

## 西藏灌木林空间分布影响因素分析

张超<sup>1,2</sup>, 黄清麟<sup>1\*</sup>, 朱雪林<sup>3</sup>, 普布顿珠<sup>3</sup>, 旦增<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学研究院资源信息研究所, 国家林业局林业遥感与信息技术重点实验室, 北京 100091;  
2. 西南林业大学资源学院, 云南昆明 650224; 3. 西藏自治区林业调查规划研究院, 西藏拉萨 850000)

**摘要:**以西藏主要类型灌木林为研究对象, 基于全区 2002 年森林资源分布图, 分析了影响西藏各主要类型灌木林空间分布的主要环境因子, 提取了包括经度、纬度、海拔、坡向、坡位和坡度等 6 个环境因子的数据, 并对数据进行梯度划分, 应用多重对应分析方法, 定量研究了环境因子对西藏各主要类型灌木林空间分布的影响程度, 并进行了影响因子排序。研究表明, 总体上看, 西藏主要类型灌木林的空间分布均在不同程度上受大尺度环境因子的影响, 主要表现在经纬度和海拔上; 在小尺度上, 各环境因子通常表现为共同影响灌木林的分布。

**关键词:**西藏; 灌木林; 空间分布; 环境因子; 多重对应分析

中图分类号: S757

文献标识码: A

### Analysis of Spatial Distribution and Effect Factors of Shrub in Tibet

ZHANG Chao<sup>1,2</sup>, HUANG Qing-lin<sup>1</sup>, ZHU Xue-lin<sup>3</sup>, PUBU Dun-zhu<sup>3</sup>, DAN Zeng<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forest Resource Information Techniques, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Forestry Remote Sensing and Information Technology, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Faculty of Natural Resources, Southwest Forestry University, Kunming 650224, China; 3. Institute of Forest Inventory, Planning and Research of Tibet Autonomous Region, Lhasa 850000, Tibet, China)

**Abstract:** Based on the data of 14,281 shrub patches of Tibet in the year of 2002, the influencing factors were selected both at large scale (e. g. longitude, latitude and elevation) and on niche level (e. g. aspect, position and slope); the relationship between environmental factors and spatial distribution of 11 types of shrub was analyzed by Multiple Correspondence Analysis (MCA). The results showed that the spatial distribution of shrub in Tibet was mainly influenced by longitude and elevation at large scale. Moreover, It was found that the spatial distribution of shrub was usually affected by a combination of factors on niche level. Meanwhile, the orders of the influencing factors for 11 types of shrub were listed based on discrimination measures.

**Key words:** Tibet; shrub; spatial distribution; environmental factors; Multiple Correspondence Analysis

空间分布是地理学研究的核心主题, 旨在研究系统内部诸要素的空间组合、关联和演变规律<sup>[1]</sup>, 所涉及的理论主要包括区位论、空间相互作用理论、核心边缘理论和梯度理论等<sup>[2-3]</sup>。国内外对灌木林空间分布的研究主要集中在对灌木林分布与主要环境影响因子的相关关系方面<sup>[4-5]</sup>。其中, Viedma O 等<sup>[6]</sup>应用空间统计分析方法建模, 研究了西班牙东部地中海不同灌木

类型分布的不同环境条件, 包括太阳辐射(坡向)、土壤养分有效性(坡度)和湿度(海拔高度)等。国内的相关研究也较广泛。刘吉平等<sup>[7]</sup>选择对湿地有潜在影响的地貌因子、水文因子和气候因子共 16 个变量, 运用逐步回归分析模型, 建立了黑龙江省湿地率与经纬度关系的数学模型和湿地率与主要生态环境因子之间的数学模型。刘创民等<sup>[8]</sup>运用主坐标分析(PAA)和

收稿日期: 2010-09-20

基金项目: 中国林科院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金重点项目“西藏灌木林资源评价与遥感监测技术研究(CAF-YBB2007001)”和重点课题“西藏森林生态安全屏障功能评估与生态补偿机制研究(CAFYBB2008035-1)”共同资助

作者简介: 张超(1980—), 男, 河北丰南人, 博士, 西南林业大学讲师, 主要从事森林经理方向研究。

\* 通讯作者: 黄清麟(1967—), 男, 福建莆田人, 博士, 研究员, 博士生导师, 主要从事森林可持续经营研究。

Fuzzy ISODATA 方法,对次生灌木植被进行了分类和排序,通过相关分析和逐步回归分析,从数量上描述了灌木植被分布与生境因子的相关性。章皖秋等<sup>[9]</sup>研究了天目山自然保护区内包括灌木林在内的8种植被类型的空间分布规律,定量描述了各植被类型分布的高程、坡向和坡度特征,总结了研究区各植被类型的空间分布规律。

以上国内外对灌木林空间分布的研究中,在研究对象上,多以灌木林整体或某个特定类型/树种为对象,很少对研究区内不同类型灌木林进行综合研究,缺乏对灌木林的系统认识;在研究方法上,20世纪70年代对灌木林的空间分布特征多为定性描述,进入20世纪90年代,逐步出现了对于多元定性变量的定量分析技术,为多类型灌木林(定性变量)与多环境因子(定性/定量变量)的定量分析技术提供了可能<sup>[10]</sup>。因此,本文以西藏主要类型灌木林为研究对象,分析了影响各主要类型灌木林空间分布的主要环境因子,应用多重对应分析方法,研究了环境因子对各主要类型灌木林空间分布的影响程度并进行了影响因子排序。

## 1 研究区自然概况

西藏自治区地处祖国西南边陲,面积120多万 $\text{km}^2$ ,为青藏高原的主体,平均海拔4000m以上,全区呈现西北高、东南低的特点,素有“世界屋脊”和“地球第三极”之称。西藏在全国气候区划中属青藏高原气候区,其基本特点是太阳辐射强烈、日照时间长、气温低、空气稀薄、大气干洁、干湿季分明、冬春季多大风。西藏气温地域差异明显,高原东南部河谷地区气温高,并表现出明显的垂直变化。温度最高的地方分布于雅鲁藏布江大拐弯以南低山区和横断山脉地区的“三江”并流区,年均气温分别在 $16\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上,最热月均温分别在 $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 和 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上;藏西北高原温度低,多数地区年均气温 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下,最冷月均气温低于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,极端最低温度达 $-44.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,一年中月均气温在 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下的月份长达6~7个月以上,大部分地区无霜期只有10~20天。西藏降水主要受暖湿西南季风所支配,形成年降水量的空间变化规律如下:藏东南低山平原区年降水量达4000mm以上,是我国降水量最多的地区之一;由此向高原西北地区逐渐减少,藏北羌塘高原为100~300mm,藏西北改则、日土县北部不足100mm,局部地区只有50mm左右。西藏不仅大风多、强度大,而且连续出现的时间长,那曲、申扎、改则和狮泉河年

均大风( $\geq 8$ 级)出现日数均在100天以上。西藏受地势、地貌和水热条件变化的影响,形成多种多样的植被类型,主要有森林、灌丛、草甸、草原、荒漠等。西藏境内土壤类型多样,具有从热带到高山冰缘环境的各种土壤类型<sup>[11-12]</sup>。

## 2 研究方法

### 2.1 资料收集

以西藏自治区2002年各县森林资源规划设计调查得到的森林分布空间数据为基础数据,将空间上相邻的同种类型灌木林小班进行合并,建立西藏灌木林分布图矢量数据。不同灌木林类型的划分依据为《西藏自治区森林资源规划设计调查技术规定》(西藏自治区林业勘察设计研究院,1999)。

全区各类型灌木林中,杜鹃(*Rhododendron* spp.)、锦鸡儿(*Caragana* spp.)、小檗(*Berberis* spp.)、爬地柏(*Sabina procumbens* Iwata et Kusaka)、蔷薇(*Rosa* spp.)、狼牙刺(*Sophora viciifolia* David)、栒子(*Cotoneaster* spp.)、高山柳(*Salix cupularis* Linn.)、忍冬(*Lonicera* spp.)、沙棘(*Hippophae* spp.)和红柳(*Tamarix ramosissima* Ledeb.)等类型的灌木林,因其分布范围广泛,分布面积较大,是西藏主要类型的灌木林;此外,绣线菊(*Spiraea* spp.)、水柏枝(*Myricaria* spp.)、金露梅(*Potentilla fruticosa* Linn.)、醉鱼草(*Buddleja* spp.)、鲜卑(*Sibiraea* spp.)等类型的灌木林也有不同比例的分布<sup>[10]</sup>。

### 2.2 多重对应分析

多重对应分析(Multiple Correspondence Analysis)是一种能够对多个定性变量进行主成分分析的技术,属于同质性分析的范畴,是主成分分析的拓展,基于主成分分析中的降维思想,能更直观明了地分析定性变量多种状态间的相互关系<sup>[13-14]</sup>。在某种程度上,多重对应分析是数量化方法III<sup>[15]</sup>的延伸,能够解决因变量和自变量均包含定性因子的数量化分析问题。其基本算法如下。

设共有 $n$ 个样品,每个样品有 $m$ 个定性指标,每个定性指标又有 $p_j$ 个状态,则总体共有 $p = \sum_{j=1}^m p_j$ 个状态数。假设数据阵 $X$ 的元素 $x_{ij} > 0$ ,首先计算规格化的概率矩阵 $N$ 及协方差阵 $Z$ :

$$N = (n_{ij}) = (x_{ij} / \sum_i \sum_j x_{ij}) \quad i = 1, 2, \dots, n$$

$$Z = (z_{ij}) = \left( (x_{ij} - \sum_{j=1}^m x_{ij} \sum_{i=1}^n x_{ij} / \sum_i \sum_j x_{ij}) / \sqrt{\sum_{j=1}^m x_{ij} \sum_{i=1}^n x_{ij}} \right), \quad j = 1, 2, \dots, m$$

则定性变量的协方差阵  $A = Z'Z$ , 样品的协方差阵  $B = ZZ'$ 。分别计算定性变量协方差阵  $A$  的特征根  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$ , 按其累计百分比  $\sum_{\alpha=1}^m \lambda_{\alpha} / \sum_{\alpha=1}^p \lambda_{\alpha} \geq 85\%$ , 取前  $m$  个特征根  $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$ , 计算单位特征向量记为  $u_1, u_2, \dots, u_m$ , 得到因子载荷矩阵  $F$ ,

$$F = \begin{pmatrix} u_{11} \sqrt{\lambda_1} & \dots & u_{1m} \sqrt{\lambda_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ u_{p1} \sqrt{\lambda_1} & \dots & u_{pm} \sqrt{\lambda_m} \end{pmatrix} \quad (1)$$

然后, 对上述所求的  $m$  个特征根  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p$  计算其对应于矩阵  $B = ZZ'$  的单位特征向量, 得到因子载荷矩阵  $G$ ,

$$G = \begin{pmatrix} V_{11} \sqrt{\lambda_1} & \dots & V_{1m} \sqrt{\lambda_m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ V_{n1} \sqrt{\lambda_1} & \dots & V_{nm} \sqrt{\lambda_m} \end{pmatrix} \quad (2)$$

最后, 在因子轴平面上作变量散点图, 以此可以直观地显示各行变量和各列变量以及列变量各状态之间的关系。

本文基于全区 2002 年灌木林分布图矢量数据, 以西藏主要类型灌木林斑块为基本单元, 在较大尺度上 (区域尺度), 选择经度、纬度、海拔 3 个因子; 在较小尺度上 (小生境), 选择坡向、坡位、坡度 3 个因子, 以上 6 个环境因子组成影响西藏主要类型灌木林空间分布的环境评价指标, 对各个环境评价指标进行梯度划分, 利用 ArcGIS 9.0 的空间分析功能, 计算各斑块在各环境因子上的平均数值, 提取各斑块的环境因子数据; 针对西藏各主要类型灌木林, 进行多重对应分析, 研究了环境因子对各主要类型灌木林空间分布的影响程度并进行了影响因子排序。

### 3 结果分析

以杜鹃灌木林为例, 惯量表示的是每个维度对环

境因子各个类别之间差异的解释量, 从表 1 中可以看出, 杜鹃灌木林全部信息中 69.8% 的方差被在两个维度上解释, 解释效果较差。其中, 第一维度解释了总方差的 37.2%, 第二维度解释了总方差的 32.6%, 两个维度上的解释能力相当。

表 1 模型概要

灌木林类型	维度	Cronbach 系数	特征值	惯量	解释方差/%	总计/%
杜鹃	1	0.663	2.233	0.372	37.211	69.833
	2	0.587	1.957	0.326	32.622	
锦鸡儿	1	0.779	2.850	0.475	47.497	87.773
	2	0.703	2.417	0.403	40.276	
小檗	1	0.744	2.634	0.439	43.905	87.332
	2	0.739	2.606	0.434	43.427	
爬地柏	1	0.688	2.345	0.391	39.086	76.251
	2	0.662	2.230	0.372	37.165	
蔷薇	1	0.732	2.563	0.427	42.720	80.046
	2	0.664	2.240	0.373	37.326	
狼牙刺	1	0.798	2.907	0.534	53.443	91.630
	2	0.676	2.591	0.382	38.187	
柃子	1	0.778	2.843	0.474	47.389	87.512
	2	0.702	2.407	0.401	40.123	
高山柳	1	0.807	3.050	0.508	50.838	97.542
	2	0.772	2.802	0.467	46.704	
忍冬	1	0.804	3.006	0.507	50.707	81.852
	2	0.704	2.269	0.311	31.145	
沙棘	1	0.824	3.350	0.525	52.498	81.122
	2	0.689	1.917	0.286	28.624	
红柳	1	0.837	3.568	0.561	56.138	80.715
	2	0.651	1.675	0.246	24.577	

从表 1 中可以看出, 方差解释效果较好的有高山柳、狼牙刺、锦鸡儿、柃子和小檗灌木林, 在两个维度上解释总体方差均在 85% 以上; 其次为忍冬、沙棘、红柳和蔷薇灌木林, 在两个维度上解释总体方差均在 80% 以上; 方差解释效果较差的有爬地柏和杜鹃灌木林, 在两个维度上解释总体方差分别为 76.3% 和 69.8%。

表 2 杜鹃灌木林转换变量相关阵

维度 1	经度	纬度	海拔	坡向	坡位	坡度	维度 2	经度	纬度	海拔	坡向	坡位	坡度
经度	1.000						经度	1.000					
纬度	0.678	1.000					纬度	0.194	1.000				
海拔	0.285	0.156	1.000				海拔	0.871	0.142	1.000			
坡向	0.381	0.198	0.120	1.000			坡向	0.109	-0.025	0.078	1.000		
坡位	0.298	0.113	0.097	0.222	1.000		坡位	0.038	0.055	0.013	0.071	1.000	
坡度	0.288	0.133	0.107	0.209	0.056	1.000	坡度	0.060	0.026	0.049	-0.017	-0.024	1.000

杜鹃灌木林在两个维度转换变量的相关系数矩阵如表 2 所示 (由于篇幅所限, 其他灌木林略)。从表 2 中的相关系数矩阵中可以分析两两变量线性关

系的相关程度。由于西藏地区地域辽阔, 不同杜鹃灌木林分布地区的生态环境差异较大, 经度和纬度在第一维度上有相对较强的相关性, 其他各因子的

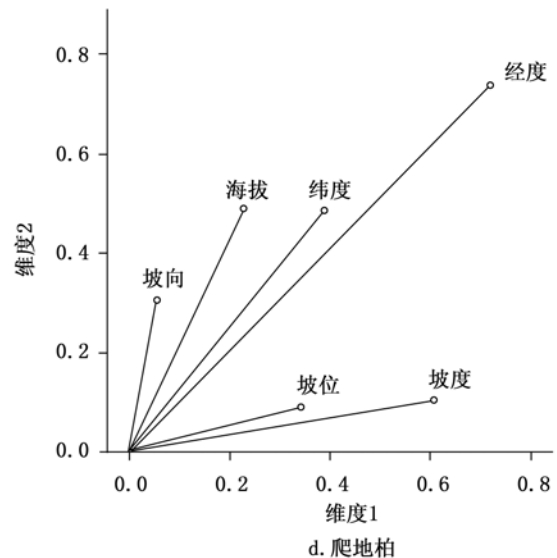
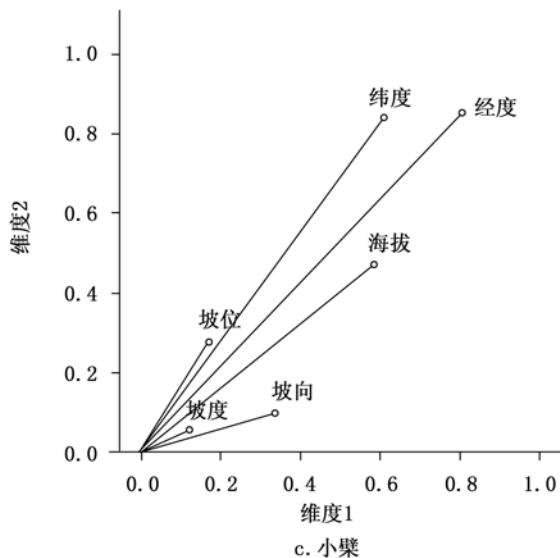
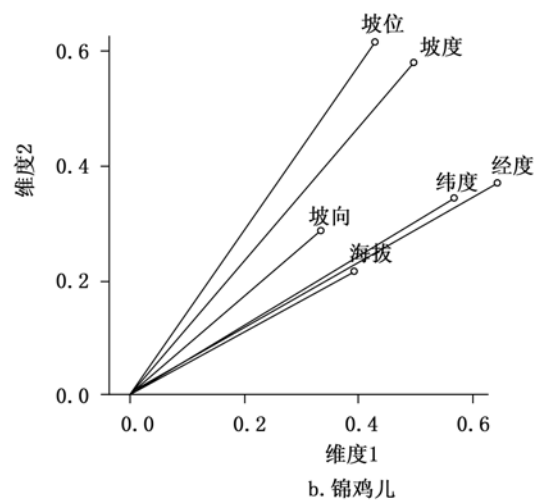
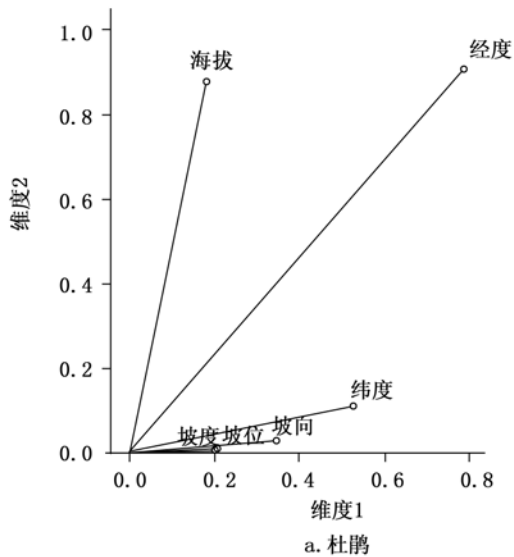
相关系数则较小,这也表明第一维度主要反映了较大尺度上杜鹃灌木林分布差异(方差)主要受经度和纬度的影响,即在区域尺度上,杜鹃灌木林分布主要因地域差异而变化,其他环境因子的影响相对较小;第二维度上经度与海拔具有较强相关性,相关系数达到0.871,这是受西藏东部地区平均海拔较低,而西部地区则较高的影响。综合两个维度,杜鹃灌木林分布的总体方差在经度、纬度和海拔等大尺度环境因子上差异明显,而坡位、坡向和坡度等小尺度环境因子则相对一致,这表明杜鹃灌木林在空间分布上主要受地区环境差异的影响,小生境方面的环境因子则趋于相近的水平。

杜鹃灌木林各变量在两个维度上的区分测度值如表3所示(由于篇幅所限,其他灌木林略)。区分测度值的大小介于0~1之间,数值越大表明区分

(影响)程度越高。据此可进行杜鹃灌木林空间分布环境因子影响程度排序。从表3中可以看出,第一维度上,经度与纬度的测度值最高,分别为0.790和0.526;第二维度上,经度与海拔的测度值最高,分别为0.910和0.883。以两个维度上的各变量测度值表示在二维平面上,得到各因子的区分测度图,如图1a所示。

表3 杜鹃灌木林区分测度

变量	维度		均值
	1	2	
经度	0.790	0.910	0.850
纬度	0.526	0.113	0.320
海拔	0.182	0.883	0.533
坡向	0.344	0.032	0.188
坡位	0.194	0.006	0.100
坡度	0.196	0.012	0.104
(合计)	2.233	1.957	2.095



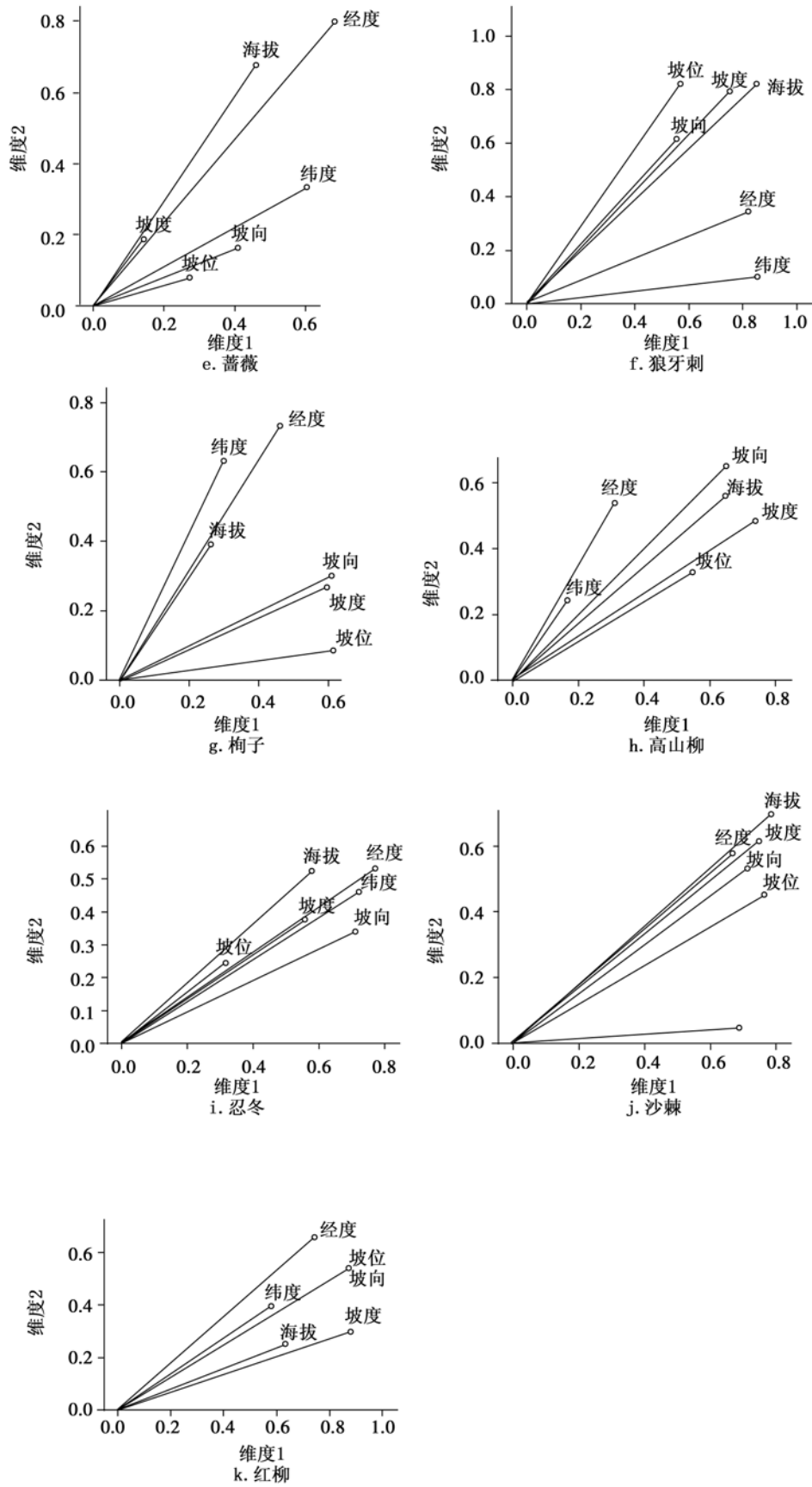


图 1 区分测度图

根据以上各类型灌木林的区分测度值,进行环境因子影响程度排序,结果如下:

(1)杜鹃灌木林:经度 > 海拔 > 纬度 > 坡向 > 坡度 > 坡位。

(2)锦鸡儿灌木林:坡度 > 坡位 > 经度 > 纬度 > 坡向 > 海拔;

(3)小檗灌木林:经度 > 纬度 > 海拔 > 坡位 > 坡向 > 坡度;

(4)爬地柏灌木林:经度 > 纬度 > 坡度 > 海拔 > 坡位 > 坡向;

(5)蔷薇灌木林:经度 > 海拔 > 纬度 > 坡向 > 坡位 > 坡度;

(6)狼牙刺灌木林:海拔 > 坡度 > 坡位 > 坡向 > 经度 > 纬度;

(7)柃子灌木林:经度 > 纬度 > 坡向 > 坡度 > 坡位 > 海拔;

(8)高山柳灌木林:坡向 > 坡度 > 海拔 > 坡位 > 经度 > 纬度;

(9)忍冬灌木林:经度 > 纬度 > 海拔 > 坡向 > 坡度 > 坡位;

(10)沙棘灌木林:海拔 > 坡度 > 坡向 > 经度 > 坡位 > 纬度;

(11)红柳灌木林:坡位 > 坡向 > 经度 > 坡度 > 纬度 > 海拔。

总体说来,西藏灌木林所处环境具有多样性和复杂性特征。这种多样性和复杂性从区域角度来讲,表现在地形、地貌、气候等方面的差异上;而从小生境角度来讲,则表现在坡向、坡度、坡位和土壤等的变化上。可以说,何种生境决定何种类型灌木林的分布,灌木林的空间分布与环境因子有着密切的关系。因此,探讨灌木林的空间分布与主要环境影响因子之间的相互作用关系,是研究西藏主要类型灌木林空间分布特征的基础。

从以上结果可知,受经纬度影响较大的有杜鹃灌木林、小檗灌木林、爬地柏灌木林、蔷薇灌木林、柃子灌木林和忍冬灌木林,反映了此类灌木林在不同地域间的差异较大;受海拔影响较大的有狼牙刺灌木林和沙棘灌木林。由于西藏地域广阔、环境条件差异大,西藏主要类型灌木林的空间分布均在不同程度上受大尺度环境因子的影响,以上灌木林在空间分布上表现较为突出。

在小尺度(小生境)上,受坡向影响较大的灌木林类型有杜鹃灌木林、小檗灌木林、蔷薇灌木林、柃

子灌木林和忍冬灌木林;受坡位的影响较大的灌木林类型有红柳灌木林;受坡度影响较大的灌木林类型有锦鸡儿灌木林、高山柳灌木林、沙棘灌木林、爬地柏灌木林和狼牙刺灌木林。

## 4 结论与讨论

由于西藏地域广阔、地域间环境条件差异大,西藏主要类型灌木林的空间分布均在不同程度上受大尺度(地域)环境因子的影响,主要表现在经纬度和海拔上。从研究结果看,西藏主要灌木林类型的分布受经度影响较大,表现出明显的经度地带性。产生上述分布差异的主要原因是不同类型灌木林对气候条件和地形、地貌类型差异的适应性不同。其中,受经度影响较大的有杜鹃灌木林、小檗灌木林、爬地柏灌木林、蔷薇灌木林、柃子灌木林和忍冬灌木林。结果表明,从西向东,主要类型灌木林的分布规律为:沙棘→锦鸡儿、柃子、狼牙刺→红柳、爬地柏、高山柳、小檗→忍冬、蔷薇、杜鹃。由于西藏地形呈现由东南向西北逐渐抬升的隆起,形成特殊的陆地分布格局和大气环流特点,导致从东向西水分梯度和热量梯度产生经向分异,与灌木林类型的耐寒、耐旱特性相对应,产生了不同类型灌木林空间分布的地域差异。此外,还有一些灌木林受海拔的影响较大,如狼牙刺灌木林和沙棘灌木林,在空间分布上表现出一定的垂直地带性。研究结果表明,西藏灌木林集中分布在北纬 $28^{\circ}\sim 32^{\circ}$ 范围内,热量沿纬度变化的趋势不明显,没有表现出灌木林类型有规律的更替,即纬度地带性不显著。研究还表明,去除经度地带性和垂直地带性的影响,在小尺度(小生境)水平上,各环境因子通常表现为共同(或组合)影响灌木林的分布,如坡位和坡度共同影响锦鸡儿灌木林的空间分布,坡向和坡位共同影响红柳灌木林的分布等情况。

由于西藏地区环境条件复杂,各主要类型灌木林的生境条件差异较大,在整个地区尺度上,各主要类型灌木林的空间分布规律是非常复杂的。因此,在研究西藏主要类型灌木林的空间分布特征时,应首先根据自然条件划分为相对独立的自然分区,有针对性地研究各自然分区内的各主要类型灌木林的空间分布规律。

## 参考文献:

- [1] 陆大道. 区位论及区域研究方法[M]. 北京:科学出版社,1988
- [2] Milne B T. Measuring the fractal geometry of landscapes [J]. Appl

- Math Compute, 1988, 27: 67 - 79
- [3] Dieter M D. Forest vegetation across the tropical Pacific: A biogeographically complex region with many analogous environments [J]. *Plant Ecol*, 2002, 163 (2): 155 - 176
- [4] Campagne P, Roche P, Taton T. Factors explaining shrub species distribution in hedgerows of a mountain landscape [J]. *Agr Ecosyst Environ*, 2006, 116 (3): 244 - 250
- [5] Katra I, Lavee H, Sarah P. Rainfall distribution around shrubs: Eco-geomorphic implications for arid hillslopes [J]. *Geomorphology*, 2008, 95 (3): 544 - 548
- [6] Viedma O, Melia J. Monitoring temporal changes in the spatial patterns of a Mediterranean shrubland using landsat images [J]. *Divers Distrib*, 1999(5): 275 - 293
- [7] 刘吉平,李宝林,张国坤. 黑龙江省湿地空间分布规律及其影响因素的定量分析[J]. *东北林业大学学报*,2005,33(5):65 - 67
- [8] 刘创民,李昌哲,苏云良,等. 北京九龙山天然次生灌木林与生态环境因子的多元分析[J]. *辽宁林业科技*,1994(1):20 - 25
- [9] 章皖秋,李先华,罗庆州,等. 基于RS、GIS的天目山自然保护区植被空间分布规律研究[J]. *生态学杂志*,2003,22(6):21 - 27
- [10] 张超. 西藏灌木林评价与遥感分类技术研究[D]. 北京:中国林业科学研究院,2009
- [11] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏森林[M]. 北京:科学出版社,1985
- [12] 中国科学院青藏高原综合科学考察队. 西藏自然地理[M]. 北京:科学出版社,1982
- [13] Anuradha K T, Gopalan T K. Trend and patterns in explicit organizational knowledge: A correspondence analysis and cluster analysis [J]. *The International Information & Library Review*. 2007, 39 (3): 247 - 259
- [14] 任若思,王惠文. 多元统计数据分析—理论、方法、实例[M]. 北京:国防工业出版社,1997
- [15] 唐守正. 多元统计分析方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986