

文章编号: 1000-5641(2008)06-0063-12

# 常绿阔叶林壳斗科优势种植物地理特征 数量分析

龚 珑, 阎恩荣, 王希华

(华东师范大学 环境科学系, 上海 200062)

**摘要:** 以壳斗科锥属、青冈属和柯属的 22 个典型常绿阔叶优势种的分布资料和 11 项环境因子为基础, 利用对应分析和典范对应分析, 对这些物种的分布类型以及同环境因子之间的关系开展数量分析. 根据对应分析的结果, 全部物种可分为东、西两个分布类型. 其中, 东部类型又分为南、北两个亚类型. 对应于物种的分布类型, 研究区域也分为了西部、东部偏北和东部偏南三个分布区域. 典范对应分析的结果表明, 不同空间梯度上影响物种分布类型的主要环境因子不同. 影响物种东西方向上分布的主要因子是年平均温差、最暖月平均温度、日照时数、太阳实际总辐射和干燥指数, 而影响物种在南北方向上分布的主要因子是最冷月平均温度和太阳潜在总辐射. 从分布区域的划分结果来看, 同以往对亚热带常绿阔叶林区域的划分方案相比, 东、西两个区域的划分与之相吻合, 而南、北两个区域的划分则向北略有延伸.

**关键词:** 壳斗科; 优势种; 对应分析; 典范对应分析; 植物地理

**中图分类号:** Q948.112 **文献标识码:** A

## Quantitative analysis on the phytogeographic characteristics of Fagaceae dominant species in evergreen broad-leaved forest

GONG Long, YAN En-rong, WANG Xi-hua

(Department of Environment Science, East China Normal University, Shanghai 200062, China)

**Abstract:** Based on the distribution data of 22 dominant species of typical evergreen broadleaf forest of *Castanopsis*, *Cyclobalanopsis* and *Lithocarpus* (Fagaceae) and 11 climatic factors, the range types of these species and their relationship with environmental factors were analyzed by Correspond Analysis (CA) and Canonical Correspond Analysis (CCA). According to the result of CA, all could be roughly classified into two range types: east type and west type. The east type could be divided into two subtypes: south and north one. In accordance with the classification of species, the study region was also divided into three range regions: west region, northern east region and southern east region. According to the result of CCA, the major environmental factors of various spatial gradients were different. In east-west direction, the seasonality in tem-

收稿日期: 2008-02

基金项目: 国家自然科学基金(30130060)

第一作者: 龚珑, 男, 硕士研究生.

通讯作者: 王希华, 男, 教授. E-mail: xhwang@des.ecnu.edu.cn.

perature, mean temperature of the coldest month, sunshine duration, total actual solar radiation and aridity index had more effects on species distribution; while in south-north direction, the mean temperature of the coldest month and total potential solar radiation were the main limitations of the range of plants and played an important role on the northern boundary of species' range region. Compared with other scheme of vegetation zonation of subtropical evergreen broad-leaf forest zone, the boundary between eastern and western region of this paper was similar while the boundary between southern and northern region was north-leaned slightly.

**Key words:** Fagaceae; dominant species; Correspondence Analysis; Canonical Correspondence Analysis; phytogeography

## 0 引言

常绿阔叶林是生长在温暖湿润的亚热带气候条件下的一种由常绿阔叶树组成的森林植被,广泛分布于东亚、北美太平洋东岸、欧洲地中海沿岸,以及大洋洲、南美洲和南非洲局部地区,是亚热带地区的地带性植被,也是亚热带陆地生态系统的重要组成部分<sup>[1,2]</sup>.我国常绿阔叶林分布最广,面积最大,类型最为复杂多样.其中典型常绿阔叶林在我国亚热带地区有着广泛的分布.

壳斗科常绿的种类是组成常绿阔叶林的重要成分,研究其优势种的植物地理特征对于理解典型常绿阔叶林的形成、动态及对全球变化的响应等方面具有重要意义.我国曾有学者对壳斗科的优势种和常见种的分布同气候指标进行了较为深入的研究.倪健等<sup>[3]</sup>利用 Holdridge 的生命地带分类系统的指标,研究了壳斗科 38 个优势种及常见种的分布与气候的关系,在此基础上将物种按照各自对生物温度和可能蒸散两项指标的不同需求,划分出 5 个水热分布类群;刘茂松等<sup>[4]</sup>基于物种丰富度和特有性格局,研究了壳斗科植物与气候地理条件的关系;刘茂松等<sup>[5]</sup>还根据壳斗科植物在中国的地理分布规律,进行了分布类型的划分.上述研究分别从物种生态位、物种丰富度和特有性格局等方面对壳斗科植物开展了积极的研究,并取得了许多进展.但是,利用地理信息系统和现代统计方法,结合物种分布资料和环境数据,在大尺度上对常绿阔叶林开展植物地理学、宏生态学(Macroecology)以及生物多样性的研究相对不足.另外,我国东部植被带的划分一直以来存在分歧,许多学者从植被分布同气候因子的关系出发采用不同的气候指标提出了各自的方案<sup>[6-10]</sup>,这些方案中对于亚热带常绿阔叶林带内的区域植被分区也未达成一致.

鉴于上述问题,本文在收集大量物种分布和环境因子资料的基础上,在区域尺度上开展常绿阔叶林壳斗科优势种植物地理特征的定量研究,一方面通过研究这些物种分布类型以及同环境因子的关系,为进一步开展常绿阔叶林的恢复与重建以及气候变化背景下对植被动态的影响等提供必要依据.另一方面,从构成植被的优势物种着手,通过对这些物种分布区域的划分,同以往的方案作对比,为我国亚热带常绿阔叶林的植被分区提供参考.

## 1 研究方法

### 1.1 研究区域和数据来源

本研究区域包括中国陆地整个亚热带地区( $18^{\circ}\sim 35^{\circ}$  N,不包括西藏).为了记录壳斗科植物的分布信息,本文将研究区域分割成  $1^{\circ}\times 1^{\circ}$  的网格作为取样单位(见图 1).每个取样单位内分别用“1”和“0”记录每个物种分布情况的有无.物种的分布情况根据中国植物志、各省植物志、相关论

文、野外调查记录、地方性植被调查报告、地方性植物名录及考察集等作为数据来源。

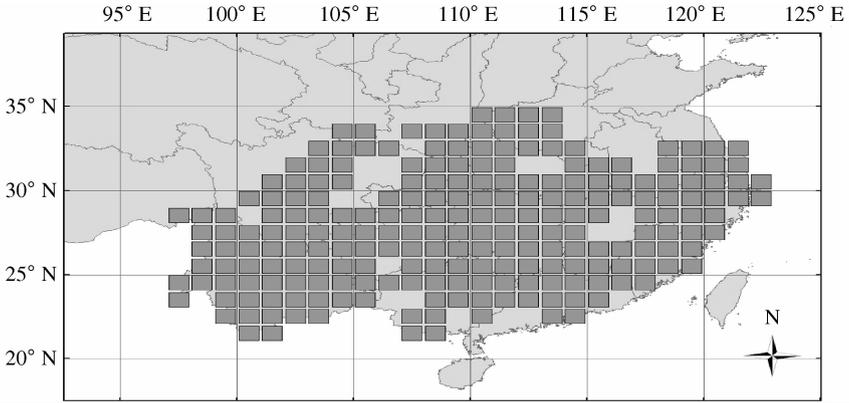


图 1 研究区域内取样单位分布图

Fig. 1 Map of samples distribution in the study region

为了体现所选取物种的代表性,本文选取锥属(*Castanopsis*)、青冈属(*Cyclobalanopsis*)和柯属(*Lithocarpus*)中的树种作为研究对象,上述三个属包含了亚热带常绿阔叶林的主要建群种<sup>[1]</sup>。同时,根据典型常绿阔叶林各群落类型主要优势种和建群种的种类组成,从上述 3 个属中按分布广泛,资料较全,地理分布较明确的要求,筛选出 22 个种作为研究对象(表 1),并会同包含这些物种分布资料的取样单位(共计 221 个)构成物种数据表(部分物种的分布图见附录)。

表 1 壳斗科 22 个植物种名录

Tab. 1 List of 22 species of Fagaceae

中文名	拉丁名	中文名	拉丁名
1 栲	<i>Castanopsis fargesii</i>	12 窄叶青冈	<i>Cyclobalanopsis augustinii</i>
2 苦槠	<i>Castanopsis sclerophylla</i>	13 小叶青冈	<i>Cyclobalanopsis myrsinaefolia</i>
3 米槠	<i>Castanopsis carlesii</i>	14 细叶青冈	<i>Cyclobalanopsis gracilis</i>
4 甜槠	<i>Castanopsis eyrei</i>	15 福建青冈	<i>Cyclobalanopsis chungii</i>
5 罗浮锥	<i>Castanopsis fabri</i>	16 柯	<i>Lithocarpus glaber</i>
6 毛锥	<i>Castanopsis fordii</i>	17 包果柯	<i>Lithocarpus cleistocarpus</i>
7 小果锥	<i>Castanopsis fleuryi</i>	18 港柯	<i>Lithocarpus harlandii</i>
8 高山锥	<i>Castanopsis delavayi</i>	19 木姜叶柯	<i>Lithocarpus litsei folius</i>
9 元江锥	<i>Castanopsis orthacantha</i>	20 硬壳柯	<i>Lithocarpus hancei</i>
10 青冈	<i>Cyclobalanopsis glauca</i>	21 白德柯	<i>Lithocarpus craibianus</i>
11 云山青冈	<i>Cyclobalanopsis sessili folia</i>	22 灰背叶柯	<i>Lithocarpus hypoglauca</i>

本文总共选取了以下 11 个环境因子作为环境数据用于分析:年平均温度、最冷月平均温度、最暖月平均温度、年平均温差、年平均降水、干燥指数、太阳实际总辐射、太阳潜在总辐射、实际日照时数、年实际蒸散量和年潜在蒸散量。蒸散量数据来源于全球蒸散与水平衡数据集<sup>[11,12]</sup>,其余气象数据来源于中国生态系统研究网络共享数据库<sup>[13]</sup>。所有气象数据利用 ArcGIS 9.0 软件,经空间插值转换为  $1^{\circ} \times 1^{\circ}$  的网格,并按照取样单位的地理坐标提取数据并制成环境数据表。

## 1.2 数据分析

本文采用排序的方法对所研究物种的分布类型及其对应的分布区域进行划分. 通过对对应分析法和典范对应分析法, 对 22 个物种进行了间接和直接梯度分析. 通过采取两种不同的排序方法, 进行了分布区划分、确定了分布区类型并分析了造成物种分布类型差异的主要梯度及其环境解释. 在 CCA 排序图上, 各环境因子用箭头表示, 箭头的长度、方向、以及同排序轴的夹角同该环境因子与该排序轴的相关性成正比. 上述相关分析均利用统计分析软件 CANOCO for Windows 4.5<sup>[14,15]</sup> 及附带的作图软件 CANODRAW 4.0 完成.

## 2 结果与分析

### 2.1 物种分布类型和分布区域分析

基于物种分布数据的 CA 分析结果见表 2, 前两个 CA 轴总共解释了总变异的 42.7%. CA 分析得到的物种和取样单位排序结果见图 2. 图中轴 1 自左向右代表了物种东西方向分布的梯度, 左侧是分布在东部地区的物种, 而右侧是分布在西部地区的物种. 轴 2 自上往下代表了物种南北方向分布的梯度, 上方分布偏南的物种, 而下方是分布偏北的物种. 根据排序图的结果, 全部物种可以根据轴 1 分为东、西两个分布类型, 分别用类型 I 和类型 II 表示. 类型 II 又可根据轴 2 所示梯度分为北部和南部两个亚类型, 分别用 II-a 和 II-b 表示. 所有取样单位也根据排序结果进行了区域的划分: 与物种分布类型的划分相对应, 所有取样单位也被分为了亚热带西部、亚热带东部偏北和亚热带东部偏南三个分布区域, 作为不同分布类型物种的最适分布区. 三个分布区域的实际地理位置分布见图 3.

表 2 特征值和累计变异百分比

Tab. 2 Eigenvalues and cumulative percentage variance of CA & CCA

排序轴	特征值		累计变异百分比/%	
	CA	CCA	CA	CCA
1	0.549	0.472	31.4	26.4
2	0.199	0.151	42.7	34.8

### 2.2 物种分布类型同环境因子的关系

从 CCA 分析的结果中看, 尽管排序轴 1 和排序轴 2 的特征值和对总变异的解释能力(累计变异百分比)稍有下降(见表 2), 但其对总变异的解释能力仍达到了 34.8%, 说明所选用的环境因子已经包含了 CA 分析所揭示的大部分梯度信息. 11 个环境因子在 CCA 排序图中(见图 4)用箭头表示, 箭头的指向是该环境因子梯度变化的方向, 物种在各箭头线段上的投影位置代表了物种在该环境梯度上的顺序. 位于轴 1 右侧的是西部类型物种(I), 该类型包括: 小果锥(*Castanopsis fleuryi*)、高山锥(*Castanopsis delavayi*)、元江锥(*Castanopsis orthacantha*)、窄叶青冈(*Cyclobalanopsis augustinii*)、白穗柯(*Lithocarpus craibianus*)和灰背叶柯(*Lithocarpus hypoglaucus*). 从图上可以看出, 影响西部类型物种分布的主要环境因子是日照时数、太阳总辐射和干燥指数. 东部类型物种位于轴 1 的左侧, 其中位于轴 2 上方的是东部偏北亚类型(II-a), 该类型包括: 苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、小叶青冈(*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、细叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis*)和包果柯(*Lithocarpus cleistocarpus*). 影响该亚类型分布的主要环境因子是年平均温差. 位于轴 2 左下方的是东部偏南亚类型(II-b), 该类型包括: 栲(*Castanopsis fargesii*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)、毛锥(*Castanopsis for-*

dii)、云山青冈 (*Cyclobalanopsis sessilifolia*)、福建青冈 (*Cyclobalanopsis chungii*)、柯 (*Lithocarpus glaber*)、港柯 (*Lithocarpus harlandii*)、木姜叶柯 (*Lithocarpus litseifolius*) 和硬壳柯 (*Lithocarpus hancei*)。影响该亚类群分布的主要环境因子是最暖月平均温度、年平均降水、年平均温度和太阳实际总辐射。根据各分布类型物种在各环境梯度上的投影顺序可以看出,西部类群物种所处生境的日照和太阳辐射更充足,而降水量和年平均温差较小,夏季的平均温度也较低,而东部类群物种所处生境在日照和太阳辐射上较少,而降水量、年平均温差更大,夏季的平均气温较高。此外,类型 II-b 物种所处的生境在降水量、潜在太阳总辐射、年平均温度以及冬季平均温度比类型 II-a 物种的生境更高。

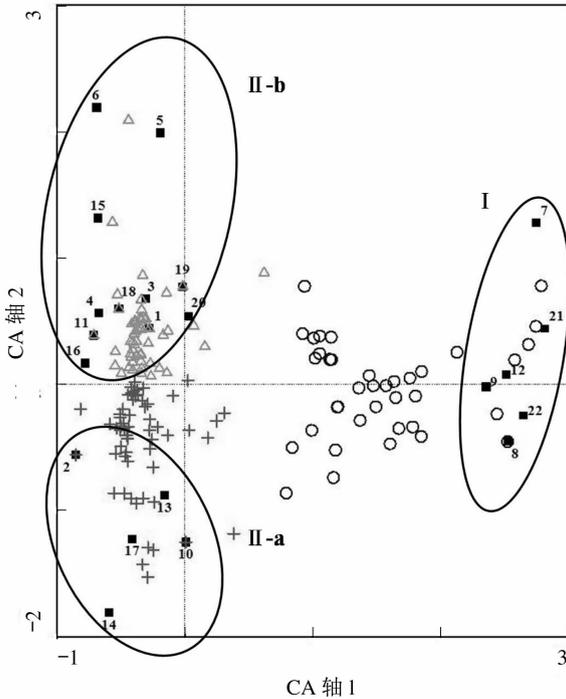


图 2 壳斗科 22 个物种分布和取样单位的 CA 排序图

Fig. 2 CA biplot of 22 species of Fagaceae and samples

注:图中序号所代表的物种见表 1,取样单位根据划分的分布区域分别用圆圈、十字和三角形等符号表示

### 2.3 分布区域与环境因子的关系

图 5 反映了取样单位同环境因子之间的关系,所有取样单位根据之前分布区域的划分用不同的符号表示。从图 5 可以看出,各分布区域同环境因子的对应关系与图 4 中各物种分布类型同环境因子的相关性类似:分布区域 I 同日照时数、太阳实际总辐射以及干燥指数呈正相关,而与降水量呈负相关;分布区域 II-a 在排序图上表现为同潜在蒸散、潜在辐射和最冷月平均温度呈负相关,而与干燥指数呈正相关;分布区域 II-b 在排序图上表现为同年平均降水、年平均温度、太阳实际总辐射和最暖月平均温度呈正相关。总体而言,我国亚热带西部区域辐射强度大,降雨少,气候较干燥;而东部区域辐射强度小,降雨充沛,气候较湿润。在东部区域内,北部亚区域位于北纬  $28^{\circ}$  以北(见图 3),属于中亚热带偏北、向暖温带过渡的区域,该亚区域的气候相对寒冷,降水量也较少;南部亚区域位于北纬  $28^{\circ}$  以南,属于中亚热带

偏南、向亚热带过渡的区域,该亚区域的气候更温暖,温度较高,降雨充沛,水热条件较好.

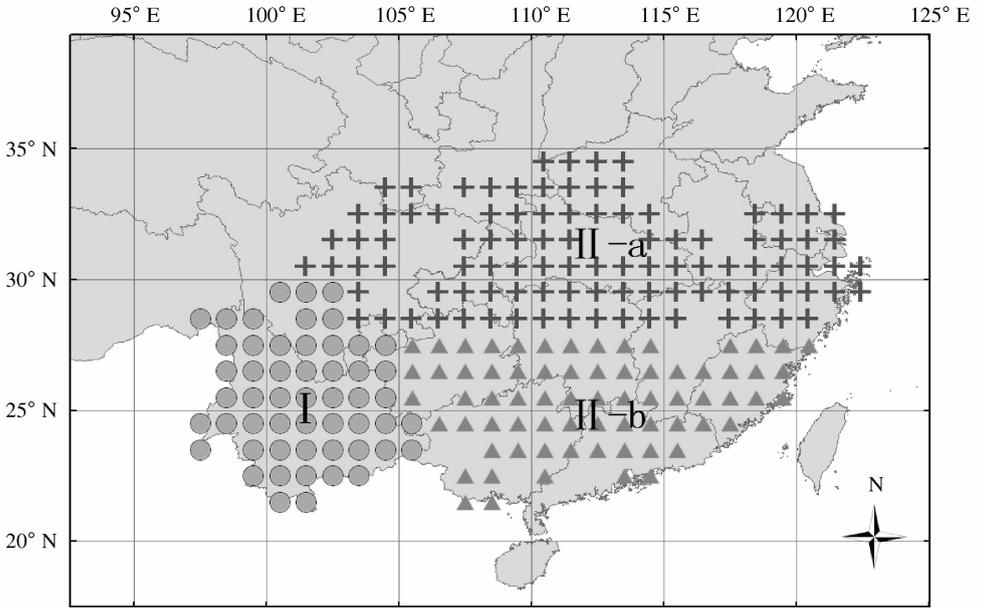


图3 分布区域地理分布图

Fig. 3 Geographic distribution of three range regions

注:图中符号所代表的分布区域同图2

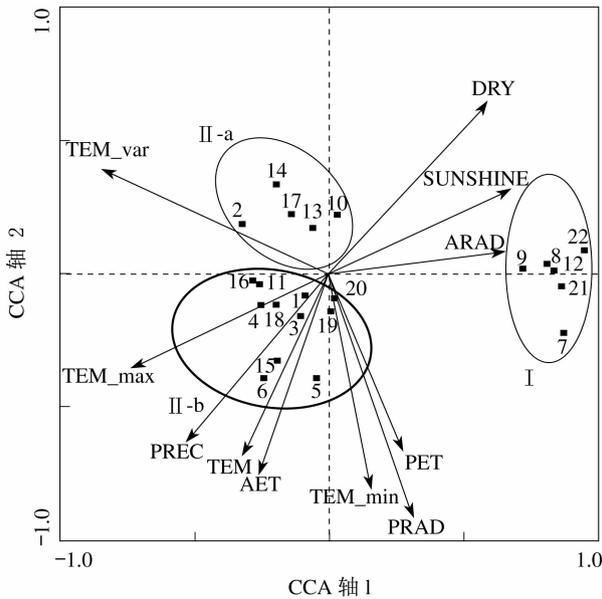


图4 壳斗科22个种分布与环境因子关系的CCA排序图

Fig. 4 CCA biplot of 22 species of *Fagaceae* and environmental variables

注:图中序号所代表的物种见表1; TEM 年平均温度,TEM\_min 最冷月平均温度,TEM\_max 最暖月平均温度, TEM\_var 年平均温差,PREC 年平均降水,DRY 干燥指数,ARAD 太阳实际总辐射,PRAD 太阳潜在总辐射, SUNSHINE 实际日照时数,AET 年实际蒸散量,PET 年潜在蒸散量

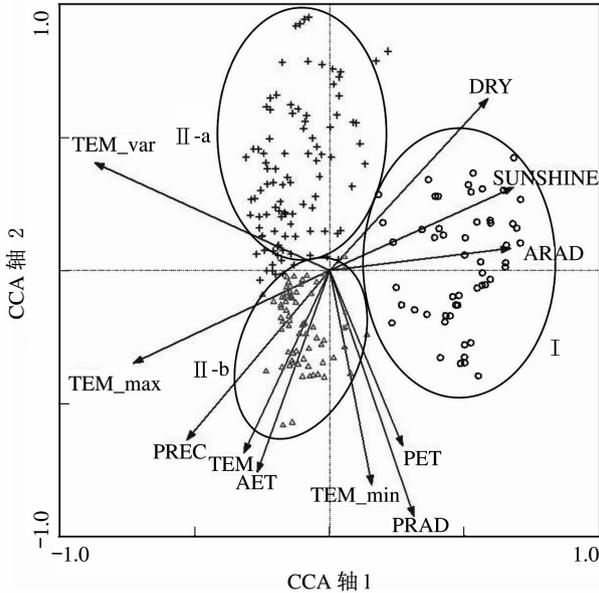


图 5 研究区域的样方与环境因子关系的 CCA 排序图

Fig. 5 CCA biplot of samples and environmental variables

注: 图中符号所代表的分布区域同图 2; TEM 年平均温度, TEM\_min 最冷月平均温度, TEM\_max 最暖月平均温度, TEM\_var 年平均温差, PREC 年平均降水, DRY 干燥指数, ARAD 太阳实际总辐射, PRAD 太阳潜在总辐射, SUNSHINE 实际日照时数, AET 年实际蒸散量, PET 年潜在蒸散量

### 3 讨 论

#### 3.1 物种分布类型的划分

根据排序分析的结果,壳斗科 22 个优势种可分为 3 个分布类型. 类型 I 的物种属于西部分布类型, 主要分布在我国的云南、贵州西部和四川西南部; 类型 II 的物种属于东部分布类型, 主要分布在华东、华南和华中等地. 其主要成因是下半年从太平洋吹向本区域的暖湿气流可以直接影响华东、华南和华中, 而未达到西部的云贵高原. 冬季来自北方的西伯利亚冷气团可以直接影响华中、华东, 甚至于华南; 但对云贵高原影响甚小, 所以, 东部春夏高温、多雨, 而冬季降温显著, 但仅稍干燥. 云贵高原和川西山地下半年主要受印度洋西南季风的影响, 构成夏秋多雨的雨季; 冬季则受热带大陆干热气团的影响, 冬春干暖的旱季比东部更显著. 东部分布类型中一些对干旱和低温有一定抗性的物种被划归为东部偏北亚类型(II-a), 该类型的物种不仅分布于华南、华中和华东各省, 而且有的可以扩散至中亚热带北部(北纬 28°以北)甚至暖温带地区. 由于对低温和干燥的耐受性较高, 该类型的物种多为广布种, 如苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca*)、小叶青冈(*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*)、细叶青冈(*Cyclobalanopsis gracilis*)等. 而另一些对低温耐受性低的物种被划归为东部偏南亚类型(II-b), 该类型的物种集中分布于中亚热带南部(北纬 28°以南)和南亚热带地区, 如栲(*Castanopsis fargesii*)、米槠(*Castanopsis carlesii*)、甜槠(*Castanopsis eyrei*)的分布区仅局限于长江以南地区.

本文划分的三种分布类型同倪健等<sup>[16]</sup>对亚热带常绿阔叶林优势种和常见种沿水分和热量梯度分布格局的研究结果比较一致.从水分梯度上看,西部类型的物种属于低湿类群,而东部类型的物种属于高湿、中湿类群.从热量梯度上看,西部类型的物种属于低温类群,而东部偏北亚类型属于低温类群,而偏南亚类群属于高温类群.所以从生态适应上看,本文三种类型可以分别归为低温低湿(类型 I)、低温中湿(类型 II-a)以及高温高湿(类型 II-b)三种生态类群.

表 3 前 2 个排序轴和 11 个环境因子的相关系数

Tab. 3 Correlation coefficients of eleven environmental factors with the first two axes of CCA

	EN1	EN2	SP1	SP2	TEM	ARAD	PRAD	PREC	DRY	AET	PET	SU SHINE	TEM_ max	TEM_ min	TEM_ var
EN2	0	1													
SP1	0.9282	0	1												
SP2	0	0.8732	-0.0025	1											
TEM	-0.3367	-0.6563	-0.3125	-0.5731	1										
ARAD	0.6775	0.1188	0.6288	0.1037	-0.152	1									
PRAD	0.2952	-0.9219	0.274	-0.805	0.6071	0.1783	1								
PREC	-0.5415	-0.5901	-0.5027	-0.5153	0.5986	-0.1528	0.3605	1							
DRY	0.6026	0.6235	0.5593	0.5445	-0.6205	0.3497	-0.357	-0.8976	1						
AET	-0.2976	-0.7386	-0.2762	-0.645	0.6679	-0.1226	0.6312	0.6766	-0.6668	1					
PET	0.254	-0.6484	0.2358	-0.5662	0.4777	0.3231	0.7454	0.3766	-0.3279	0.7689	1				
SUNS HINE	0.6892	0.3305	0.6398	0.2886	-0.4052	0.9382	-0.0502	-0.3369	0.5219	-0.3026	0.1463	1			
TEM <sub>max</sub>	-0.7375	-0.3102	-0.6845	-0.2709	0.8394	-0.4171	0.1558	0.6238	-0.6356	0.4825	0.0938	-0.5771	1		
TEM <sub>min</sub>	0.1358	-0.7906	0.1261	-0.6904	0.8686	0.1309	0.8485	0.4231	-0.4412	0.6594	0.7026	-0.1337	0.4657	1	
TEM <sub>var</sub>	-0.8636	0.427	-0.8017	0.3729	0.0292	-0.5388	-0.6352	0.229	-0.2239	-0.1325	-0.5612	-0.452	0.5652	-0.4668	1

注: EN1 环境因子排序轴 1; EN2 环境因子排序轴 2; SP1 物种排序轴 1; SP2 物种排序轴 2

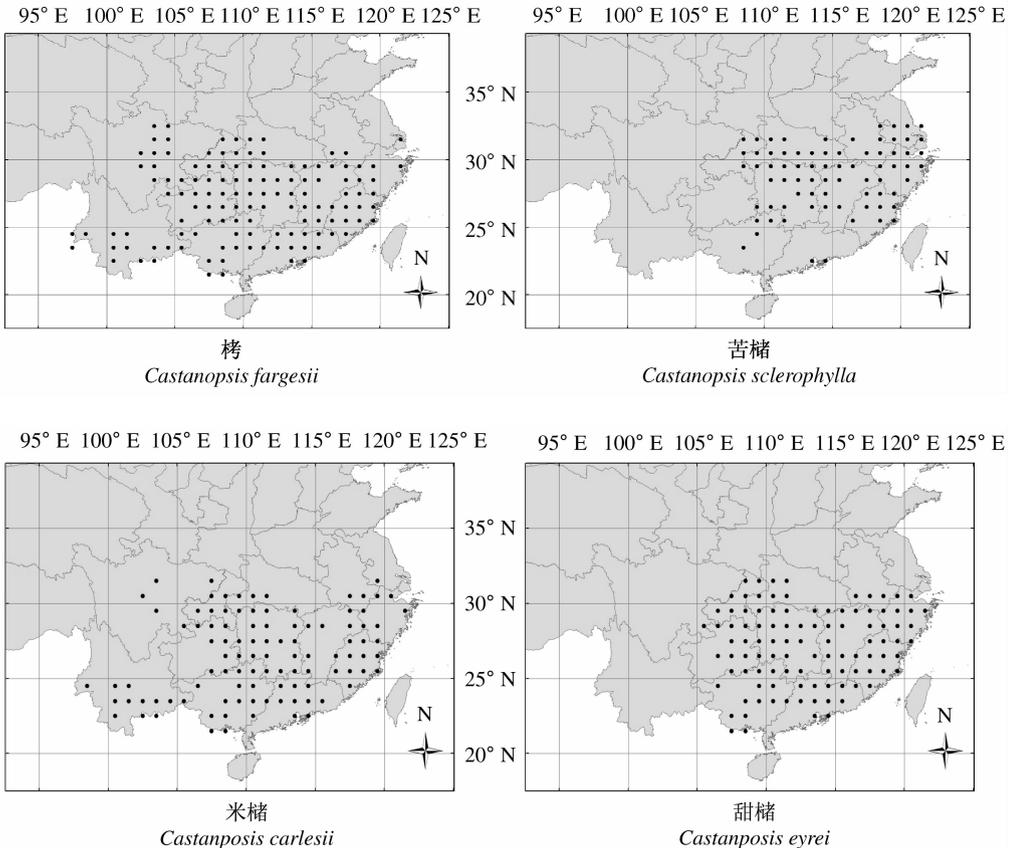
### 3.2 研究区域的划分

《中国植被》<sup>[6]</sup>认为由于我国常绿阔叶林东、西两个区域在气候上存在差异,而将其分为东部(湿润)常绿阔叶林和西部(半湿润)常绿阔叶林两个亚区域.气候差异具体表现为东部亚区域一年中温度变化大、四季分明,而西部亚区域气温年变幅小,但相对干燥,有明显的干湿季之分.本文的研究结果也发现该区域内的物种组成和气候条件等方面在东、西方向上存在显著差异.表 3 显示了所有环境因子间的相关系数以及它们同 CCA 轴 1 和轴 2 的相关系数,从表中可以看出,与代表东西方向梯度的排序轴 1(水平轴)相关性最大的两个环境因子是年平均温差和最暖月平均温度,其次是干燥指数,这一结果同《中国植被》的论述相吻合.此外,除了温度变化和干燥程度的差异,本文还发现太阳辐射和日照时数也是区分东、西两个区域的重要环境因子,这可能与西部地区高海拔的地理特征有关.另外本文还发现,与代表南北方向梯度的排序轴 2(垂直轴)相关性最大的两个环境因子是潜在总辐射和最冷月平均温度.这一方面同热量分布的纬度地带性相符合,另外最冷月平均温度高低决定了物种在冬季所面临的低温胁迫程度,从而限制了东部亚区域内物种分布的北界.本文中常绿阔叶林东、西部两个区域的分界同以往的植被分区方案<sup>[8,9]</sup>中对于亚热带常绿阔叶林东部亚区和西部亚区的划分比较吻合,而东部区域分割南北两个亚区的分界线同一些植被分区方

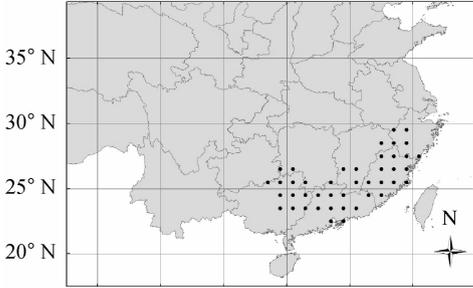
案<sup>[8-10]</sup>相比往北延伸了约 2~3 个纬度.原因可能在于本文所选用的植物数据仅限于壳斗科 3 个属的 22 个物种,其他科属的数据并未包括,因此本文对分布区域的划分同一般的植被分区结果存在一定差异.但是,本文的研究结果也说明,利用组成群落的优势种的分布资料进行数量分析或许可以对以往各类植被分区方案提供参考和依据.

同以往在植物同某一气候指标的相关研究上对植物进行类群划分的方法不同,如 Kira 的温暖指数 WI、寒冷指数 CI<sup>[17]</sup>和 Holdridge 的生物温度 BT、潜在蒸散率 PEV<sup>[18]</sup>等,本文采用物种实际分布的信息通过梯度分析的方法对其进行类群的划分.尽管这种方法无法借助气候指标的范围进行量化的等级划分,但是由于直接采用物种的分布数据,因而划分的结果能够更为准确地反应物种的实际分布格局,而且各物种分布在空间梯度上的差异得以在图上更为直观地体现.基于定量化分析,不仅能够准确地揭示物种分布类型同环境因子之间的关系、深化对地带性植被、不同植物气候类型的理解,同时也可以在此基础上根据不同区域的气候特点,研究适合该区域分布的潜在自然植被,从而为植被恢复和保护提供理论支持.本文通过对壳斗科 22 个优势物种的分布类型及其环境因子的数量研究,力求进一步揭示我国亚热带常绿阔叶林分布格局的影响因子.但是,由于组成我国亚热带常绿阔叶林的物种非常丰富,植被类型多样,所得到的结论可能还只是初步的,更多的还有待于通过研究其他科属的优势植物进一步验证和完善.

#### 附录:文章选取的壳斗科部分物种的分布图

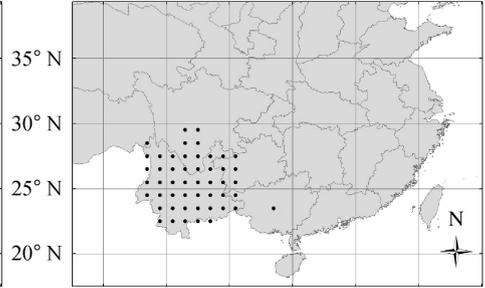


95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E



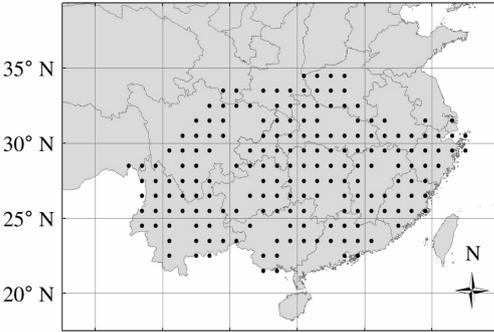
毛锥  
*Castanopsis fardii*

95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E



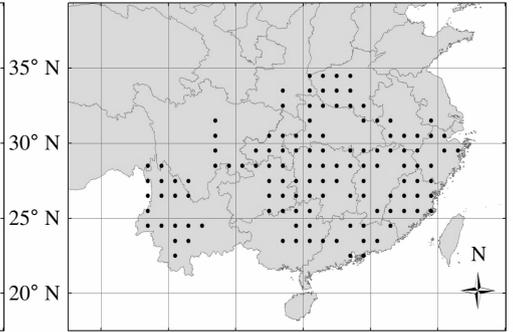
高山锥  
*Castanopsis delavayi*

95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E



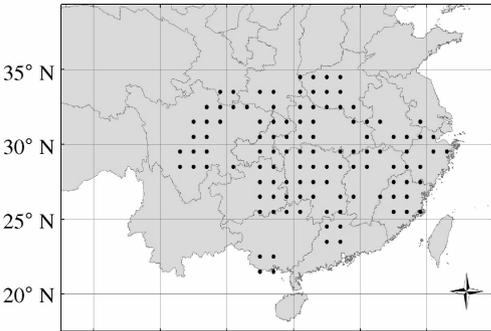
青冈  
*Cyclobalanopsis glauca*

95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E



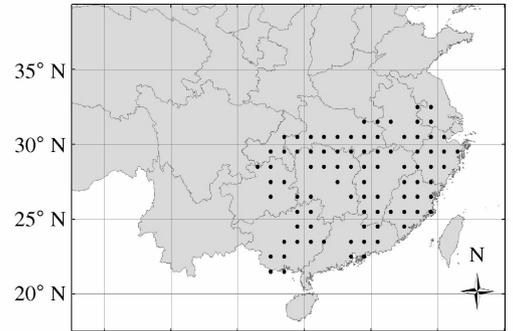
小叶青冈  
*Cyclobalanopsis myrsinaefolia*

95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E

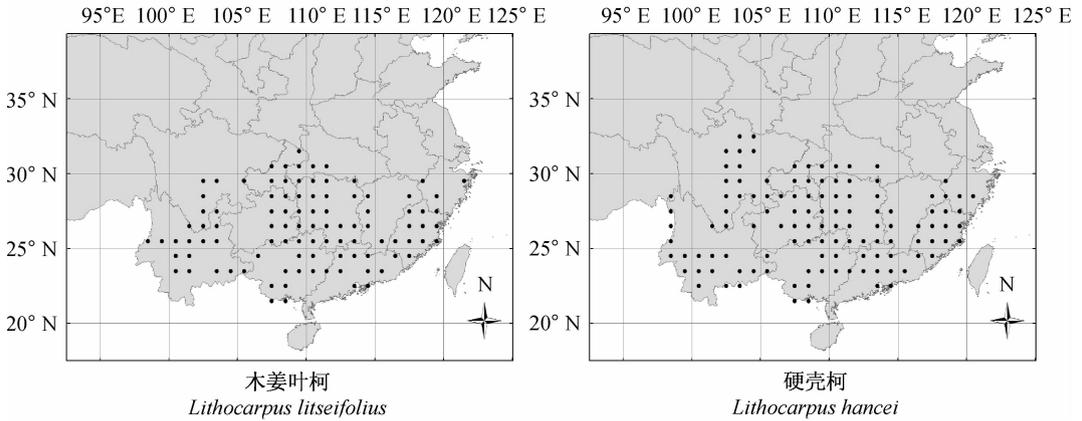


细叶青冈  
*Cyclobalanopsis gracilis*

95° E 100° E 105° E 110° E 115° E 120° E 125° E



柯  
*Lithocarpus glaber*



## [参 考 文 献]

- [1] 李昌华. 亚洲东部常绿阔叶林的分布[J]. 自然资源, 1997(2):37-45.  
LI C H. The distribution of evergreen broad-leaved forest in East Asia[J]. Resources Science, 1997(2):37-45.
- [2] 宋永昌, 陈小勇, 王希华. 中国常绿阔叶林研究的回顾与展望[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 2005(1):1-8.  
SONG Y C, CHEN X Y, WANG X H. Studies on evergreen broad-leaved forests of China: a retrospect and prospect[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 2005(1):1-8.
- [3] 倪健, 宋永昌. 中国常绿阔叶林壳斗科主要种的分布与气候[J]. 华东师范大学学报(自然科学版), 1997(2): 100-107.  
NI J, SONG Y C. Climate and geographical distribution of dominants and companions of fagaceae for broadleaved forest in China[J]. Journal of East China Normal University (Natural Science), 1997(2):100-107.
- [4] 刘茂松, 洪必恭. 中国壳斗科的地理分布及其与气候条件的关系[J]. 植物生态学报, 1998, 22(1):41-50.  
LIU M S, HONG B G. The distribution of Fagaceae in China and its relationship with climatic and geographic characters[J]. Acta Phytoecologica Sinica, 1998, 22(1):41-50.
- [5] 刘茂松, 洪必恭. 中国壳斗科的分布格局类型分析[J]. 南京林业大学学报, 1999, 23(5):18-22.  
LIU M S, HONG B G. The analysis of distribution pattern of Fagaceae in China[J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1999, 23(5):18-22.
- [6] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [7] 中国自然地理编辑委员会. 中国自然地理: 植物分册(下册)[M]. 北京: 科学出版社, 1988.
- [8] 宋永昌. 中国东部森林植被带划分之我见[J]. 植物学报, 1999, 41(5):541-552.  
SONG Y C. Perspective of the vegetation zonation of forest region in eastern China[J]. Acta Botanica Sinica, 1999, 41(5):541-552.
- [9] 中国植被图集编委会. 中国植被图集[M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- [10] 方精云. 也论我国东部植被带的划分[J]. 植物学报, 2001, 43(5):522-533.  
FANG J Y. Re-discussion about the forest vegetation zonation in eastern China[J]. Acta Botanica Sinica, 2001, 43(5):522-533.
- [11] AHN C H, TATEISHI R. Development of a global 30-minute grid potential evapotranspiration data set[J]. Journal of the Japan Society of Photogrammetry and Remote Sensing, 1994, 33:12-21.
- [12] TATEISHI R, AHN C H. Mapping evapotranspiration and water balance for global land surfaces[J]. Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 1996, 51: 209-215.
- [13] 于贵瑞, 何洪林, 刘新安, 等. 中国陆地生态系统空间化信息研究图集——气候要素分卷[M]. 北京: 气象出版社, 2004.

- 
- [14] TER BRAAK, CAJO J F. CANOCO - an extension of DECORANA to analyse species-environmental relationships [J]. *Vegetatio*, 1988, 75:150-160.
- [15] TER BRAAK, CAJO J F, SMILAUER P. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (Version 4)[M]. New York: Microcomputer Power, Ithaca, 1998.
- [16] 倪健, 宋永昌. 中国亚热带常绿阔叶林优势种及常见种的水热分布类群[J]. *植物生态学报*, 1997, 21(4):349-359.
- NI J, SONG Y C. The water temperature distributional groups of dominants and companions of subtropical evergreen broadleaved forest in China[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(4):349-359.
- [17] KIRA T. A New Classification of Climate in Eastern Asia as the Basis for Agricultural Geography[M]. Kyoto: Horticultural Institute, Kyoto University, 1945.
- [18] HOLDRIDGE L R. Life Zone Ecology[M]. San Jose: Tropical Science Center, 1967.
- 

(上接第 50 页)

- [14] ERIC F, VERMOTE. Second simulation of the satellite signal in the solar spectrum, 6S: an overview [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1997, 35(3): 675-686.
- [15] 赵英时. 遥感应用分析原理与方法[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- ZHAO Y S. The Analytical Principle and Method of Remote Sensing Application [M]. Beijing: Science Press, 2003.
- [16] GREEN A, BERMAN. A transformation for ordering multispectral data in terms of image quality with implications for noise removal [J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 1988, 26 (1): 65-74.
- [17] BRUCE L, DICKSON. Recent advance in aerial gamma-ray surveying [J]. *Journal of Environmental Radioactivity*, 2004, 76: 225-336.
- [18] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- WU J G. Landscape Ecology——Pattern, Process, Scale and Grade [M]. Beijing: Higher Education Press, 2000.
- [19] LO C P, QUATTROCHI D A, LUVALL J C. Application of high resolution thermal infrared remote sensing and GIS to assess the urban heat island effect [J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1997, 18: 287-303.