

文章编号: 1001-1498(2008)04-0469-06

广东省山茶科物种丰富度水平地带性格局分析

贾小容, 苏志尧

(华南农业大学林学院, 广东 广州 510642)

摘要:通过分析广东省山茶科 125种植物物种丰富度水平地带性格局,并对其进行环境解释,利用软件 DMAP将广东省划分为 72个 $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ 的经纬度网格,并将基于网格的物种丰富度表现出来,同时利用箱形图分析其水平分布格局。结果表明:广东省山茶科植物的分布中心位于粤北山区,表现出显著的经度 ($P = 0.0012$)、纬度 ($P = 0.0049$)地带性差异。对 125种植物、72个网格和 6个环境因子进行典范对应分析(CCA)表明:CCA排序轴第 1轴主要代表温度的变化梯度,第 2轴主要代表水分的变化梯度,说明水分、温度等因素共同影响山茶科植物在广东的生长和分布,其中年均最低温度是影响广东省山茶科植物丰富度水平地带性格局的最大因子。

关键词:山茶科植物;物种丰富度分布格局;CCA;广东省
中图分类号: S718.54 **文献标识码:** A

Study on Horizontal Zonal Pattern of Theaceous Plant Species Richness in Guangdong Province

JIA Xiao-rong, SU Zhi-yao

(College of Forestry, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong, China)

Abstract: The horizontal zonal pattern of Theaceae plant species richness in Guangdong Province and its relation to the environmental factors were studied. Both data of species distribution and environmental factors were tabulated based on a digitized map of Guangdong Province gridded at 0.5° latitude $\times 0.5^\circ$ longitude. Grid-based richness was mapped using DMAP, a distribution mapping program, and horizontal patterns were assessed using F tests. The richness center of the Theaceae plant species under study is located in the mountainous area of north Guangdong (22.5° N, and $112 \sim 115^\circ$ E). These plants species exhibited significant longitudinal difference ($P = 0.0012$), and latitudinal variation ($P = 0.0049$). Canonical Correspondence Analysis (CCA) showed the distribution of plant species could be explained by climatic factors and moisture factors, and MAMI (mean annual minimum temperature) was the key factor determining the distribution pattern of Theaceae plant species richness in the study area.

Key words: Theaceae plant; distribution pattern of species richness; CCA; Guangdong Province

物种被认为是最直接、最易观察和最适合研究生物多样性的生命层次^[1],生物多样性的研究以物种多样性的研究较多^[2]。研究物种多样性的格局及控制这些格局的生态因子,是为了揭示物种的分布规律及影响因素^[3],是物种多样性研究的重要内容^[4-6],是保护生物学研究的基础^[7]。采用动植物志等资料研究生物多样性分布格局是当前大尺度生

物多样性研究的一种较为成熟的方法^[8]。国内外学者利用动植物志等资料,对物种丰富度的空间分布规律及其与环境因子之间的关系进行了广泛的研究^[6,9-18],为植物资源的开发、利用和科学研究提供了大量的基础资料^[19]。

全世界山茶科(Theaceae)植物约 30属,700余种,广泛分布于热带亚热带地区,而亚洲最集中。中国山

收稿日期: 2007-10-08

基金项目: 广东省科技项目(2002C20703);华南农业大学校长科学基金项目“广东山茶科植物资源的分布及引种潜力研究(K05135)”

作者简介: 贾小容(1978—),女,讲师,主要从事森林生态学研究。

茶科植物约 15 属, 500 余种^[20-21]。根据广东植物志第二卷^[21] (排除产地属海南岛和香港种) 和中国植物志第四十九卷^[22], 广东省山茶科植物 (除去栽培种) 有 13 属, 110 种, 12 变种, 3 变型。苏志尧等^[23] 研究表明, 广东共有 8 种山茶科稀有濒危植物, 除金花茶 (*Camellia nitidissima* Chi) 外, 包含了中国第一批山茶科稀有濒危植物的全部种类, 而且猪血木 (*Euryodendron excelsum* H. T. Chang) 和圆籽荷 (*Apterosperma obovate* H. T. Chang) 代表了高度特有和高度濒危的类型, 同时又是山茶科中的单型属种, 具有重要的系统学意义。针对山茶科植物的研究, 多集中于分类学和系统学方面^[24], 或物种的生理生态^[25]、种群^[26] 以及单个物种的地理分布特征^[27-28] 等, 而从生物多样性角度, 在区域尺度上研究山茶科物种丰富度分布格局尚未见报道。本文研究了山茶科物种丰富度在广东省的水平地带性格局及其主要影响因子, 揭示其适应范围和限制指标, 以期对山茶科植物资源的保护、引种和开发利用提供理论依据, 为生物多样性研究提供参考资料。

1 材料和方法

1.1 研究区自然环境特征

广东省位于亚洲大陆的东南部, 中国大陆的南部, 陆域东邻福建, 北接江西、湖南, 西与广西接壤, 南临南海, 西南端隔琼州海峡与海南省相望, 地理位置为 20°09' ~ 25°31' N、109°45' ~ 117°20' E; 全省陆地面积 17.8 万 km², 海洋国土约 17 万 km², 大陆海岸线长 3 368.1 km, 并有众多的岛屿; 设 21 个省辖

市, 77 个县 (市)^[28]。

境内地势北高南低, 山地、丘陵、台地、平原兼有, 而以山地、丘陵面积较广, 约占全省面积的 60%。粤北的石坑崆海拔 1 902 m, 是全省最高峰。在地貌上构成了 3 个阶梯: 粤北山区、粤中丘陵区 and 粤南台地、平原区, 3 个阶梯由北向南逐级递降, 并向南海倾斜。北回归线横贯全省, 除粤北山区属中亚热带季风气候外, 大部分地区为南亚热带和热带季风气候类型, 是全国光、热、水资源最丰富的地区。1 月平均气温 9 ~ 16, 7 月平均气温 28 ~ 29, 年均降水量 1 500 ~ 2 000 mm^[14]。

1.2 研究方法

1.2.1 图件的获取 由于不同行政区域的面积大小不同, 以此为地理单元来确定山茶科植物的丰富度, 缺乏客观的比较标准, 难以表述物种的区域分异规律。本文将广东省划分为 72 个 0.5° × 0.5 的经纬度网格, 记录每一物种在每一网格中的分布数, 将物种丰富度的分布规律以及网格多样性表现出来, 并确定山茶科植物的分布中心。

首先利用软件 DMAP^[29] 附带的一个数字化软件 Digitizer 数字化广东省地图, 获得广东省的边界图, 然后利用该软件生成 0.5° × 0.5 经纬度的广东省网格系统, 面积大于网格面积一半的为一个单元, 否则与相邻的网格合并为一个单元, 形成了包含 72 个网格单位的广东省网格系统, 其中含有 15 个 0.5 的经度带 (用 LO01 ~ LO15 表示) 和 11 个 0.5 的纬度带 (用 LA01 ~ LA11 表示) (图 1)。

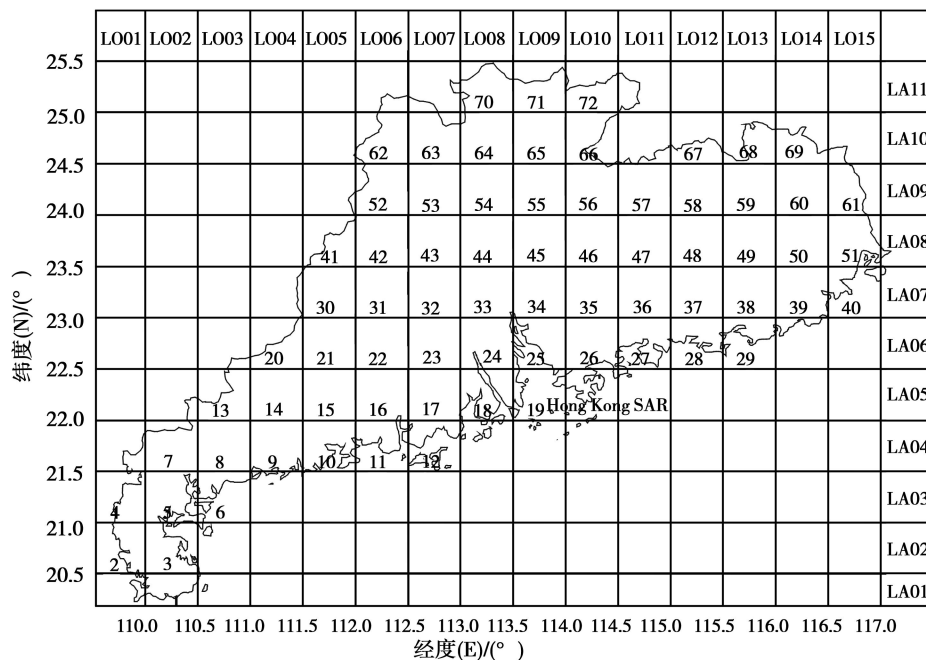


图 1 划分为 72 个 0.5° × 0.5 经纬度的广东省网格图

1.2.2 树种数据收集

1.2.2.1 树种种类的确定 利用《中国植物志》^[22]和《广东植物志》^[21]及有关的书籍、论文、野外调查记录、地方性植物名录等确定所研究的树种种类为 125 种。

1.2.2.2 树种在网格系统中的分布 通过查阅植物志、各地植物名录、华南农业大学植物标本馆资料、中山大学植物标本馆资料及华南植物研究所标本馆资料获取确定树种的分布资料,其中华南植物研究所标本馆的资料通过该所网络数字标本馆获得。根据所获得的各树种的分布资料,将其分布按照存在/不存在的方法记录于网格系统中,在某一网格存在的,记为 1,否则为 0。

1.2.2.3 网格环境数据的获取 根据公开出版的地图册^[30-31]获取海拔 (ELEV)、年均降水量 (MARL)、年均最高温度 (MAMA)、年均最低温度 (MAMI)、无霜期 (FRFR)、大于 10℃ 积温 (ACTE) 等 6 个环境因子的数据。利用已有的各种专题图,将广东省 0.5°×0.5 经纬度网格系统与每一个专题图叠加,在每个网格中,网格气候因子的值取每个网格中点所对应的数值,以该点的数值表示因子在网格中的值;海拔取最高海拔值。

1.3 数据统计分析

1.3.1 广东山茶科物种丰富度水平地带性格局分析 该统计分析在 Statistica 6.0^[32]软件上进行,箱形统计图 (box-plot) 能直观地反映数据的统计学特征^[32]。

1.3.2 物种、网格—环境关系的 CCA 排序分析 应用网格—环境因子、物种—环境因子双序图展示网格与环境因子及种类分布与环境因子间的关系,并在 PC-ORD 软件^[33]上进行典范对应分析 (CCA) 排序。进行 CCA 排序的 2 个数据矩阵分别为:一是物种数据矩阵 72 (网格数) × 125 (物种数);二是环境数据矩阵 72 (网格数) × 6 (环境因子数),其中,环境数据矩阵先通过 \ln_{10} 转换,将数据标准化。

2 结果与分析

2.1 基于网格的物种丰富度

基于网格的物种丰富度指在每一个 0.5°×0.5°

网格中的物种单位数目,提供了一种快速判断物种丰富地区的指数。通过直接统计分布在每个网格中的物种数目,探讨物种丰富度的分布格局。

125 种山茶科植物在广东省的分布存在很大的空间变异 (图 2): 分布超过 40 种的网格只有 1 个 (53 种), 对应图 1 中的 64 网格, 行政区域属于韶关市西部, 其中位于乳源瑶族自治县境内、海拔 1 902 m 的广东省最高峰石坑崆, 植被茂盛, 雨量充沛, 降水量大于蒸发量, 复杂地形形成多区域小气候; 分布 31~40 种的网格有 16 个, 主要分布在韶关市、英德市境内, 仅有 2 个网格 (第 27 和 32 网格) 分布在惠阳、惠东 (34 种) 和肇庆 (31 种); 分布 21~30 种的网格有 20 个; 分布 11~20 种的网格有 34 个; 分布较少的 (10 种) 只有 1 个网格 (第 19 网格), 处于深圳、珠海和中山交界的区域。由上可见: 在广东境内, 山茶科植物主要分布在北部的南岭山地, 以韶关市西部为中心向中部扩散, 物种多样性逐渐降低。位于第 27 网格的莲花山是南岭山地向南延伸的山地, 虽然位于粤中, 但森林植被仍是壳斗科 (Fagaceae) 占优势的亚热带常绿阔叶林, 与粤北山地上的类型很接近^[34]。肇庆鼎湖山地处北回归线附近, 由于受东南季风影响, 发育有大片的亚热带季风常绿阔叶林。图 2 所示与山茶科是亚热带常绿阔叶林的主要成分相吻合。

2.2 物种丰富度的分布格局

广东省山茶科物种丰富度的水平地带性 (经度和纬度) 分布格局见图 3。图 3 表明: 各经度带的物种分布有显著差异 ($F_{(14, 57)} = 3.126\ 029\ 14, P = 0.001\ 2$), 第 6~11 带具有较高的丰富度, 第 8 带具有最高的平均值; 各纬度带的树种分布也有显著差异 ($F_{(10, 61)} = 2.902\ 700\ 04, P = 0.004\ 9$), 第 6~11 带具有较高的丰富度, 第 11 带的平均网格丰富度最高, 平均约 35 种的树种分布于每个网格中。图 3 还表明: 在广东省境内, 从南到北, 山茶科物种丰富度有逐渐增加的趋势; 由西向东, 山茶科物种丰富度呈现中间高、两头低的模式, 其水平地带性分布存在显著的异质性。

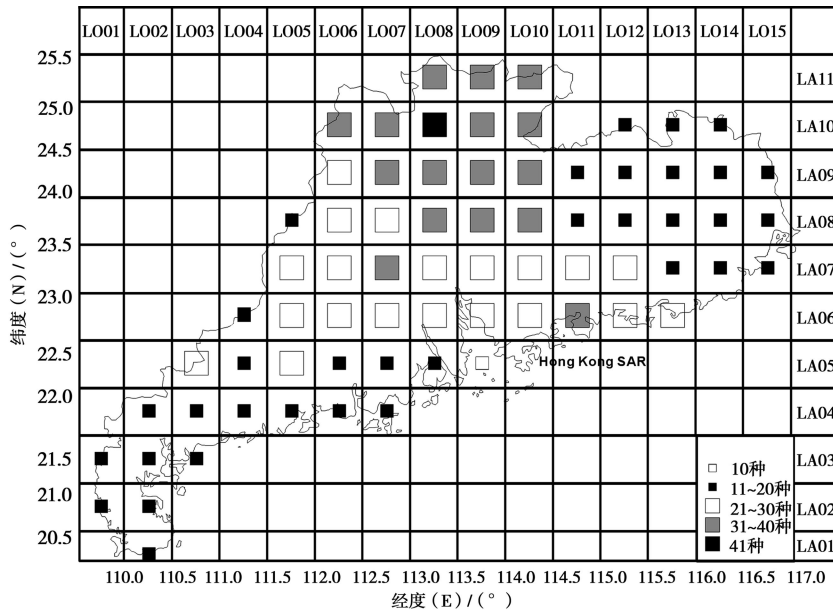


图 2 广东省山茶科物种丰富度

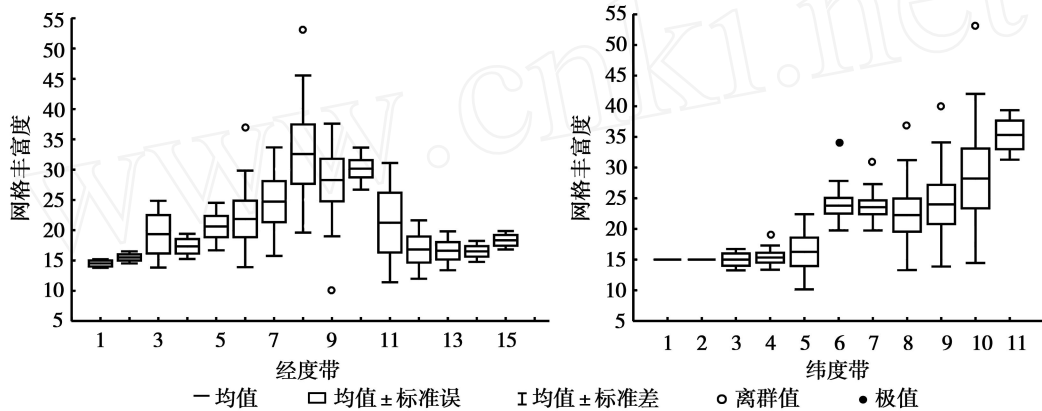


图 3 广东省山茶科物种丰富度的水平地带性分布格局

2.3 广东省山茶科物种丰富度分布格局的环境解释

广东省山茶科植物 CCA 排序见图 4。图 4 中，实线段（矢量）表示环境因子，连线的长短表示分布网格（图中黑点）与该环境因子关系的大小，点和点之间的距离表示各分布网格物种丰富度的相似程度，实线与排序轴的夹角表示该环境因子与排序轴相关性的正负。广东省山茶科植物 CCA 分析 3 个排序轴（第 3 排序轴未在图中显示）的特征根值分别为 0.249、0.152、0.102，植物与环境因子 3 个排序轴的相关系数分别为 0.866、0.831、0.725，且特征根和植物与环境因子的相关系数都通过蒙特卡罗检验， P 值皆为 0.01，说明排序效果理想。

从图 4 的排序轴看出：第 1 排序轴与年均最低温度 (MAM I) (0.972)、积温 (ACTE) (0.904) 和无霜期 (FRFR) (0.856) 表现为正相关，与海拔 (ELEV) (-0.499) 表现为负相关，沿第 1 排序轴，网格分布呈现向暖、低海拔方向过渡；第 2 排序轴与年均降水量 (MARL) (0.800) 呈正相关，与年均最高温度 (MAMA) (-0.477) 呈负相关，沿第 2 排序轴，网格分布呈现向湿、年均最高温度较低方向过渡。可见，水分、热量等条件共同影响着广东省山茶科植物的分布。CCA 第 1 轴显著反映了热量由低到高的变化，结合图 1、2、4 可知，分布有 30 个物种以上的网格基本分布在热量较低的二、三象限，与广东省网格分布由北向南的地理特征相吻合，且符合图 3 所示纬度性分布规律；第 2 轴与降水量显著相关，表现为

降水量由少到多的变化趋势,处于轴 1 右端且靠近轴 1 的网格在满足热量较低的前提下,降水量和物种丰富度都较高,这符合图 3 所示经度性分布规律。

由图 4 还看出:环境因子中,年均最低温度与积温、无霜期间均呈显著相关性,3 种环境因子间夹角极小。可见,温度因素对物种分布影响最为重要,其中年均最低温度是影响广东省山茶科植物多样性分布格局的最大因子。

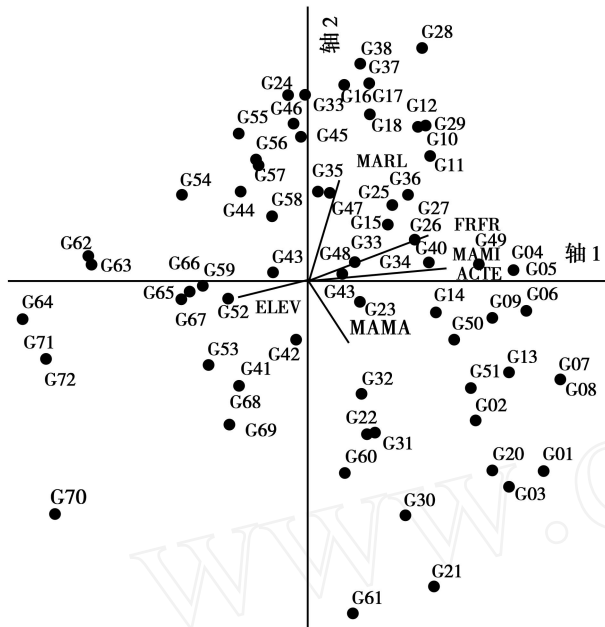


图 4 广东省山茶科物种 72 个分布网格与环境因子的 CCA 二维排序
(图中 G01、G02、G03...G72 等编码代表图 1 中
72 个 $0.5^{\circ} \times 0.5$ 经纬度网格)

3 结论与讨论

广东省大陆处于热带的北部和亚热带的南部,气候特点决定了南部的地带性植被类型是热带季雨林,北部的地带性植被类型是亚热带常绿阔叶林,中部则是亚热带常绿季雨林。中部的亚热带常绿季雨林一方面具有热带林的特征,另一方面又具有亚热带林的特征,它是介于热带季雨林和亚热带常绿阔叶林之间的一个过渡类型。地理位置反映在气候上的过渡型使广东省植被的性质也同样表现出过渡型的特点^[35],广东省山茶科物种丰富度的分布同样表现出该特征,在水平分布上,山茶科物种丰富度在广东省呈现显著的地带性分布规律,以粤西北山区为中心,向中部地区扩散。CCA 排序(图 4)表明,决定广东省山茶科物种丰富度分布格局的关键因子是年均最低温度、大于 10 积温和无霜期等温度因子,其次是年

均降水量,说明水、热条件共同影响其分布格局。

生物多样性分布格局与研究的尺度具有密切的关系:在不同尺度,控制生物多样性格局的因素有较大差异^[36-37]。控制区域尺度物种数量的主要生态过程有水热动态、气候以及自然条件下的物种形成和演化历史^[38]。水热条件是影响物种分布的重要因素之一,大部分研究^[4,14,39-45]表明,在较大尺度上,水热条件决定了物种的分布格局,本研究亦不例外。其它的一些因子,如地形^[10-19,46]亦是通过对光照、温度和水分等生态条件对物种丰富度的分布格局产生重要影响,特别是海拔,因其包含了各种环境因子的综合影响,对物种丰富度分布格局的影响受到越来越多的关注;不同区域、不同山体以及不同分类群物种丰富度分布格局还没有形成一致的结论^[6,47]。土壤^[48-49]和人类因素^[2,12]同样对物种的分布具有不可替代的影响,可作进一步的研究。微环境的差异亦可能对物种的分布有影响^[50],如林冠层郁闭度、土壤水分、草本层盖度、土层厚度和土层松散程度,但此类研究一般在较小尺度下进行。

山茶科是亚热带地区分布最广的主要植物之一,本科植物大多为常绿的乔、灌木,在广东省植物区系中占有重要地位。对广东省山茶科植物丰富度水平分布格局影响最大的因子是年均最低温度,其次是年均降水量。这暗示年均最低温度低、降水量较多的地区,山茶科植物种数较多,这对于从较高生命层次上进行生物多样性的保护具有重要的借鉴作用。为进一步了解山茶科各物种引种过程的影响因素及不同生境群落的物种多样性分布规律,应结合水分、光照、土壤、地形及人为活动等小尺度环境异质性进行深入分析。

参考文献:

- [1] 李博. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社,2000:339-340
- [2] 郭正刚,刘慧霞,王根绪,等. 人类工程对青藏高原北部草地群落多样性的影响[J]. 生态学报,2004,24(2):384-388
- [3] 许升全,郑哲民,李后魂. 宁夏蝗虫地理分布格局的聚类分析[J]. 动物学研究,2004,25(2):96-104
- [4] 贺金生,陈伟烈. 陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J]. 生态学报,1997,17(1):91-99
- [5] 贺金生,马克平. 物种多样性[M]/蒋志刚,马克平,韩兴国. 保护生物学. 杭州:浙江科技出版社,1997:20-33
- [6] 王志恒,陈安平,朴世龙,等. 高黎贡山种子植物物种丰富度沿海拔梯度的变化[J]. 生物多样性,2004,12(1):82-88
- [7] Noss R F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach[J]. Conservation Biology,1990,4:355-364

- [8] 冯建孟,王襄平,李 晶,等. 面积和中间膨胀效应对丽江地区种子植物物种丰富度垂直分布格局的影响 [J]. 生物多样性, 2006, 14 (2): 107 - 113
- [9] 王翠红,张金屯,上官铁梁. 山西省种子植物多样性分布格局与环境关系的研究 [J]. 植物研究, 2004, 24 (2): 248 - 253
- [10] 王志恒,陈安平,方精云. 湖南省种子植物物种丰富度与地形的关系 [J]. 地理学报, 2004, 59 (6): 889 - 894
- [11] 于晓东,罗天宏,戴 强,等. 长江流域爬行动物物种多样性大尺度格局研究 [J]. 生物多样性, 2005, 13 (4): 298 - 314
- [12] 吴晓雯,罗 晶,陈家宽,等. 中国外来入侵植物的分布格局及其与环境因子和人类活动的关系 [J]. 植物生态学报, 2006, 30 (4): 576 - 584
- [13] 冯建孟,王襄平,方精云. 云南独龙江地区种子植物物种多样性垂直分布格局和 Rapoport 法则的验证 [J]. 北京大学学报: 自然科学版, 2006, 42 (4): 515 - 520
- [14] 王 静,唐 亚,夏怡凡,等. 川渝地区马先蒿属物种丰富度空间分布格局及其影响因素 [J]. 云南植物研究, 2007, 29 (1): 51 - 57
- [15] 龚正达,张丽云,段兴德,等. 中国“三江并流”纵谷地蚤类丰富度与区系沿纬度梯度的水平分布格局 [J]. 生物多样性, 2007, 15 (1): 61 - 69
- [16] Stevens G C. The elevational gradients in altitudinal range: an extension of Rapoport's latitudinal rules to altitude [J]. The American Naturalist, 1992, 140: 893 - 911
- [17] Sanders Elevational gradients in ant species richness: area, geometry, and Rapoport's rule [J]. Ecology, 2002, 25: 25 - 32
- [18] Colwell R K, Rahbek C, Gotelli N J. The mid-domain effect and species richness patterns: what have we learned so far? [J]. The American Naturalist, 2004, 163: E1 - E23
- [19] 方精云,郭庆华,刘国华. 我国水青冈属植物的地理分布格局及其与地形的关系 [J]. 植物学报, 1999, 41 (7): 766 - 774
- [20] 候宽昭. 中国种子植物科属词典 [Z]//吴德邻,高蕴璋,陈德昭,等修订. 北京:科学出版社, 1984: 485
- [21] 中国科学院华南植物研究所. 广东植物志: 第 2 册 [M]. 广州: 广东科技出版社, 1991: 123 - 177
- [22] 张宏达. 山茶科 (一), 山茶亚科, 中国植物志 (第四十九卷第三分册) [M]. 北京:科学出版社, 1998: 1 - 281
- [23] 苏志尧,吴大荣,陈北光. 广东山茶科稀有濒危植物的区系特点和保护评价 [J]. 华南农业大学学报, 2000, 21 (2): 34 - 37
- [24] 叶创兴,张宏达. 山茶科系统发育诠释——山茶属的原始特征及其演化趋向 [J]. 中山大学学报: 自然科学版, 1997, 36 (3): 77 - 81
- [25] 罗晓莹,唐光大,许 涵,等. 山茶科 3 种中国特有濒危植物的遗传多样性研究 [J]. 生物多样性, 2005, 13 (2): 112 - 121
- [26] 何 瀚,王跃华. 中国特有属猪血木的生存现状及生物学特性研究 [J]. 云南大学学报: 自然科学版, 2001, 23 (植物学专辑): 48 - 51
- [27] 柯文山,钟章成. 四川大头茶地理分布与环境因子的关系 [J]. 生态学杂志, 1999, 18 (6): 24 - 27
- [28] 韦 霄,蒋运生,韦记青,等. 珍稀濒危植物金花茶地理分布与生境调查研究 [J]. 生态环境, 2007, 16 (3): 895 - 899
- [29] Morton A. DMAP. Version 7. 1. Published by the author, Windsor, Berkshire, UK [EB/OL]. [2002 - 06 - 28]. <http://www.dmap.co.uk/>.
- [30] 广东省地图出版社. 实用广东省地图册 [M]. 广州: 广东省地图出版社, 2003
- [31] 中国地图出版社. 中国自然地理图册 (第二版) [M]. 北京: 中国地图社, 1998
- [32] Statsoft, Inc. STATISTICA for Windows (Computer Program Manual) [CP]. Tulsa: Statsoft Inc, 1997
- [33] McCune B, Meford M J. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4. 20 [CP/DK]. Gleneden Beach: MjM Software Design, 1999
- [34] 《广东森林》编委会. 广东森林 [M]. 广州: 广东科技出版社, 中国林业出版社, 1990
- [35] 广东省植物研究所. 广东植被 [M]. 北京: 科学出版社, 1976: 295 - 324
- [36] Godfray H C J, Lawton J H. Scale and species numbers [J]. Trends in Ecology and Evolution, 2001, 16: 400 - 404
- [37] Rey Benayas J M, Scheiner S M. Plant diversity, biogeography and environment in Iberia: patterns and possible causal factors [J]. Journal of Vegetation Science, 2002, 13: 245 - 258
- [38] Whittaker R J, Willis K J, Field R. Scale and species richness: towards a general, hierarchical theory of species diversity [J]. Journal of Biogeography, 2001, 28: 453 - 470
- [39] 洪必恭,安树青. 中国青冈属植物地理分布初探 [J]. 植物学报, 1993, 35 (3): 229 - 233
- [40] 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
- [41] 方精云. 植物的三维分布格局和气候生态位 [J]. 山地学报, 1999, 17 (1): 34 - 39
- [42] 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
- [43] 唐志尧,方精云,张 玲. 秦岭太白山木本植物物种多样性的梯度格局及环境解释 [J]. 生物多样性, 2004, 12 (1): 115 - 122
- [44] 杨元合,饶胜,胡会峰. 青藏高原高寒草地植物物种丰富度及其与环境因子和生物量的关系 [J]. 生物多样性, 2004, 12 (1): 200 - 205
- [45] 赵常明,陈伟烈,黄汉冬,等. 三峡库区移民区和淹没区植物群落物种多样性的空间分布格局 [J]. 生物多样性, 2007, 15 (5): 510 - 522
- [46] 沈泽昊,张新时,金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释 [J]. 植物学报, 2000, 42 (6): 620 - 627
- [47] Lomolino M V. Elevational gradients of species density: historical and prospective views [J]. Global Ecology and Biogeography, 2001, 10: 3 - 13
- [48] 杨万勤,钟章成,陶建平,等. 缙云山森林土壤酶活性与植物多样性的关系 [J]. 林业科学, 2001, 37 (4): 124 - 128
- [49] 陈光升,钟章成. 重庆缙云山常绿阔叶林群落物种多样性与土壤因子的关系 [J]. 应用与环境生物学报, 2004, 10 (1): 12 - 17
- [50] 谢小伟,郭水良,黄 华. 浙江金华市市区地面苔藓植物分布与环境因子关系研究 [J]. 武汉植物学研究, 2003, 21 (2): 129 - 136