

地形和气候对中国山地森林带界线的影响

孙然好¹, 张百平²

(1.中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京, 100085; 2.中国科学院地理科学与资源研究所资源与环境信息系统国家重点实验室, 北京, 100101)

摘要: 山地森林带界线对地形差异和气候变化敏感, 是地学、生态学研究的重要内容。利用 13 个气候指标进行主成分分析, 提取出中国 31 个自然地带的气候指数, 包括夏季温度变异指数(STVI)、冬季温度变异指数(WTVI)和干旱指数(DI), 3 个气候指数符合地带性分布规律, STVI 从南向北递减, WTVI 以东部地区和南疆部分地区最高, DI 则从东南向西北递增。基于文献发表的中国 28 个典型山体的森林带界线数据, 将其与山体基面高度、山体相对高度和地带性气候指数进行多元回归分析。结果显示, 山体基面高度对森林带下线南北坡差异贡献最大(39.67%), 山体相对高度对森林带上线南北坡差异贡献最大(39.34%)。3 个地带性气候指数的累积贡献对森林带上线南北差异、下线南北差异和带宽南北差异的影响差别不大, 在 51.4%~55.9% 之间, 其中 STVI 贡献最大, 其次是 WTVI 和 DI。通过定量揭示地形和气候要素对山地森林带界线差异的贡献, 可以为区域或全球尺度的山地森林带界线评价和模拟提供参考。

关键词: 山地垂直带; 森林带; 地形效应; 基带

中图分类号: P9; K903 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2013)02-0167-07

山地环境随着海拔升高而出现有规律的变化, 所形成的山地垂直带是地理学研究的经典内容, 对其进行描述和模拟是揭示地带性与非地带性规律本质原因的重要手段^[1-4]。山地垂直带的一些重要界线, 包括森林带界线、雪线、草甸带、冻土带等在山地发展、区域生态及全球变化研究中具有特别重要的意义。近年来人们已认识到山地森林界线、雪线等对气候变化特别敏感, 能够比周围低地较早地反映气候变化, 是气候变化的早期预警系统^[5-8]。

国际上已经进行过全球主要山地雪线和森林带界线的对比^[9], 以及南北半球森林带界线的变化及其控制因素的研究^[10]。国内学者基于中国大陆广袤的地域范围和丰富的植被带类型, 对山地植被垂直带空间分布进行了大量研究, 中国垂直带定量研究开始于垂直带界线的区域模型, 包括指数模型^[11-13]、正态频率分布曲线模型^[14]、多级正弦函数模式^[15]、高寒草甸“层带”模式^[16]、二次抛物线模型等^[17, 18]。最近, 有研究通过构建青藏高原部分

山体的经度、纬度、山体基面高度对雪线的影响, 充分认识到基面高度对雪线的重要影响^[19]。

山地森林带界线具有重要的地学和生态学研究意义, 包括上线和下线, 上线也称之为林线。已有大量研究关注林线内部植被格局变化、林线海拔高度波动、林线构成树种变化等方面, 同时也分析了林线对近代气候变化的响应以及主要控制因子^[14, 20-24]。国内外研究中主要的林线平衡理论包括热量(温度)控制、环境胁迫、干扰、繁殖更新障碍、碳平衡失调等^[25]。山地森林带界线受气候变化影响敏感, 除了受垂直地带性规律影响外, 还受到水平地带性的影响^[12, 13, 17]。因此, 定量刻画基面高度、山体高度和水平地带性特征对山地森林带界线的影响, 可以为在区域、乃至全球尺度的山地森林带评价和预测模拟提供重要的输入参数和基础背景信息。

本文通过分析中国 31 个自然带的水分和热量差异, 构建地带性气候指数, 并定量评价地带性气候指数、山体基面高度和山体相对高度对山地森林带上下线的影响, 以及它们的相对贡献率和坡

收稿日期: 2012-01-09; **修订日期:** 2012-06-18

基金项目: 国家自然科学基金项目(41001111; 41030528)资助。

作者简介: 孙然好 (1981-), 男, 山东临沂人, 博士, 助理研究员, 主要从事景观规划与空间模型研究。E-mail: rhsun@rcees.ac.cn

向差异。

1 材料和方法

1.1 数据来源

山地森林带数据主要从已发表的文献中进行收集,其中部分文献介绍了山地森林带的坡向差异,从中共筛选了28个山体南北坡森林带上下线数据^[26-43],这些森林带数据分布于15个自然带(图1、表1)。气候资料来自于中国生态系统研究网络(CERN)的近40 a(1960~2000年)的年均气候数据(1 km分辨率),具体的气候指标包括年总辐射总量(MJ/m²)、年日照时数(h)、年平均气温(°C)、1月最低/高温(°C)、7月最低/高温(°C)、日平均气温、≥0°C和≥10°C积温(°C)、年降水量(mm)、生物温度(°C)、温暖指数(°C·月)、干燥度。山体的基面高度和相对高度来自于文献中的描述。

1.2 数据处理和分析方法

1) 地带性气候指数构建方法。尽管不同山地的局地小气候对山地森林带的影响比较明显,有着直接的作用,但决定山地森林带宏观格局的

主要还是区域尺度的水热差异。因此,针对每个自然地带构建一个概化的地带性气候指数,用于表征该地带的宏观气候特征,可以用于评价和预测该区域内山地垂直带的总体分布特征。

构建地带性气候指数,需要从现有收集的气候指标中提取最大的信息,因此,将所有的气候指标按照中国31个自然地带的边界进行统计,得到各个自然地带的不同气候指标。而由于所收集的气候指标具有很大的相关性,因此首先利用主成分分析(PCA),提取最主要的影响因子。

2) 山地森林带界线影响因子识别方法。山地森林带界线特征包括3个指标:山地森林带上线南北差异、山地森林带下线南北差异、山地森林带宽度南北差异。基于线性多元回归模型,利用山体基面高度、山体相对高度、地带性气候指数3个因子,分析它们对山地森林带界线特征的贡献率差异。

2 结果与讨论

2.1 地带性气候指数的构建

1) 地带性气候指数的含义。通过主成分分

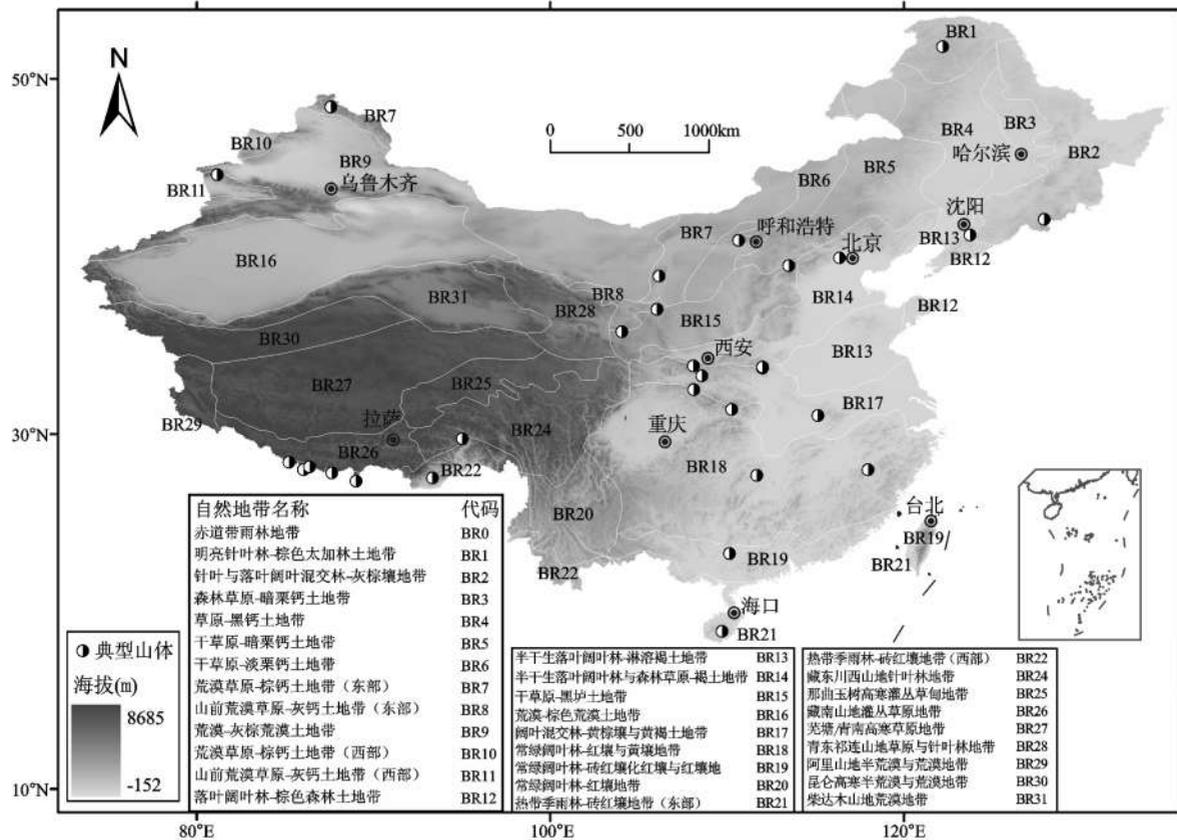


图1 中国自然地带分布和28个代表性山体的位置
Fig.1 Location of 31 base belts and 28 mountains in China

表1 中国28个代表性山体的海拔及森林带界线

Table 1 Elevation and altitudinal forest limits of 28 mountains in China

代表山体	基面高度(m)	海拔高度(m)	南坡上线(m)	南坡下线(m)	北坡上线(m)	北坡下线(m)
内蒙古奥克里堆山	500	1520	1400	700	1400	800
吉林长白山	250	2690	1540	845	2020	1650
山西恒山	1300	2300	2200	1900	2300	1900
内蒙古大青山	990	2400	1900	1300	2100	1700
宁夏贺兰山	1500	3700	3000	2200	3000	2000
新疆阿尔泰山	500	4374	2000	1200	2450	1200
甘肃兴隆山	1800	3620	2750	2200	2750	2200
宁夏大罗山	1850	2650	2650	2280	2650	2000
新疆果子沟	600	3900	2300	1100	2500	2000
辽宁本溪	0	1400	1400	900	1400	800
北京东灵山	800	2303	1800	900	2000	900
河南伏牛山	480	2211	2000	1100	2000	1600
陕西太白山	500	3767	3400	1000	3400	1300
安徽大别山	100	1750	1729	800	1750	700
陕西秦巴山区草链岭	600	2700	2600	1200	2600	1200
陕西秦巴山区鹰咀石	500	2700	2550	800	2550	800
湖北神农架	400	3106	3106	700	3106	1800
福建武夷山	200	2158	1700	200	2158	200
广西大瑶山	110	1979	1500	1300	1500	1300
湖南龙山	300	1514	1200	700	1350	700
海南五指山	100	1550	950	100	650	100
西藏南迦巴瓦峰	1300	6000	3400	1300	3000	1300
西藏珠穆朗玛峰波曲谷地	1500	8465	3400	2500	3500	2500
西藏珠穆朗玛峰甘马藏布河谷地	1500	8465	3600	2500	3800	2500
西藏珠穆朗玛峰吉隆河谷地	1500	4800	3800	3100	3600	3000
西藏珠穆朗玛峰绒辖曲谷地	1500	8465	3300	2500	3800	2500
西藏珠穆朗玛峰卓姆曲谷地	1500	8465	3800	2500	3800	2500
西藏东喜马拉雅山东段	0	6450	3750	600	4000	3200

析可以看出(表2),前3个主成分的综合贡献已经超过了总变异的95%,所以可以选择这3个主成分代表地带性气候指数。PC1主要是1月最高和最低温度,可以定义为“冬季温度变异指数”(WT-VI);PC2主要是7月最高和最低温度,可以代表“夏季温度变异指数”(STVI);PC3主要是干燥度和年均降水,可以定义为“干旱指数”(DI)。

2) 地带性指数的空间格局。将31个自然地带的地带性气候指数进行空间赋值,可以看出3个指数具有明显的空间异质性规律(图2)。WTVI基本符合从南向北的空间递减(图2a),最大值位于中国最南端的“热带季雨林-砖红壤地带(东部)”,最小值位于最北端的“明亮针叶林-泰加林棕色土地带”。STVI以东部地区和南疆部分地区最高(图

2b),最大值位于华南地区的“常绿阔叶林-红壤与黄壤地带”和塔里木盆地的“荒漠-棕色荒漠土地带”,最小值位于“藏南山地灌丛草原地带”。DI则从东南向西北递增(图2c),最大值位于塔里木盆地的“荒漠-棕色荒漠土地带”,最小值位于华南地区的“常绿阔叶林-红壤与黄壤地带”。

山地森林带上下线在中国西南、中部地区比较高,而在中国东南、东北地区相对较低,这一方面由于基面高度、山体高度的影响,另外一方面也受制于区域水热组合特征。通过分析山地森林带界线与3个气候指标的相关性(表3),可以看出WT-VI越大,山地森林带上下线的南北差异越大,说明WTVI与森林带上下线具有正相关关系;STVI和DI与森林带上线南北差异具有负相关,与森林带

表2 利用气候指标提取的主成分因子

Table 2 Loading of climatic factors (13) on significant principal components for 31 base belts

气候指标	PC1	PC2	PC3
1月最高温	0.977	0.067	-0.131
1月最低温	0.942	0.282	-0.143
7月最高温	0.344	0.903	0.182
7月最低温	0.443	0.867	-0.056
年均干燥度	-0.034	0.181	0.860
年降水量	0.707	0.311	-0.604
年均温	0.820	0.560	-0.059
≥10℃积温	0.728	0.664	-0.061
≥0℃积温	0.749	0.648	-0.086
温暖指数	0.755	0.638	-0.094
生物温度	0.760	0.633	-0.100
年均日照时数	-0.532	-0.461	0.635
年均太阳辐射	-0.002	-0.763	0.592
特征值	9.489	1.65	1.236
贡献率(%)	72.989	12.689	9.507
累积贡献率(%)	72.989	85.679	95.185

下线南北差异具有正相关,这也说明了STVI和DI对山地森林带界线的影响是一致的;而3个指数对山地森林带南北坡宽度差异具有负相关关系。由于地形和气候因子对山地森林带界线的影响不同,不同组合特征导致森林带界线差异明显,因此本文结合多元回归统计方法,对地形和气候因子与山地森林带界线的关系进行辨识,并对其贡献率进行定量识别。

2.2 地形和气候对山地森林带界线的贡献率

根据28个山地森林带的地带性气候指数、山体基面高度、山体相对高度构建多元线性回归模型,并分析不同因子对山地森林带界线的影响(表4)。山体基面高度与山地森林带界线南北坡差异呈正相关关系,基面高度对山地森林带下线南北差异的贡献最大,达到39.67%,而对上线南北差异的贡献最小,仅为4.74%;相反地,山体相对高度与山地森林带界线南北坡差异呈负相关关系,山体相对高度对山地森林带上线南北差异的贡献最大,达到39.34%,而对下线南北差异的贡献最小,仅为8.89%,这反映了山体南北坡林线高度越接近,较低的山体由于林线缺失等造成南北坡林线高度具有较大差异。

3个地带性气候指数对山地森林带上下线南北差异、森林带南北宽度差异的累积贡献相差不大,

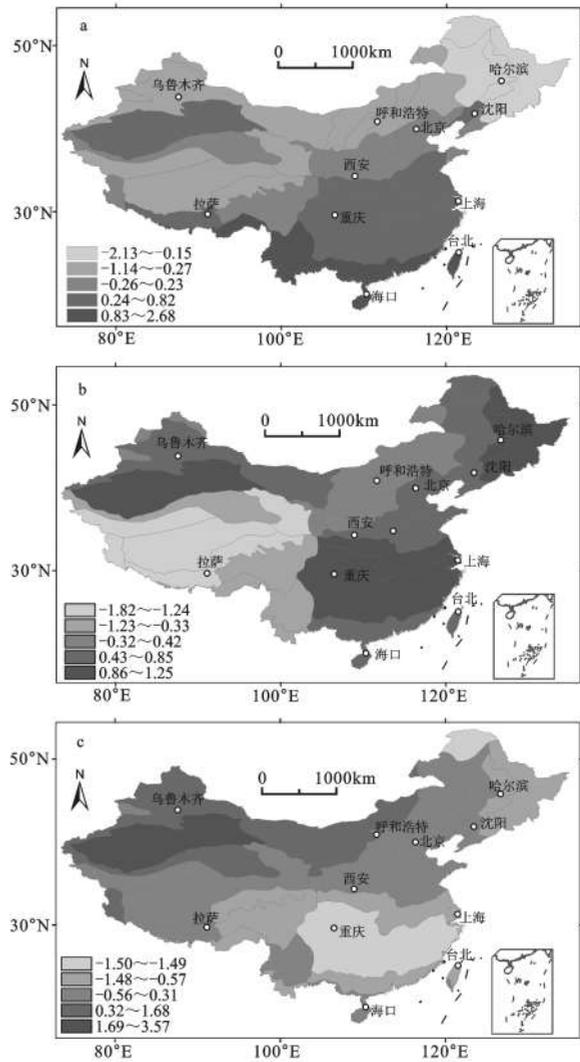


图2 中国31个自然地带的冬季温度变异指数(a)、夏季温度变异指数(b)和干旱指数(c)

Fig.2 Indices of temperature variations in winter(a)and summer(b) and humidity indices (c)for 31 base belts of China

表3 山地森林带界线与地带性气候指数的相关性

Table 3 Pearson correlation coefficients between altitudinal forest limits and climatic factors

	上线南北差异	下线南北差异	林宽南北差异
冬季温度变异指数	0.339*	0.386*	-0.21
夏季温度变异指数	-0.422*	0.458*	-0.412*
干旱指数	-0.36*	0.154	-0.334*

注: * p<0.05。

介于51%~56%之间。具体地,WTVI、STVI和DI对上线南北差异的贡献为21.06%、24.64%和10.22%,对下线南北差异的贡献为16.49%、31.41%和3.54%,对林带宽度南北差异的贡献为

表4 山地森林带界线坡向差异的多元线性回归模型

Table 4 Multivariate regression results for altitudinal forest limits of 28 mountains

模型	模型系数及检验					模型检验			
	非标准化系数	<i>t</i> 统计值	容差	相对贡献率(%)	<i>R</i> ²	<i>F</i> 值	<i>DW</i> 值		
常数项 <i>C</i>	0								
上线 南北 差异	基面海拔高度	0.11	0.52	0.54	4.74	0.52	3.19 (<i>p</i> =0.026)	2.47	
	山体相对高度	-0.95	-3.21	0.3	39.34				
	冬季温度变异指数	0.51	2.75	0.78	21.06				
	夏季温度变异指数	-0.59	-1.81	0.25	24.64				55.92
	干旱指数	-0.25	-1.18	0.61	10.22				
常数项 <i>C</i>	0								
下线 南北 差异	基面海拔高度	0.83	4.17	0.54	39.67	0.63	4.99 (<i>p</i> =0.003)	1.6	
	山体相对高度	-0.19	-0.7	0.3	8.89				
	冬季温度变异指数	0.35	2.08	0.78	16.49				
	夏季温度变异指数	0.66	2.23	0.25	31.41				51.43
	干旱指数	0.07	0.4	0.61	3.54				
常数项 <i>C</i>	0								
林宽 南北 差异	基面海拔高度	-0.8	-3.7	0.54	36.46	0.54	3.48 (<i>p</i> =0.018)	1.38	
	山体相对高度	-0.17	-0.6	0.3	7.85				
	冬季温度变异指数	-0.16	-0.88	0.78	7.21				
	夏季温度变异指数	-0.9	-2.79	0.25	40.77				55.69
	干旱指数	-0.17	-0.83	0.61	7.71				

7.21%、40.77%和7.71%。可见,STVI是最重要的因素,其次是WTVI,最后是DI。

2.3 山地森林带界线研究的问题和难点

山体效应对山地森林带界线的形成和维持有影响^[18,19],很多较低的山区,出现的林线比气候林线低。本研究表明山体效应中的“基面效应”和“山顶效应”对山地森林带界线的影响是有差异的,基面高度对山地森林带下线的贡献率在39.67%,而对上线的贡献率仅为4.74%;相反地,山体相对高度对山地森林带上线的贡献率达到39.34%,而对下线的贡献率为8.89%。此外,“坡向效应”也是山体效应中不可或缺的重要内容,但是考虑到数据的可获得性,本研究仅选择山地森林带上下线作为代表,分析地形和气候对山地森林带南北坡界线差异的影响。除了变异最明显的南北坡外,山地植被带界线的东西坡差异也是值得关注的地学规律,在以后的研究中,应该加以关注,这对于研究山体效应和林线模型至关重要。

国内外已经对山地森林带上线(林线)从分布规律到形成机理等进行了大量研究。但是对于山地森林带下线的研究相对较少。困难主要在于,

在干旱区半干旱地区确实存在明显的森林下线,但在一些湿润地区,实际上不存在明显的森林带下线,文献中的数据有时候也不统一,多是指冷杉林等,这也使分析山地森林带下线分布规律及原因造成了一定的误差。尽管山地植被带的其它界线也具有重要的地学和生态学意义,如草原带、高山草甸带等,但是进行相关研究时也会遇到类似的困难,因此数据的收集和筛选在以后的研究中显得尤为关键和重要。

3 结论

1) 利用山体基面高度、山体相对高度和气候因子对山地森林带界线变异进行的分析,可以看出,地带性气候指数对于山地森林带界线的南北坡差异影响明显,贡献率在50%以上,其中STVI的贡献率最高,其次是WTVI和DI。山体基面高度和山体相对高度对山地森林带界线的影响是不一样的,山体基面高度对于森林带下线的南北差异和森林带南北坡宽度的影响比较大,而山体相对高度仅对森林带上线的南北差异影响明显。

2) 山体基面高度、山体相对高度和地带性气

候指数构建的多元回归模型,对山地森林带界线差异的拟合度在52%~63%之间,无法解释的山地森林带界线变异可能受到其它因素的影响,比如局地地形(坡度、局地坡向、起伏度等)、局地小气候等。在进行单个或者几个山地的植被垂直带研究中,需要考虑这些中小尺度地形和气候因素的影响。

参考文献:

- [1] Kitayama K. An altitudinal transect study of the vegetation on Mount Kinabalu, Borneo[J]. *Plant Ecology*, 1992, **102**(2):149-171.
- [2] Kessler M. Altitudinal zonation of Andean cryptogam communities[J]. *Journal of Biogeography*, 2000, **27**(2):275-282.
- [3] Hemp A. Continuum or zonation? Altitudinal gradients in the forest vegetation of Mt. Kilimanjaro[J]. *Plant Ecology*, 2006, **184**:27-42.
- [4] Hemp A. Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of Mt. Kilimanjaro - I. A altitudinal distribution[J]. *Plant Ecology*, 2002, **159**(2):211-239.
- [5] Dullinger S, Dirnboch T, Grabherr G. Modelling climate change-driven treeline shifts: Relative effects of temperature increase, dispersal and invasibility[J]. *Journal of Ecology*, 2004, **92**:241-252.
- [6] Suttle K B, Thomsen M A, Power M E. Species Interactions Reverse Grassland Responses to Changing Climate[J]. *Science*, 2007, **315**:640-642.
- [7] Körner C. A re-assessment of high elevation treeline positions and their explanation[J]. *Oecologia*, 1998, **115**:445-459.
- [8] Klasner F, Fagre D. A half century of change in alpine treeline patterns at Glacial National Park, Montana, USA [J]. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 2002, **36**(1):49-56.
- [9] Troll C. Geocology of the high-mountain regions of Eurasia [M]. Wiesbaden: Frang Steiner Verlag, 1972.
- [10] Jobbagy E G, Jackson R B. Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemisphere[J]. *Global Ecology and Biology*, 2000, **9**:253-268.
- [11] 李文华, 周沛村. 暗针叶林在欧亚大陆分布的基本规律及其数学模型的研究[J]. *资源科学*, 1979, (1):21~34.
- [12] 牛文元. 自然地带性的理论分析[J]. *地理学报*, 1980, **35**(4):288~298.
- [13] 蒋忠信. 关于自然地带性数学模式之商讨[J]. *地理学报*, 1982, **37**(1):98~103.
- [14] 方精云. 东亚地区森林植被带的三维空间分布[J]. *地理学报*, 1995, **50**(2):160~167.
- [15] 王秀红. 青藏高原高寒草甸层带[J]. *山地研究*, 1997, 67~72.
- [16] 郑远长, 王美娟, 吴正方. 青藏高原东南部自然带垂直分布的数学模型及生态学研究[J]. *自然资源学报*, 1996, **11**(3):249~254.
- [17] Zhang B P, Wu H Z, Xiao F, et al. Integration of data on Chinese mountains into a digital altitudinal belt system[J]. *Mountain Research and Development*, 2005, **26**(2):163-171.
- [18] 张百平, 许娟, 武红智, 等. 中国山地垂直带的数字集成与基本规律分析[J]. *山地学报*, 2006, **24**(2):144~149.
- [19] Han F, Zhang B P, Yao Y H, et al. Mass elevation effect and its contribution to the altitude of snowline in the Tibetan Plateau and surrounding areas[J]. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, 2011, **43**(2):207-212.
- [20] 沈泽昊. 山地森林样带植被-环境关系的多尺度研究[J]. *生态学报*, 2002, **22**(4):461~470.
- [21] 王襄平, 张玲, 方精云. 中国高山林线的分布高度与气候的关系[J]. *地理学报*, 2004, **59**(6):871~879.
- [22] 杨振林, 石培礼. 高山林线交错带的景观格局与生态过程[J]. *地理科学进展*, 2007, **26**(1):44~55.
- [23] 石培礼, 李文华, 王金锡. 岷江冷杉林线交错带的植冠三维结构[J]. *生态学报*, 2002, **22**(11):1819~1824.
- [24] 刘鸿雁, 曹艳丽, 田军, 等. 山西五台山高山林线的植被景观[J]. *植物生态学报*, 2003, **27**(2):263~269.
- [25] Li M H, Xiao W F, Shi P L, et al. Nitrogen and carbon source-sink relationships in trees at the Himalayan treelines compared with lower elevations[J]. *Plant, Cell and Environment*, 2008, **31**(10):1377-1387.
- [26] 袁国映. 阿尔泰山西部地区的垂直自然带[J]. *地理学报*, 1986, **53**(1):32~40.
- [27] 靳英华, 吴正方. 长白山森林植被的生态气候学指标[J]. *山地学报*, 2003, **21**(1):68~72.
- [28] 邹春静, 王晓春, 韩士杰. 长白山岳桦种群过渡带位置的研究[J]. *应用生态学报*, 2004, **15**(12):2217~2220.
- [29] 郑度, 陈伟烈. 东喜马拉雅植被垂直带的初步研究[J]. *植物学报*, 1981, **23**(3):228~234.
- [30] 方正, 高淑贞. 秦岭太白山南北坡的植被垂直带谱[J]. *植物生态学报*, 1963, **1**.
- [31] 梁国付, 韩艳, 丁圣彦. 伏牛山北坡森林景观变化的地形梯度特征分析[J]. *地理科学*, 2010, **30**(2):242~247.
- [32] 高明福, 孟凡玉. 关于奥克里堆山森林植被带的划分[J]. *内蒙古林业调查设计*, 1999, **4**:141~143.
- [33] 符国瑗, 冯绍信. 海南五指山森林的垂直分布及其特征[J]. *广西植物*, 1995, **15**(1):57~69.
- [34] 刘小平. 贺兰山植物群落的空间分异研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古大学, 2008.
- [35] 刘培贵. 内蒙古大青山高等真菌垂直分布规律及资源评价[J]. *山地学报*, 1992, **10**(1):19~24.
- [36] 胡纯齐. 龙山垂直自然带及其保护利用[J]. *山地研究*, 1989, (2):91~97.
- [37] 娄安如. 北京东灵山地区植物群落及其组成成分特性的分析[J]. *北京师范大学(自然科学版)*, 2004, **40**(4):507~512.
- [38] 马晓勇. 恒山南北坡植被比较研究[D]. 太原: 山西大学, 2004.
- [39] 彭补拙. 关于西藏南迦巴瓦地区垂直自然带的若干问题[J]. *地理学报*, 1986, **41**(1):51~58.
- [40] 徐秀梅, 董永卿. 宁夏大罗山植被垂直带划分[J]. *宁夏农林科技*, 2000, (5):10~14.
- [41] 刘胤凰, 陆立新. 陕西秦巴山区农业自然资源开发利用[J]. *山地*

研究,1990,8(1):45~52.

[42] 高冠民.神农架山地垂直自然带[J].山地研究,1986,4(4):282~284.

[43] 侯学煜,张新时.中国山地植被垂直分布的规律性-中国植被[C].北京:科学出版社,1980:738~745.

Effect of Regional Topographic and Climatic Factors on Limits of Altitudinal Forest Belts

SUN Ran-hao¹, ZHANG Bai-ping²

(1.State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China; 2.State Key Laboratory of Resource and Environment Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China)

Abstract: The division of vegetation zones is an old and highly emphasized topic in both botany and geography. High mountains are characterized by different vegetation types at different elevations. Altitudinal vegetation belts are bounded by relatively narrow boundaries. Investigation and identification of altitudinal vegetation belts is significant in ecological and geographical studies due to extremely complex environment and diverse vegetation types in mountains. Altitudinal forest belts (AFBs) are significantly impacted by topographic and climatic factors. The climatic data used in this study were obtained from Chinese Ecosystem Research Network (CERN) between 1960 and 2000. After analyzing the significance of the 13 climatic factors in 31 base belts, we obtained three dominant principal components (PCs) designated as temperature variation index in winter (WTVI), temperature variation index in summer (STVI), and drought index (DI). WTVI decreased from South to North China, whereas STVI was high in South China and Tibetan Plateau. DI increased from the southwest to the northwest of China. Next, 28 AFB data were collected from published references. Multivariate regression analysis was used to quantify the relationship between AFB characteristics and topographic and climatic PCs. Results show that the base elevation of a mountain has the significant contribution to lower limits of AFBs (39.67%), whereas the relative elevation of a mountain has the significant contribution to upper limits of AFBs (39.34%). The climatic factors have similar contributions to variations in upper limits, lower limits, and width of AFBs. Among the three climatic PCs, STVI has the most contribution to variations of AFBs, followed by WTVI and DI. This paper quantifies the relative contributions of topographic and climatic factors to variations in AFBs at regional scales, and could potentially be used to evaluate and model the AFB distributions in other mountainous regions at regional or global scales.

Key words: mountain altitudinal belt; altitudinal forest belt; topographic effect; base belt