

文章编号: 1008-2786-(2013)5-534-08

# 山体效应对台湾常绿阔叶林分布上限的影响

张 朔<sup>1,2</sup> 张百平<sup>1\*</sup> 姚永慧<sup>1</sup> 齐文文<sup>1,2</sup> 庞 宇<sup>1,2</sup> 赵 芳<sup>1,2</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 10049)

**摘 要:** 山体效应使山体内部的垂直植被带相对升高, 影响山地的立体生态格局。台湾岛中央山脉在 3 500 m 以上, 山地植被的分布高度不仅受到纬度和季风的影响, 也必然受到山体效应的影响。采用台湾生物多样性信息中心发布的数据, 利用多元线性回归模型分析纬度、山体效应(以山体基面高度为简单量化指标)以及季风(以冬雨量占全年降水量百分比为简明代表)对台湾常绿阔叶林分布上限的影响。结果表明, 纬度、山体效应和季风为自变量的线性回归模型  $R^2$  为 0.562, 回归方程显著, 具有统计学意义, 三个变量的贡献率分别为 26.32%、64.12% 与 9.56%。这表明山体效应对台湾山地垂直带的影响非常显著, 远远超过了纬度与季风的作用。同时还发现, 冬雨量与垂直带分布高度的相关性以 24.13°N 为界, 南北完全相反。该纬度以南, 冬雨量与垂直带分布高度呈现较强的正相关性; 而在以北, 正相关性显著下降甚至出现了一定的负相关。后者应该与冬雨量过多有密切关系。

**关键词:** 山体效应; 山体基面高度; 垂直带分布上限; 季风

**中图分类号:** P964, Q948.2

**文献标志码:** A

山体基面高度(Mountain Basal Elevation, MBE)是山系/高原不同部分所在的起始海拔<sup>[1]</sup>。山体的不同侧翼, 基面高度往往不同; 同一侧翼的不同区域, 基面高度也会有所差异; 山系内外, 基面一般具有明显差异, 而且内部的山体基面高度往往比外围的要高。这种差异使得同一海拔上山体内部温度比外部高, 进而影响到山地垂直带谱的结构和分布差异<sup>[2]</sup>。上世纪初, 在研究美国西部亚利桑那州东南部的 Santa Catalina 山和 Pinaleno 山地生态结构时, 人们就注意到随着山体基面高度的增加, 垂直带分布也呈上升趋势<sup>[3]</sup>。早在 1904 年, 人们将阿尔卑斯山观察到的这种现象称之为山体效应(mass elevation effect, massenerhebung effect)<sup>[4-5]</sup>, 故山体基面高度的重要性就在于它与山体效应存在着紧密的联系<sup>[6-8]</sup>。在很多情况下, 甚至可以使用山体基面高度代替山体效应, 定量的探讨山体效应对雪线与林线高度分布的重要影响<sup>[9-11]</sup>。同时, 山体基面高度的作用受气候条件和海陆位置影响相对较小, 对山地

垂直带分布高度的影响都相对独立和稳定, 具有非地带性的特点。在较大尺度上山体基面高度对雪线与林线分布的影响甚至超过了纬度的作用, 而成为决定林线、雪线高度的重要因子。

台湾岛地处太平洋季风区, 虽为海岛, 但岛上不乏高山, 尤其是岛中部, 横亘众多山脉, 其中更有海拔超过 3 500 m 的高山 22 座, 地貌十分复杂, 具有复杂的气候区及丰富的植被类型, 形成了众多且复杂的植被带, 垂直带明显, 且垂直带分布呈四周低中间高的趋势。苏鸿杰认为该分布模式是由山体效应与云雾带位移导致的, 尤其是台湾中部较高山区, 如玉山周围, 存在典型的山体效应, 他还以年均温以及温暖指数为因子分析山地植被带与温度梯度之关系, 划分山地植被带的分类并设定其分布范围<sup>[12-13]</sup>。颜士閔等人分析了三种优势针叶林在台湾全岛的分布模式, 得出了岛南端与北端的分布较低并较为狭窄, 而岛中部山脉则分布较高并较宽的分布模式, 并研究了该分布模式的成因, 指出影响台

收稿日期(Received date): 2013-05-23; 改回日期(Accepted): 2013-06-09。

基金项目(Foundation item): 国家自然科学基金重点基金(41030528)。[Supported by Natural Science Foundation of China (41030528).]

作者简介(Biography): 张朔(1983-), 男, 河北, 博士研究生。研究方向: 山地环境与 GIS、RS 应用。[Zhang Shuo (1983-), born in Hebei province, Ph.D candidate, mountain environment and applied GIS/RS. ]E-mail: zhangshuo@lreis.ac.cn

\* 通信作者(Author for Correspondence): E-mail: zhangbp@lreis.ac.cn

湾三种主要针叶林分布模式的因素除了纬度之外还包括山体效应、东北季风以及云雾带的影响<sup>[14]</sup>。台湾处于季风区,因此季风是决定其垂直带结构与植被组成的重要因素之一,很多研究者从这个角度进行研究,Fang 分析了影响台湾南端的南仁山季雨林迎风坡与背风坡差别巨大的因素,指出导致这巨大差异的是风压、光照、水分条件与土壤养分上的差别,其中风压与水分条件是由季风直接决定的<sup>[15]</sup>;Chao 等人描述了台湾南部和蓝屿的雨林受季风影响状况<sup>[16]</sup>。

常绿阔叶林是湿润亚热带气候条件下孕育的一种特殊植被类型,是第三纪常绿性森林的直接后裔,中国大陆东南部和台湾为其分布中心<sup>[17]</sup>。台湾常绿阔叶林分布广泛,从海平面到 2 500 m 均有分布,并覆盖了 32% 的面积<sup>[18]</sup>。本文选择常绿阔叶林中的典型常绿阔叶林,以壳斗科、樟科、山茶科和木兰科中的常绿乔木为典型代表,种类丰富,常有着明显的建群种或共建种<sup>[12,19-20]</sup>。常绿阔叶林在台湾全岛分布,且在绝大数山地都有其分布上限,而气候林线在台湾的部分山地,尤其是南部的山地是不存在的。因此相对于林线,常绿阔叶林分布上限更能体现台湾岛范围内环境各因素对垂直带分布的影响。

本文选取纬度、山体效应、季风影响三个指标将其量化,与台湾常绿阔叶林分布高度进行多元线性统计分析,确定三个指标对垂直带分布高度的影响与对影响的贡献率,证明山体效应对台湾山地垂直带分布有着重要的影响。

## 1 方法

### 1.1 研究区介绍

台湾岛位于中国大陆东南(21°53'50"~25°18'20"N; 120°01'00"~121°59'15"E),热带和亚热带的过渡带内,北回归线横贯岛中央,气候为海洋性亚热带季风气候。岛内夏季均温达 28℃,冬季受大陆冷气团影响,均温也有 14℃,可以说是终年高温。岛内降水充沛,年均降水量达 2 515 mm。在季风和地形的双重影响下,全岛降水主要集中在盛行西南季风的 7—9 月;冬季因受东北季风影响,东北部特别是北部山区,迎风坡导致的地形雨降水特别多,而此时的西南部由于北部高山对水汽的阻挡作用,出现了 11 月到来年 4 月的旱季。台湾岛多山,2/3 的面

积属于山地,自东向西依次排列着台东山脉、中央山脉、玉山山脉、阿里山山脉和雪山山脉。这些山脉山势挺拔、沟壑复杂,最高峰出现在中部的玉山山顶,海拔 3 950 m,全岛海拔 3 000 m 以上的山峰共有 62 座,其中 22 座超过 3 500 m,山地垂直带明显<sup>[12-13,21-23]</sup>。

### 1.2 数据来源及处理

#### 1.2.1 垂直带数据

本文垂直带数据使用 Taiwan Biodiversity Information Facility (TaiBIF) 发布的 National vegetation diversity inventory and mapping plan 数据集<sup>[24]</sup>。该数据采样点遍布台湾各处,且采样精准,附有采样点的经纬度坐标。但该数据主要面向生物多样性应用,为了方便的进行本研究的数据分析,需要对该数据集进行一些处理。处理过程如下:

1. 从所有记录中选出常绿阔叶林(壳斗科、樟科、木兰科、山茶科);
2. 同一采样点上可能采到不同科不同种的数据,每条数据都保存为单独的一条记录,为了去除冗余,一个采样点上只保留一条记录;
3. 本研究对象为山地区域常绿阔叶林分布上限,因此删除山地界限以外的采样点;
4. 原数据中无高程信息,需要根据经纬度添加高程字段,高程数据来源于 Aster GDEM<sup>[25]</sup>;
5. 部分采样点间距过小,需要适当删减一些,留下代表性更好的采样点。目标是使得采样点分布均匀,且采样点之间最小间距大于 1 km。具体操作则使用 Buffer 分析来确定采样点最小间距,最小间距小于 1 km 的点集,保留海拔较高的采样点。

经过处理,剩余 100 个采样点,如图 1 所示。采样点分布均匀,较为靠近山脊线,能够代表常绿阔叶林分布极限。且由采样点海拔与纬度的关系可以明显看出(图 2),台湾岛阔叶林的分布上限分布呈现中间高南北低的分布趋势,与之前关于台湾垂直带研究所得结果一致。由于岛上地形和自然环境相当复杂,影响山地垂直带分布以及植被组成的主导因子在区域内不尽相同,山体效应对山地垂直带分布作用的大小在研究区域内不同地点的差异较大。选用该数据分析山体基面高度对山地垂直带分布的影响,可以得到比较显著的结果。

#### 1.2.2 山体基面高度量化分区

##### 1. 明确山体基面高度的特点

提取山体基面高度,应首先以山体基面高度的

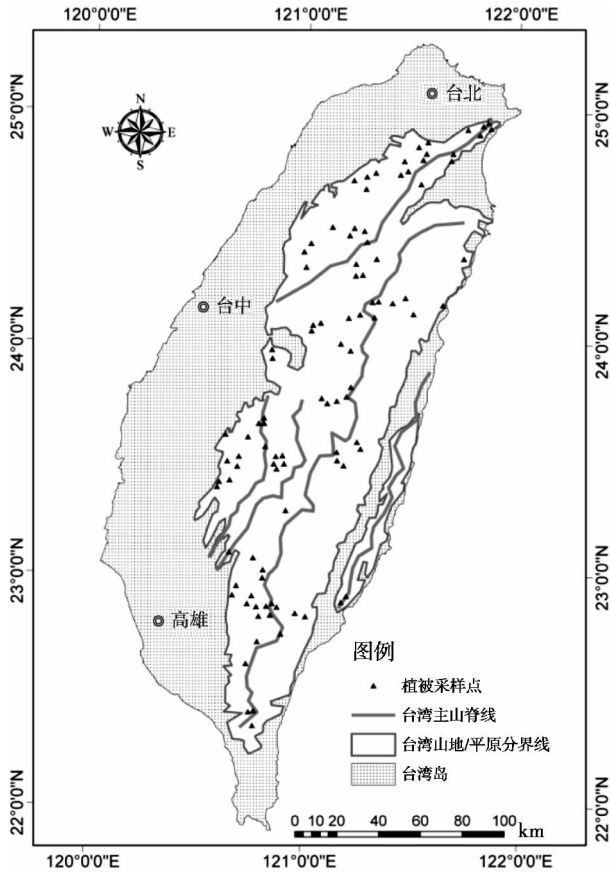


图1 台湾岛山地区域常绿阔叶林采样点分布图

Fig. 1 Sampling points of evergreen broad-leaved forest in mountain region of Taiwan

特点为依据,划分山体基面高度分区,然后确定各分区的基面高度值。因此,山体基面高度量化分区的关键在于明确山体基面高度的特点<sup>[1]</sup>:

1) 山体基面高度是一个相对的概念,基面是相对于在其上隆起的山体而言的,基面可能是平原、高原,也可以是宽大山谷、断裂带,甚至可能是大型台地或其他的大块山体;

2) 山体基面高度是相对于山体而言,山体是山体基面的影响范围。因此,基面高度取值位置不应处于该基面所影响的山体之内;

3) 山系中的不同山脉,山脉的不同侧翼,甚至同一山脉同一侧翼的不同段可能存在不同的山体基面高度;

4) 由大山系外缘向内部山体基面高度一般呈阶梯状逐渐升高的趋势;

5) 山体基面高度是适宜于中、大尺度的研究范畴。

6) 山体基面高度的作用受气候条件和海陆位置影响相对较小,不论大陆内部或沿海,其对山地垂直带分布高度的影响都相对独立和稳定,具有非地带性的特点。

## 2. 提取山体基面高度的步骤<sup>[1]</sup>

1) 基于常用的地形因子提取方法提取研究区域的主山脊线、主山谷线以及山体轮廓界线等山地结构特征描述信息,并针对区域地貌结构特点进一步细化,从而实现山体基面高度分区的划分操作;

2) 以山体基面高度的特点作为依据,为山体基面高度分区确定属性值,即山体基面高度值。

提取结果如图3所示。

本研究将台湾山地区域按照山地基面高度的值分为10个分区,从分区分布规律可以看到,整个台湾

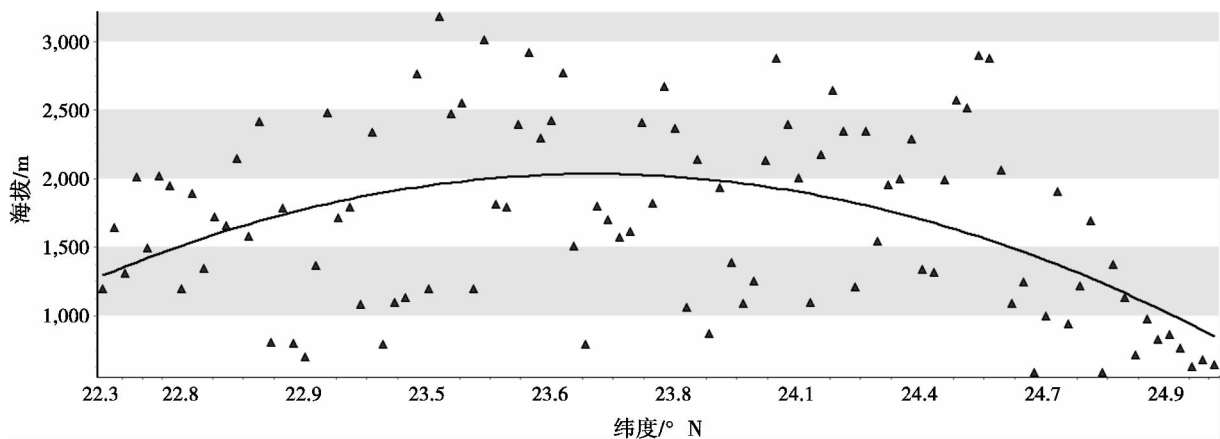


图2 台湾岛常绿阔叶林分布高度极限与纬度关系图

(图中曲线为对采样点拟合的二次趋势线  $y = -606.76x^2 + 28678x - 336823$   $R^2$  为 0.23)

Fig. 2 Fitting plot of up limit distribution of Taiwan evergreen broad-leaved forest and latitude  
(Profiles are presented in the sampling points fitting quadratic trend line)

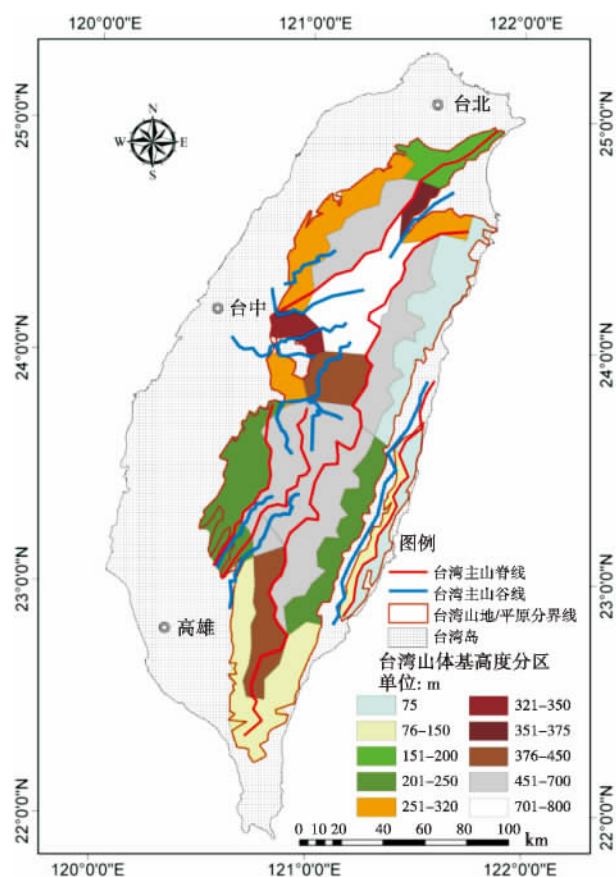


图3 台湾山体基面高度分区图

Fig. 3 Mountain basal elevation of Taiwan

山地区域的山体基面高度呈中间高, 四周低的分布状态。且由周围向中央是阶梯状升高的趋势。该结果能够较好地体现山体基面分布, 反应山体的基本状态。

将提取的山体基面高度作为 X 轴, 海拔作 Y 轴

显示垂直带信息, 如图 4 所示, 可见垂直带分布高度随着山体基面高度的增加, 呈现较为良好的线性增长。说明这两个变量之间应有较强的线性相关关系, 进而说明山体基面高度能够在一定程度上决定垂直带分布高度。

将提取出的山体基面高度与垂直带分布高度以海拔为 Y 轴, 纬度为 X 轴叠加显示, 如图 5 所示, 可以看出垂直带分布趋势, 呈现明显的中间高南北低的分布趋势, 而山体基面高度的分布趋势与其有着惊人地相似, 这也在侧面说明山体基面高度这一指标与垂直带分布有着较强的二次相关性。

### 1.2.3 季风影响量化方法

季风对气候的主要影响体现在降雨量<sup>[23-26-28]</sup>, 因此本研究选择冬雨量占全年降水量的百分比 (WP) 做为指标来量化季风对气候的影响。降水数据采用 WorldClim<sup>[29]</sup> 分辨率为 30" (约 1 km) 的数据, 计算东北季风盛行期间 (10 月至来年 3 月) 的降水量, 之后再除以台湾全年降水量即可得到台湾岛冬雨量占全年百分比数据, 计算所得结果见图 6 所示: 可以清晰的看到 WP 由东北向西南方向递减, 趋势明显, 这与中央山脉、雪山山脉与台东山脉产生的抬升作用与冬季风携带的水汽海拔较低息息相关。

### 1.3 分析方法

影响台湾垂直带分布模式与组成的因素众多, 例如纬度、季风和地形等; 在中大尺度范围, 山体基面高度与垂直带分布高度的相关关系亦十分明显。一般来说, 山体基面高度越高, 垂直带分布也越高。问题是, 如何定量的确定这些因子对垂直带的影响以及其对垂直带分布高度的贡献程度。

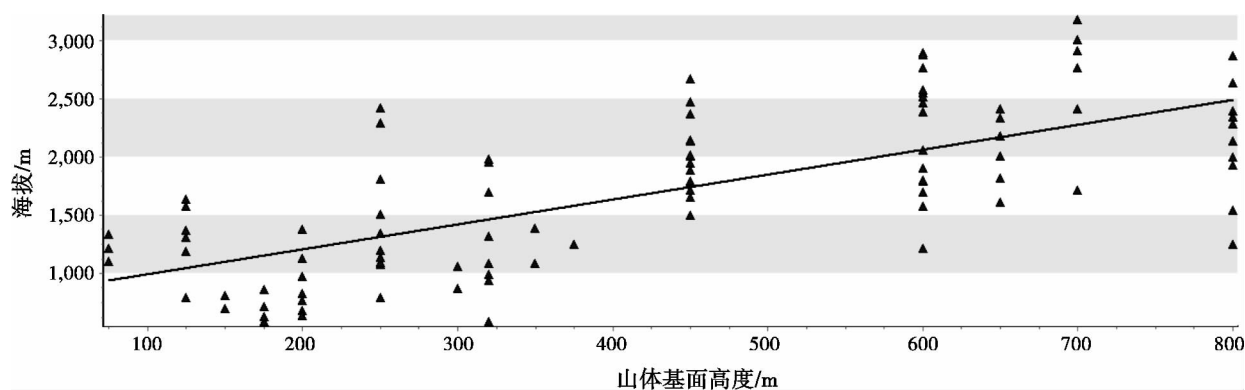


图4 山体基面高度与采样点海拔关系图

(三角点为垂直带采样点, 线为采样点分布的趋势线)

Fig. 4 Fitting plot of mountain basal elevation and altitude of sampling points

(The triangle stands for sampling points of altitudinal belts; the line is the trend line)

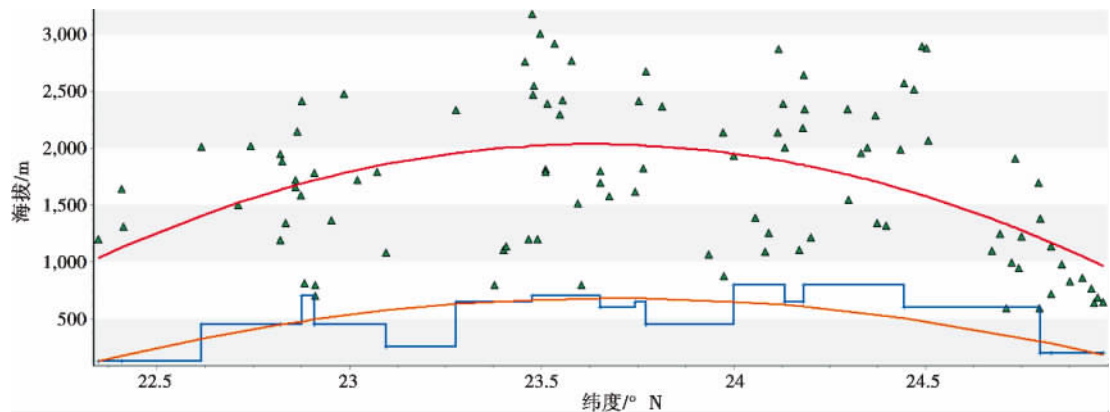


图5 山体基面高度与垂直带分布高度叠加分析图  
(绿色三角点为垂直带分布点 蓝色折线为山体基面高度。  
红色曲线和黄色的曲线是分别对垂直带分布高度和山体基面高度进行二次曲线拟合的结果)  
Fig.5 Overlay analysis of MBE and altitude of sampling points  
(The triangle stands for sampling points of altitudinal belts; the blue broken line is the MBE;  
the red and yellow curve is quadratic trend line of these two factors ,respectively)

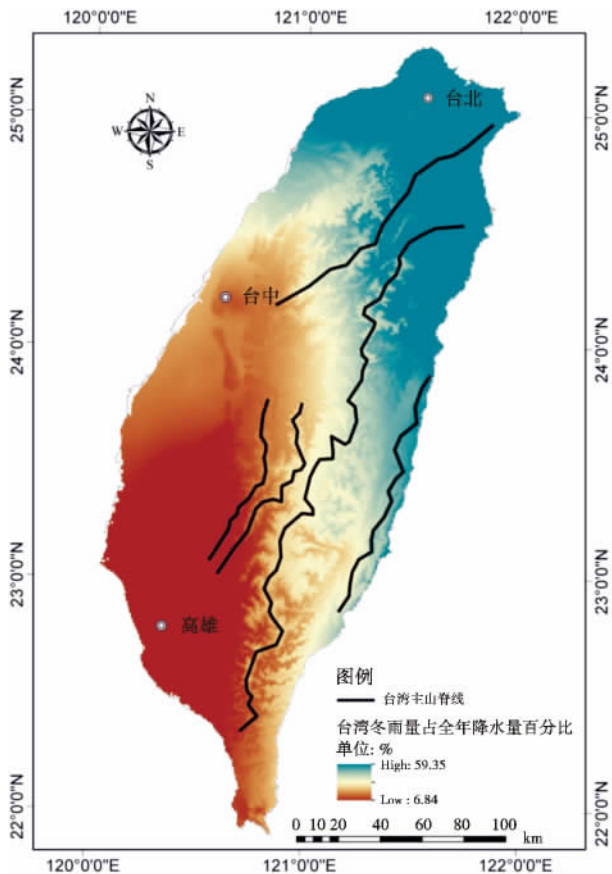


图6 台湾冬雨量占全年降水量百分比(WP)分布示意图  
Fig.6 Winter rain percentage of the annual precipitation of Taiwan

本文选用纬度( *Lat* )、山体基面高度( *MBE* )、冬雨站全年降水百分比( *WP* )三个指标,通过多元线性回归模型模拟台湾垂直带分布高度( *Alt* ),假设这三个变量对垂直带分布的作用之和为 100%,根

据其标准回归系数的大小计算各自变量对于垂直带分布高度贡献率的大小。  
本研究所用到的工具有 ArcGIS10 Desktop 以及 IBM SPSS Statistics 19。

2 结果与讨论

2.1 自变量相关性分析  
将 *Alt* ,*Lat* ,*MBE* ,*WP* 进行双变量相关性分析(表1)。结果表明山体基面高度与垂直带分布高度之间呈显著的线性相关关系。但 *Lat* 与 *WP* 之间也呈现出显著的相关关系,这是由于冬季风所携带的水汽在台湾岛东北部带来的地形雨所致,是自然条件影响的结果,与纬度没有必然联系,故可认为它们是互相独立的。

表1 变量相关系数矩阵分析结果<sup>a</sup>

Table 1 The correlations of independent and dependent variables<sup>a</sup>

		<i>Alt</i>	<i>Lat</i>	<i>MBE</i>	<i>WP</i>
<i>Alt</i>	Pearson 相关性	1	-0.179	.716 **	-0.19
	显著性( 双侧)		0.075	0	0.058
<i>Lat</i>	Pearson 相关性	-0.179	1	0.048	.808 **
	显著性( 双侧)	0.075		0.635	0
<i>MBE</i>	Pearson 相关性	.716 **	0.048	1	-0.075
	显著性( 双侧)	0	0.635		0.46
<i>WP</i>	Pearson 相关性	-0.19	.808 **	-0.075	1
	显著性( 双侧)	0.058	0	0.46	

\* \*. 在.01 水平( 双侧) 上显著相关。

a. 列表 N = 100

2.2 回归分析

以垂直带分布高度为因变量, 纬度、山体基面高度、冬雨量占全年降水两百分比为自变量, 进行多元线性回归计算。所得结果方程的决定系数  $R^2$  为 0.562(表 2), 表明方程的拟合效果较好, 回归模型中因变量的 56.2% 是由自变量的变异引起的。用方差分析  $F$  值为 41.013, 且回归方程显著, 具有统计学意义。

若假设纬度、山体基面高度、冬雨量站全年降水百分比对垂直带分布高度的影响之和为 100%, 根据他们的标准回归系数计算, 得出他们的贡献率分别为 26.32%、64.12%、9.56%, 山体基面高度最大, 纬度次之, 冬雨量占全年降水百分比最小。

分析可知, 山体基面高度对垂直带分布影响最大, 纬度次之, 冬雨量代表的季风对垂直带分布影响最弱。台湾岛中部分布着巨大的山体, 且山脉几乎平行分布, 产生了巨大的沟壑, 因此产生了强烈的山体效应; 又由于台湾岛较小, 南北仅跨了三个纬度, 因此纬度对垂直带的影响较小, 导致山体基面高度即山体效应对垂直带分布高度的影响甚至超过了纬

度的热力影响。

由表中可以看出, 冬雨量的贡献率最小, 且在方程中显著性不高, 因此将垂直带分布高度(Alt)与冬雨量占全年降水百分比(WP)叠加显示, 以进一步分析二者之间的关系(图 7)。由于 WP 分布范围由 10% 到 55%, 而垂直带分布高度由 600 m 到 3 300 m, 要将两个变量叠加显示, 需要将 WP 指标放大 10 000 倍处理, 之后将其与垂直带采样点在以左 Y 轴为海拔, 右 Y 轴为放大后的百分比, 纬度为 X 轴的坐标系中叠加显示。可以看出, 在台湾南部, 即较低纬度地区(24.13°N 以南, 阿里山山脉、玉山山脉、中央山脉南部以及台东山脉)冬雨量占全年降水百分比与垂直带呈现很好的相关性, 而在较高纬度地区(24.13°N 以北, 雪山山脉与中央山脉北部)则呈一定的负相关。

通过查看地形图, 发现 24.13°N 刚好处在雪山山脉与中央山脉之间沟谷开始的地方, 是东北季风造成地形雨的一个分水岭, 该处山体基面高度较高, 但垂直带分布却偏低, 且该线以北冬雨量明显增加, 本文认为冬雨量在某种程度上有降低垂直带分布高

表 2 台湾岛数据点多元线性回归模型摘要、方差分析及显著性检验结果

Table 2 Multiple linear regression model summary, ANOVA, regression coefficients and their test of significance for the samples in Taiwan

	$R$ 方	$F$	Sig.	回归系数	标准系数( $\beta$ )	$t$	Sig.	贡献/%
模型	0.562	41.013	0.000					
(常量)				7292.757		3.002	0.003	
Lat				-281.750	-0.303	-2.596	0.011	26.32
MBE				2.212	0.738	10.711	0.000	64.12
WP				666.511	0.110	0.941	0.349	9.56

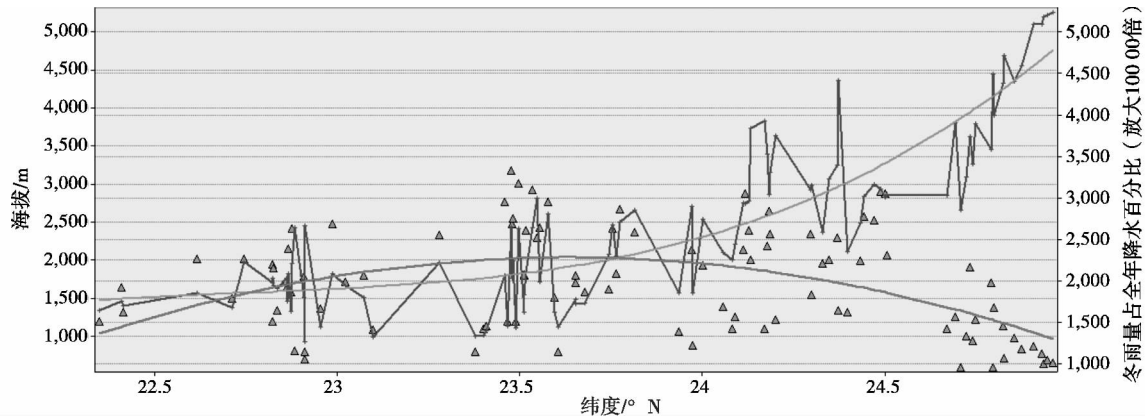


图 7 冬雨占全年降水百分比与垂直带分布高度叠加分析图

(绿色三角点为垂直带采样点, 蓝色折线为冬雨量站全年降水百分比。红色和黄色曲线分别为采样点与冬雨量的趋势线)

Fig. 7 Overlay analysis of winter rain percentage of the annual precipitation and altitude of sampling points

(The triangle stands for sampling points of altitudinal belts; the blue broken line is the winter rain percentage of the annual precipitation; the red and yellow curve is quadratic trend line of these two factors, respectively)



度的作用。

### 3 结论

1. 纬度、山体基面高度以及冬雨量占全年降水百分比是影响台湾岛上山地垂直带(以常绿阔叶林上限为例)高度的三个主要因素。回归分析表明,在台湾岛的范围,基面高度对垂直带分布高度的影响非常显著(相对贡献率平均达到64%左右),明显超过了纬度和季风作用的总和。回归方程的决定系数达0.562,虽具有统计学意义,但解释能力还不够太理想。肯定还有其他因素影响垂直带高度,需要进一步分析和挖掘。

2. 将冬雨量占全年降水百分比与垂直带分布高度叠加分析,发现在24.13°N以南地区,两者呈现很好的正相关性,而其以北地区则相关性减弱甚至呈现一定的负相关。该纬度山体基面高度为最大,但垂直带分布却并不是最高,初步分析是因为冬雨量过多导致的垂直带分布下降,但没有进行定量的分析,将在后续的工作中继续研究该问题。

3. 数据分析的结果只能说明三个自变量在研究区域对垂直带分布作用的平均情况,回归方程计算出来的各个自变量对垂直带分布高度的共享率也只是三者之间的相对大小。垂直带分布高度的影响因素还包括小气候、地形、土壤等,而冬雨量占全年降水百分比也只是季风对气候影响中的一部分,若能更加全面的考虑问题选择更多的因变量来拟合垂直带分布高度,自变量的贡献率必定会产生变化。

### 参考文献(References)

[1] Zhang Shuo, Yao Yonghui, Pang Yu, et al. Mountain basal elevation extraction in the Taiwan island [J]. *Journal of Geo-information Science* 2012, 14(5): 562–568 [张朔, 姚永慧, 庞宇, 等, 山体基面高度的提取方法——以台湾岛为例 [J]. *地球信息科学学报*, 2012, 14(5): 562–568]

[2] Zhang Baiping, Tan Jing, Yao Yonghui. Digital Integration and patterns of mountain altitudinal belts [M]. Beijing: China Environmental Science Press 2009 [张百平, 谭靖, 姚永慧, 山地垂直带信息图谱研究 [M]. 北京: 中国环境科学出版社 2009.]

[3] Shreve F. Conditions indirectly affecting vertical distribution on desert mountains [J]. *Ecology* 1922, 3(4): 269–274

[4] Quervain A d. Die Hebung der atmosphärischen Isothermen in der Schweizer Alpen und ihre Beziehung zu deren Höhengrenzen [J]. *Gerlands Beitr. Geophys.* 1904, 6: 481–533

[5] Grubb P J. Interpretation of Massenerhebung Effect on Tropical Mountains [J]. *Nature* 1971, 229(5279): 44–45

[6] Hedberg O. Vegetation belts of the east African mountains [M]. *Tidskrift: Svensk Botanisk* 1951.

[7] Zheng Du, Li Bingyuan. Recent progress of geographical studies on the Qinghai–Xizang Plateau [J]. *Acta Geographica Sinica* 1990, 45(2): 235–244 [郑度, 李炳元, 青藏高原自然地理研究的进展 [J]. *地理学报* 1990, 45(2): 235–244]

[8] JOBBÁGY E G, R B JACKSON. Global controls of forest line elevation in the northern and southern hemispheres [J]. *Global Ecology & Biogeography* 2000, 9: 253–268

[9] Han Fang, Zhang Baiping, Tan Jing, et al. The effect of mountain base elevation on the altitude of timberline in the southeastern Eurasia: a study on the quantification of mass elevation effect [J]. *Acta Geographica Sinica* 2010, 65(07): 781–788 [韩芳, 张百平, 谭靖, 等, 山体基面高度对欧亚大陆东南部林线分布的影响——山体效应定量化研究 [J]. *地理学报* 2010, 65(07): 781–788]

[10] Han Fang, Zhang Baiping, Yao Yonghui, 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

[11] Zhao Fang, Zhang Baiping, Pang Yu. Mass elevation effect and its contribution to the altitude of timberline in the northern Hemisphere [J]. *Acta Geographica Sinica* 2012, 67(11): 1556–1564 [赵芳, 张百平, 庞宇, 山体效应对北半球林线分布的影响分析 [J]. *地理学报* 2012, 67(11): 1556–1564]

[12] Horng–Jye Su. Studies on the climate and vegetation types of the natural forests in Taiwan (II) Altitudinal Vegetation Zones in Relation to Temperature Gradient [J]. *Q. Jour. Chin. For.* 1984, 17(4): 57–73 [苏鸿杰, 台湾天然林气候与植群型之研究(二) 山地植群带与温度梯度之关系 [J]. *中华林学季刊* 1984, 17(4): 57–73]

[13] Horng–Jye Su. Studies on the climate and vegetation types of natural forests in Taiwan (I) Analysis of the Variations in Climatic Factors [J]. *Q. Jour. Chin. For.* 1984, 17(3): 1–14 [苏鸿杰, 台湾天然林气候与植群型之研究(一) 气候因子变异之分析 [J]. *中华林学季刊* 1984, 17(3): 1–14]

[14] SM Y, C CR, K T. Modeling the species distribution of three dominant coniferous species in Taiwan [J]. *Taiwan J For Sci* 2008, 23(2): 165–181

[15] S IFANG, S Hubbell, J Turner, et al. The structure and species composition of a subtropical monsoon forest in southern Taiwan on a steep wind-stress gradient [G]//International Network for DIVERSITAS in Western Pacific and Asia (DIWPA), Center for Ecological Research. 1996.

[16] W C Chao, G Z M Song, K J Chao, et al. Lowland rainforests in southern Taiwan and Lanyu, at the northern border of Paleotropics and under the influence of monsoon wind [J]. *Plant Ecology* 2010, 210(1): 1–17

[17] Song Yongchang, Xu Guoshi, Xu Weilie, et al. Evergreen Broad-leaved Forest in Taiwan and its Relationship with Counterparts in Mainland China [J]. *Acta Phytocologica Sinica* 2003, 27(006): 719–732 [宋永昌, 徐国士, 陈伟烈, 等, 台湾常绿阔叶林主要类型及其与大陆常绿阔叶林的关系 [J]. *植物生态学报* 2003, 27

- (006): 719–732]
- [18] C Hsieh, W Chao, C Liao, et al. Floristic composition of the evergreen broad-leaved forests of Taiwan[J]. Nat. Hist. Res. (Chiba) Special issue, 1997, 4(4): 1–16
- [19] Song Yongchang, Xu Guoshi, A Scheme of Vegetation Classification of Taiwan, China[J]. Acta Botanica Sinica, 2003, 45(8): 883–895
- [20] Song Yongchang, Tentative Classification Scheme of Evergreen Broad-leaved Forests of China[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(4): 435–448 [宋永昌, 中国常绿阔叶林分类试行方案[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 435–448]
- [21] Horng-Jye Su. Studies on the Climate and Vegetation Types of the Natural Forests in Taiwan(III) A Scheme of Geographical Climatic Regions[J]. Q. Jour. Chin. For., 1985, 18(3): 33–44 [苏鸿杰. 台湾天然林气候与植群型之研究(三) 地理气候区之划分[J]. 中华林学季刊, 1985, 18(3): 33–44]
- [22] William Huang, Taiwan Vegetation[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 1993. [黄威廉. 台湾植被[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1993.]
- [23] Guo Enhua, Chen Haiping, The Effects of Monsoons and Landform on Rainfall in Taiwan[J]. Tropical Geography, 1997, 17(1): 23–29 [郭恩华, 陈海平. 季风与地形对台湾降水的影响[J]. 热带地理, 1997, 17(1): 23–29]
- [24] Taiwan Biodiversity Information Facility (TaiBIF): National vegetation diversity inventory and mapping plan [DB]. accessed through GBIF data portal, <http://data.gbif.org/datasets/resource/8374>, 2012–12–21
- [25] NASA, M. a. ASTER GDEM [DB]. The Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) of Japan and the United States National Aeronautics and Space Administration (NASA).
- [26] Zhang Lifeng, Wu Daoxu. Distribution and Variation Character of Total Cloudiness at Taiwan Area[J]. Scientia Meteorologica Sinica, 1998, 18(003): 256–261 [张立凤, 吴道绪. 台湾地区总云量的分布及变化特征[J]. 气象科学, 1998, 18(003): 256–261]
- [27] Xie Changfu, The Effects of Monsoon Winds on the Evergreen Broad-leaved Forests of Taiwan [J/OL]. Tashan Collection, 2000 [谢长富. 东亚季风影响下的台湾常绿阔叶林 [J/OL]. 塔山文集, 2000.]
- [28] ChyiRong Chiou, Guo-Zhang Michael Song, Jiu-Han Chien, et al. Altitudinal distribution patterns of plant species in Taiwan are mainly determined by the northeast monsoon rather than the heat retention mechanism of Massenerhebung [J]. Botanical Studies, 2010, 51(1): 89–97
- [29] Hijmans R J, Cameron S E, Parra J L, et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas[J]. International Journal of Climatology, 2005, 25(15): 1965–1978

## The Effects of Mass Elevation Effect on the Distribution of Evergreen Broad-leaved Forests of Taiwan

ZHANG Shuo, ZHANG Baiping, YAO Yonghui, QI Wenwen, PANG Yu, ZHAO Fang

(Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Mass elevation effect (short as MEE in the following text) was introduced more than 100 years ago by A. de Quervain to account for the observed tendency for temperature-related parameters such as tree line and snowline to occur at higher elevations in the central mountains than on their outer margins. The peak of Taiwan's central mountain range is above 3 500 m, so the height of the mountain vegetation distribution is affected not only by latitude and monsoon, but also by MEE. This paper took advantage of the biodiversity data published by Taiwan Biodiversity Information Facility (TaiBIF) and use latitude, winter rain percentage of the annual precipitation (representing monsoon to some extent) and mountain basal elevation (MBE, representing MEE to some extent) as independent variables to build a multiple linear regression equation for up limit distribution of Taiwan evergreen broad-leaved forest. The result turned out that the contribution of these three variables reaches 26.32%, 9.56% and 64.12%, respectively. This indicates that MBE have much more influence on the elevation of altitudinal belts of Taiwan than latitude and monsoon. Meanwhile, a phenomenon found that north of northern latitude 24.13°, winter rainfall and the elevation of altitudinal belts are positively correlated; while, to the south, the correlation is negative. The latter should be closely related to the excessive winter rainfall.

**Key words:** mass elevation effect; mountain basal elevation; elevation of altitudinal belts; monsoon