

广东石坑崆森林植物生活型谱随海拔梯度的变化

张璐, 苏志尧, 李镇魁, 陈北光

(华南农业大学林学院, 广东广州 510642)

摘要: 在广东石坑崆对植物生活型谱的垂直分布进行了研究. 从海拔 300~1 900 m 每升高 100 m 设置一条水平样带, 共调查了 17 条样带, 样地面积 20 400 m². 运用相关分析和除趋势对应分析 (DCA) 研究森林植物生活型谱的垂直变化模式. 结果表明: (1) 乔木、灌木、藤本植物、常绿植物、高位芽植物以及地面芽植物皆表现出随海拔的增加物种数逐渐减少的趋势 ($P < 0.05$); (2) 高位芽植物在各样带均占绝对优势 (75% 以上). 海拔 300~1 700 m 中高位芽植物稍优于小高位芽植物、矮高位芽植物和藤本高位芽植物; (3) 除趋势对应分析显示地上芽植物和藤本高位芽植物沿海拔梯度分布的差异较大. 研究植物生活型谱海拔梯度格局有助于揭示森林群落的环境梯度变化规律, 为保护垂直带上森林生态系统的整体性提供科学依据.

关键词: 生活型谱; 海拔梯度; 森林群落; 南岭国家级自然保护区

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-411X(2007)02-0078-05

Variations in Plant Life-Form Spectra Along an Altitudinal

Gradient in Shikengkong, Guangdong Province

ZHANG Lu, SU Zhi-yao, LI Zhen-kui, CHEN Bei-guang

(College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Variations in plant life-form spectra along an altitudinal gradient were investigated in Shikengkong, Guangdong province using gradient sampling method. A horizontal transect (10 m × 120 m) was placed at 100 m altitudinal interval from an elevation of 300-1 900 m a. s. l. in Nanling National Nature Reserve and its adjacent areas. Correlation analysis and detrended correspondence analysis (DCA) were used to detect altitudinal patterns of life-form and its environmental correlates. The results were as follows: 1) Life-form in terms of tree, shrub, herbage, evergreen plants, phanerophytes and hemicryptophytes, respectively, showed significantly negative correlations with altitude ($P < 0.05$); 2) Phanerophytes was dominant in each transects ($> 75\%$), and the proportion of mesophanerophyte were larger than microphanerophytes, microphanerophytes, lianophanerophytes from 300-1 700 m a. s. l.; 3) DCA of raunkiaer's life-form indicated chamaephytes and lianas changed markedly along an altitudinal gradient. Variations in plant life-form spectra along an altitudinal gradient will help understand the rule of forest community dynamics along environmental gradient. This research will provide scientific basics for forest ecosystem conservation.

Key words: life-form spectra; altitudinal gradient; forest community; Nanling National Nature Reserve

生活型是各种生态因素对植物综合作用的产物, 是植物在其漫长的系统发育过程中对生态因素的综合形态适应的结果^[1]. 不同地区由于环境条件

的差异形成不同的生活型谱, 同一地区处于不同演替阶段的群落, 其生活型谱也不同. 不同生活型谱不仅可以反应出环境条件的差异, 而且也可以反应出

收稿日期: 2006-10-19

作者简介: 张璐 (1973—), 女, 讲师, 博士, E-mail: zhanglu@scau.edu.cn

基金项目: 广东省科技计划项目 (2002C20703); 中国香港特别行政区嘉道理农场暨植物园资助项目 (4400-G06005)

群落的演替和结构特点^[2]. 目前有关水平地带性生活型谱的研究有不少报道^[3], 但对于垂直地带性生活型谱却鲜有研究^[4]. 有研究指出海拔梯度是影响生活型谱的重要因素^[5-6]. 各生活型的物种数常随海拔的增加而减少, 但也有个别生活型在高海拔保持优势地位^[7], 不同生活型的物种由于受到不同因子的制约呈现出不同的梯度格局^[8]. 广东石坑崆所在地南岭是近代东亚温带、亚热带植物的发源地和核心地带^[9], 研究该区植物生活型谱有助于揭示森林群落的环境梯度变化规律, 对于生物多样性保护和自然资源的可持续利用具有重要的理论和实践意义.

1 研究区域与研究方法

1.1 研究区域

本研究地点设置在广东南岭国家级自然保护区及其周边地区广东乳源县大桥镇. 广东南岭国家级自然保护区(24°37' ~ 24°57' N, 112°30' ~ 113°04' E)东邻乳源县, 南接阳山岭背镇, 西靠连州市, 北部与湖南省宜章县莽山森林公园接壤, 总面积 58 368.4 hm². 地貌以中山山地为主, 山脉多为西北-东南走向, 海拔 1 000 m 以上的山峰有 30 多座, 广东第一峰石坑崆(1 902 m)坐落其间. 该区位于亚热带季风区, 广东南岭国家级自然保护区乳阳林业局本部(海拔 500 m)年平均气温 17.4 °C, 最冷月(1月)平均气温 7.1 °C, 最热月(7月)平均气温 26.2 °C, 极端最高气温 36.9 °C(1984-07-30), 极端最低气温 -4.5 °C(1982-12-02), 年均降水量 2 108.4 mm^[10]. 水平地带性土壤为红壤, 分布的土壤类型随海拔高度的不同而异^[11]. 南岭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^[9].

1.2 研究方法

1.2.1 取样方法 在线路勘察的基础上, 从海拔 300 ~ 1 900 m, 每升高 100 m 设置一条水平样带, 共 17 条样带, 每条样带长 120 m、宽 10 m, 分为 12 个 10 m × 10 m 的样方单元, 共调查了 20 400 m². 在每个 10 m × 10 m 样方单元内进行每木调查, 并记录样方内所有维管束植物. 同步分别用手持式 GPS、气压式海拔表、坡度计、郁闭度测定仪等实测样方的地理坐标、海拔、坡度、坡向、郁闭度、土壤腐殖质层厚度和枯枝落叶层厚度等环境因子, 同时目测坡位和坡形. 坡向处理采取每 45°为一个区间的划分等级制的方法, 以数字表示各等级. 从谷底到坡顶脊分 5 级量化

坡位, 赋值 1 ~ 5. 分凸、平、凹 3 级量化坡形, 分别赋值 1 ~ 3.

1.2.2 数据分析 采用相关分析研究各生活型类群植物种数与海拔梯度的相关性, 采用排序方法对广东石坑崆从海拔 300 ~ 1 900 m 的 17 个样带森林群落进行 Raunkiaer 生活型的除趋势对应分析(detrended correspondence analysis, DCA)^[2,12]. 以上相关分析在 Statistica^[13]中完成, DCA 在 PC-ORD^[14]中完成.

2 结果与分析

2.1 生活型类群沿海拔梯度的变化

不同生活型的植物, 物种数沿海拔梯度的变化趋势不尽相同(图 1). 乔木、灌木以及藤本植物沿海拔梯度的变化趋势比较一致, 相关分析表明, 海拔与乔木($r = -0.618$, $P = 0.008$)、灌木($r = -0.682$, $P = 0.003$)和藤本植物($r = -0.840$, $P < 0.001$)的线性负相关都比较显著, 即乔木、灌木和藤本植物均表现出随着海拔的增加而逐渐减少的趋势. 海拔与草本植物的线性关系不显著($r = -0.378$, $P = 0.135$). 从图 1 中可看出, 草本植物在海拔 1 000 m 有个低值, 在海拔 1 100 m 急剧增大, 随后, 海拔 1 200 m 又快速减少, 到海拔 1 900 m 又增加到峰值. 这一方面说明取样直接影响研究结果, 另一方面也反映出人为干扰在物种多样性垂直格局研究中的作用不容忽视. 从海拔 300 ~ 1 900 m, 基于 20 400 m²的调查面积, 广东石坑崆 17 条水平样带共有常绿植物 271 种, 落叶植物 110 种, 草本植物 110 种. 落叶阔叶树种一般在海拔 700 ~ 1 600 m 占一定比例, 如安息香科 Styracaceae、槭树科 Aceraceae、金缕梅科

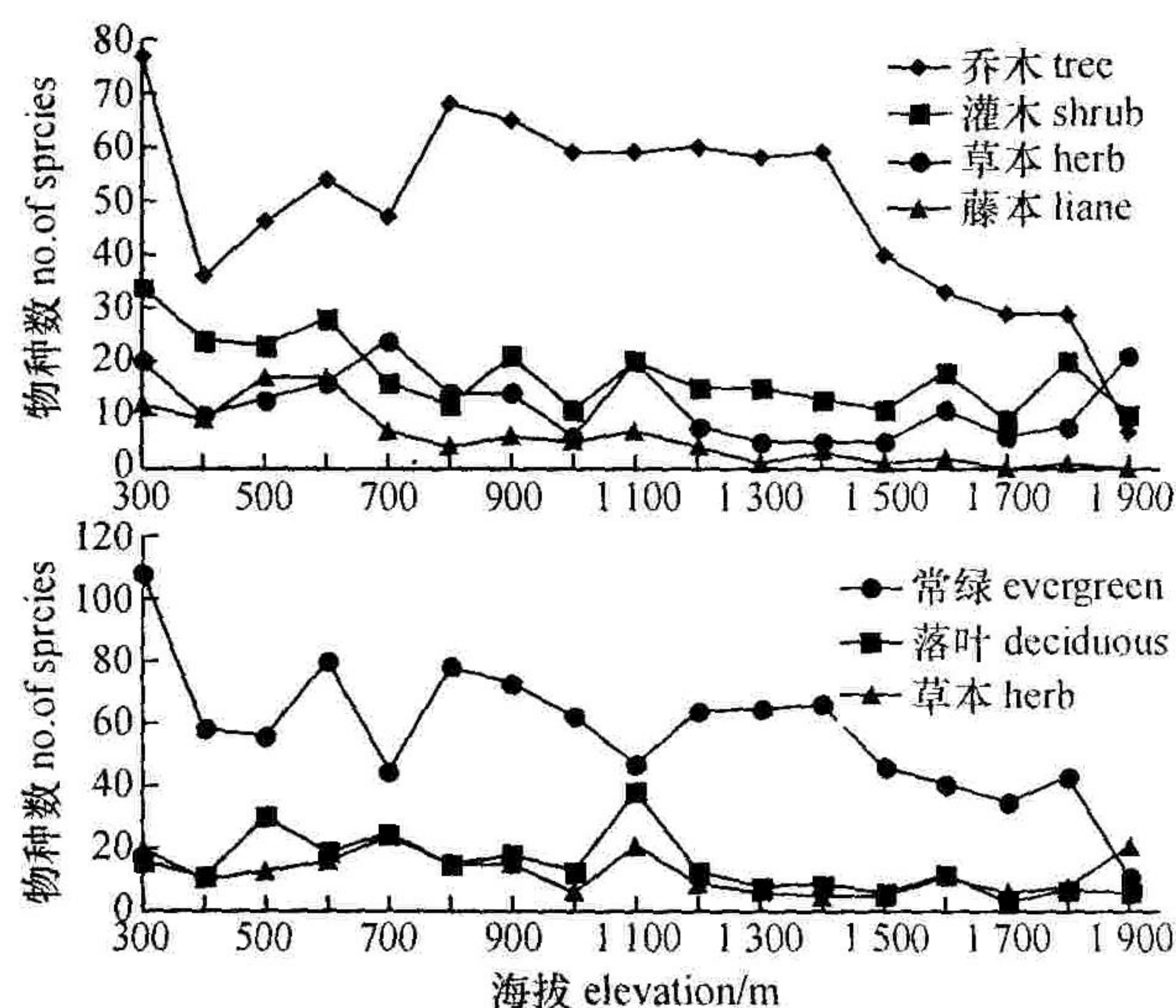


图 1 生活型类群植物种数沿海拔梯度的变化

Fig. 1 Species number of life-form along an altitudinal gradient

Hamamelidaceae 的一些种类和常绿阔叶树种形成比较明显的混交状态. 针叶树如华南五针松 *Pinus kwangtungensis*、南方铁杉 *Tsuga tchekiangensis*、福建柏 *Fokienia hodginsii* 和长苞铁杉 *Tsuga longibracteata* 等分布在中海拔的比较恶劣的生境(山脊、陡坡等). 落叶植物和草本植物沿海拔梯度的变化不具线性相关性($P > 0.05$). 随着海拔的增加,常绿植物虽然在某些样带有些许波动,但总体还是呈逐渐下降的趋势($r = -0.715$, $P = 0.001$).

2.2 Raunkiaer 生活型沿海拔梯度的变化

依据 Raunkiaer 系统,从海拔 300 ~ 1 900 m,广东石坑崆森林群落 17 条样带 20 400 m² 调查面积共有高位芽植物 419 种(85.3%),地上芽植物 19 种(3.9%),地面芽植物 53 种(10.8%),没有出现地下芽植物和一年生植物. 其中,高位芽植物中没有大高位芽植物,有中高位芽植物 158 种(32.2%)、小高位芽植物 94 种(19.1%)、矮高位芽植物 113 种(23.0%)、藤本植物 54 种(11.0%). 高位芽植物与地面芽植物随着海拔的增加,表现为总体下降的趋势,线性负相关性显著(高位芽植物 $r = -0.730$, $P = 0.001$,地面芽植物 $r = -0.681$, $P = 0.003$). 而地上芽植物与海拔没有显著的线性关系($r = -0.219$, $P = 0.399$)(图2). 地上芽植物主要分布在较高海拔和较低海拔的样带,中海拔样带稀少. 海拔 1 100 ~ 1 400 m 没有出现地上芽植物. 地上芽植物大桥蛇根

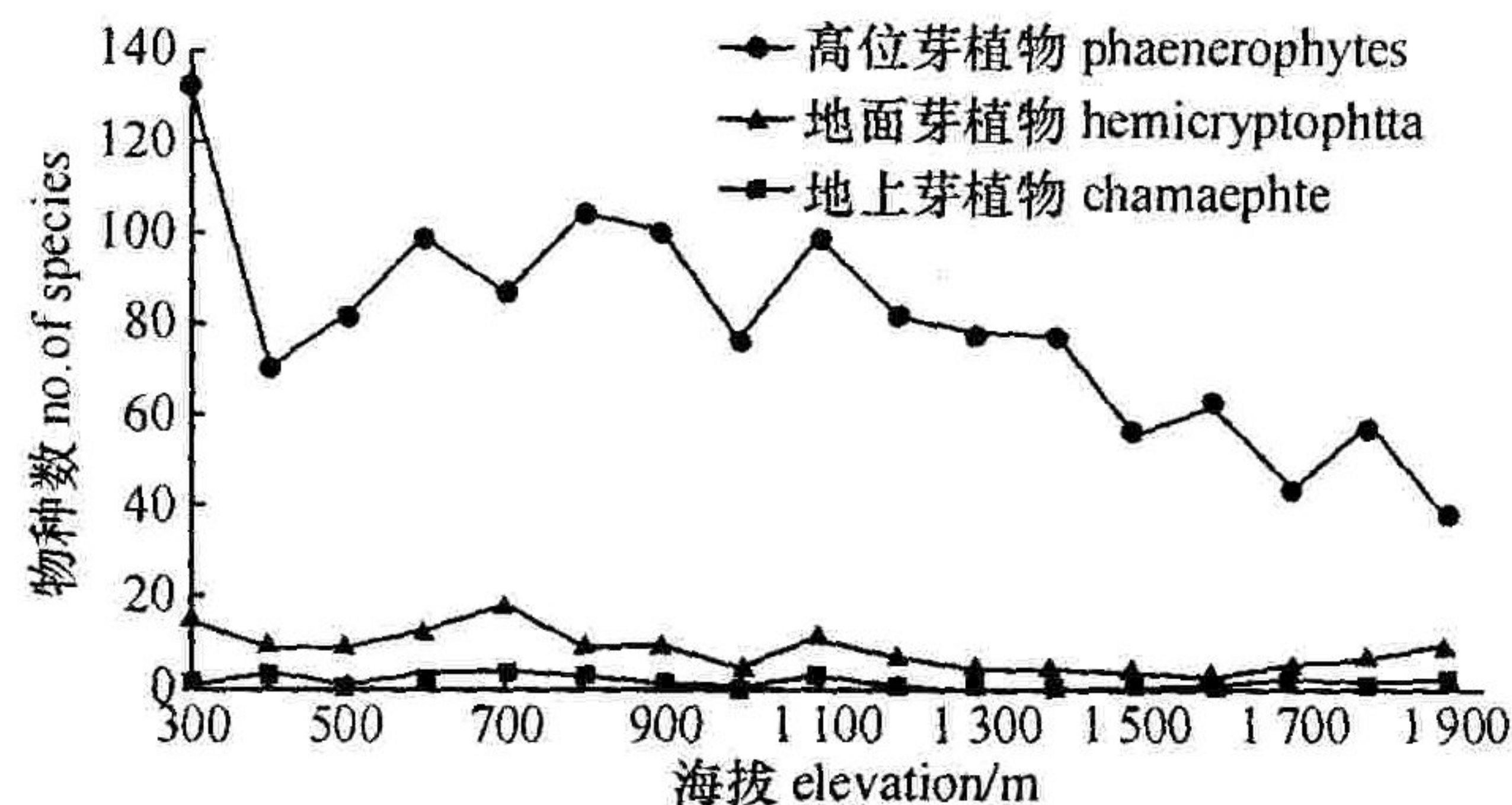


图2 生活型沿海拔梯度的变化

Fig. 2 Changes in life-form along the altitudinal gradient

草 *Ophiorrhiza filibracteolata* 和三叶鬼针草 *Bidens pilosa* var. *radiata* 只出现在低海拔样带,紫苏 *Perilla frutescens*,红蓼 *Polygonum orientale*,茜草 *Rubia cordifolia* 只出现在高海拔样带,而蛇莓 *Duchesnea indica* 在高、低海拔都有出现. 高位芽植物在各样带均占绝对优势(75%以上). 其中,中高位芽植物稍优于小高位芽植物、矮高位芽植物和藤本高位芽植物. 藤本高位芽植物和地上芽植物在各样带都有不同程度的缺失. 从海拔 300 ~ 1 700 m,各样带的生活型谱大致呈“L”形分布(图3). 当海拔继续增加,高位芽植物中的小高位芽和矮高位芽植物的比例上升,海拔 1 800 ~ 1 900 m 的生活型谱表现为中部突出的偏峰分布,1 900 m 没有藤本高位芽植物.

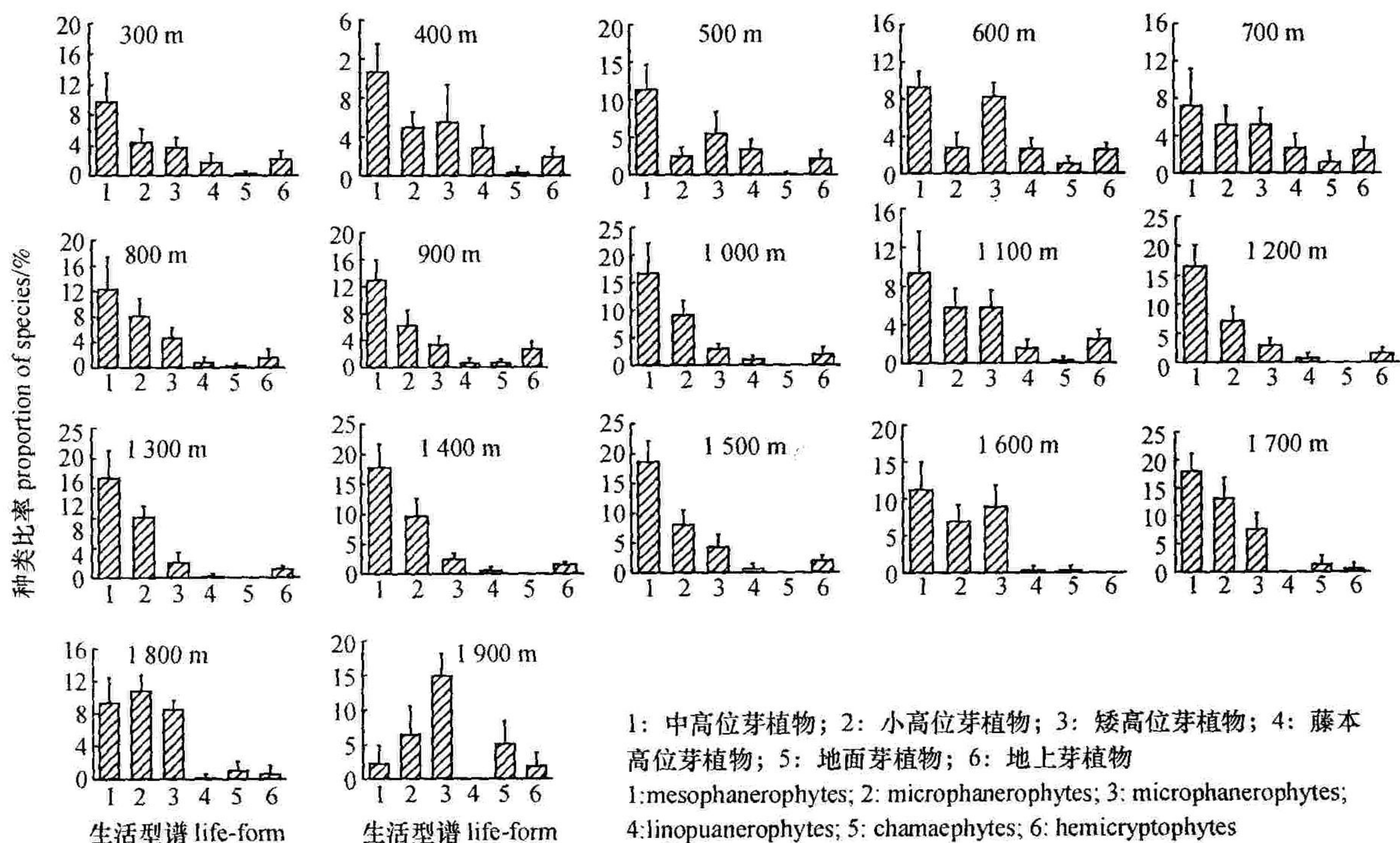


图3 各样带 Raunkiaer 生活型谱($\bar{x} \pm SD$, $n = 12$)

Fig. 3 Raunkiaer's life-form spectra along the altitudinal gradient ($\bar{x} \pm SD$, $n = 12$)

2.3 Raunkiaer 生活型的除趋势对应分析

从海拔 300 ~ 1 900 m, 各样带 Raunkiaer 生活型 DCA 物种分值见表 1. DCA 排序结果表明, 第一排序轴、第二排序轴以及第三排序轴的特征值分别为 0.073 6, 0.033 5 和 0.011 6. 在第一排序轴上, 只有中高位芽植物物种分值为负值 (−56), 其余生活型都为正值, 按从小到大的顺序依次为小高位芽植物 (33)、藤本高位芽植物 (66)、地面芽植物 (83)、矮高位芽植物 (136) 和地上芽植物 (271). 在第二排序轴上, 小高位芽植物和地上芽植物都为负值, 分别为 −82 和 −140. 中高位芽植物 (55)、矮高位芽植物 (66)、地面芽植物 (97) 和藤本高位芽植物 (235) 依次逐渐增大.

表 1 Raunkiaer 生活型的除趋势对应分析物种分值

Tab.1 Species scores of Raunkiaer's life-form of detrended correspondence analysis

海拔 elevation/m	排序轴的分值 axis of species scores		
	轴 1 axis 1	轴 2 axis 2	轴 3 axis 3
300	23	43	36
400	46	48	29
500	33	78	32
600	35	63	34
700	42	25	54
800	22	24	27
900	17	37	30
1 000	0	26	36
1 100	28	38	30
1 200	4	35	31
1 300	9	17	23
1 400	7	18	30
1 500	5	23	24
1 600	41	21	0
1 700	28	0	27
1 800	50	0	22
1 900	116	4	12

结合图 4 还可看出, 在除趋势对应分析第 1 排序轴上, 正值越大的生活型越靠近排序轴的右端, 如地上芽植物; 藤本高位芽植物因其在第 2 排序轴上分值最大而居排序轴的上端. 各生活型分散分布在排序空间中, 说明各生活型, 尤其是地上芽植物和藤本高位芽植物沿海拔梯度分布的差异很大. 前文 Raunkiaer 生活型随海拔梯度变化的相关分析和生活型谱也证实了这一点.

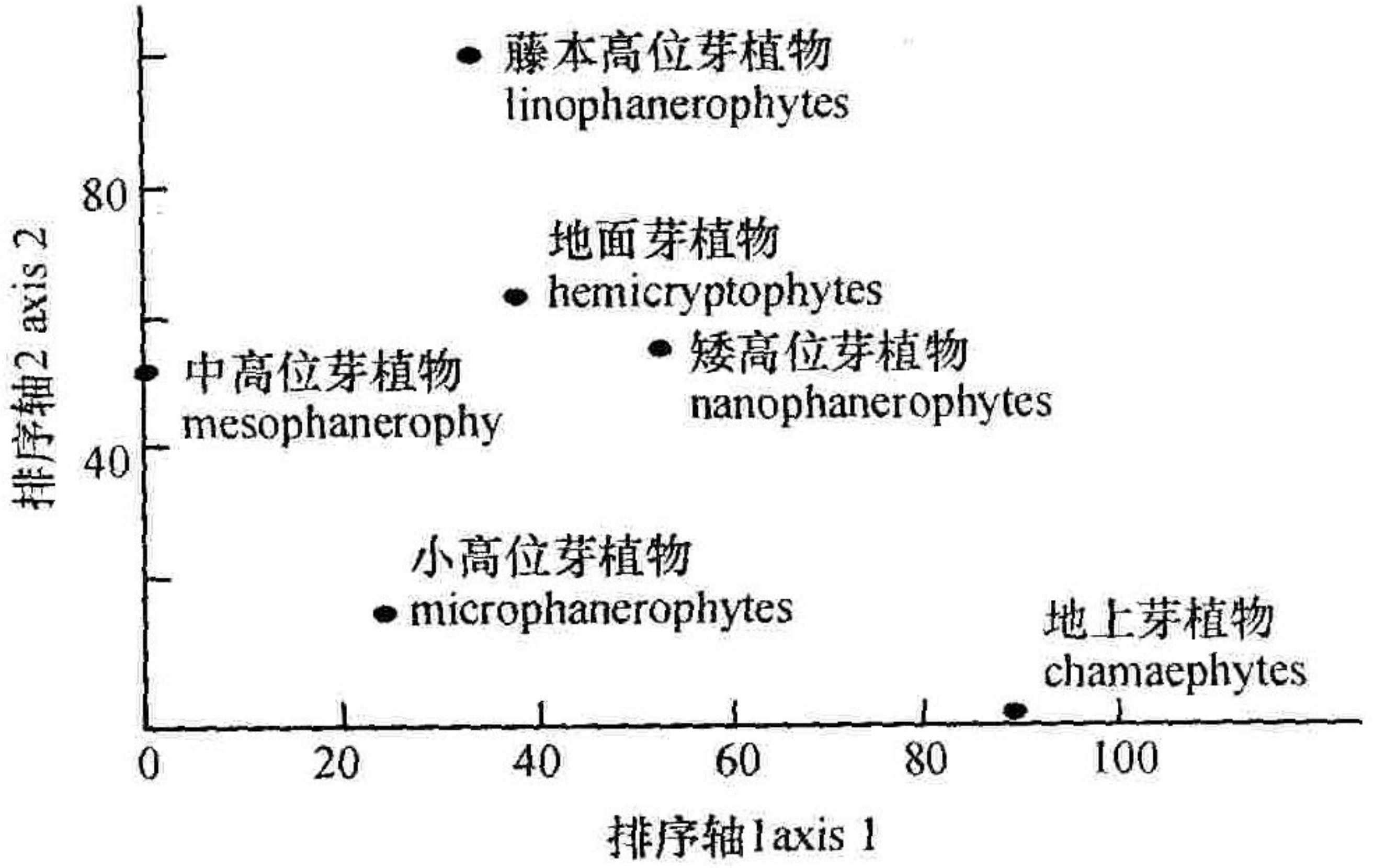


图 4 Raunkiaer 生活型的除趋势对应分析

Fig.4 Detrended correspondence analysis biplot of Raunkiaer's life-form classes

3 讨论与结论

研究表明, 乔木、灌木、藤本植物、常绿植物、高位芽植物以及地面芽植物皆表现出随海拔的增加, 物种数逐渐减少的趋势 ($P < 0.05$). 但海拔与草本植物, 海拔与落叶植物和草本植物, 以及海拔与地上芽植物的随海拔梯度的变化不显著 ($P > 0.05$). 高位芽植物在各样带均占绝对优势 (75% 以上). 其中, 中高位芽植物稍优于小高位芽、矮高位芽和藤本高位芽植物. 从海拔 300 ~ 1 700 m, 各样带的生活型谱大致呈“L”形分布. Raunkiaer 生活型的除趋势对应分析 (DCA) 显示各生活型分散分布在排序空间中, 说明各生活型, 尤其是地上芽植物和藤本高位芽植物随海拔梯度分布的差异很大.

依据不同的划分标准, 本研究从 3 个方面分析了不同生活型类群沿海拔梯度的变化. 首先, 就乔木、灌木、草本植物以及藤本植物等生活型而言, 从海拔 300 ~ 1 900 m, 乔木、灌木以及藤本植物都表现出低样带物种数较多, 高样带物种数较少的线性负相关关系 ($P < 0.05$), 而草本植物与海拔的线性关系不显著 ($P > 0.05$). 这可能与草本植物主要受乔木层林冠郁闭度的影响, 而与海拔的关系不显著有关^[15]; 其次, 落叶植物和草本植物沿海拔梯度的变化不具线性相关性 ($P > 0.01$), 而常绿植物与海拔线性负相关显著 ($r = -0.715, P = 0.001$); 再次, 高位芽植物与地面芽植物随着海拔的升高, 线性负相关性显著 ($P < 0.01$), 而地上芽植物与海拔没有显著的线性关系 ($P > 0.15$). 由此可以看出, 无论根据哪个生活型类群标准, 草本植物沿海拔梯度的变化都不具显著的线性相关关系, 而多数木本植物物种数都随着海

拔的增加而减少. 这可能与草本植物常在高海拔保持优势地位有关^[7], 也可能与按生活型划分植物类别, 而不是按植物实际生长状况来划分有关. 总体来说, 地带性植被常绿阔叶树种在广东石坑崆森林群落中占据优势, 尤其在海拔 1 400 m 以下的地区. 这与南岭地带性植被为常绿阔叶林的结论相一致^[1].

有研究指出, 生活型的多样性与气候的异质性有关^[16], 并随着海拔的增加而减少^[7,17]. Raunkiaer^[18]认为, 地面芽常生长于冷湿、高纬或高海拔的气候. Sarmiento 等^[19]就 Raunkiaer 生活型系统在热带森林群落的适用性提出质疑, 该项研究认为 Raunkiaer 系统在划分生活型时所考虑的冬季低温不是热带森林群落的主要生态因子. 本研究调查区域中没有出现一年生植物和地下芽植物, 究其原因可能在于广东石坑崆森林群落生境水热条件充分, 抑制了一年生植物和地下芽植物. 但是, 也有研究指出, 气候虽然与 Raunkiaer 生活型有直接关系, 其他生态因子也发挥着显著的作用. 水因子不是决定生活型的主要环境因子, 因为具有发达根系的乔木和灌木在整个季节都能获得生长所需的水分^[2]. 本研究还揭示, 乔木和灌木与海拔呈线性负相关($P < 0.05$), 草本植物沿海拔梯度的变化则不具显著的线性关系($P > 0.05$). 这可能与水因子对草本植物的影响比对本木植物的影响强烈有关, 也可能与地形、土壤类型甚至人为干扰有关, 决定生活型的环境机理还有待进一步研究.

参考文献:

- [1] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [2] BATALHA M A, MARTINS F R. Life-form spectra of Brazilian cerrado sites [J]. *Flora*, 2002, 197: 452-460.
- [3] 高贤明, 陈灵芝. 植物生活型分类系统的修订及中国暖温带森林植物生活型谱分析[J]. *植物学报*, 1998, 40 (6): 553-559.
- [4] 蔡绪慎, 黄加福. 卧龙植物生活型垂直分布规律初探[J]. *西南林学院学报*, 1990, 10 (1): 31-40.
- [5] MARK A F, DICKINSON K J M, ALLEN J, et al. Vegetation patterns, plant distribution and life forms across the alpine zone in southern Tierra del Fuego [J]. *Argentina Australian Ecology*, 2001, 26: 423-440.
- [6] KLIMEŠ LEOŠ. Life-forms and clonality of vascular plants along an altitudinal gradient in E Ladakh (NW Himalayas) [J]. *Basic Applied Ecology*, 2003, 4: 317-328.
- [7] PAVÓN N P, HERNÁNDEZ-TREJO H, RICO-GRAY V. Distribution of plant life forms along an altitudinal gradient in the semi-arid valley of Zapotitlan, Mexico [J]. *Journal of Vegetation Science*, 2000, 11: 39-42.
- [8] OJEDA F, MARANON T, ARROYO J. Plant diversity patterns in the Aljibe Mountains (S. Spain): a comprehensive account [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2000, 9: 1323-1343.
- [9] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [10] 黄少敏, 龙志强, 张金泉. 广东南岭自然保护区地貌[M]//庞雄飞. 广东南岭国家级自然保护区生物多样性研究. 广州: 广东科技出版社, 2003: 14-27.
- [11] 张金泉. 广东省自然保护区[M]. 广州: 广东省旅游出版社, 1997: 255-258.
- [12] JONGMAN R H G, TER BRAAK C J F, VAN TONGEREN O F R. Data analysis in community and landscape ecology [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1995: 105-110.
- [13] Statsoft Inc. STATISTICA for windows (computer program manual) [CP/DK]. Tulsa: Statsoft Inc, 1997.
- [14] McCUNE B, MEFFORD M J. PC-ORD multivariate analysis of ecological data: version 4.20 [CP/DK]. Gleneden Beach: MjM Software Design. 1999.
- [15] 方精云. 探索中国山地植物多样性的分布规律[J]. *生物多样性*, 2004, 12 (1): 1-4.
- [16] COWLING R M, ESLER K J, MIDGLEY G F, et al. Plant functional diversity, species diversity and climate in arid and semi-arid southern Africa [J]. *Journal of Arid Environments*, 1994, 27: 141-158.
- [17] MONTANA C, VALIENTEBANUET A. Floristic and life-form diversity along an altitudinal gradient in an intertropical semiarid Mexican region [J]. *Southwestern Naturalist*, 1998, 43: 25-39.
- [18] RAUNKIAER C. The life forms of plants and statistical geography [M]. Clarendon: Oxford, 1934.
- [19] SARMIENTO G, MONASTERIO M. Life forms and phenology [M]//GOODAL D W: *Ecosystems of the world: tropical savannas*. Amsterdam: Elsevier, 1983: 79-108.

【责任编辑 李晓卉】