

南岭国家级自然保护区森林群落的数量分类与排序

张璐, 李镇魁, 苏志尧, 陈北光
(华南农业大学 林学院, 广东 广州 510642)

摘要:在广东南岭国家级自然保护区海拔300~1900 m的范围内,海拔每升高100 m设置1条水平样带,共计调查了17条样带,样地面积20400 m²,运用双向指示种分析(TWINSPAN)和非度量的多维标定法(NMDS)进行森林群落的数量分类与排序。结果表明:(1)双向指示种分析,按照海拔从低到高组合,将南岭国家级自然保护区森林群落分为3种森林群落类型,聚类结果基本反映出广东南岭国家级自然保护区森林群落沿海拔梯度的分布;(2)非度量的多维标定法排序进一步验证了海拔是影响广东南岭国家级自然保护区森林群落的主要环境因子;(3)双向指示种分析结果与非度量的多维标定法结果基本一致,具有良好的可比性。

关键词:双向指示种分析;非度量的多维标定法;森林群落;南岭国家级自然保护区;广东

中图分类号:Q948

文献标识码:A

文章编号:1001-411X(2007)03-0071-05

Quantitative Classification and Ordination of Forest Communities in Nanling National Nature Reserve

ZHANG Lu, LI Zhen-kui, SU Zhi-yao, CHEN Bei-guang
(College of Forestry, South China Agric. Univ., Guangzhou 510642, China)

Abstract: Forest communities in Nanling National Nature Reserve, Guangdong Province, were investigated using quantitative classification and ordination methods. A horizontal transect (10 m × 120 m) was placed at each 100-m altitudinal interval from an elevation of 300 m up to 1900 m a. s. l. in the study area. Two-way indicator species analysis (TWINSPAN) and non-metric multidimensional scaling (NMDS) were used to detect patterns of forest communities and its environmental correlates. The results were as follows: 1) Seventeen transects could be divided into 3 groups by TWINSPAN, representing the altitudinal gradients in the forest communities of Nanling National Nature Reserve; 2) Non-metric multidimensional scaling verified the assumption that elevation was the most important environmental factor influencing the distribution of forest communities; 3) The results of TWINSPAN were corresponding to those of non-metric multidimensional scaling, having good comparability.

Key word: two-way indicator species analysis (TWINSPAN); non-metric multidimensional scaling (NMDS); forest community; Nanling National Nature Reserve; Guangdong Province

南岭山地在地史时期是古热带植物区系的避难所,也是近代东亚温带、亚热带植物的发源地和核心地带^[1]。位于南岭中段的南岭国家级自然保护区是我国生物多样性保护的关键性地区和开展生态系统

就地保护的重要基地,至今仍保存着大面积的原生林和原生性较强的天然常绿阔叶林,是广东省目前保存得较好、面积较大的自然生态系统和物种宝库,也是地球同纬度沙漠带上面积较大的绿洲^[2]。自20

收稿日期:2006-11-02

作者简介:张璐(1973—),女,讲师,博士;通讯作者:苏志尧(1963—),男,教授,博士, E-mail: zysu@scau.edu.cn

基金项目:广东省科技计划项目(2002C20703);香港嘉道理农场暨植物园资助项目(4400-G04001)

世纪50年代数量分析方法引入植被生态学领域以来,数量分类和排序因其具有常规统计方法无法比拟的多元分析手段逐渐受到重视。作为植被数量生态学的多元分析方法,数量分类与排序可定量地分离影响植物群落的各种因子,合理、客观地揭示植物群落之间、植物群落与环境之间的生态关系,使得更全面、更深入地诠释森林群落与环境的关系成为可能^[3-4]。本研究运用双向指示种分析法(two-way indicator species analysis, TWINSpan)和非度量的多维标定法(non-metric multidimensional scaling, NMMDS)定量描述南岭国家级自然保护区森林群落分类及其分布格局,深入分析森林群落分布格局与环境的关系,对山地森林群落的保护、生态恢复和植物资源的开发利用具有特殊的科学价值。

1 研究区域概况

广东南岭国家级自然保护区(112°30′~113°04′E, 24°37′~24°57′N)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,是广东省陆地森林面积最

大的自然保护区。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(1902 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℃,最冷月(1月)平均气温7.1℃,最热月(7月)平均气温26.2℃,极端最高气温36.9℃(1984-07-30),极端最低气温-4.5℃(1982-12-02),年均降水量2 108.4 mm^[5]。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^[6]。广东南岭国家级自然保护区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^[1]。

2 研究方法

2.1 取样方法

在线路勘察的基础上,从海拔300~1 900 m,海拔每升高100 m设置1条水平样带^[7-8],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,共计调查了20 400 m²(图1)。

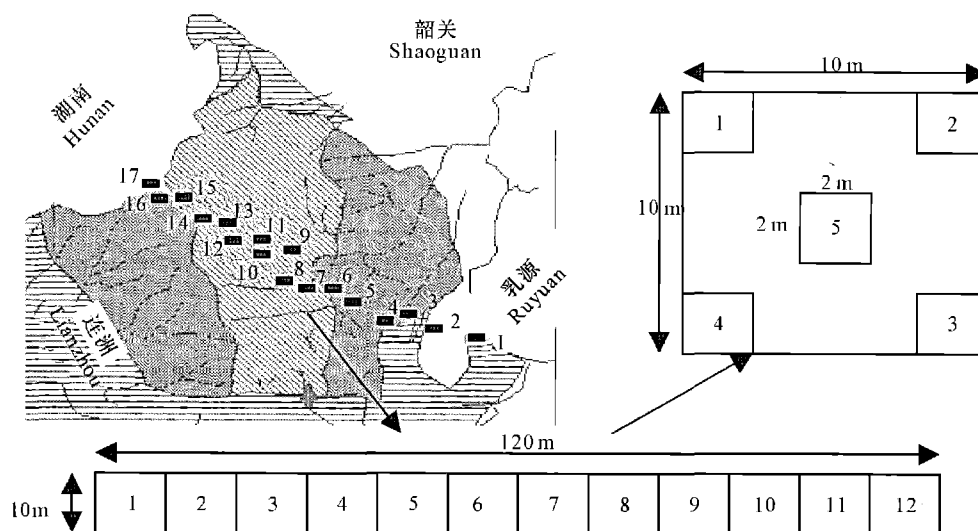


图1 南岭国家级自然保护区森林群落取样设计

Fig. 1 Sampling design of forest communities in Nanling National Nature Reserve

在每个10 m×10 m样方单元内进行每木调查,测定胸径(DBH)≥3 cm的所有立木的种名、胸径、树高、冠幅和枝下高,并记录样方内所有维管束植物。另外,在每个样方单元的四角和中心布设5个2 m×2 m小样方(图1),在每个2 m×2 m小样方中进行:①林下植物调查,记录植物种名、株数和盖度;②更新频度调查,记录乔木树种在主林层、演替

层和更新层的株数和高度。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。以朝东为起点(0°),逆时针方向旋转,1表示东坡(337.5°~22.5°),2表

示东北坡($22.5^{\circ} \sim 67.5^{\circ}$),3表示北坡($67.5^{\circ} \sim 112.5^{\circ}$),4表示西北坡($112.5^{\circ} \sim 157.5^{\circ}$),5表示西坡($157.5^{\circ} \sim 202.5^{\circ}$),6表示西南坡($202.5^{\circ} \sim 247.5^{\circ}$),7表示南坡($247.5^{\circ} \sim 292.5^{\circ}$),8表示东南坡($292.5^{\circ} \sim 337.5^{\circ}$).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.

2.2 数据分析

2.2.1 重要值的测算 采用公式 $IV = A_R + F_R + P_R$ ^[9] 计算重要值(IV),式中, A_R 为相对多度, F_R 为相对频度, P_R 为相对优势度.其中,乔木树种以胸高断面积表示相对优势度,灌木、草本和层间植物以相对盖度表示相对优势度.相对多度=某个种的株数/所有种的总株数 $\times 100\%$;相对频度=某个种出现的次数/所有种出现的总次数 $\times 100\%$;相对胸高断面积=某个种的胸高断面积/所有种的胸高断面积之和 $\times 100\%$;相对盖度=一个种的盖度/所有种的总盖度 $\times 100\%$.

2.2.2 数量分类 利用乔木层样方物种重要值矩阵信息,对南岭国家级自然保护区森林群落乔木层进行双向指示种分析.

2.2.3 排序 利用乔木层样方物种重要值与环境因子矩阵进行非度量的多维标定法,分析南岭国家级自然保护区森林群落物种与环境因子的关系.

以上数量分类和排序都在软件 PC-ORD 4.0^[10] 中完成.

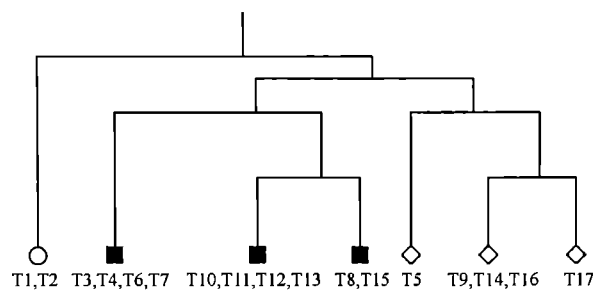
3 结果与分析

3.1 群落类型分类

根据 20 400 m² 的调查样地资料统计,南岭国家级自然保护区森林群落共有 491 种维管束植物,隶属于 126 科 284 属.其中,蕨类植物 21 科 32 属 38 种,裸子植物 5 科 8 属 10 种,单子叶植物 10 科 34 属 44 种,双子叶植物 90 科 210 属 399 种.从生态型分类则有乔木 216 种、灌木 112 种、草本植物 109 种以及藤本植物 54 种.

双向指示种分析结果表明,南岭国家级自然保护区森林群落可分为 3 大类型(图 2).第 1 类型包括样带 1(海拔 300 m)和样带 2(海拔 400 m)的森林群落,第 2 类型包括样带 3(海拔 500 m)、样带 4(海拔 600 m)、样带 6(海拔 800 m)、样带 7(海拔 900 m)、样带 8(海拔 1 000 m)、样带 10(海拔 1 200 m)、样带 11(海拔 1 300 m)、样带 12(海拔 1 400 m)、样带 13(海

拔 1 500 m)以及样带 15(海拔 1 700 m)的森林群落,第 3 类型则包括了样带 5(海拔 700 m)、样带 9(海拔 1 100 m)、样带 14(海拔 1 600 m)、样带 16(海拔 1 800 m)以及样带 17(海拔 1 900 m)的森林群落.3 种森林群落类型主要按照海拔从低到高组合,双向指示种分析结果基本反映出南岭国家级自然保护区森林群落沿海拔梯度的分布.这揭示出虽然 TWINSpan 分类是依据样方物种重要值构成信息进行的^[11-12],但由于特定样方的物种构成与特定的生境类型相对应,因此,分类结果能反映出重要的环境梯度.



T1~T17 表示样带 1~样带 17,其海拔分别为 300、400、...、1 900 m
T1-T17 refer to elevation 300, 400, ..., 1 900 m, respectively

图 2 南岭国家级自然保护区森林群落的双向指示种分析
Fig. 2 Community groups by TWINSpan classification in Nanling National Nature Reserve

结合南岭国家级自然保护区森林群落类型的组成和立木结构分析(表 1)可知,第 1 类的森林群落乔木层主要以壳斗科 Fagaceae、木犀科 Oleaceae 占优势,优势种有黎蒴 *Castanopsis fissa*、桂花 *Osmanthus fragrans* 等.该类型林下植物层以里白科 Gleicheniaceae、紫金牛科 Myrsinaceae 占优势,优势种有芒萁 *Dicranopteris pedata*、紫金牛 *Ardisia japonica* 等.第 2 类森林群落集中分布在中海拔地段,立木的高度级较为整齐,平均胸高断面积和平均树高皆为最大,分别为 49.06 m²·hm⁻² 和 9.71 m.森林群落乔木层主要以壳斗科、金缕梅科 Hamamelidaceae、五列木科 Pentaphylacaceae、松科 Pinaceae 等占优势,榿木 *Loropetalum chinense*、五列木 *Pentaphylax euryoides*、华南五针松 *Pinus kwangtungensis* 等为第 2 类森林群落优势种.该类型林下植物层以禾本科 Poaceae、里白科、乌毛蕨科 Blechnaceae 占优势,常见的种类有箬竹 *Indocalamus tessellatus*、芒萁、芒 *Miscanthus sinensis*、乌毛蕨 *Blechnum orientale* 等.第 3 类森林群落乔木层以壳斗科、八角科 Illiciaceae、杜鹃花科 Ericaceae 为优势科,优势种有白锥

Castanopsis fabri、南华杜鹃 *Rhododendron simiarum*、野鸦椿 *Euscaphis japonica* 等。林下植物则以禾本科占优势, 常见种类有射毛玉山竹 *Yushania actinose-ta*、南岭箭竹 *Sinarundinaria basihirsuta* 等。第 3 类森林群落由于主要分布在较高海拔地段, 群落结构相对简单, 立木平均高度明显低于其他样带, 树干矮曲、分枝低且密集, 所以平均胸高断面积和平均树高都是最小的。

表 1 南岭国家级自然保护区森林群落类型的立木结构
Tab. 1 Stand structure of forest communities in Nanling National Nature Reserve

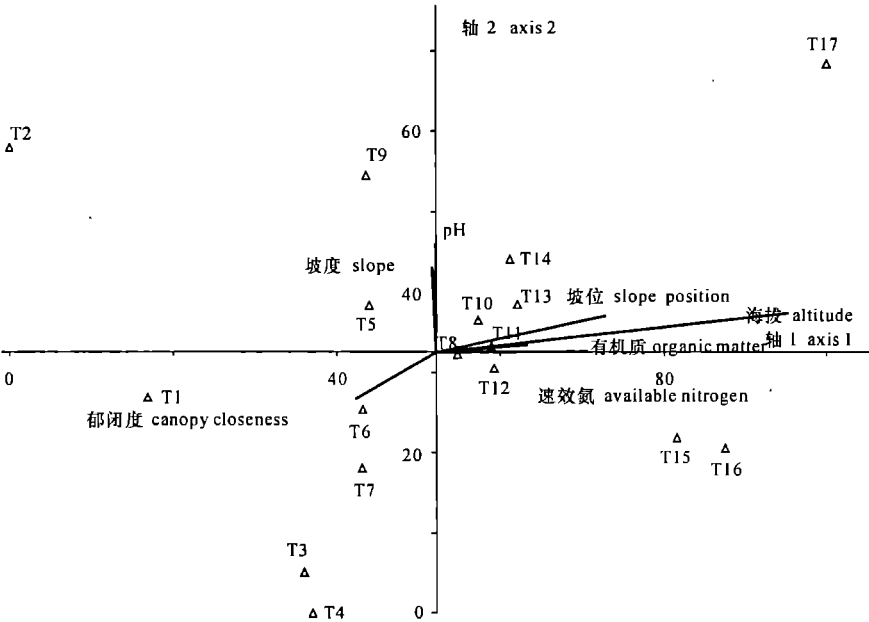
群落类型 commnity	种数 no. of species	属数 no. of genera	科数 no. of families	个体数 no. of stems	平均胸高断面积 ¹⁾ average basal area/(m ² · hm ⁻²)	平均树高 ¹⁾ average height/m
1	67	46	30	321	18.50 ± 2.72	9.09 ± 0.51
2	149	83	43	3 550	49.06 ± 2.66	9.71 ± 0.31
3	95	62	37	1 216	12.52 ± 7.60	4.71 ± 0.61

1) 数值为平均值 ± 标准误(α = 0.05)

3.2 非度量的多维标定法

非度量的多维标定法结果(图 3)表明, 结合了物种重要值信息和海拔、坡度、坡向、坡位、腐殖质层厚度、枯枝落叶层厚度、郁闭度、pH、有机质、速效氮、速效磷和速效钾等环境因子信息的排序效果还是理想的。其反复测算的三维最终应力值(final stress)为 13.46, 最终不稳定值(final instability)为 0.000 1。而且应力值(stress)与 4 个排序轴的相关关系都通过了蒙特卡罗检验(Monte Carlo test, $P < 0.05$)。NMDS 的应力值是对 2 个相关的距离矩阵间单调性偏离的量度^[9]。NMDS 排序轴还体现了与各环境因子的相关性强弱。NMDS 第 1 排序轴主要反映海拔、坡位、有机质以及速效氮梯度, 而

pH、坡度等环境因子主要与 NMDS 第 2 排序轴相关。而且, NMDS 第 1 排序轴与海拔因子的 Pearson and Kendall 决定系数达到 0.864。由于海拔梯度主要反映水热梯度变化, 因此 NMDS 第 1 排序轴反映出各个样带森林群落所在环境的湿度由高到低以及温度由低到高的变化梯度。NMDS 排序进一步验证了海拔是影响南岭国家级自然保护区森林群落的主要环境因子, 与坡位、有机质、速效氮、pH、坡度等环境因子共同影响物种分布。NMDS 排序的结果与 TWINSpan 分类结果的一致性表明了南岭国家级自然保护区森林群落在空间地理分布上具有一定的规律性, NMDS 排序空间反映出群落的主要环境梯度上的分布。



T1 - T17 表示样带 1 - 样带 17, 其海拔分别为 300、400、...、1 900 m
T1-T17 refer to elevation 300, 400, ..., 1 900 m, respectively

图 3 乔木种类与环境因子的 NMDS 二维排序图

Fig. 3 NMDS two-dimensional scatter ordination diagram of plant species of canopy stratum

4 讨论与结论

根据 20 400 m² 的调查样地资料统计,南岭国家级自然保护区森林群落共有 491 种维管束植物,隶属于 126 科 284 属。双向指示种分析按照海拔从低到高组合,将南岭国家级自然保护区森林群落分为 3 类森林群落类型,聚类结果基本反映出南岭国家级自然保护区森林群落沿海拔梯度的分布。非度量的多维标定法排序进一步验证了海拔是影响南岭国家级自然保护区森林群落的主要环境因子,与坡位、有机质、速效氮、pH、坡度等环境因子共同影响物种分布。TWINSpan 结果与非度量的多维标定法结果基本一致,具有良好的可比性。

非度量的多维标定法是利用各因子的生态信息对所有样地进行排序的一种方法。本文的研究结果表明:17 条样带在非度量的多维标定法图上均有自己的分布范围,且每个类型区都相对集中。非度量的多维标定法第 1 排序轴主要反映了海拔、坡位、有机质以及速效氮等因子的变化,即从左到右海拔、坡位、有机质、速效氮越来越大。其中,海拔因子的表现尤为突出。非度量的多维标定法第 2 排序轴主要反映了 pH、坡度等因子的变化,即从下而上 pH 和坡度逐渐减小。以上结果说明,通过非度量的多维标定法排序能够识别森林群落类型的空间分布规律。但是这种结果或者空间分布的规律性需要根据生态学知识去加以分析和总结,直观性不强。至于如何科学和直观地表达山地森林群落与复杂的环境因子之间的关系,还需要做进一步的研究。

本研究结果表明,TWINSpan 和 NMDS 具有很好的映衬性。非度量的多维标定法排序能够把 TWINSpan 分类的结果以数量-图式模型在简化的环境空间中反映出来。TWINSpan 分类和 NMDS 排序都揭示海拔是影响南岭国家级自然保护区森林群落的主要环境因子,具有良好的可比性。程占红等^[13]研究指出 TWINSpan 聚类 and 除趋势对应分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 排序的结果基本一致,可能是因为两者都是基于 RA/CA 第一排序轴基础上进行的。本研究运用非度量的多维标定法排序,在 TWINSpan 聚类结果的基础上,进一步精确分离出环境变量。一方面可能在于 TWINSpan 的数据格式与 NMDS 排序的数据格式通用,在算法

上具有共同点,聚类与排序结果互为补充。另一方面也可能说明,基于距离的非度量的多维标定法假设物种分布服从生态空间模式,比都是基于特征根分析的 TWINSpan 和除趋势对应分析假设物种服从正态分布更为合理^[4],反映的结果更真实。

参考文献:

- [1] 中国植被编辑委员会. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
- [2] 广东省科学家南岭森林生态考察团. 广东省南岭森林生态考察报告[J]. 生态科学, 1993(1): 3-13.
- [3] EL-DEMERDASH M A, HEGAZY A K, ZILAY A M. Vegetation-soil relationships in Tihamah coastal plains of Jazan region, Saudi Arabia [J]. Journal of Arid Environments, 1995, 30: 161-174.
- [4] DREWA P B, PLATT W J, MOSER E B. Community structure along elevation gradients in headwater regions of longleaf pine savannas [J]. Plant Ecology, 2002, 160: 61-78.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] BEALS E W. Vegetation change along altitudinal gradients [J]. Science, 1969, 165: 981-985.
- [8] 王国宏. 祁连山北坡中段植物群落多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性, 2002, 10(1): 7-14.
- [9] McCUNE B, GRACE B J. Analysis of ecological communities [M]. Gleneden Beach: Oregon, 2002: 15.
- [10] McCUNE B, MEFFORD M J. PC-ORD multivariate analysis of ecological data, Version 4.20 [CP/DK]. Gleneden Beach: MjM Software Design, 1999.
- [11] HEGAZY A K, EL-DEMERDASH M A, HOSNI H A. Vegetation, species diversity and floristic relations along an altitudinal gradient in south-west Saudi Arabia [J]. Journal of Arid Environments, 1998, 38: 3-13.
- [12] VIRTANEN R J, LUNDBERG P A, MOEN J. Topographic and altitudinal patterns in plant communities on European arctic islands [J]. Polar Biol, 1997, 17: 95-113.
- [13] 程占红, 张金屯, 吴必虎, 等. 芦芽山自然保护区旅游开发与植被环境关系: 植被景观的类型及其排序[J]. 生态学报, 2006, 26(6): 1940-1946.

【责任编辑 李晓卉】