

四川小寨子沟森林群落物种多样性的环境梯度分析

陈光升

(绵阳师范学院生命科学与技术学院,四川 绵阳 621000)

摘要: 运用去势典范对应分析法(DCCA),分析了四川小寨子沟自然保护区森林群落物种多样性指数与环境因子的关系。结果表明,群落物种多样性表现为草本层 > 灌木层 > 乔木层;海拔高度是群落乔木层物种多样性分布格局的主导因素,随着海拔高度的上升,乔木层物种丰富度和多样性下降,而均匀度没有明显变化;土壤有机质和土壤全氮代表的土壤养分状况决定着灌木层和草本层物种多样性的分布格局。地形因子(如坡度、坡向等)与物种多样性没有明显的关系。

关键词: 物种多样性; 小寨子沟; 森林群落; 环境因子; 去势典范对应分析

中图分类号: Q948.155

文献标识码: A

文章编号: 1005-3395(2010)02-0182-07

Analysis on Environmental Gradients for Species Diversity of Forest Community in Xiaozhaizigou Nature Reserve, Sichuan

CHEN Guang-sheng

(Department of Life Sciences and Technology, Mianyang Normal University, Mianyang 621000, China)

Abstract: The variation patterns of species diversity of forest community in Xiaozhaizigou Nature Reserve were studied by systematic survey along altitudinal gradients, and the relationships between environmental factors and species diversities were analyzed by using Detrended Canonical Correspondence Analysis (DCCA). The results showed that the species diversities was in order of herb layer > shrub layer > tree layer. In tree layer, altitude was the most principal factor on distribution pattern of species diversity. With increment of altitude, species richness and diversity in tree layer decreased, and evenness of tree layer had no obvious changes. In shrub layer and herb layer, the soil nutrient status, such as the contents of organic matter and total nitrogen played important roles in distribution pattern of species diversity. There were not obvious relationships between species diversity and some topographic factors, such as slope, slope aspect, et al.

Key words: Species diversity; Xiaozhaizigou; Forest community; Environment factor; DCCA

物种多样性是生物多样性在物种水平上的表现,是最简单有效的描述群落和区域多样性的方法,是生物多样性的本质内容^[1]。因此,深入探讨物种多样性的科学本质和变化规律,是整个生物多样性研究领域中的关键一环^[2]。同时,研究物种多样性的梯度格局以及控制这些格局的生态因子,也是保护生物学研究的基础^[3]。物种多样性的分布格局主要与纬度、海拔、水分、土壤有关,这些环境因子相互作用,在研究多样性的梯度特征时很难加

以区分,海拔梯度由于包含了温度、湿度和光照等环境因子而成为生物多样性梯度格局研究的重要方面^[4-5]。但是,对物种多样性随海拔的变化规律并未形成共识。不同山体物种多样性的垂直分布格局不同,因此,有必要对各种重要山地的生物多样性进行研究,为阐明山地生物多样性的格局积累资料^[6]。

小寨子沟自然保护区是以保护大熊猫等珍稀野生动物及其自然生态环境为主的自然保护区,保

保护区处于四川盆地和青藏高原的过渡地带,地理位置极为重要,属全球生物多样性核心地区之一的喜马拉雅-横段山区,为岷山山系^[7]。植被处于东部常绿阔叶林和西部硬叶常绿阔叶林的结合部,区内拥有典型、多样、珍稀、原生的森林生态系统,植被垂直分布带谱是岷山山系的典型代表^[8]。对小寨子沟的植被类型、群落学特征已有报道^[9-10],但有关该区域森林群落物种多样性与环境因子的关系鲜见报道。本文对小寨子沟自然保护区森林群落从海拔1710~3520 m的物种多样性进行研究,并分析物种多样性与环境因子的关系,为山地生物多样性的研究和保护提供科学依据。

1 研究地区和研究方法

1.1 研究地概况

小寨子沟自然保护区位于四川省北川县西北,31°50'N~32°16'N,103°45'E~104°26'E,主要由东

北西南向的龙门山脉和近南北向的岷山山脉在河流强烈切割下形成。最高海拔4769 m,最低海拔1160 m,相对高差3609 m。总面积44384.7 hm²,保护区内地势复杂,地势西北高东南低,以高中山为主,山地切割剧烈,峡谷众多,坡度一般>30°。土壤的垂直带谱明显,由上至下为高山寒漠带、高山草甸土、灰化森林暗棕壤、山地森林棕壤、暗棕壤和山地黄棕壤等土壤类型,厚度在30~60 cm之间。气候为典型的亚热带季风气候,四季分明,雨量充沛。>10℃的年积温为4500℃,年均温9.2℃,最热月(7月)极端最高温22℃,最冷月(1月)极端最低温为-15℃,无霜期4~10月。年均降水量约800 mm,集中在7~9月,占全年降水量的80%。年日照1527.5 h,由于地形复杂,形成了多种多样的小气候环境。地带性植被为亚热带常绿、落叶阔叶混交林^[9]。

表1 样地环境概况及植被类型

Table 1 Environment status and vegetation type of 18 plots

样地号 Plot No.	海拔 (m) Altitude	坡向 Slope aspect	坡度(°) Slope	坡位 Slope position	植被类型 Vegetation type
1	1710	SW30	40	下 Lower	常绿落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved forest
2	1790	NW30	25	中下 Middle-lower	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest
3	1900	NE20	35	中下 Middle-lower	常绿落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved forest
4	2110	NW75	28	中 Middle	常绿落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved forest
5	2170	NW50	55	中 Middle	常绿落叶阔叶混交林 Evergreen broad-leaved and deciduous broad-leaved forest
6	2220	SW20	35	中 Middle	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest
7	2240	SW20	40	中下 Middle-lower	针阔混交林 Coniferous and broad-leaved forest
8	2410	NE80	25	中 Middle	针阔混交林 Coniferous and broad-leaved forest
9	2450	NW70	35	中上 Middle-upper	落叶阔叶林 Deciduous broad-leaved forest
10	2770	SE45	40	中下 Middle-lower	冷杉林 <i>Abies fabri</i> forest
11	2780	SE25	50	中上 Middle-upper	冷杉林 <i>Abies fabri</i> forest
12	2870	NW70	35	中下 Middle-lower	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
13	3110	NW30	45	中 Middle	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
14	3220	SE60	30	中上 Middle-upper	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
15	3240	SE85	36	中上 Middle-upper	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
16	3320	NE60	46	中 Middle	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
17	3460	NE20	45	上 Upper	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest
18	3520	NW20	50	上 Upper	岷江冷杉林 <i>Abies faxoniana</i> forest

1.2 样地调查及土壤取样

2003 年 8 月,在小寨子沟自然保护区受人为干扰很小的原始森林群落中沿海拔 1710~3520 m 设置 18 个样地,每个样地 600 m²(20 m×30 m),由 6 个 10 m×10 m 的样方组成,共计 108 个样方,记录每个样地的海拔、坡向、坡位、坡度等。乔木层记录全部物种的种名、株数、高度、胸围;灌木层记录全部物种的种名、株数、盖度、高度;草本层记录全部物种的种名、盖度、高度。样地基本情况见表 1。

每个样地以 S 形 5 点取样,采取 0~20 cm 的混合土样,带回实验室按鲍士旦^[11]的方法测定土壤含水量、有机质、全氮、有效氮、有效磷。

1.3 数据处理

本文选用以下指标计算生物多样性^[1]。

(1) Margalef 指数: $R = (S - 1)/\ln N$

(2) Shannon-Wiener 指数: $H = -\sum P_i \ln P_i$

($P_i = N_i/N$)

(3) Simpson 指数: $D = 1 - \sum P_i^2 = 1 - \sum [N_i(N_i - 1)/N(N - 1)]$

(4) Pielou 均匀度指数: $J = H/\ln S$

(5) Alatalo 均匀度指数: $E = (1/\sum P_i^2 - 1)/[\exp(-\sum (P_i \ln P_i)) - 1]$

N 为样地中所有种的重要值之和, N_i 为种 i 的

重要值, S 为种 i 所在样地的物种种类总数; P_i 为种 i 的重要值 N_i 占所有种的重要值之和 N 的比例。

对生物多样性的空间格局分析及环境解释采用去势典范对应分析法 (Detrended canonical correspondence analysis, DCCA)。DCCA 排序是环境约束下的格局直接梯度分析法,已应用到对物种多样性的环境解释中^[12-14]。以植物群落乔、灌、草各层的多样性指数代替群落的物种数量构成。

对环境因子的定性要素进行分级量化,包括:①海拔:采用气压式海拔表的实测值;②坡向:将罗盘仪的实测方位角转换为:0°(N)~180°(S),东、西不区分^[12];③坡度:用坡度仪实测;④坡位:从谷底到坡顶脊分 5 级,赋值 1~5。土壤因子采用实际测定值。

2 结果和分析

2.1 群落各层的物种多样性

表 2 为样地的物种丰富度指数、多样性指数和均匀度指数,它反映了小寨子沟自然保护区不同植物群落类型在物种组成或群落组织化水平方面的差异。可以看出,18 个样地的物种多样性有一定的差异,5 个指数的变异幅度较大,反映群落丰富度、均匀度的差异较大,这可能是沿海海拔梯度的环境因子变异幅度较大。

表 2 不同样地物种多样性指数

Table 2 Species diversity indexes of different plots

		样地号 Plot No.																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
乔木层 Tree layer	<i>R</i>	1.086	0.869	2.171	3.040	1.737	1.954	1.303	2.172	2.606	1.303	1.520	0.217	0.217	0.217	0.434	0.217	0.217	0.217
	<i>D</i>	0.654	0.457	0.790	0.858	0.830	0.808	0.797	0.783	0.850	0.718	0.798	0.143	0.104	0.222	0.545	0.450	0.500	0.248
	<i>H</i>	1.331	0.935	1.873	2.280	1.927	1.859	1.729	1.836	2.216	1.502	1.750	0.273	0.214	0.382	0.864	0.643	0.693	0.414
	<i>J</i>	0.743	0.581	0.781	0.842	0.877	0.807	0.889	0.765	0.864	0.772	0.842	0.394	0.308	0.551	0.786	0.927	1.000	0.597
	<i>E</i>	0.679	0.545	0.681	0.686	0.834	0.774	0.847	0.683	0.696	0.729	0.831	0.533	0.489	0.616	0.871	0.909	0.999	0.643
灌木层 Shrub layer	<i>R</i>	0.868	2.822	3.474	3.909	1.954	2.606	2.152	1.699	2.606	2.389	3.040	2.606	1.303	2.172	1.520	1.954	1.519	1.520
	<i>D</i>	0.705	0.889	0.880	0.930	0.702	0.723	0.410	0.801	0.699	0.888	0.822	0.862	0.751	0.722	0.825	0.820	0.735	0.772
	<i>H</i>	1.376	2.379	2.447	2.772	1.731	1.872	1.052	1.957	1.840	2.347	2.212	2.236	1.632	1.800	1.895	2.001	1.667	1.781
	<i>J</i>	0.855	0.901	0.864	0.941	0.752	0.730	0.457	0.850	0.717	0.944	0.817	0.872	0.838	0.751	0.912	0.869	0.802	0.856
	<i>E</i>	0.810	0.815	0.697	0.882	0.508	0.474	0.374	0.663	0.438	0.839	0.566	0.746	0.735	0.514	0.835	0.713	0.645	0.688
草本层 Herb layer	<i>R</i>	3.474	4.343	4.994	5.429	0.869	2.606	0.514	0.869	1.954	4.126	3.040	3.040	4.343	4.126	4.126	3.040	3.040	2.389
	<i>D</i>	0.861	0.926	0.926	0.934	0.710	0.879	0.408	0.751	0.882	0.874	0.885	0.865	0.918	0.904	0.910	0.890	0.905	0.875
	<i>H</i>	2.378	2.783	2.903	0.934	1.426	2.302	0.598	1.478	2.218	2.543	2.440	2.356	2.746	2.684	2.651	2.439	2.513	2.264
	<i>J</i>	0.839	0.914	0.913	0.914	0.886	0.898	0.863	0.918	0.963	0.849	0.901	0.870	0.902	0.896	0.885	0.901	0.928	0.911
	<i>E</i>	0.633	0.822	0.723	0.759	0.774	0.809	0.842	0.889	0.912	0.592	0.737	0.670	0.763	0.694	0.768	0.773	0.840	0.813

R: Margalef 指数 Margalef index; *D*: Simpson 指数 Simpson index; *H*: Shannon-Wiener 指数 Shannon-Wiener index; *J*: Pielou 均匀度指数 Pielou evenness index; *E*: Alatalo 均匀度指数 Alatalo evenness index. 下表同。The same as following Tables.

群落各层的物种丰富度指数比较(表2)可知,样地1~4和10~18基本上是草本层的种类最多,灌木层其次,乔木层最少。

群落各层的均匀度指数基本表现为草本层 > 灌木层 > 乔木层。

群落各层的多样性指数,除样地7外,也几乎是草本层的最高,灌木层大于乔木层。

2.2 物种多样性的环境梯度分析

在亚热带森林群落中,由于群落结构复杂以及

群落各层的主导环境因子不同,对群落总体进行物种多样性的量度可能得不出明确的结论。因此,这里对群落进行分层研究。

2.2.1 排序轴与环境因子的相关性

表3是乔木层、灌木层、草本层排序中排序轴与环境因子的相关系数、排序轴的特征值及其所占的百分比。其中排序轴特征值反映排序轴所集中的物种多样性指数矩阵中的信息量大小,而相关系数表示各排序轴与真实环境梯度间的相关性。

表3 环境因子与前2个排序轴的相关系数及排序轴的特征值

Table 3 Correlation coefficient of environment factors with the first two axes by DCCA and the eigenvalues of axes

环境因子 Environmental factors	乔木层 Tree layer		灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
	AX1	AX2	AX1	AX2	AX1	AX2
海拔 Altitude	0.7690**	0.0760	-0.3927	-0.3490	0.0051	-0.2021
坡向 Slope aspect	-0.0874	-0.1960	0.1122	-0.0118	0.1502	-0.1094
坡度 Slope	0.3621	-0.2655	-0.2260	-0.2739	0.2413	-0.2726
坡位 Slope position	0.3007	0.2212	-0.0771	0.5302*	0.1573	0.0929
土壤含水量 Water content of soil	0.2323	-0.1579	0.0326	0.0434	0.0876	-0.0328
土壤有机质含量 Organic matter of soil	-0.1321	-0.1956	0.4211	-0.0338	0.5379*	0.2081
土壤全氮 Total nitrogen of soil	-0.2996	-0.2237	0.4635*	0.0151	0.2717	0.3580
土壤水解氮 Available nitrogen of soil	0.2799	-0.5102	-0.0429	0.0158	0.0149	-0.1754
土壤有效磷 Available phosphorus of soil	-0.0281	-0.1051	0.1629	0.1617	0.1284	0.0211
特征值 Eigenvalues	0.074	0.001	0.009	0.000	0.033	0.004
%	75.5	76.6	35.9	37.5	55.1	61.7

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$

由DCCA排序结果(表3)可知,乔木层、灌木层和草本层的前两个排序轴特征值分别占总特征值的76.6%、37.5%、61.7%,说明乔木层和草本层的排序效果良好,而灌木层排序的结果可能不反映在前两个排序轴。乔木层排序中,海拔与DCCA第一轴为极显著的相关关系,坡度与DCCA第一轴相关性较好(0.3621),说明在小寨子沟森林群落,海拔梯度在决定群落物种多样性的诸多环境因子中起着主导作用;灌木层排序中,土壤全氮与DCCA第一轴有显著的相关关系,有机质含量与DCCA第一轴有一定的相关关系(0.4211),坡位与DCCA第二轴有显著的相关关系;草本层排序中,仅有机质含量与DCCA第一轴有显著的相关关系。以上说明,DCCA第一轴代表样区内一个重要的环境梯度,其所代表的生态意义也是清晰的^[13]。因此,样地在DCCA第一轴的排序位置基本代表了样地在环境空间中的生态位,通过各样方群落物种多样性的比较,可能会较客观地反映出多样性与环境之间的内在联系。

2.2.2 乔木层物种多样性的环境梯度分析

如图1所示,无论样地按海拔高度直接排序还是按照DCCA第一轴排序,沿样地海拔高度的上升,物种丰富度呈下降的趋势,曲线拟合效果极好($P < 0.01$)。拟合方程:(1)海拔梯度排序:丰富度(R): $y = -0.1168x + 2.3039$, $R^2 = 0.4486$, $n = 18$, $P < 0.01$; Shannon-Wiener多样性(H): $y = -0.0288x + 0.8597$, $R^2 = 0.3445$, $n = 18$, $P < 0.01$; Simpson index (D): $y = -0.0872x + 2.0904$, $R^2 = 0.4326$, $n = 18$, $P < 0.01$ 。(2) DCCA排序:丰富度(R): $y = -0.0028x + 2.3603$, $R^2 = 0.8988$, $n = 18$, $P < 0.01$; Shannon-Wiener多样性(H): $y = -0.0021x + 2.1506$, $R^2 = 0.9034$, $n = 18$, $P < 0.01$; Simpson index (D): $y = -0.0007x + 0.8917$, $R^2 = 0.7798$, $n = 18$, $P < 0.01$ 。

随着海拔的升高,群落类型从阔叶林、针阔混交林到针叶林,乔木种类逐渐减少。其中,样地4的丰富度最大,可能是因为处于阴坡且坡度较缓;从样地12开始,群落类型为岷江冷杉林,乔木种类单一,所以丰富度降至最低。

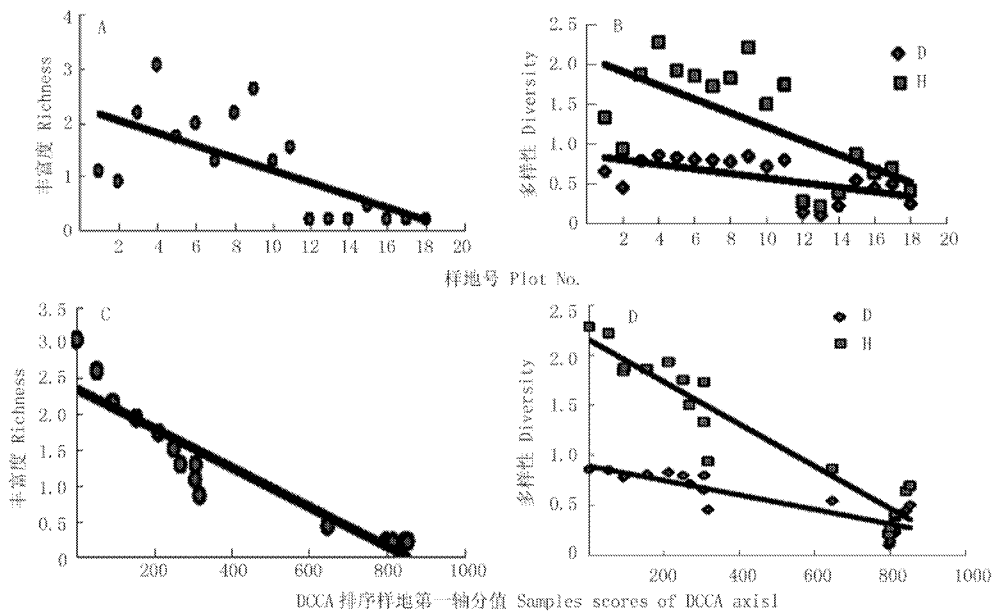


图 1 乔木层物种多样性沿 DCCA 第一轴和海拔梯度的变化

Fig. 1 Changes in species diversity of tree layers with both DCCA axis1 and altitudinal gradient

随着海拔的升高,物种多样性指数(D 、 H)也呈下降的趋势,曲线拟合效果极好($P < 0.01$)。样地 2 在阔叶林中位置最低,原因是其均匀度较低,而物种多样性指数是丰富度和均匀度的一个综合衡量指标。

从物种均匀度指数的拟合曲线看,其与 DCCA 第一轴和海拔高度无相关关系($P > 0.05$),即随着海拔的升高,物种均匀度变化不明显。说明在小寨子沟,9 个环境因子对森林群落乔木层的均匀度没有明显影响。乔木物种分布的均匀程度可能独立于所调查的环境因子之外,受到群落自身结构特征以及发育状况的影响。

由图 2 可知,海拔高度与 DCCA 第一轴的夹角最小,说明两者间的关系最密切;海拔高度所代表的箭头最长,说明其与多样性指数分布格局间的关系最强。因此,DCCA 第一轴实际上代表的是海拔高度,以 DCCA 排序样地第一分轴对丰富度和多样性的拟合曲线效果更优于海拔高度。以上说明,海拔梯度是影响乔木层物种丰富度和多样性的最重要的环境因子,海拔梯度主要反映水热梯度变化,因此,该地区乔木层物种多样性的变化规律可能更多地受制于较大尺度的水热因子(如温度、降雨量等)。

2.2.3 灌木层物种多样性的环境梯度分析

表 4 是灌木层物种多样性指数与环境因子的相关系数。可见,物种丰富度指数与各环境因子都没有明显的关系,仅与海拔梯度有较好的负相关关系,可能是由于样地为不同群落类型,灌木层的物种数变化复杂。土壤有机质含量与物种多样性指数 D 、 H 以及均匀度指数 J 、 E 有极强的相关关系;土壤全氮与 D 、 J 显著相关;其它环境因子与各指数的相关性不明显。对土壤有机质和相关较大的多样性指数的曲线拟合,二次方程拟合效果最好(R^2 值最大),但都不显著($P > 0.05$),总体上为单峰曲线。

从表 3 可以看出,灌木层物种多样性 DCCA 排序第一轴主要代表的是土壤全氮和有机质这两个环境因子,这与简单相关得出的结果基本一致,即

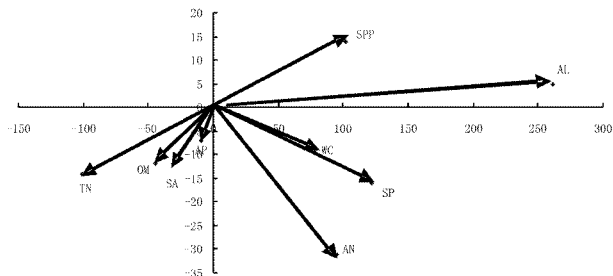


图 2 乔木层物种多样性的 DCCA 排序

Fig. 2 The environmental factors of DCCA of species diversity in tree layers

AL: 海拔 Altitude; SA: 坡向 Slope aspect; SP: 坡度 Slope; SPP: 坡位 Slope position; WC: 土壤含水量 Water content of soil; OM: 土壤有机质 Organic matter of soil; TN: 土壤全氮 Total nitrogen of soil; AN: 土壤水解氮 Available nitrogen of soil; AP: 土壤有效磷 Available phosphorus of soil

表 4 灌木层物种多样性与环境因子的相关系数

Table 4 Correlation coefficient of species diversity of shrub layers and environmental factors

	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>E</i>
海拔 Altitude	-0.387	0.037	-0.141	0.115	0.015
坡向 Slope aspect	-0.060	-0.387	-0.302	-0.356	-0.290
坡度 Slope	-0.366	-0.270	-0.377	-0.165	-0.225
坡位 Slope position	-0.134	-0.014	-0.067	-0.025	-0.256
土壤含水量 Water content of soil	-0.105	-0.343	-0.286	-0.310	-0.168
土壤有机质含量 Organic matter of soil	0.058	-0.729**	-0.469*	-0.768**	-0.564**
土壤全氮 Total nitrogen of soil	0.221	-0.531*	-0.265	-0.585*	-0.447
土壤水解氮 Available nitrogen of soil	-0.128	-0.235	-0.200	-0.177	-0.093
土壤有效磷 Available phosphorus of soil	0.119	-0.167	-0.049	-0.206	-0.077

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$

在小寨子沟森林群落中,影响灌木层物种多样性格局的主要是土壤养分。

2.2.4 草本层的物种多样性的环境梯度分析

表 5 是草本层物种多样性指数与各环境因子的相关系数。简单相关分析表明,土壤有机质含量与丰富度指数 *R*、物种多样性指数 *D*、*H* 相关极为显著,说明土壤有机质对草本层物种丰富度有重要影响;土壤全氮与 *D*、*H* 显著相关;而均匀度指数 *J*

与坡向和坡位相关显著,说明草本层物种分布的均匀程度可能更多地受制于坡向、坡位等小地形;其它环境因子与各指数的相关性不明显。

由表 3 可知,草本层物种多样性 DCCA 排序第一轴主要代表的是土壤有机质这个环境因子,说明在小寨子沟森林群落中,影响草本层物种多样性分布格局的主要因子是土壤养分。

表 5 草本层物种多样性与环境因子的相关系数

Table 5 Correlation coefficient of species diversity of herb layers and environmental factors

	<i>R</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>J</i>	<i>E</i>
海拔 Altitude	0.012	0.220	0.306	0.145	0.023
坡向 Slope aspect	-0.244	-0.361	-0.254	-0.542*	-0.277
坡度 Slope	-0.303	-0.154	0.031	-0.177	-0.113
坡位 Slope position	-0.112	0.242	0.114	0.611**	0.463
土壤含水量 Water content of soil	-0.112	-0.313	-0.226	-0.114	0.045
土壤有机质含量 Organic matter of soil	-0.508*	-0.791**	-0.717**	-0.069	0.364
土壤全氮 Total nitrogen of soil	-0.283	-0.515*	-0.641**	0.099	0.332
土壤水解氮 Available nitrogen of soil	-0.069	-0.308	-0.131	-0.380	-0.236
土壤有效磷 Available phosphorus of soil	-0.135	-0.250	-0.185	0.113	0.368

* : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$

3 结论和讨论

小寨子沟原始森林群落的物种多样性大致表现为草本层 > 灌木层 > 乔木层,这与其它亚热带地区的相关研究结果不一致^[15],而与暖温带阔叶林地区的研究结果较接近。可能是小寨子沟自然保护区处于北亚热带地区,位于四川盆地和青藏高原的过渡地带,气候特点(温度、降雨量等)更接近于暖温带地区。

在小寨子沟原始森林,海拔高度与其它环境因子共同决定着乔木层物种多样性的分布格局,也决

定着群落结构和组织化水平。海拔导致水热条件及其组合在空间上的分布,并常伴随着温度、降水、风速、光照、土壤等的改变,进而影响着植物群落的分布与结构及物种多样性。本文的研究表明,尽管森林群落乔木层物种多样性的分布格局受到多个环境因子的综合影响,但是海拔梯度是主导因素。随着海拔高度的上升,群落物种丰富度和多样性下降,而均匀度变化不明显。这与四川白水河自然保护区的研究结果近似^[16],均符合物种多样性与海拔高度的负相关模式^[15]。

森林群落灌木层物种多样性主要受制于土壤全氮和土壤有机质含量等环境因子,说明土壤养分对灌木层的物种多样性有重要影响。相关分析表明,草本层的丰富度被土壤有机质和土壤全氮制约,而均匀度受到坡向和坡位等小地形因子的影响。DCCA 排序结果表明土壤有机质是主导因子。有的研究表明物种多样性峰值应出现在肥力梯度的中间位置,而有的研究表明物种多样性的峰值应出现在土壤最肥沃的地方^[17]。本文研究结果表明灌木层和草本层物种多样性与土壤养分为负相关关系,即随着土壤养分的提高,物种多样性并不增加。这可能是研究样地位于原始森林,受到人为干扰很小,凋落物能很好地分解使养分归还于土壤,因而土壤肥力比较高,能够满足植物生长的需要,土壤肥力梯度不成为限制因素。通过曲线拟合,物种多样性峰值应出现在土壤肥力梯度的中间偏下的位置。

DCCA 排序结果表明,海拔梯度代表的水热条件决定着小寨子沟森林群落乔木层物种多样性的分布格局,土壤有机质和土壤全氮代表的土壤养分状况决定着灌木层和草本层物种多样性的分布格局。在多个环境因子的综合作用下,坡度、坡向、坡位等地形因子并没有表现出明显的物种多样性的影响,可能是小寨子沟地形复杂,位于川西高山峡谷地区,山高坡陡,而地形因子是间接因子,仅仅通过光照、水分、土壤条件等环境因子来影响植物的生长。

致谢 感谢西南大学齐代华博士和北川县林业局在野外调查工作中的大力支持!

参考文献

- [1] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. New Jersey: Princeton University Press, 1988: 85-86.
- [2] Zhou H Z(周红章). Species and species diversity [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2000, 8(2): 215-226.(in Chinese)
- [3] 马克平. 生物多样性测度方法 [M]// 钱迎倩. 生物多样性原理和方法. 北京: 中国科技出版社, 1994: 141-165.
- [4] Gaston K J. Global patterns in biodiversity [J]. Nature, 2000, 405: 220-226.
- [5] Tang Z Y(唐志尧), Fang J Y(方精云). A review on the elevational

- patterns of plant species diversity [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2004, 12(1): 20-28.(in Chinese)
- [6] Zhao S Q(赵淑清), Fang J Y(方精云), Zong Z J(宗占江), et al. Composition, structure and species diversity of plant communities along an altitudinal gradient on the northern slope of Mt. Changbai, Northeast China [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2004, 12(1): 164-173.(in Chinese)
- [7] 胡锦矗. 四川小寨子沟自然保护区综合科学考察报告 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 2003: 1-30.
- [8] Zhou J M(周洁敏). On the ecological importance of Xiaozhaizigou nature reserve of Sichuan Province [J]. For Resour Manag(林业资源管理), 2004(5): 58-60.(in Chinese)
- [9] Zhao Y(赵颖), He X J(何兴金), Qin Z S(秦自生), et al. Analysis on the components of seed plants flora in Xiaozhaizigou Nature Reserve [J]. Jiangxi Sci(江西科学), 2004, 22(1): 32-36.(in Chinese)
- [10] Chen G S(陈光升), Qi D H(齐代华), Yang Y B(杨远兵), et al. Plant community structural characteristic of giant panda habitat in Xiaozhaizigou Nature Reserve, Sichuan [J]. Guihaia(广西植物), 2005, 25(4): 305-309.(in Chinese)
- [11] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 第三版, 南京: 中国农业出版社, 2000: 22-87.
- [12] Shen Z H(沈泽昊), Zhang X S(张新时), Jin Y X(金义兴). Spatial pattern analysis and topographical interpretation of species diversity in the forests of Dalaoling in the region of the Three Gorges [J]. Acta Bot Sin(植物学报), 2000, 42(6): 620-627.(in Chinese)
- [13] Shen Z H(沈泽昊), Hu H F(胡会峰), Zhou Y(周宇), et al. Altitudinal patterns of plant species diversity on the southern slope of Mt. Shennongjia, Hubei [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2004, 12(1): 99-107.(in Chinese)
- [14] Wang G H(王国宏). Species diversity of plant communities along an altitudinal gradient in the middle section of northern slopes of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu, China [J]. Biodiv Sci(生物多样性), 2002, 10(1): 7-14.(in Chinese)
- [15] He J S(贺金生), Chen W L(陈伟烈). A reviews of gradient changes in species diversity of land plant communities [J]. Acta Ecol Sin(生态学报), 1997, 15(1): 91-99.(in Chinese)
- [16] Liu S H(刘士华), Gao X F(高信芬), Tu W G(涂卫国), et al. α diversity of communities and their changes along altitude gradient in the Baishuihe National Nature Reserve on the Longmen Mountains, Sichuan [J]. Chin J Appl Environ Biol(应用与环境生物学报), 2008, 14(3): 303-307.(in Chinese)
- [17] Wu Y(吴勇), Su Z X(苏智先). Research progress of species diversity in land plant community [J]. Life Sci Res(生命科学研究), 2001, 5(s1): 125-128, 145.(in Chinese)