

南岭东西段植物群落物种组成及其树种多样性垂直格局的比较

朱彪 陈安平 刘增力 方精云

(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)

摘要: 根据沿海拔梯度设置的样地的调查资料, 对南岭东段的莽山和西段的猫儿山植物群落乔木层物种多样性的垂直分布格局进行了比较研究。莽山和猫儿山的植被类型差异不大, 但相同植被类型的物种组成有比较明显的差异。随海拔的上升, 两山体乔木的最大树高均呈现显著下降趋势。猫儿山乔木的最大胸径、胸高断面面积之和以及立木密度在海拔梯度上呈单峰曲线变化趋势。莽山乔木的最大胸径、胸高断面面积之和与海拔呈明显的负相关性, 而立木密度的变化规律不明显。这种单峰曲线格局或负相关关系与中尺度上的海拔高度以及小尺度上的土壤特性、小地形以及人为干扰强度等因素有关。在海拔 1000 m 以下的常绿阔叶林群落和 1700 m 以上的山顶矮林群落, 莽山乔木的物种丰富度均明显高于猫儿山。两山体的乔木种数与海拔之间都显示出负相关性, 但莽山由于高海拔群落受人为干扰的影响, 这种相关性不显著。乔木层 α 多样性沿海拔梯度没有表现出明显的变化规律, 并且在两山体之间也看不出明显的差别。本文最后还对两山脉低海拔区段的常绿阔叶林群落的物种组成和多样性进行了对比分析, 结果表明人为干扰导致猫儿山常绿阔叶林的物种丰富度 (S) 和 α 多样性 (H') 明显低于莽山的原生性常绿阔叶林群落, 而且落叶阔叶树种和毛竹 (*Phyllostachys pubescens*) 开始入侵到群落中。

关键词: 物种组成, 群落结构, 树种多样性, 海拔梯度, 常绿阔叶林, 南岭

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)01-0053-10

Plant community composition and tree species diversity on eastern and western Nanling Mountains, China

ZHU Biao, CHEN An-Ping, LIU Zeng-Li, FANG Jing-Yun

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

Abstract: We studied changes in floristic composition, community structure and tree species diversity along an altitudinal gradient on Mt. Mang (eastern Nanling Mountains) and Mt. Mao'er (western Nanling Mountains). Floristic composition, but not vegetation type, differed greatly between these two mountains. Maximum tree height decreased sharply with increasing altitude on both mountains. On Mt. Mao'er, maximum DBH, basal area and stem density peaked at intermediate elevations. On Mt. Mang, maximum DBH and basal area showed significantly negative correlations with altitude while stem density did not change significantly with altitude. These unimodal patterns or negative relationships of DBH, basal area and stem density might result from altitudinal gradient at the meso-scale and soil properties, microtopography, and human disturbances at the small scale. Tree species richness on Mt. Mang was obviously higher than that of Mt. Mao'er in the evergreen broad-leaved forests below 1000 m and in brushwoods above 1700 m. On both mountains, species number correlated negatively with altitude, however, this trend was insignificant on Mt. Mang due mainly to human activities at high altitudes. Alpha diversity of tree layer kept stable with increasing altitude and did not differ significantly between these two mountains. Considering tree species composition and diversity of evergreen broad-leaved forests on these two mountains, species richness (S) and α diversity (H') of the evergreen broad-leaved forests of Mt.

Mao'er were lower than those of Mt. Mang. This might stem from human activity and the invasion of many deciduous broad-leaved species and bamboo (*Phyllostachys pubescens*) on Mt. Mao'er.

Key words : floristic composition , community structure , tree species diversity , altitudinal gradient , evergreen broad-leaved forest , Nanling Mountains

在山地植被研究中,植物物种多样性沿海拔梯度的变化规律一致是生态学家十分感兴趣的问题,但并未达成普遍共识(贺金生,陈伟烈,1997;Lomolino,2001)。Lomolino(2001)认为,多样性与海拔梯度格局的关系(正相关、负相关或单峰分布格局)在很大程度上依赖于环境变量之间的协变与互动。国内近年有很多学者研究了不同山地植物群落物种多样性的垂直分布格局(Jiang *et al.*, 2000;沈泽昊等,2001;郝占庆等,2001,2002;王国宏,2002;Wang *et al.*, 2002),但对于亚热带山地尤其是南岭的研究很少见。在国外,特别是对于热带森林,有关物种组成、群落结构及其多样性沿海拔梯度变化的研究已有相当的积累(Ohsawa *et al.*, 1985;Gentry, 1988;Kitayama, 1992;Nakashizuka *et al.*, 1992;Lieberman *et al.*, 1996;Pendry & Proctor, 1997;Vazquez & Givnish, 1998;Aiba & Kitayama, 1999),但对于亚热带常绿阔叶林物种多样性的研究还少见报道(Tang & Ohsawa, 1997;Hsieh *et al.*, 1998)。南岭山地在中国植被区划上属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带,地带性植被为常绿阔叶林,其次为松杉林和毛竹林(吴征镒,1980)。本地区植被科学的研究已有了一定的积累,但主要是集中在植被分布和植物区系方面(李光照,1985,2001;王献溥,李信贤,1986;祁承经,1990;陈涛,张宏达,1995),对群落组成、群落结构、树种多样性与海拔梯度的关系的对比研究尚未见报道。本文利用沿海拔梯度设置的样方资料,初步研究了南岭东段的莽山和西段的猫儿山植物群落乔木层物种多样性的垂直分布格局,试图揭示物种组成、群落结构、物种丰富度和 α 多样性与海拔的关系及其东西段差异,并通过在低海拔设置的两条常绿阔叶林样带资料,对比分析了两地常绿阔叶林在物种组成和多样性方面的变化,试图为当地的自然保护区建设和山区植物资源的保护和利用提供科学依据。

1 研究地区与研究方法

1.1 研究区域概况

南岭山脉横亘于东亚大陆中亚热带南缘,南起 $24^{\circ}30'N$,北至 $26^{\circ}30'N$,自西向东由越城岭、都庞岭、萌诸岭、骑田岭和大庾岭等五岭组成。猫儿山位于广西的东北部,地理坐标为 $25^{\circ}48' - 25^{\circ}58'N$, $110^{\circ}20' - 110^{\circ}35'E$ 。最高峰海拔2141.5 m,相对高差1862 m,系华南第一高峰,亦是南岭山脉越城岭的主峰。猫儿山属中亚热带山地气候,山脚年平均气温 $16 - 18^{\circ}C$ 。年降水量在2100 mm以上,2-6月为雨季,雨天占 $2/3$ 。成土母质为花岗岩,从山脚到山顶,土壤类型有山地红壤(400 m以下)、山地黄红壤(400-700 m)、山地黄壤(700-1200 m)、山地生草棕壤(1200-1400 m)、山地黄棕壤(1400-1800 m)、泥炭土(1900-2000 m,主要在八角田一带)和山顶矮林土(2000 m以上)(李光照,1985)。莽山位于湖南宜章县的东南部,三面与广东接壤,地理坐标为 $24^{\circ}52' - 25^{\circ}03'N$, $112^{\circ}43' - 113^{\circ}00'E$,系南岭山系骑田岭北支。最高峰石坑崆海拔1902 m,相对高度1450 m。气候温和,雨量丰沛,属中亚与南亚热带的过渡地带湿润气候,山脚年平均温度 $17.2^{\circ}C$ 。随海拔的升高而降低,直减率为 $0.41^{\circ}C/100 m$ 。年降雨量为1710-2555 mm。成土母质为花岗岩,从山脚到山顶,土壤类型有山地红壤(500 m以下)、山地黄红壤(500-1000 m)、山地黄棕壤(1000-1500 m)、山地矮林土和草甸土(1500 m以上)。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

从最低海拔到山顶,海拔每上升约100 m设置一块样地,共30个森林样地。样地面积为 $20 m \times 30 m$,由6个 $10 m \times 10 m$ 的小样方组成。随机选取1个 $10 m \times 10 m$ 的小样方调查灌木,然后再设置4-6个 $2 m \times 2 m$ 的小样方调查草本。在莽山和猫儿山的低海拔地段(860 m和800 m)分别设置了两条 $20 m \times 150 m$ 和 $20 m \times 120 m$ 的常绿阔叶林样带。

1.2.2 调查内容

调查内容包括:(1)首先记载样地的基本状况,

如经纬度、海拔、坡度、坡向;(2)对乔木层,记录样地内所有胸围 ≥ 10 cm 的存活植株的种名、胸围、树高。

1.2.3 物种丰富度测度方法

物种丰富度: $S =$ 出现在样地内的物种数

1.2.4 α 多样性测度方法

Shannon-Wiener 指数: $H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ (Magurran, 1988)

Pielou 指数: $E = H' / \ln S$ (Magurran, 1988)

Simpson 指数: $D = 1 - P_i^2$ (Magurran, 1988)

其中: P_i 为种 i 的相对胸高断面面积。

2 结果与分析

2.1 物种组成

常绿阔叶林是亚热带湿润地区地带性原生性植被类型。南岭山地在中国植被区划上属于中亚热带常绿阔叶林南部亚地带,地带性植被为常绿阔叶林,从山脚到山顶,植被类型依次为常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、针阔叶混交林、山顶矮林和山顶灌草丛(吴征镒, 1980)。

猫儿山常绿阔叶林集中分布在海拔 1300 m 以下,主要优势种为壳斗科的罗浮栲(*Castanopsis fabri*)、甜槠(*C. eyeri*)、木荷(*Schima superba*)以及一些落叶阔叶树种如拟赤杨(*Alniphyllum fortunei*)、枫香(*Liquidambar formosana*)等。而莽山海拔 500 - 800 m 的沟谷局部残存有以华南栲(*Castanopsis fordii*)、短尾柯(*Lithocarpus brevicaudatus*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)为代表的含华南植物区系成分的沟谷常绿阔叶林;海拔 800 - 1200 m 分布着以中亚热带成分为主的中山常绿阔叶林,以蕈树(*Altingia chinensis*)、疏齿木荷(*Schima remotiserrata*)、甜槠、木荷、马蹄荷(*Exbucklandia tonkinensis*)、石栎(*Lithocarpus glaber*)为代表。由于莽山气候比较潮湿,山坡常绿阔叶林可分布至海拔 1600 m,主要种类有青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、多脉青冈(*C. multinervis*)、金叶含笑(*Michelia foveolata*)、金毛柯(*Lithocarpus chrysocomus*)、硬壳柯(*L. hancei*)等。

猫儿山常绿落叶阔叶混交林分布在海拔 1300 - 1800 m 之间,主要优势种有长柄水青冈(*Fagus longipetiolata*)、青榨槭(*Acer davidii*)、缺萼枫香(*Liquidambar acalycina*)、亮叶水青冈(*Fagus lucida*)、华

东润楠(*Machilus leptophylla*)、曼青冈(*Cyclobalanopsis oxyodon*)、鹿角锥(*Castanopsis lamontii*)、桂南木莲(*Manglietia chingii*)等。莽山主要分布于 1200 m 以上,以疏齿木荷、金毛柯、亮叶水青冈、长柄水青冈等占优势。

猫儿山的针阔叶混交林(南方铁杉林)主要分布在海拔 1800 - 1900 m 左右,物种以南方铁杉(*Tsuga chinensis*)、褐叶青冈(*Cyclobalanopsis stewardiana*)、大八角(*Illicium majus*)为代表。莽山的针阔混交林主要分布在海拔 1200 - 1600 m 的山脊上,以华南五针松(*Pinus kwangtungensis*)、南方铁杉、疏齿木荷为代表。小片长苞铁杉(*Tsuga longibracteata*)林和南方铁杉林是常绿落叶阔叶混交林分布范围内的山脊或其他局部环境条件下的产物,是一种原生性的类型,从它们更新的情况及所在地环境变化的趋势来看,它们显然是一种走向衰亡的残遗类型。

猫儿山的山顶矮林分布在海拔 1800 - 2100 m 之间,以褐叶青冈和大八角以及杜鹃属的厚叶杜鹃(*Rhododendron pachyphyllum*)、猫儿山杜鹃(*R. maoerense*)等最常见。它不是一种独特的类型,而是常绿落叶阔叶混交林适应山顶风大的特殊条件的一种变型。南岭山地一般山体较小,海拔不够高,难以形成以冷杉(*Abies* spp.)、云杉(*Picea* spp.)为代表的亚高山暗针叶林,所以山顶多为这种山顶矮林所占据。莽山海拔 1600 m 以上为人类砍伐后形成的次生矮林,以猴头杜鹃(*R. simiarum*)、倒卵叶青冈(*Cyclobalanopsis obovatifolia*)、甜槠占优势。

此外,在调查中还发现,在不同垂直带(低山和中山)上有一系列典型的、同属的地带代替种或标志种,它们分布在不同的海拔高度,如长柄水青冈低于亮叶水青冈,青冈低于多脉青冈,木莲(*Manglietia fordiana*)低于桂南木莲,枫香低于缺萼枫香,深山含笑(*Michelia maudiae*)低于金叶含笑,木荷低于疏齿木荷等。

为进一步比较南岭东段的莽山和西段的猫儿山在物种组成上的差异,将各自的海拔梯度划分为三段:1000 m 以下基本代表当地的地带性植被——常绿阔叶林,1000 - 1700 m 代表中山的常绿落叶阔叶混交林,1700 m 以上代表山顶矮林。由于两座山体的植被类型分布的海拔范围不尽相同,所以这种比较的目的在于从较大的尺度上同时比较两地物种沿海拔梯度和经度梯度的变化,由于调查的乔木太多,所以仅列出重要值较高的物种,见表 1。

表 1 莽山和猫儿山沿海拔梯度物种组成的变化(数值表示平均相对胸高断面面积 $\times 100$)Table 1 Comparison of floristic composition along altitudinal gradient on Mt. Mang and Mt. Mao'er(average relative basal area $\times 100$)

物种 Species	莽山 Mt. Mang			猫儿山 Mt. Mao'er		
	>1700 m	1000 - 1700 m	<1000 m	>1700 m	1000 - 1700 m	<1000 m
青榨槭 <i>Acer davidii</i>	1.20		0.20	0.74	3.30	
罗浮槭 <i>A. fabri</i>			0.02			
扇叶槭 <i>A. flabellatum</i>				0.83	0.20	
中华槭 <i>A. sinense</i>				1.19	0.03	
岭南槭 <i>A. tutcheri</i>		0.59	0.52			
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i>		0.77	3.25			1.32
华南桦 <i>Betula austro-sinensis</i>	0.26	2.47	0.75			
尾叶山茶 <i>Camellia caudata</i>		0.02	0.60	2.27	0.63	0.20
尖叶山茶 <i>C. cuspidata</i>					0.03	0.12
落瓣山茶 <i>C. kisii</i>					0.01	0.08
平伐山茶 <i>C. pitardii</i>				1.73	0.19	
米槠 <i>Castanopsis carlesii</i>		1.76	3.67		0.07	2.79
甜槠 <i>C. eyeri</i>	4.52	4.80	5.87		0.74	4.97
罗浮栲 <i>C. fabri</i>	2.36	0.47	0.01		9.56	20.60
华南栲 <i>C. fordii</i>			3.43			
鹿角锥 <i>C. lamontii</i>				1.36	2.03	
钩栲 <i>C. tibetana</i>			0.17			0.07
粗脉桂 <i>Cinnamomum valdinerve</i>	3.59	0.26	0.10			
川桂 <i>C. wilsonii</i>	2.55	1.59	0.55			0.12
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i>		6.46	1.35			
小叶青冈 <i>C. gracilis</i>	4.48					
雷公青冈 <i>C. hui</i>			0.04			
多脉青冈 <i>C. multinervis</i>	7.00	5.71	0.69			
细叶青冈 <i>C. myrsinaefolia</i>	1.32					
亮叶青冈 <i>C. nubium</i>		0.24	0.42	3.63	6.24	2.39
倒卵叶青冈 <i>C. obovatifolia</i>	7.98					
褐叶青冈 <i>C. stewardiana</i>				20.75		
马蹄荷 <i>Exbucklandia tonkinensis</i>		1.10	13.36			
长柄水青冈 <i>Fagus longipetiolata</i>			5.52		13.22	0.84
亮叶水青冈 <i>F. lucida</i>		2.63			9.43	
福建柏 <i>Fokienia hodginsii</i>		0.43				
凹叶冬青 <i>Ilex championii</i>	1.40	0.13				
冬青 <i>I. chinensis</i>	1.47	0.08	0.39		0.14	0.10
齿叶冬青 <i>I. crenata</i>				3.68	0.20	0.03
谷木冬青 <i>I. memecylifolia</i>		0.14	0.13			
大八角 <i>Illicium majus</i>	3.19	1.73		12.29	0.46	
缺萼枫香 <i>Liquidambar acalycina</i>		0.12			8.80	0.08
枫香 <i>L. formosana</i>						3.98
短尾柯 <i>Lithocarpus brevicaudatus</i>			6.63			
金毛柯 <i>L. chrysocomus</i>		3.73	1.22			
石栎 <i>L. glaber</i>			3.09			
包石栎 <i>L. cleistocarpus</i>				0.59	0.09	
硬壳柯 <i>L. hancei</i>	0.02					
广西杜鹃 <i>Rhododendron kwangsiense</i>					0.17	4.84
鹿角杜鹃 <i>R. latoucheae</i>		6.61	3.89			
猫儿山杜鹃 <i>R. maoerense</i>				0.19		
马银花 <i>R. ovatum</i>			0.28			
厚叶杜鹃 <i>R. pachyphyllum</i>				5.64		
千针叶杜鹃 <i>R. polyraphidoideum</i>	0.29	0.02				
溪畔杜鹃 <i>R. rivulare</i>			0.31			
猴头杜鹃 <i>R. simiarum</i>	14.81	1.68				
四川杜鹃 <i>R. sutchuenense</i>	0.22	0.35				
腺刺马银花 <i>R. xinganense</i>					3.15	3.63
银木荷 <i>Schima argentea</i>		0.11				
疏齿木荷 <i>S. remotiserrata</i>	3.50	16.01	2.01			
木荷 <i>S. superba</i>		2.07				15.75
南方铁杉 <i>Tsuga chinensis</i>		1.45		15.22		

2.2 群落结构

相同海拔的乔木层的最大树高 (H_{\max}) 在南岭东西两山体之间看不出明显的差别, 见图 1a。原因是两座山体的纬度相差不到 1° , 年均温相差也不大。但随着海拔的升高, 乔木层的最大树高非常明显地下降: 莽山从低海拔 (820 m) 的 22 m 减少到山顶次生矮林 (1800 m) 的 8 m ($r = -0.79, P < 0.01$); 猫儿山从低海拔 (850 m) 的 21 m 减少到山顶矮林 (2000 m) 的 8.5 m ($r = -0.75, P < 0.01$)。最大树高的不同反映了植物生长潜力的差异。

乔木层的最大胸径 (DBH_{\max}) 在两座山之间的差异比较明显, 见图 1b。在较低海拔 (800 m 以下) 的常绿阔叶林带, 莽山乔木的最大胸径大于猫儿山和都庞岭。这是因为莽山低海拔的常绿阔叶林受人为干扰的影响较小, 水热条件的组合优于猫儿山, 含有很多以岭南栲、短尾柯、米槠为代表的华南植物区系成分; 而猫儿山低海拔的常绿阔叶林受人为干扰的影响较大, 群落中混生较多的落叶树种 (如拟赤

杨、枫香等), 群落的最大胸径低于南岭东面的莽山相同海拔高度的群落。而在海拔 1300–1600 m 的常绿落叶阔叶混交林群落, 情况却正好相反: 莽山乔木的最大胸径小于猫儿山, 原因在于群落类型不同。猫儿山此海拔范围内调查的样地分别是以罗浮栲和亮叶水青冈占绝对优势的成熟林, 群落的最大胸径大于莽山同海拔的中山常绿阔叶林群落。

随着海拔的升高, 莽山乔木的最大胸径下降得非常明显 ($r = -0.85, P < 0.01$): 从低海拔 (610 m) 的 100 cm 下降到山顶次生矮林 (1710 m) 的 38 cm。猫儿山乔木的最大胸径在 16 个样地中波动比较大: 从低海拔到高海拔, 乔木的最大胸径呈先增加后降低的趋势, 最大值出现在海拔 1350 m 处, 与海拔梯度之间显示的是一种单峰分布格局, 但用抛物线模型拟合, 趋势不明显 ($R^2 = 0.12, P > 0.05$)。

乔木种的胸高断面积之和 (BA) 在两座山体的海拔梯度上的变化趋势与最大胸径很相似 (见图 1c): 即随着海拔的升高, 莽山乔木种的胸高断面积

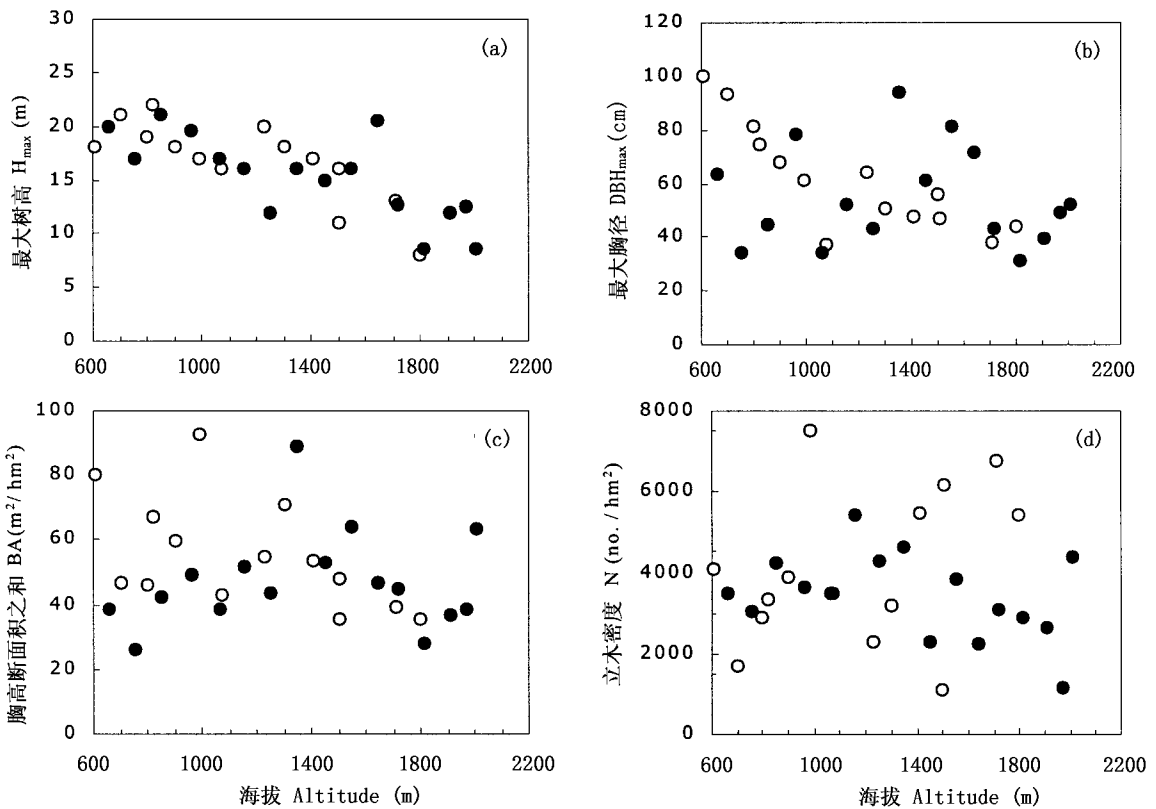


图 1 最大树高 (a)、最大胸径 (b)、胸高断面积之和 (c) 和立木密度 (d) 沿海拔高度的变化 (○代表莽山, ●代表猫儿山)
Fig. 1 Changes in (a) H_{\max} , (b) DBH_{\max} , (c) BA and (d) N along an altitudinal gradient. Mt. Mang (○) and Mt. Mao'er (●)

之和显著地下降 ($r = -0.54, P < 0.05$), 猫儿山乔木种的胸高断面积之和在海拔梯度上也呈单峰曲线变化趋势 ($P < 0.05$).

立木密度 (N) 在两座山的海拔梯度上均没有明显的变化趋势 ($P > 0.05$) (见图 1d). 由于密度受自然和人为干扰、小地形以及土壤条件的影响较大 (Huang *et al.*, 2003), 所以在海拔梯度上的变化趋势不明显。可以看到, 在海拔 1600 m 以上的群落中, 莽山的立木密度明显高于猫儿山同海拔的群落, 因为莽山 1600 - 1800 m 生长的是人为砍伐后的次生森林, 没有明显的优势种, 因而乔木的密度较大。

图 2 是两座山体植物群落的生活型谱沿海拔梯度的变化。总体来说, 常绿阔叶树种在这两座山体的大部分群落都占据优势(胸高断面积之和占 80% 左右), 尤其在 1000 m 以下的低海拔地区。这与南岭地带性植被为常绿阔叶林的结论相一致。落叶阔叶树种一般在中等海拔占一定的比例, 如水青冈属 (*Fagus*)、枫香属 (*Liquidambar*)、槭属 (*Acer*) 的一些种类, 和常绿阔叶树种形成比较明显的混交状态。针叶树仅仅在某些特殊的生境中分布, 如猫儿山的南方铁杉仅分布在较高海拔的八角田一带(李光照 2001), 莽山的南方铁杉和华南五针松分布在中海拔的比较恶劣的生境(山脊、陡坡等)。还可以发现, 莽山的常绿阔叶树种的比例明显高于猫儿山, 这也说明莽山的水热综合条件要优于猫儿山。

2.3 物种丰富度和 α 多样性

乔木的种数 (S) 在不同山体表现出不同的趋

势, 如图 3a。随着海拔的升高, 莽山的乔木种数有下降的趋势, 但不显著 ($r = -0.46, P > 0.05$); 猫儿山的乔木种数则呈现出明显的下降趋势 ($r = -0.73, P < 0.05$), 但主要是在海拔 1250 m 以上的范围内, 而在此以下的常绿阔叶林群落中变化并不剧烈。比较两座山体可以发现, 在海拔 1000 m 以下的常绿阔叶林群落和 1700 m 以上的山顶矮林群落, 莽山群落的物种丰富度均高于猫儿山同海拔的群落。

在科和属的水平上, 乔木种的丰富度沿海拔梯度的变化趋势在两座山体都很明显 ($P < 0.05$) (见表 2)。这说明在较大的分类单元(科属)水平上, 群落乔木层的丰富度受小地形、土壤条件和自然或者人为的干扰等其他小尺度上的因素的影响较小, 由于海拔上升导致的热量的下降是决定性的影响因素。

群落的 α 多样性采用三个指标(Shannon-Wiener 指数 H' , Pielou 指数 E 和 Simpson 指数 D)来测度, 图 3b - d 是这三个指数沿海拔梯度的变化。莽山群落的 α 多样性沿海拔梯度的变化趋势不明显 ($P > 0.05$)。原因可能在于 α 多样性不仅仅反映了物种数量的多少(丰富度)这一信息, 还反映了物种数量的相对多度分布的信息。随着海拔的上升, 群落的热量条件在显著地下降, 导致了物种的丰富度不断减少, 但由于其他因素如小地形、土壤厚度、人为干扰等的影响, 群落结构(立木密度、平均胸径和径级分布等)发生了相应的变化, 群落的 α 多样性的变化趋势并不明显。莽山由于较高海拔(1600 -

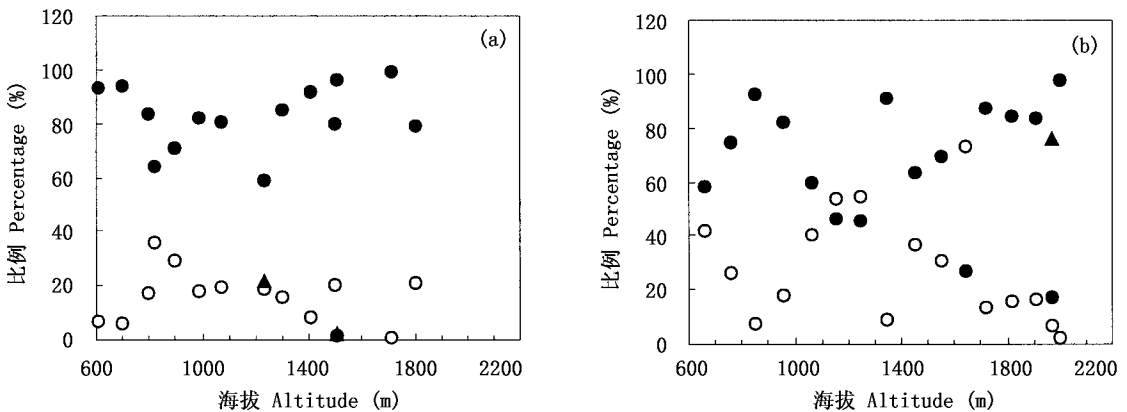
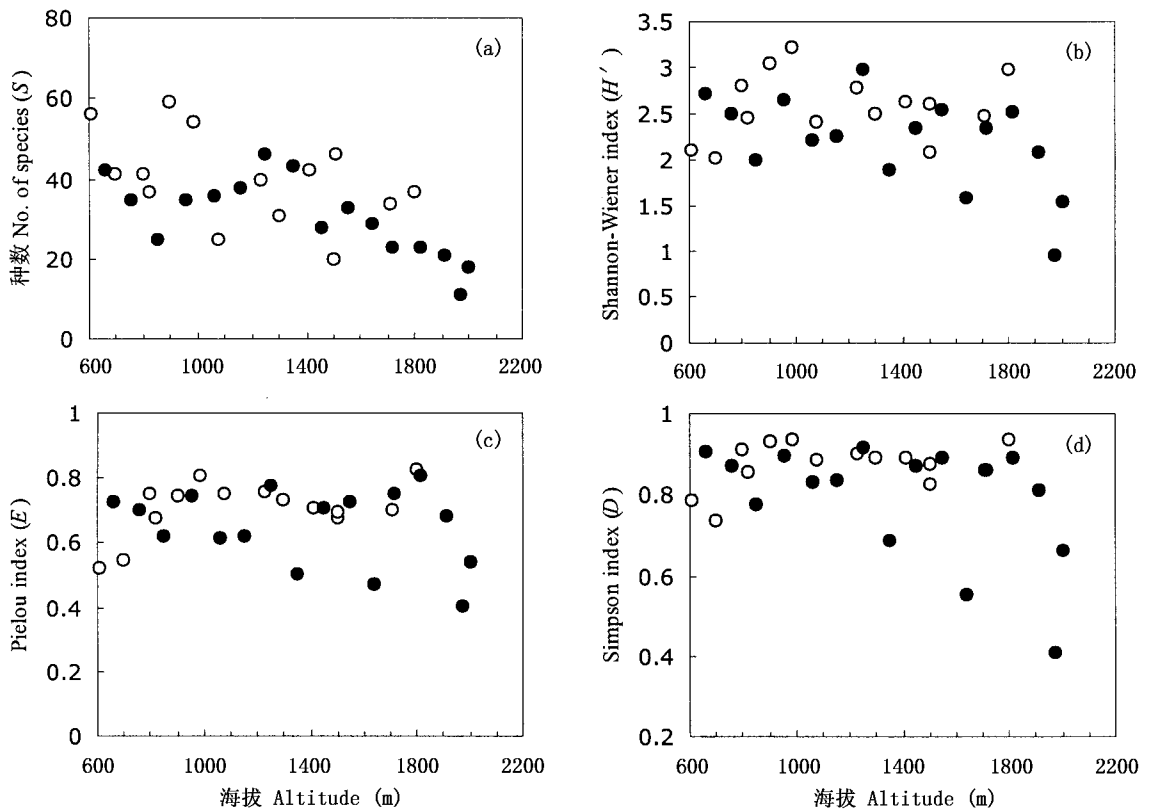


图 2 莽山(a)和猫儿山(b)的生活型谱沿海拔梯度的变化
 Fig. 2 Changes in life-form spectra along an altitudinal gradient of (a) Mt. Mang and (b) Mt. Mao'er
 常绿阔叶树 Evergreen broadleaf trees (●); 落叶阔叶树 Deciduous broadleaf trees (○); 针叶树 Coniferous trees (▲).

表 2 莽山和猫儿山群落结构、多样性指数和海拔的相关分析结果

Table 2 Correlation of community structure and diversity indices with altitude on Mt. Mang and Mt. Mao'er (Spearman's rank correlation)

	最大树高 H_{\max}	最大胸径 DBH_{\max}	胸高断面 积之和 BA	立木密度 N	种数 S	科数 S(F)	属数 S(G)	Shannon- Wiener 指数 H'	均匀度 指数 E	Simpson 指数 D
莽山 Mt. Mang (n = 14)	-0.79**	-0.85**	-0.54*	0.36	-0.46	-0.58*	-0.56*	0.18	0.48	0.37
猫儿山 Mt. Mao'er (n = 16)	-0.75**	-0.06	0.19	-0.32	-0.73**	-0.60*	-0.75**	-0.51*	-0.18	-0.47

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$ 图 3 物种丰富度 (a) 和 α 多样性 (b-d) 沿海拔梯度的变化 (○代表莽山, ●代表猫儿山)Fig. 3 Changes in species richness (a) and α diversity (b-d) along an altitudinal gradient. Mt. Mang (○) and Mt. Mao'er (●)

1800 m) 的原生群落在 20 世纪五六十年代遭到大面积的砍伐, 现在生长的是以猴头杜鹃、倒卵叶青冈、多脉青冈等占优势的次生林, 群落的多度分布比较均匀, 没有明显的优势种, 所以 α 多样性较高。猫儿山群落的 Shannon-Wiener 指数 (H') 和海拔有显著的负相关性 ($r = -0.51$, $P < 0.05$), 但是 Simpson 指数 (D) 和群落均匀度 (Pielou 指数 E) 沿着海拔梯度没有表现出明显的变化规律。

2.4 低海拔常绿阔叶林的比较

常绿阔叶林是南岭山地的地带性植被, 主要分布于海拔 1300 m 以下的黄壤山地 (王献溥, 李信贤, 1986)。现利用在莽山和猫儿山相似海拔高度调查的两条常绿阔叶林样带 (t1, 20 m × 150 m; t2, 20 m × 120 m) 来对比分析两地常绿阔叶林在物种组成和多样性方面的差异。

将空间上连续的样带 t1 和 t2 分别划分为 5 个

和 4 个 20 m × 30 m 的样地(Mang-11 – Mang-15 和 Mao'er-11 – Mao'er-14) ,见表 3。可以看出, 莽山常绿阔叶林群落的物种丰富度(51.2 ± 4.2)和 Shannon-Wiener 指数(2.89 ± 0.23)明显高于猫儿山(27.3 ± 2.6 , 2.52 ± 0.15) ,但是两者的 Pielou 指数和 Simpson 指数差别不明显。

将两条样带划分为不同的面积梯度, 做出种 – 面积曲线, 利用幂函数方程 $S = kA^z$ (Newmark , 1986)对种 – 面积曲线进行拟合(图 4) ,发现效果非常好。对于猫儿山人为干扰强度较大的常绿阔叶林群落, $S = 1.4956A^{0.4636}$ ($R^2 = 0.98$, $P < 0.01$) ; 对于

莽山比较典型的常绿阔叶林, $S = 2.6576A^{0.4521}$ ($R^2 = 0.99$, $P < 0.01$)。 k 值和 z 值分别是群落 α 多样性和 β 多样性的一种度量指标(Vazquez & Givnish , 1998) ,莽山典型常绿阔叶林的 α 多样性明显高于猫儿山, 而 β 多样性则两山相差不大。这与从种 – 面积曲线图上直观得出的结果相符: 在所有的面积梯度上, 莽山的物种丰富度都高于猫儿山(图 4)。

莽山的常绿阔叶林样带的优势种为疏齿木荷、猴欢喜(*Sloanea sinensis*)、马蹄荷、蕈树、华南栲、米槠等常绿阔叶树种, 也有少量的落叶树种例如大穗鹅耳枥(*Carpinus viminea*) ,代表了南岭山地典型的

表 3 莽山和猫儿山两条常绿阔叶林样带的多样性及其优势种

Table 3 Diversity indices and dominant species of two transects of evergreen broad-leaved forest on Mt. Mang and Mt. Mao'er

样地编号 Plot no.	海拔 Altitude (m)	S	H'	E	D	优势种 Dominant species
Mang-11	860	47	2.79	0.72	0.89	华南栲, 米槠
Mang-12	860	50	3.00	0.77	0.93	马蹄荷, 大穗鹅耳枥, 米槠
Mang-13	860	57	3.21	0.79	0.94	蕈树, 长柄水青冈, 五列木
Mang-14	860	54	2.58	0.65	0.86	疏齿木荷, 猴欢喜, 马蹄荷
Mang-15	860	48	2.87	0.74	0.90	疏齿木荷, 长柄水青冈, 马蹄荷
平均值 Average		51.2	2.89	0.73	0.90	
标准差 SD		4.2	0.23	0.06	0.03	
Mao'er-11	800	31	2.65	0.77	0.91	甜槠, 拟赤杨
Mao'er-12	800	26	2.45	0.75	0.88	拟赤杨, 潺槁木姜子, 罗浮栲
Mao'er-13	800	27	2.64	0.80	0.91	拟赤杨, 米槠
Mao'er-14	800	25	2.35	0.73	0.85	拟赤杨, 紫楠
平均值 Average		27.3	2.52	0.76	0.89	
标准差 SD		2.6	0.15	0.03	0.03	

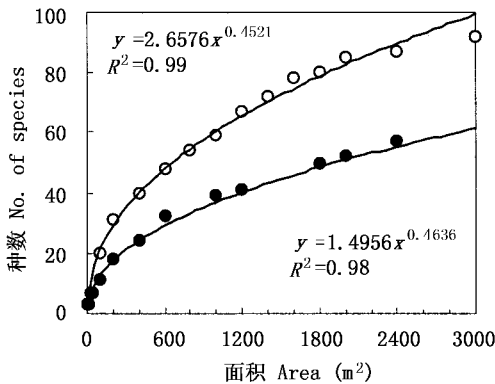


图 4 常绿阔叶林的种 – 面积曲线(○代表莽山, ●代表猫儿山)

Fig. 4 Species-area curves of evergreen broad-leaved forest. Mt. Mang (○) and Mt. Mao'er (●) .

原生性常绿阔叶林。猫儿山的常绿阔叶林样带由于受到较多的人为干扰, 除甜槠、紫楠(*Phoebe sheare-ri*)、罗浮栲、潺槁木姜子(*Litsea glutinosa*)等常绿阔叶树种外, 许多落叶树种如拟赤杨、南酸枣(*Cherospondias axillaris*)以及毛竹(*Phyllostachys pubescens*)也混生其中。

3 结论

1) 南岭山地植被的垂直分布较明显, 从山脚到山顶, 依次出现的植被类型为常绿阔叶林、常绿落叶阔叶混交林、山顶矮林和山顶灌草丛, 针阔叶混交林仅零星分布于特殊的生境中。对于相同的植被类型而言, 东段的莽山和西段的猫儿山在物种组成上有比较明显的差异。

2) 随着海拔的上升, 两山体的植物群落乔木层

的最大树高均显著下降。沿海拔梯度,猫儿山乔木种的最大胸径、胸高断面积之和以及立木密度呈现出先增大后减小的趋势;而莽山乔木的最大胸径、胸高断面积之和与海拔有明显的负相关性,但立木密度的变化规律不明显。这种单峰曲线变化或线形下降趋势与中尺度上的海拔高度和小尺度上的土壤特性、小地形以及人为干扰强度等因素有关。

3) 在海拔 1000 m 以下的常绿阔叶林群落和 1700 m 以上的山顶矮林群落,莽山的物种丰富度都明显高于猫儿山的同海拔群落。两座山体的乔木种数与海拔梯度都有负相关性,但莽山由于高海拔群落受人为干扰的影响,这种相关性并不显著。在更大的分类单元(科和属)上,两座山体乔木层的丰富度与海拔梯度之间均有显著的负相关性($P < 0.05$)。

4) 乔木层 α 多样性沿海拔梯度没有表现出明显的变化规律,在两座山体之间也看不出明显的差别。

5) 人为干扰对猫儿山低海拔的常绿阔叶林群落的物种丰富度和多样性(H')以及物种组成影响很大。由于人为干扰的影响,猫儿山常绿阔叶林的物种丰富度和多样性(H')明显低于莽山的原生性常绿阔叶林群落,而且落叶阔叶树种和毛竹开始入侵到群落中。

致谢:本文在野外调查和植物标本鉴定过程中得到中国科学院广西植物研究所李光照研究员、中国科学院昆明植物研究所雷立公博士以及湖南莽山国家级自然保护区肖晓军先生的帮助,在此表示感谢!

参考文献

Aiba, S. and Kitayama, K. 1999. Structure, composition and species diversity in an altitude-substrate matrix of rain forest tree communities on Mount Kinabalu, Borneo. *Plant Ecology*, **140**: 139 – 157.

Chen, T. (陈涛) and Zhang, H. D. (张宏达). 1995. The floristic geography of Nanling Mountain range, China. III. Florogeographic affinities and floristic composition. *Guihaia* (广西植物), **15**(2): 131 – 138. (in Chinese)

Gentry, A. H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, **75**: 1 – 34.

Hao, Z. Q. (郝占庆), Yu, D. Y. (于德永), Wu, G. (吴钢), Deng, H. B. (邓红兵), Jiang, P. (姜萍) and Wang, Q. L. (王庆礼). 2001. Analysis on β diversity of plant communities on northern slope of Changbai Mountain. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **21**(12): 2018 – 2022. (in Chinese)

Hao, Z. Q. (郝占庆), Yu, D. Y. (于德永), Yang, X. M. (杨晓明) and Ding, Z. H. (丁之慧). 2002. α diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain. *Chinese Journal of Applied Ecology* (应用生态学报), **13**(7): 785 – 789. (in Chinese)

He, J. S. (贺金生) and Chen, W. L. (陈伟烈). 1997. A review of gradient changes in species diversity of land plant communities. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **17**(1): 91 – 99. (in Chinese)

Hsieh, C. F., Chen, Z. S., Hsu, Y. M., Yang, K. C. and Hsieh, T. H. 1998. Altitudinal zonation of evergreen broad-leaved forest on Mount Lopei, Taiwan. *Journal of Vegetation Science*, **9**: 201 – 212.

Huang, J. H. (黄建辉), Gao, X. M. (高贤明), Ma, K. P. (马克平) and Chen, L. Z. (陈灵芝). 1997. A comparative study on species diversity in zonal forest communities. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **17**(6): 611 – 618. (in Chinese)

Huang, W. D., Pohjonen, V., Johansson, S., Nashanda, M., Katigula, M. I. L. and Luukkanen, O. 2003. Species diversity, forest structure and species composition in Tanzanian tropical forests. *Forest Ecology and Management*, **173**: 11 – 24.

Jiang, M. X. (江明喜), Deng, H. B. (邓红兵), Tang, T. (唐涛) and Cai, Q. H. (蔡庆华). 2002. On spatial patterns of species richness in plant communities along riparian zone in Xiangxi River watershed. *Acta Ecologica Sinica* (生态学报), **22**(5): 629 – 635. (in Chinese)

Jiang, Y., Kang, M. Y., Liu, S., Tian, L. S. and Lei, M. D. 2000. A study on the vegetation in the east side of Helan Mountain. *Plant Ecology*, **149**: 119 – 130.

Kitayama, K. 1992. An altitudinal transect study of the vegetation of Mount Kinabalu, Borneo. *Vegetatio*, **102**: 149 – 171.

Li, G. Z. (李光照). 1985. A preliminary study of Mao'ershan flora. *Guihaia* (广西植物), **5**(3): 211 – 226. (in Chinese)

Li, G. Z. (李光照). 2001. A study of the Mao'ershan flora. *Guihaia* (广西植物), **21**(supplement 1): 4 – 17. (in Chinese)

Lieberman, D., Lieberman, M., Peralta, R. and Hartshorn, G. S. 1996. Tropical forest structure and composition on a

- large-scale altitudinal gradient in Costa Rica. *Journal of Ecology*, **84**: 137 – 152.
- Lomolino, M. V. 2001. Elevation gradients of species-density: historical and perspective views. *Global Ecology and Biogeography*, **10**: 3 – 13.
- Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Nakashizuka, T., Yusop, Z. and Nik, A. R. 1992. Altitudinal zonation of forest communities in Selangor, Peninsular Malaysia. *Journal of Tropical Forest Science*, **4**: 233 – 244.
- Newmark, W. D. 1986. Species-area relationship and its determinants for mammals in western North American national parks. In: Heaney, L. R. and Patterson, B. D. (eds.), *Island Biogeography of Mammals*. Academic Press, Orlando, Florida, 83 – 98.
- Ohsawa, M., Nainggolan, P. H. J., Tanaka, N. and Anwar, C. 1985. Altitudinal zonation of forest vegetation on Mount Kerinci, Sumatra: with comparisons to zonation in the temperate region of east Asia. *Journal of Tropical Ecology*, **1** (3): 193 – 216.
- Pendry, C. A. and Proctor, J. 1997. Altitudinal zonation of rain forest on Bukit Belalong, Brunei: soils, forest structure and floristics. *Journal of Tropical Ecology*, **13**: 221 – 241.
- Qi, C. J. (祁承经). 1990. *Hunan Vegetation (湖南植被)*. Hunan Science and Technology Press, Changsha. (in Chinese)
- Shen, Z. H. (沈泽昊), Fang, J. Y. (方精云), Liu, Z. L. (刘增力) and Wu, J. (伍杰). 2001. Patterns of biodiversity along the vertical vegetation spectrum of the east aspect of Gongga Mountain. *Acta Phytocologica Sinica (植物生态学报)*, **25**(6): 721 – 732. (in Chinese)
- Tang, C. Q. and Ohsawa, M. 1997. Zonal transition of evergreen, deciduous, and coniferous forests along the altitudinal gradient on a humid subtropical mountain, Mt. Emei, Sichuan, China. *Plant Ecology*, **133**: 63 – 78.
- Vazquez, J. A. and Givnish, T. J. 1998. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan. *Journal of Ecology*, **86**: 999 – 1020.
- Wang, G. H. (王国宏). 2002. Species diversity of plant communities along an altitudinal gradient in the middle section of northern slope of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu, China. *Biodiversity Science (生物多样性)*, **10** (1): 7 – 14. (in Chinese)
- Wang, G. H., Zhou, G. S., Yang, L. M. and Li, Z. Q. 2002. Distribution, species diversity and life-form spectra of plant communities along an altitudinal gradient in the northern slopes of Qilianshan Mountains, Gansu, China. *Plant Ecology*, **165**(2): 169 – 181.
- Wang, X. P. (王献溥) and Li, X. X. (李信贤). 1986. Vegetation of Mao'ershan Nature Reserve, Xing'an, Guangxi. *Guihaia (广西植物)*, **6**(1 – 2): 79 – 91. (in Chinese)
- Wu, Z. Y. (吴征镒). 1980. *The Vegetation of China(中国植被)*. Science Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑:时意专)