的生境土壤水分和养分条件也较为

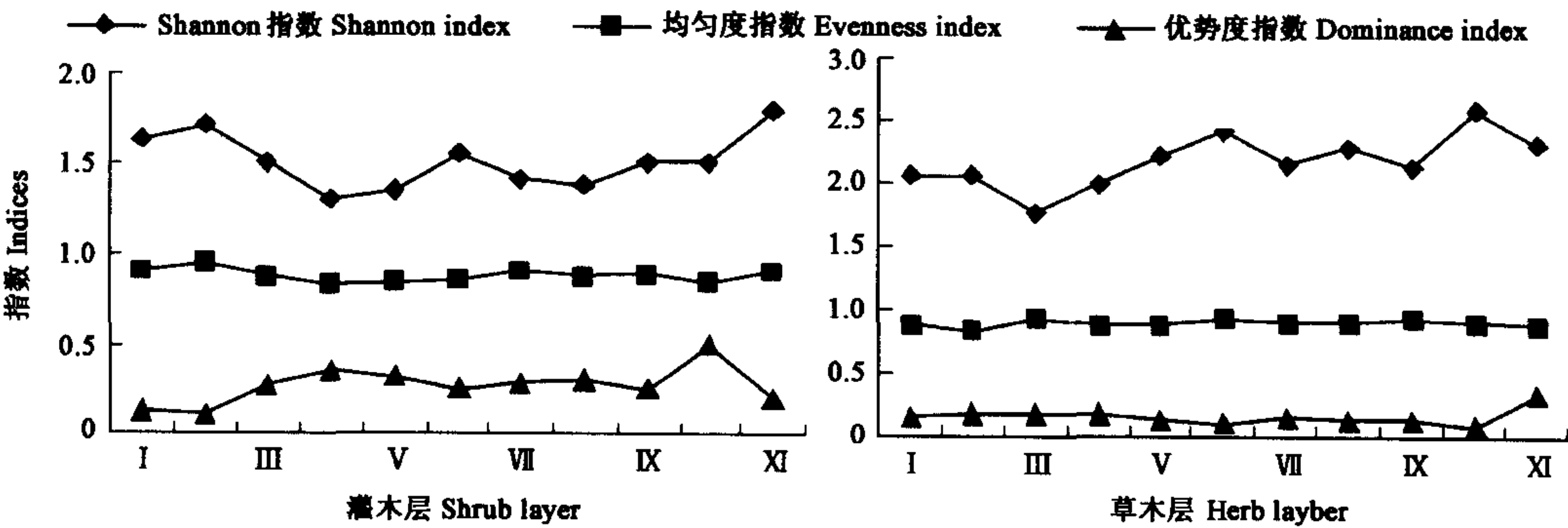


图 2 岷江干旱河谷不同植物群系类型的多样性指数
Fig. 2 Biodiversity indices of different plant formations in arid valley of Minjiang River

① 关文彬,冶民生,马克明,等. 岷江干旱河谷植物分类及其主要类型. 山地学报,待发表

优越,但是群系物种多样性值和均匀度值均较低,这是因为群系是以榧子栎为单优种,群系密度较大,其它物种很少,造成群系物种的多样性值和均匀度值的减小。草本层的群系物种多样性没有明显的变化规律。这与上面群系物种多样性随海拔变化的研究结果吻合,对比实际调查资料,凡是物种多样性和均匀度较高的群系 I、II、VI、XI 均位于上坡位和下坡位,也就是海拔较高和较低的地方,而多样性和均匀度较低的 V、VII、VIII 群系位于坡面中部,这可能与较多人类干扰有关。另外,灌木群系的物种多样性指数和均匀度指数有着近似的变化趋势,与优势度成近乎相反的变化趋势,而草本层的这种趋势不明显。由此可见,影响物种多样性的因素很多,植物群系类型、海拔、坡面位置、人为干扰、生境条件差异等均对群系物种多样性有一定的影响。

3.4 样带及坡面不同位置上的多样性分析

样带及坡面不同位置上的 α 多样性的如图 3 所示。灌木层的 Shannon 指数大小为样带 3 > 样带 1 > 样带 2,草本层为样带 1 > 样带 3 > 样带 2。3 条样带中,样带 2 无论是草本层还是灌木层,物种多样性值均最低,产生这种结果的原因是样带 2 位于干旱河谷的核心区飞虹,这里的土壤养分和水分状况在 3 条样带中都是最差的。南部过渡区样带 3 和北部过渡区样带 2 立地条件相对较优越,植物生长较好,群落的物种多样性也较高。

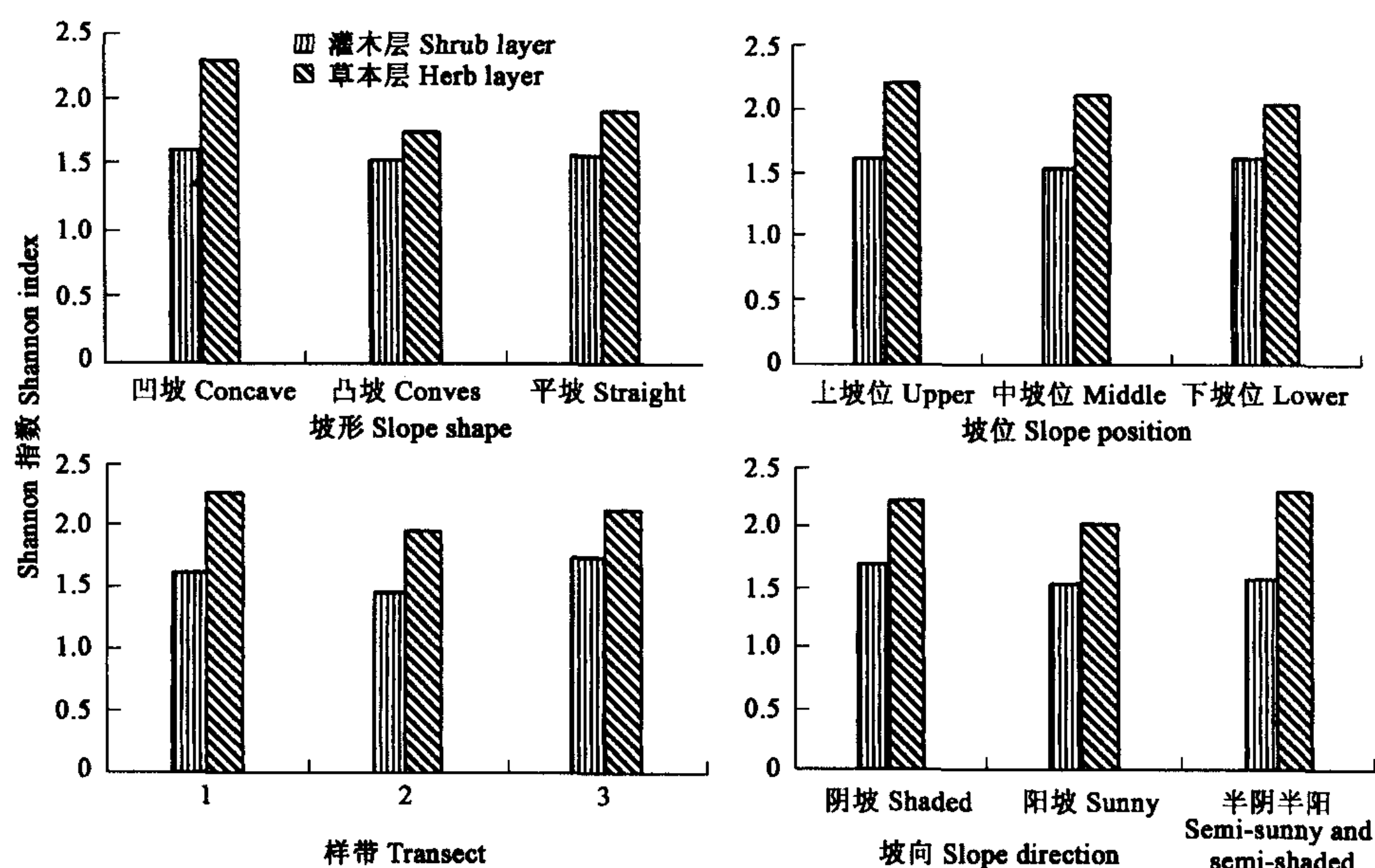


图 3 岷江干旱河谷不同样带、坡向及坡形、坡位的 Shannon 指数变化

Fig. 3 Changes of Shannon index along transect, slope direction, slope shape or slope position

坡向是山地景观的重要特征因素,阳坡和阴坡在温度和水分条件方面的差异,往往造成不同坡向上植物群落的类型和特征差别明显,成为限制植物生长的重要因素。不同坡向的群落多样性,从图 3 中看出,灌木层的 Shannon 指数大小为阴坡 > 半阴半阳坡 > 阳坡,而草本层为半阴半阳坡 > 阴坡 > 阳坡。无论是灌木层还是草本层,多样性指数阳坡均最低。这是由于阴坡的土壤水分含量高于阳坡,阳坡较阴坡有温度高、湿度小、蒸发量大、土壤的物理风化和化学风化都强的特点,因而土壤有机质积累少,也较干燥和贫瘠,植被发育较差,这在土壤水分是植被生长状况的主要限制因素的干旱河谷来说,表现的更明显。

再看不同坡形上的多样性。无论是灌木层还是草本层,多样性大小为凹坡 > 平坡 > 凸坡。不难理解,从地形方面看,凹坡不同于平坡和凸坡,是凸坡和平坡养分水分流失的一个汇,养分经过淋溶等主要集中在凹坡的位置,因此凹坡有较高的土壤养分和水分,支持着较高的多样性。灌木层和草本层在不同坡位上的多样性大小均为上坡位 > 下坡位 > 中坡位。Shannon 指数在不同坡位上的变化,一方面反映出了坡面上部和下部有较高的物种多样性,也从另一角度证明了物种多样性与海拔之间的上述关系。岷江干旱河谷,山坡的下部坡度较大,人类干扰较少,而在坡的中部,坡度较小,地势相对平缓,是人们定居和从事农业活动较多的地段,对生物的干扰也较大,在这一位置的群落表现出较低的多样性。另外一方面,坡的下部也是一个养分和水分流失的汇,土壤质地相对较好^[9],同样支持着较高的多样性。

4 结论与讨论

植物种、植物群落的分布格局是不同尺度上,各种环境因子,如气候、土壤、地形等综合作用的结果。区域尺度上讲,气候、植物区系决定特定的植被类型;景观尺度上讲,如海拔这一环境因子,使植被沿局部气候条件的变化而导致植被类型的变化,进而

决定植被分布格局^[27];而对植物的分布和生长起重要作用的微生境、土壤养分等也由这些主导因子所控制。在地形因子、土壤理化性质以及植被类型关系的研究中,多偏重于其中的两两之间关系的研究^[28,29],对三者之间的关系缺乏深入探讨^[9],本文所做的典范相关分析,有利地揭示了该地区植被、土壤、地形因子之间的关系。

土壤、植被、地形三者之间的典范相关分析结果表明,三者两两之间均存在着较高的相关性。其中土壤因子与地形因子之间,地形因子中的海拔和坡向起较大的作用,主要影响土壤中的全 N 量、有机质和土壤含水量。地形因子和植被之间,地形因子中起较大作用的是海拔和坡向,其次是坡形,对灌木层的影响较大,主要影响灌木层的多样性和盖度,对草本层的盖度也有一定的影响。植被和土壤因子之间,土壤中的全 N 量、有机质和土壤含水量起较大的作用,主要影响灌木层的盖度和多样性。因此,土壤、植被、地形因子三者互相作用,地形和土壤影响植被的多样性和结构,反过来植被的群落结构也影响着土壤因子。

群落多样性的分析表明,随着海拔的增加,灌木和草本层的 Shannon 指数都呈现出先增加后减小而后再又增加的趋势,草本层和灌木层均在 1400~1600m 和 2000~2200m 两个海拔段有较高的 α 多样性,有着近似的变化趋势。说明了在岷江干旱河谷地区,中海拔地区的生物多样性较低,低海拔和较高海拔地区多样性较高,这可能与这一区域中海拔地区人类活动干扰频繁有关。另外,坡的下部也是一个养分和水分流失的汇,土壤质地相对较好,支持着较高的多样性。

岷江干旱河谷灌丛不同坡面位置上的多样性分析表明,无论是灌木层还是草本层,多样性指数阳坡均最低,阴坡和半阴半阳坡有着较高的多样性。无论是灌木还是草本,凹坡和平坡的多样性比凸坡高。不同坡位上的多样性呈现与海拔同样的变化趋势,即上坡位和下坡位比中坡位有着较高的多样性。这也是由于山坡中部受人类干扰较频繁造成的。样带之间的多样性表现的较为明显,位于干旱河谷核心区的样带 2 较北部过渡区样带 1 和南部过渡区样带 3 有较低的多样性,是因为核心区的立地条件相对是最差的,不利于植物群落的发育。11 个不同植物群系物种的多样性分析表明,华帚菊-小黄素馨灌丛、金花小檗-忍冬灌丛、绣线菊灌丛有着较高的多样性,而西南野丁香灌丛、荻灌丛、小马鞍羊蹄甲-白刺花灌丛的群落多样性较低,这与它们的生境条件是密切相关的。由此可见,影响物种多样性的因素很多,植物群落类型、海拔高度、地形等生境条件差异、人类干扰等均对群落的多样性有一定的影响。

References:

- [1] Chen T G, Zhang J T, Shang Guan T L, *et al.* The study of diversity in Shenweigou of Guandi Mountain, Shanxi province. *Acta Bot. Boreal-Occident Sinica*, 2000, **20**(4): 638~646.
- [2] Lan S R. Plant species diversity in WuYiShan National Nature Reserve. *Scientia Silvae Sinica*, 2003, **39**(1): 36~43.
- [3] Palmer M W. The coexistence of species in fractal landscapes. *American Naturalist*, 1992, **139**: 375~397.
- [4] Huston M A. Biological diversity along elevational gradients in the Philippines: an assessment of patterns and hypotheses. *Global Ecology and Biogeography*, 1994, **10**: 15~39.
- [5] He J S, Chen W L. A review of Gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(1): 91~99.
- [6] Guan W B, Zeng D H, Jiang F Q. Ecological studies on the relationships between the process of desertification and vegetation dynamics in the west of Northeast China: community diversity and desertification process. *Acta Ecologica Sinica*, 2000, **20**(1): 93~98.
- [7] Benning T L, T R Seastedt. Landscape-level interactions between topo-edaphic features and nitrogen limitation in tall-grass prairie. *Landscape Ecology*, 1995, **10**: 337~348.
- [8] Jackson R B, M M Galdwell. Geostatistical patterns of soil heterogeneity around individual perennial plants. *Journal of Ecology*, 1993, **81**: 683~692.
- [9] Liu S L, Ma K M, FU B J, *et al.* The relationship between landform, soil characteristics and plant community structure in The DONGLINSHAN mountain region, Beijing. *Acta Phytocologica Sinica*, 2003, **27**(4): 496~502.
- [10] Pickett S T A, Gadenasso M L. Spatial heterogeneity in ecological system. *Science Landscape Ecology*, 1995, **269**: 331~334.
- [11] Whittaker R H, Niering W A. Vegetation of the Santa Catalina Mountains, Arizona: V. Biomass, production, and diversity along the elevation gradient. *Ecology*, 1975, **56**: 771~790.
- [12] Steege H, Cornelissen JHC. Distribution and Ecology of vascular epiphytes in lowland rain forest of Guyana. *Biotropica*, 1989, **21**(4): 331~339.
- [13] Li X R, Zhang X S. Biodiversity of shrub community in steppe and steppe desert on Erdos plateau. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, **10**(6): 665~669.
- [14] Currie D J, Paquin V. Largescale biogeographical patterns of species richness of trees. *Nature*, 1987, **329**: 326~327.
- [15] Gentry A H. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Ann. Missouri Bot. Gard*, 1988, **75**: 1~34.
- [16] Xie J Y, Chen L Z. Species diversity Characteristics of deciduous forests in the warm temperate zone of north China. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, **14**(4): 337~344.
- [17] Guan W B, Chen T, Dong Y J, *et al.* Vegetation diversity in northeastern China I. Diversity of vertical vegetation composition in cold

- temperate coniferous forest region. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1997, **8**(5): 465~470.
- [18] Ma K M, Fu B J, Guo X D. Impact of urbanization in rural areas on plant diversity : a case study in ZunHua City. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2001, **12**(6): 837~840.
- [19] Gartlan J S, Newbery D M, Thomas K W, *et al.* The influence of topography and soilphosphorous of the vegetation of Korup Forest Reserve. *Cameroun Vegetation*, 1986, **65**: 131~148.
- [20] Gao X M, Huang J H, Wan S Q, *et al.* Ecological studies on the plant community succession on the abandoned cropland in TaiBai Shan, QingLing Mountain II. The community diversity feature of the successional series. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(6): 619~625.
- [21] Bao W K, Wang C M. Degradation mechanism of mountain ecosystem at the dry valley in the upper reaches of the Minjiang River. *Journal of mountain science*, 1999, **18**(1): 57~62.
- [22] Bao W K, Chen Q H, Chen K M. Environment control techniques for vegetation restoration in dry valley of upper reaches of Minjiang River. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1999, **10**(5): 542~544.
- [23] Liu G H, Ma K M, Fu B J, *et al.* Aboveground biomass of main shrubs in dry valley of Minjiang River. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, (9): 1757~1764.
- [24] Ma K P, Huang J H, Yu S L, *et al.* Plant community diversity in DONGLING mountain. Beijing, China II. Species richness, evenness and species diversity. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, **15**(3): 268~277.
- [25] Tang S Z. *Methods of multivariate statistical analysis*. Beijing: China forestry Press, 1986. 90~101.
- [26] Huang X X, Jiang Y, Liu Q R, *et al.* The spatial pattern of biodiversity in subalpine meadow on Mt. Xiaowutai. *Acta Geographica Sinica*, 2003, **58**(2): 186~192.
- [27] Burke A. Classification and ordination of plant communities of the Naukluft Mountain, Namibia. *Journal of Vegetation Science*, 2001, **12**: 53~60.
- [28] An S Q, Wang Z F, Liu Z L, *et al.* Effects of soil factors on species diversity in secondary communities. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, **17**(2): 45~50.
- [29] Liu C M, Li C Z, Shi M H, *et al.* Multivariate statistical analysis technique applicated in differentiation of soil fertility. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, **16**(4): 444~447.

参考文献:

- [1] 陈廷贵, 张金屯, 上官铁梁, 等. 山西关帝山神尾沟植物群落多样性研究. *西北植物学报*, 2000, **20**(4): 638~646.
- [2] 兰恩仁. 武夷山国家级自然保护区植物物种多样性研究. *林业科学*, 2003, **39**(1): 36~43.
- [5] 贺金生, 陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征. *生态学报*, 1997, **17**(1): 91~99.
- [6] 关文彬, 曾德慧, 姜凤岐. 中国东北西部地区沙质荒漠化过程与植被动态关系的生态学研究: 群落多样性与沙质荒漠化过程. *生态学报*, 2000, **20**(1): 93~98.
- [9] 刘世梁, 马克明, 傅伯杰, 等. 北京东灵山地区地形土壤因子与植物群落关系研究. *植物生态学报*, 2003, (4): 496~502.
- [13] 李新荣, 张新时. 鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究. *应用生态学报*, 1992, **10**(6): 665~669.
- [16] 谢晋阳, 陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征. *生态学报*, 1994, **14**(4): 337~334.
- [17] 关文彬, 陈铁, 董亚杰, 等. 东北地区植被多样性的研究 I. 寒温带针叶林区域垂直植被多样性分析. *应用生态学报*, 1997, **8**(5): 465~470.
- [18] 马克明, 傅伯杰, 郭旭东. 农业区城市化对植物多样性的影响: 遵化的研究. *应用生态学报*, 2001, **12**(6): 837~840.
- [20] 高贤明, 黄建辉, 万师强, 等. 秦岭太白山弃耕地植物群落演替的生态学研究 I. 演替系列的群落 α 多样性特征. *生态学报*, 1997, **17**(6): 619~625.
- [21] 包维楷, 王春明. 岷江上游山地生态系统的退化机制. *山地学报*, 1999, **18**(1): 57~62.
- [22] 包维楷, 陈庆恒. 岷江上游干旱河谷植被恢复环境优化调控技术研究. *应用生态学报*, 1999, **10**(5): 542~544.
- [23] 刘国华, 马克明, 傅伯杰, 等. 岷江干旱河谷主要灌丛类型地上生物量研究. *生态学报*, 2003, **23**(9): 1757~1764.
- [24] 马克平, 黄建辉, 于顺利, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究. *生态学报*, 1995, **15**(3): 268~277.
- [25] 唐守正. 多元统计分析. 北京: 中国林业出版社, 1986.
- [26] 黄晓霞, 江源, 刘全儒, 等. 小五台山亚高山草甸生物多样性的空间格局. *地理学报*, 2003, **58**(2): 186~192.
- [28] 安树青, 王峥峰, 刘志礼等. 土壤因子对次生森林群落物种多样性的影响. *生态学报*, 1997, **17**(2): 45~50.
- [29] 刘创民. 多元统计分析在森林土壤肥力类型分辨中的应用. *生态学报*, 1996, **16**(4): 444~447.