

福建武夷山自然保护区地形对毛竹(*Phyllostachys pubescens*)林分布的影响

郑成洋^{1,2} 方精云¹ 何建源²

1(北京大学环境学院生态学系, 北京大学生态学研究与教育中心, 北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

2(福建武夷山国家级自然保护区管理局, 武夷山 354300)

摘要 : 用 PC-ORD 4.0 软件对保护区内 31 个毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 林样方进行聚类分析, 把毛竹林划分成 9 类。利用保护区 1980 年航空相片、1998 年和 2000 年 Landsat TM 卫星影像, 并结合保护区森林资源调查资料, 绘制武夷山保护区毛竹林分布图。利用保护区 1:50000 的地形图数字化 100 m 等高距生成数字高程模型 (DEM), 并从中获取海拔、坡向、坡度等地形参数, 对毛竹林分布进行空间叠加分析。结果表明: 保护区内毛竹纯林和毛竹—甜槠 (*Castanopsis eyrei*) 林面积最大, 分别占毛竹林总面积的 40.6% 和 20.3%。分析毛竹林与海拔的关系时得出, 海拔 500-700 m 范围内毛竹林面积最大; 随着海拔升高, 毛竹林面积逐渐减少, Shannon-Wiener 指数 (H') 增加; 毛竹最大胸径减小。毛竹在东南坡和西北坡分布的面积比例最大。随着坡度的增加, 毛竹分布的面积减少。

关键词 : 毛竹, 地形影响, 生物多样性, 武夷山

中图分类号 : Q948

文献标识码 : A

文章编号 : 1005-0094(2004)01-0075-07

Effects of topographical factors on distribution of *Phyllostachys pubescens* in Wuyishan Nature Reserve, Fujian Province, China

ZHENG Cheng-Yang^{1,2}, FANG Jing-Yun¹, He Jian-Yuan²

1 Department of Ecology, College of Environmental Sciences, Center for Ecological Research & Education, and Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871

2 Administration of Fujian Wuyishan National Nature Reserve, Wuyishan 354300

Abstract : Based on 31 sample plots, 9 community types of bamboo (*Phyllostachys pubescens*) forest from Wuyishan Nature Reserve, Fujian Province, were identified by cluster analysis in PC-ORD 4.0. The distribution of these 9 types was mapped based on the distribution map derived from aerial photos (1980) and two sets of Landsat TM (Thematic Map) images (1998, 2000) integrated with the data of the forest inventory in the whole reserve. Topographic features such as altitude, slope and aspect were derived from a Digital Elevation Model (DEM) created by digitizing the contour map in 100 m intervals (1:50000). These features were then applied to spatial overlay analysis of bamboo distribution. The pure bamboo forest (40.6%) and *Phyllostachys pubescens* - *Castanopsis eyrei* bamboo forest (20.3%) were the two major types of bamboo forest in Wuyishan Nature Reserve. Maximum area of bamboo forest was recorded at the altitude of 500-700 m a. s. l. The proportion of bamboo forest within each altitudinal band declined with increasing altitude. Shannon-Wiener index (H') of tree layer increased and diameter of breast height (DBH) decreased along the altitudinal gradient. The area of bamboo forests on the south-east and northwest slopes were larger than on other exposures. The area of bamboo forest decreased with the increasing slope.

Key words : biodiversity, *Phyllostachys pubescens*, topography, Wuyi Mountains

毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 是禾本科中少数几个能生长高达 15–20 m、胸径 6–20 cm 的乔木状物种。它主要分布在我国秦岭、淮河以南广大地区,集中生长在山地丘陵地带。毛竹靠地下茎在土中蔓延繁殖,常形成单一优势种群落,构成一种特殊的林型。武夷山的毛竹林在所有竹林中面积最大、分布最广。福建、浙江、江西和湖南省的毛竹林面积占全国毛竹林总面积的 60% 以上(《中国森林》编辑委员会主编,1997)。

福建武夷山国家级自然保护区现有的毛竹林集中分布在实验区,约 80% 为人工经营,15% 划入核心区受到保护,5% 为天然毛竹混交林(何建源,1994)。毛竹林是亚热带一种次生的群落类型,但具有相当高的稳定性,国内有关毛竹林多样性方面的研究报道很少,只有朱锦懋等(1996)对福建顺昌一家造纸厂原料生产基地的毛竹林进行多样性初步分析,认为经营的毛竹林乔木和灌木物种多样性显著低于天然竹阔混交林,草本层物种多样性高于天然竹阔混交林。本文主要研究内容为:(1)保护区内毛竹林的类型和群落结构;(2)毛竹林群落的植物物种多样性特征;(3)毛竹林的空间分布及其与地形的关系。

1 研究区域

福建武夷山国家级自然保护区地处武夷山脉北段,位于福建省武夷山、建阳、邵武、光泽四市(县)交界处,北部与江西省毗邻,地理位置为 27°33′–27°54′ N,117°27′–117°51′ E,总面积 56 527 hm²。本区最低海拔 350 m(霞洋河口),最高主峰黄岗山海拔 2158 m,地势起伏大,地形复杂,形成不同小生境(何建源,1994)。气候属于典型的亚热带季风气候,1 月均温 10.5℃,7 月均温 19.2℃,年均温 13.2℃,年平均降水量为 2368.4 mm(海拔 1200 m,保护区先峰岭气象站),雨季大多集中在 4、5、6 月份,相对湿度 78%–84%,无霜期 250–270 天。土壤主要类型有红壤、黄红壤、黄壤和山地草甸土(朱鹤健等,1982)。

2 研究方法

2.1 资料来源

在保护区不同毛竹林类型中调查面积共 12 400 m²,计 31 个样方(20 m×20 m)。测量样方内 DBH

> 3.3 cm 的所有乔木树种的胸径和树高,估算毛竹的生长年龄,调查灌木层物种的多度、盖度和高度,以及草本层多度和高度。收集 1980 年航空相片(1:5000)和 1989 年、1998 年、2000 年 Landsat TM 卫星影像,1989–1995 年、1997–2001 年保护区森林资源调查资料以及 1998 年保护区内 3 个行政村(桐木村、坳头村、大坡村)承包的毛竹林地详细记录,用于绘制毛竹林分布图。

2.2 毛竹林分布图的绘制及相关参数的获取

利用 PC-ORD 4.0 软件对保护区内 31 个毛竹林样方进行主成分分析(PCA)(Ter Braak, 1986),划分出不同的毛竹林类型。以此为基础,解译 Landsat TM 卫星影像和航空相片,进行制图;然后利用野外调查样方、森林资源调查和毛竹承包的责任山的资料进行校正;使用方正智绘 5.0 地理信息系统软件矢量化毛竹林边界,得到武夷山保护区毛竹分布图。在此基础上,使用 Arcview 软件获取毛竹林的分布面积。

2.3 地形参数的获取

数字化保护区 1:50000 地形图,生成 100 m 等高线的数字高程模型(DEM),再利用 Arcview 软件从 DEM 中获取海拔、坡向和坡度信息,与毛竹林分布图叠加,分析海拔、坡度、坡向与毛竹林分布的关系。

2.4 α 多样性测度方法

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (\text{Magurran, 1988})$$

其中: $P_i = N_i/N$ 为某层次第 i 个物种的相对重要值, N_i 为样地某一层第 i 个物种的重要值, N 为该层次所有种重要值之和。

3 结果与分析

3.1 毛竹林组成

天然毛竹林均由毛竹与阔叶或针叶树混交而成。保护区自 1981 年以来为解决区内 2500 多村民生活经济来源,扶持当地发展人工毛竹林。小部分由农耕地栽培毛竹形成毛竹纯林,大部分则是当地村民对实验区内天然毛竹林进行改造,择伐阔叶树或针叶树而形成的毛竹林。近几年来为了提高毛竹林产量,加强了毛竹林抚育,更促使实验区内的毛竹纯林化。

除毛竹纯林外,保护区内仍然保留不同成分的毛竹混交林。利用 31 个样方资料,进行 PCA 分析(图 1),结果将毛竹林分为 9 个类型,即:毛竹纯林,毛竹+马尾松(*Pinus massoniana*)林,毛竹+杉木(*Cunninghamia lanceolata*)林,毛竹+枫香(*Liquidambar formosana*)林,毛竹+罗浮栲(*Castanopsis fabri*)林,毛竹+丝栗栲(*C. fargesii*)林,毛竹+甜

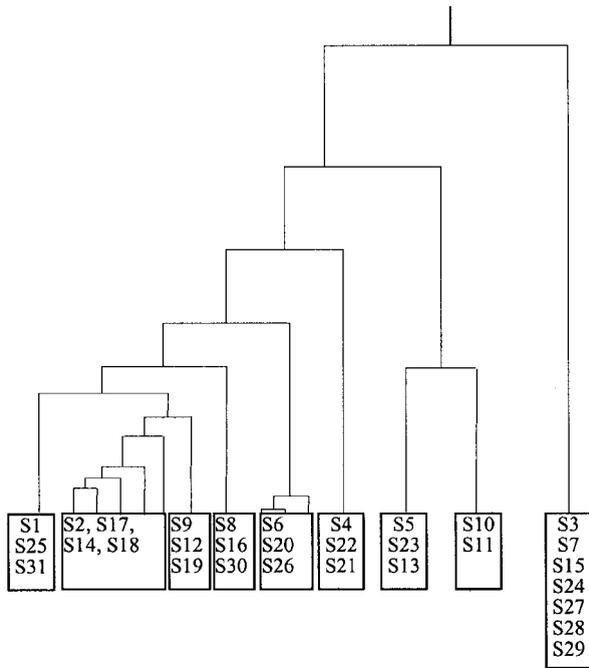


图 1 福建武夷山保护区毛竹林样方 PCA 分析树状图(S1-S31 为样方 1-31)

Fig. 1 Dendrogram of bamboo forest using PCA analysis in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province. S1-S31 represent plot numbers.

槠林,毛竹+青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)林,毛竹+石栎(*Lithocarpus glaber*)林(表 1)。根据毛竹分布图(图 2),在 Arcview 的支持下,求算各类型毛竹林的面积,列于表 1。全区毛竹林面积为 7846 hm^2 ,占保护区总面积 56 527 hm^2 的 13.9%,仅次于针阔混交林(43.6%)和常绿阔叶林(27.0%)(何建源,1994)。

3.2 毛竹林群落特征与海拔的关系

3.2.1 物种多样性与海拔的关系

毛竹林样方内物种按乔木、灌木和草本三层,分别计算它们的 Shannon-Wiener 指数(H')。从图 3a 中看出,毛竹林群落中乔木层物种 Shannon-Wiener 指数(H')与海拔高度之间呈正相关($r = 0.38$, $P < 0.05$)。在海拔 800-900 m 之间毛竹林乔木层 H' 较低,这是因为经营低海拔毛竹林时,高强度地砍伐其他乔木的结果。随着海拔升高, H' 呈增加趋势,表明毛竹林中其他乔木成分逐渐增加,人为干扰强度递减。

从图 3b 中可以看出,灌木层 H' 值与海拔之间呈现负相关($r = -0.43$, $P < 0.05$)。在海拔 700-1100 m 范围内人工经营的毛竹林中,灌木层维持较高的 H' 值,这与毛竹叶稀疏、冠幅小、郁闭度低、林下光线较充分,灌木层物种生长良好有关。随着海拔升高, H' 值下降。

草本层 H' 值沿海拔变化没有显示明显的关系($P = 0.24$)并且变动幅度大(图 3c)。

3.2.2 胸径与海拔的关系

从图 4 可以看出,毛竹的最大胸径(DBH_{max})和

表 1 福建武夷山保护区毛竹林面积及其组成

Table 1 Area of bamboo forest and community composition in Wuyishan Nature Reserve, Fujian Province

类型 Type	面积 Area (hm^2)	比例 (%) Percentage
毛竹纯林 <i>Phyllostachys pubescens</i> forest	3187.0	40.6
毛竹+甜槠林 <i>P. pubescens</i> + <i>Castanopsis eyrei</i> forest	1591.1	20.3
毛竹+杉木林 <i>P. pubescens</i> + <i>Cunninghamia lanceolata</i> forest	941.7	12.0
毛竹+马尾松林 <i>P. pubescens</i> + <i>Pinus massoniana</i> forest	695.3	8.9
毛竹+石栎林 <i>P. pubescens</i> + <i>Lithocarpus</i> spp. forest	646.0	8.2
毛竹+丝栗栲林 <i>P. pubescens</i> + <i>Castanopsis fargesii</i> forest	357.5	4.6
毛竹+青冈林 <i>P. pubescens</i> + <i>Cyclobalanopsis glauca</i> forest	20.3	2.6
毛竹+罗浮栲林 <i>P. pubescens</i> + <i>Castanopsis fabri</i> forest	182.4	2.3
毛竹+枫香林 <i>P. pubescens</i> + <i>Liquidambar formosana</i> forest	42.5	0.5
合计 Total	7846.1	100.0

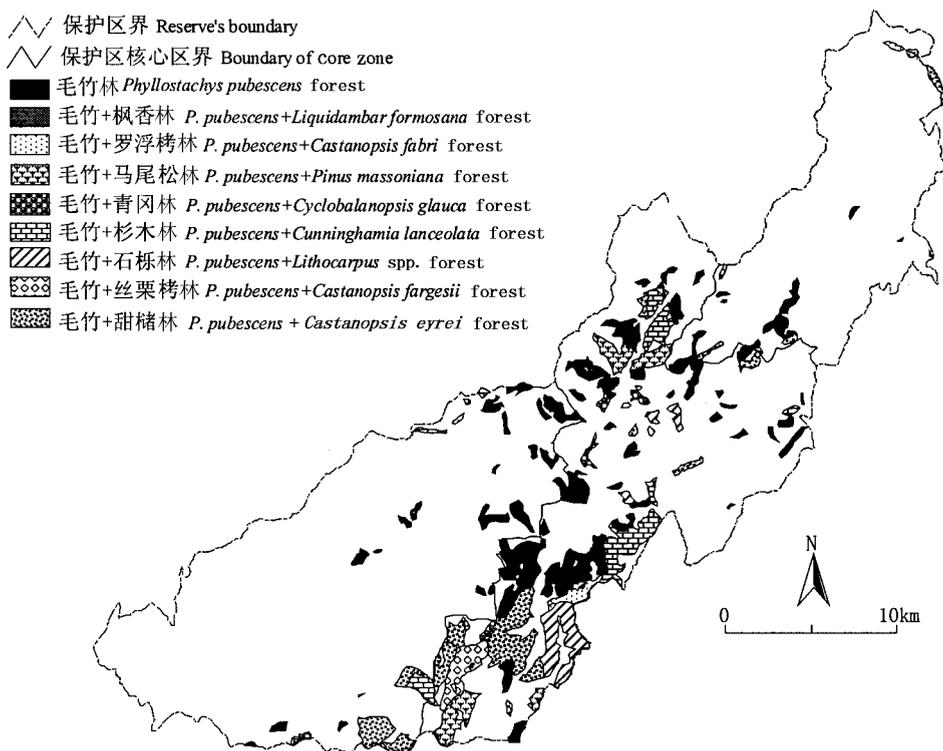


图2 福建武夷山自然保护区毛竹分布图(数据来源:2000-2002年样方调查,1989年、1998年、2000年Landsat TM解译、1980年航片解译和1990-1993年保护区二类森林资源调查)

Fig. 2 Distribution map of *Phyllostachys pubescens* in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province (data source: field sampling plots (2000-2002), the interpretation of Landsat TM (1989, 1998, 2000), the interpretation of airphoto (1980), and inventory of forest resource (1990-1993))

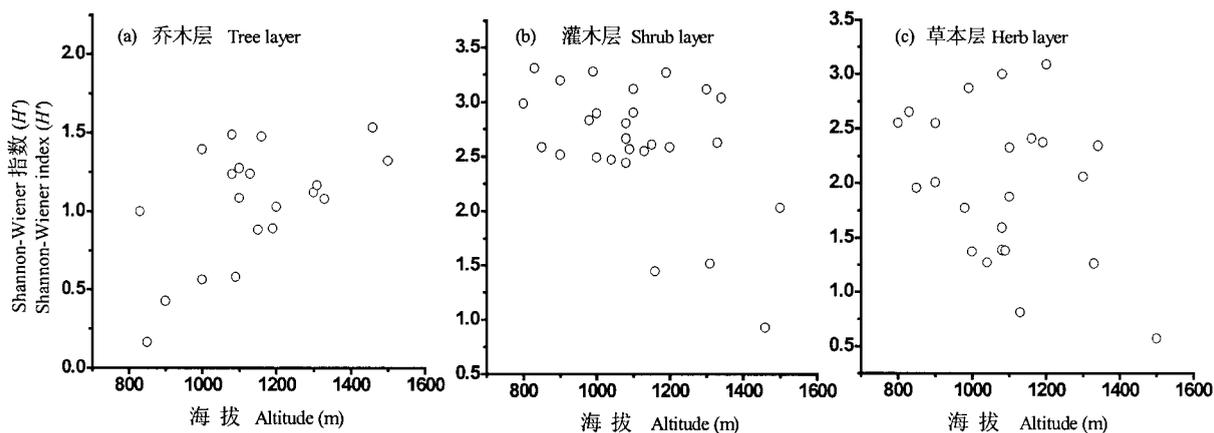


图3 福建武夷山自然保护区毛竹林乔木层、灌木层、草本层 Shannon-Wiener 指数 (H') 与海拔的关系

Fig. 3 Shannon-Wiener index (H') of (a) tree layer, (b) shrub layer, and (c) herb layer of bamboo forest along an altitudinal gradient in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

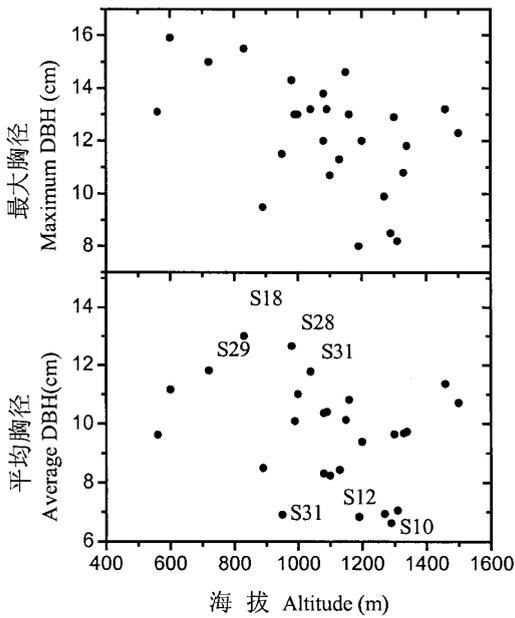


图4 福建武夷山自然保护区毛竹最大胸径和平均胸径与海拔的关系

Fig. 4 Relationship between maximum DBH and average DBH along an altitudinal gradient in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

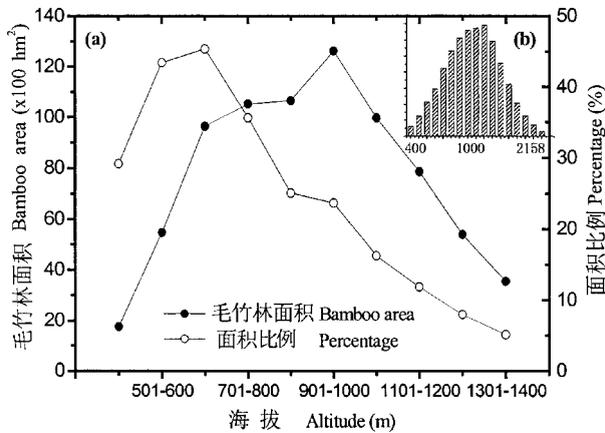


图5 福建武夷山自然保护区不同海拔范围毛竹林面积与保护区总面积的比例 (a) 和保护区各海拔段的面积 (b)

Fig. 5 Total area of (a) bamboo and (b) total area of the reserve in the ranges of altitude in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

平均胸径 (DBH_{avg}) 随着海拔升高呈下降趋势。从总体上看,在海拔 850 – 1100 m 范围内毛竹胸径比较大。毛竹胸径的大小与乔木的混交比例和经营强度有关。野外调查发现,毛竹混交林中针、阔叶乔木

比例越高,毛竹立木密度越低,毛竹的胸径就越大 (S18, S28, S29, S31)。另外,长期经营利用的毛竹林,其胸径下降,如经营 10 – 20 年的 S10、S12、S31 样方毛竹林平均胸径最低。这表明,长期经营毛竹林可能导致土壤肥力下降。

3.2.3 面积与海拔的关系

毛竹林一般分布在海拔 400 – 1200 m 范围内。福建武夷山自然保护区内毛竹林在各海拔段的实际分布面积如图 5 所示。可以看出,在海拔 400 – 900 m 随着海拔升高,毛竹林分布面积逐渐增加;在海拔 900 m 毛竹林面积达到最大值,之后逐渐减少;到海拔 1300 m,几乎没有毛竹成林分布,样方调查只记录少量散生、小径级的毛竹;1450 m 以上没有毛竹分布。

利用 DEM 对保护区不同海拔范围的土地面积进行统计,表明低海拔段面积和高海拔段的面积均比较小,海拔 1000 – 1500 m 范围的面积最大 (图 5b)。毛竹林主要分布在海拔 600 – 1100 m 的范围,但若以毛竹林面积占该海拔段的土地面积比来比较,则在海拔 500 – 700 m 的范围,有近一半的土地被毛竹林所占据 (比例约 45%)。随海拔升高,毛竹林所占的面积比例急剧下降 (图 5a)。

3.3 毛竹林分布与坡向的关系

通过由 DEM 产生的坡向图与毛竹林分布图进行叠加分析,结果表明:毛竹林分布面积在各坡向差异比较大,其中西北坡毛竹林分布的面积最大;东南坡次之;东坡和西坡最少 (图 6)。为了消除保

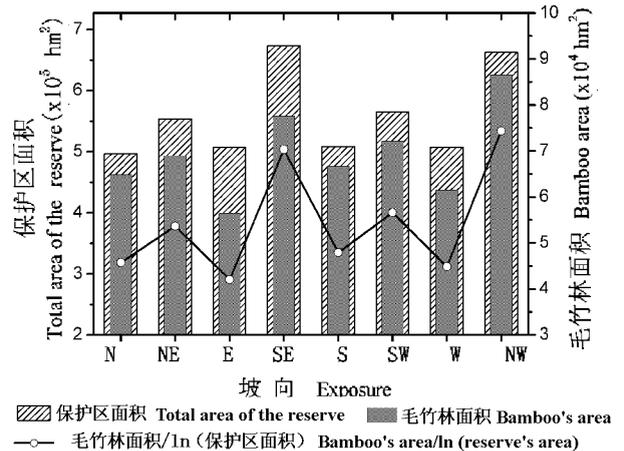


图6 福建武夷山自然保护区毛竹林分布与坡向的关系
Fig. 6 Relationship between the area of bamboo forest and the exposure in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

保护区各坡向的总面积的影响,把毛竹林面积除以保护区总面积自然对数,其结果如图 6。通过毛竹林在不同坡向分布的变化趋势可以明显看出,东南坡和西北坡分布的面积最大。

3.4 毛竹分布与坡度的关系

保护区坡度 - 面积分布的关系为:0 - 5° 面积最大,6 - 20° 范围内随着坡度增加,面积减少;但在 30 - 50° 坡度范围内,面积几乎没有变化(图 7)。从图 7 可见,毛竹林在坡度最小的坡面分布比例最高;随着坡度增加,分布的面积逐渐减少。虽然在 30 - 50° 坡度范围保护区面积相差很小,但毛竹林分布面积却随坡度增加有下降趋势。

3.5 DEM 精度检验

本研究所用的 DEM 是用福建武夷山自然保护区 1:50 000 地形图的数字化 100 m 等高距生成的。对生成的 DEM 是否能准确反映毛竹林分布与海拔、坡度和坡向的关系需要进行精度检验。利用野外测量的 57 个样方(其中 31 个为毛竹样方)的数据进行 DEM 精度检验。结果表明:从 DEM 获得的海拔高度与实测的海拔之间相关性很强($R^2 = 0.99, P < 0.001$, 图 8)。这说明,数字化生成的 DEM 能准确反映实际的海拔。另外,从 DEM 获得的坡度与坡向数值是较大尺度上的平均坡向和坡度,与野外样方测量的坡度与坡向(它们是小尺度范围内测定的结果)难以比较,因而,精度检验很困难。但从

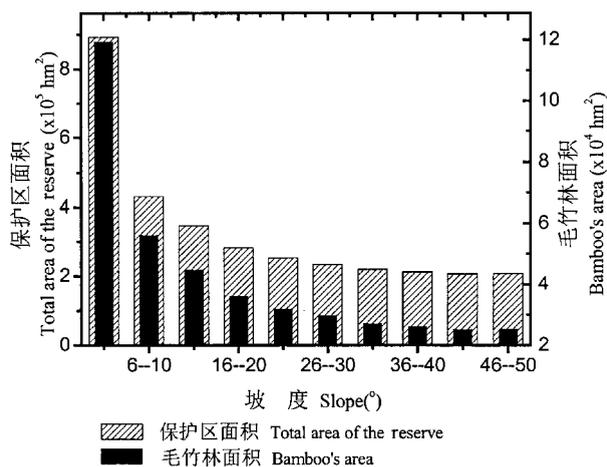


图 7 福建武夷山自然保护区毛竹林分布与坡度的关系
Fig. 7 Relationship between the area of bamboo forest and slope in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

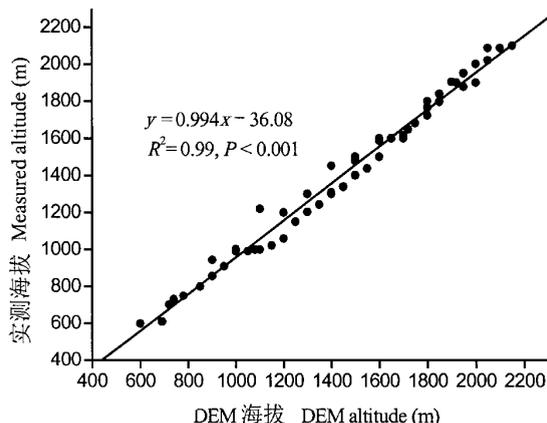


图 8 福建武夷山自然保护区 DEM 海拔与实际测量的海拔之间的关系
Fig. 8 Relationship between elevation derived from DEM and the elevation measured in fields in Wuyishan National Nature Reserve, Fujian Province

宏观看,武夷山脉呈东北—西南走向,可以推断东南坡和西北坡面积占较大比例。从 DEM 计算出的保护区各坡向的面积分布也显示东南坡和西北坡值占最高比例(图 6),这在一定程度上说明 DEM 能比较正确地反映坡向的信息,但进一步的工作有待于今后开展。

4 结语

毛竹林是一种典型受人为干扰的植被类型,通过对毛竹林群落结构、群落特征、物种多样性及其空间分布与地形(海拔、坡度、坡向)之间关系的研究,得出如下结论:

(1) 武夷山毛竹与不同针、阔叶树种混交,形成 9 个群落类型;除毛竹纯林面积最大(占 40.6%)外,其次为毛竹 + 甜槠林(占 20.3%),第三为毛竹 + 杉木林(占 12.0%)。

(2) 毛竹林中乔木层、灌木层和草本层的物种多样性表现为:乔木层 Shannon-Wiener 指数(H')随着海拔升高而增加;灌木层的 H' 值与海拔之间呈负相关,而草本层的 H' 值与海拔之间没有相关性。

(3) 毛竹林分布上限为 1200 m,散生单株的毛竹可分布到海拔 1450 m。在低海拔段和高海拔段毛竹林分布面积小,中海拔 1000 - 1500 m 分布面积最大。但若以毛竹林面积占该海拔段土地总面积的比例来比较,则在海拔 500 - 700 m 的范围中,毛

竹林所占的面积最大(约占相对应的海拔段总面积的45%);随海拔升高,毛竹所占的比例急剧下降。

(4)毛竹的最大胸径和平均胸径随着海拔升高呈下降趋势,但相同海拔处毛竹的胸径差异也比较大。

(5)保护区全区实际土地面积为东南坡和西北坡最大,而毛竹林分布面积也是在东南坡和西北坡比例最高。另外毛竹林偏向分布在平缓坡面 $0-5^{\circ}$ 分布面积最大。

参考文献

Committee of China Forest Compiler (《中国森林》编辑委员会主编)(ed.). 1997. *China Forest* (中国森林). China Forestry Press, Beijing, 559-563. (in Chinese)

He, J. Y. (何建源)(ed.). 1994. *Wuyishan Research Series*

(*Natural Resources*) (武夷山研究·自然资源卷). Xiamen University Press, Xiamen, 120-130. (in Chinese)

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.

Ter Braak, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, **67**: 1167-1179.

Zhu, H. J. (朱鹤健), Lin, Z. S. (林振盛), Chen, Z. G. (陈珍皋), Tan, B. H. (谭炳华) and Guo, C. D. (郭成达). 1982. The vertical zonation and characteristics of soils in Wuyishan. *Wuyi Science Journal* (武夷科学), **2**: 152-164. (in Chinese)

Zhu, J. M. (朱锦懋), Jiang, X. Q. (江训强), Huang, R. Z. (黄儒珠) and Jiang, Z. L. (姜志林). 1996. A preliminary analysis on species diversity of *Phyllostachys pubescens*. *Journal of Fujian College of Forestry* (福建林学院学报), **16** (1): 5-8. (in Chinese)

(责任编辑:闫文杰)