

中国百种杰出学术期刊
中国精品科技期刊
中国科协优秀期刊
中国科学院优秀科技期刊
新中国 60 年有影响力的期刊
国家期刊奖

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica

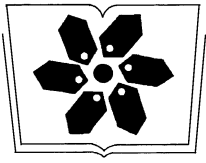
(Shengtai Xuebao)

第 31 卷 第 5 期
Vol.31 No.5
2011



中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 31 卷 第 5 期 2011 年 3 月 (半月刊)

目 次

盐胁迫下 3 种滨海盐生植物的根系生长和分布·····	弋良朋,王祖伟 (1195)
蕙兰病株根部内生细菌种群变化·····	杨 娜,杨 波 (1203)
森林不同土壤层全氮空间变异特征·····	张振明,余新晓,王友生,等 (1213)
基于生态位模型的秦岭山系林麝生境预测·····	罗 翀,徐卫华,周志翔,等 (1221)
黑河胜山自然保护区红松和红皮云杉生长释放判定及解释·····	王晓春,赵玉芳 (1230)
两种大型真菌菌丝体对重金属的耐受和富集特性·····	李维焕,于兰兰,程显好,等 (1240)
2005—2009 年浙江省不同土地类型上空对流层 NO ₂ 变化特征 ·····	程苗苗,江 洪,陈 健,等 (1249)
关帝山天然次生针叶林林隙径高比 ·····	符利勇,唐守正,刘应安 (1260)
鄱阳湖湿地水位变化的景观响应·····	谢冬明,郑 鹏,邓红兵,等 (1269)
模拟氮沉降对华西雨屏区撑绿杂交竹凋落物分解的影响·····	涂利华,戴洪忠,胡庭兴,等 (1277)
喷施芳香植物源营养液对梨树生长、果实品质及病害的影响 ·····	耿 健,崔楠楠,张 杰,等 (1285)
不同覆膜方式对旱砂田土壤水热效应及西瓜生长的影响 ·····	马忠明,杜少平,薛 亮 (1295)
干旱胁迫对玉米苗期叶片光合作用和保护酶的影响 ·····	张仁和,郑友军,马国胜,等 (1303)
不同供水条件下冬小麦叶与非叶绿色器官光合日变化特征 ·····	张永平,张英华,王志敏 (1312)
水分亏缺下紫花苜蓿和高粱根系水力学导度与水分利用效率的关系 ···	李文娆,李小利,张岁岐,等 (1323)
美洲森林群落 Beta 多样性的纬度梯度性 ·····	陈圣宾,欧阳志云,郑 华,等 (1334)
水体泥沙对菖蒲和石菖蒲生长发育的影响·····	李 强,朱启红,丁武泉,等 (1341)
蚯蚓在植物修复芫污染土壤中的作用·····	潘声旺,魏世强,袁 馨,等 (1349)
石榴园西花蓟马种群动态及其与气象因素的关系·····	刘 凌,陈 斌,李正跃,等 (1356)
黄山短尾猴食土行为·····	尹华宝,韩德民,谢继峰,等 (1364)
扎龙湿地昆虫群落结构及动态·····	马 玲,顾 伟,丁新华,等 (1371)
浙江双栉蝠蛾发生与土壤关系的层次递进判别分析·····	杜瑞卿,陈顺立,张征田,等 (1378)
低温导致中华蜜蜂后翅翅脉的新变异 ·····	周冰峰,朱翔杰,李 月 (1387)
双壳纲贝类 18S rRNA 基因序列变异及系统发生 ·····	孟学平,申 欣,程汉良,等 (1393)
基于物理模型实验的光倒刺鲃生态行为学研究 ·····	李卫明,陈求稳,黄应平 (1404)
中国铁路机车牵引能耗的生态足迹变化 ·····	何吉成 (1412)
城市承载力空间差异分析方法——以常州市为例·····	王 丹,陈 爽,高 群,等 (1419)
水资源短缺的社会适应能力理论及实证——以黑河流域为例 ·····	程怀文,李玉文,徐中民 (1430)
寄主植物叶片物理性状对潜叶昆虫的影响·····	戴小华,朱朝东,徐家生,等 (1440)
专论与综述	
C ₄ 作物 FACE (free-air CO ₂ enrichment) 研究进展 ·····	王云霞,杨连新,Remy Manderscheid,等 (1450)
研究简报	
石灰石粉施用剂量对重庆酸雨区受害马尾松林细根生长的影响·····	李志勇,王彦辉,于澎涛,等 (1460)
女贞和珊瑚树叶片表面特征的 AFM 观察 ·····	石 辉,王会霞,李秧秧,刘 肖 (1471)

美洲森林群落 beta 多样性的纬度梯度性

陈圣宾, 欧阳志云*, 郑 华, 肖 燧, 徐卫华

(中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100085)

摘要: Beta 多样性度量不同时空尺度物种组成的变化, 是生物多样性的重要组成部分; 理解其地理格局和形成机制已成为当前生物多样性研究的热点问题。基于 Alwyn H. Gentry 在美洲收集的 131 个森林样方数据, 采用倍性和加性分配方法度量群落 beta 多样性, 检验 beta 多样性随纬度的变化趋势, 并分析其形成机制。研究表明: (1) 美洲森林群落 beta 多样性随纬度增加显著下降, 热带和亚热带地区 beta 多样性高于温带地区; 此格局可由物种分布范围的纬度梯度性和不同粒度 (grain) 下物种丰富度与纬度回归斜率的差异推论得出; (2) 加性分配方法表明 beta 多样性对各个温度带森林群落 gamma 多样性的相对贡献率平均为 78.2%, 并且随纬度升高而降低; (3) 美洲南半球森林群落 beta 多样性高于其北半球, 这可能反映了区域间物种进化和环境变迁历史的差异。此外, 还探讨了不同 beta 多样性计算方法的适用情景, 首次证实了森林生态系统群落水平 beta 多样性的纬度梯度性, 这对研究生物多样性的形成机制和生物多样性保护都具有重要的意义。

关键词: 森林群落; 纬度梯度; 形成机制; 倍性分配; 加性分配

Latitudinal gradient in beta diversity of forest communities in America

CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun*, ZHENG Hua, XIAO Yi, XU Weihua

State Key Laboratory of Urban and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

Abstract: Beta diversity is an important component of biological diversity, measuring compositional change in species assemblages across temporal and spatial scales. Understanding spatial variation in beta diversity and the underlying mechanism(s) has become the focus of biodiversity studies in recent years. Although many studies have proved latitudinal gradient in species richness, whether beta diversity shows latitudinal trends still remain controversial. In the present study, we assessed the latitudinal gradient in beta diversity at community level. We selected inventory data of 131 0.1 hm² forest plots from South and North America, including various types of forest communities. These forest plots were a subset of 226 mature forest plots which were systematically gathered by late Alwyn H. Gentry during 22 years. We formulated two theoretical frameworks to facilitate the analyses. First, since species range size generally increase with latitude, there will be more obvious overlapping in species distribution toward the pole; this in turn will lead to latitudinal gradient in beta diversity. Second, since latitudinal decline in species richness at larger spatial grain is more abrupt than that at smaller spatial grain, the discrepancy in species richness of different spatial grains (beta diversity) will decrease with latitude. To catch more information of spatial variation in species composition within communities, we used both multiplicative and additive partitioning methods to calculate beta diversity. Simple correlation and regression were used to test the relationships between latitude and species diversity. The results showed that (1) beta diversity increased significantly along with decreasing latitude, irrespective which partitioning method was used. Generally, beta diversity in tropical and subtropical forests was comparable, and was much higher than that of temperate forests. This pattern can be easily derived by the latitudinal decrease in species range size measured by mean number of subplots occupied by all species within community, and the differences between regression slopes of species richness against latitude at larger and smaller grains; (2) gamma diversity of the studied communities was mainly contributed by beta diversity, with an average of 78.2%. Along with

基金项目: 国家重点基础研究发展规划(973)项目(2009CB421105)

收稿日期: 2010-11-03; 修订日期: 2011-01-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zyouyang@rcees.ac.cn

increasing latitude, the relative contributes of beta diversity to total gamma diversity decreased significantly; (3) beta diversity in south hemisphere was relatively higher than that of north hemisphere. This might reflect the regional differences in the histories of species evolution and environmental changes. In addition, we discussed the proper usage of multiplicative and additive partitioning methods. To our knowledge, this is the first attempt to test latitudinal gradient in beta diversity of forest ecosystems at community level. The results of our study have important implications for not only understanding the determinants of spatial variation in biodiversity but also for biodiversity conservation.

Key Words: forest community; latitudinal gradient; formation mechanism; multiplicative partitioning; additive partitioning

Beta(或 β)多样性度量物种组成在时空尺度上的变化,是一定区域的物种丰富度(γ 或 gamma)和区域内各个取样点的平均物种丰富度(α 或 alpha)的函数^[1-3]。许多研究均已阐明,在各个粒度(grain)上,物种丰富度均具有纬度梯度性,即从赤道到两极递减^[4]。而对 beta 多样性是否具有相似的纬度梯度性尚未达成共识^[3]。因此,beta 多样性的地理格局及其形成机制已成为当前生物多样性研究的热点问题^[3, 5]。

目前关于 beta 多样性地理格局的研究大都针对脊椎动物,对植物关注较少;分析粒度主要为区域尺度,群落水平的分析很少^[3];而 beta 多样性是与类群和尺度密切相关的^[6-9]。为深入理解 beta 多样性的地理格局,基于 Alwyn H. Gentry 的森林样方数据,本文采用倍性分配方法 $\beta = \gamma / \alpha$ ^[1] 和加性分配方法 $\beta = \gamma - \alpha$ ^[2] 度量群落 beta 多样性,检验其纬度梯度性,并据此分析不同纬度森林群落生物多样性形成机制。

1 材料与方法

1.1 分析框架

由于高纬度地区生境异质性较低,而低纬度地区生境异质性较高,所以对于某一生物类群而言,物种分布范围随纬度升高增大,这也符合 Rapoport 法则(Rapoport's rule)^[10-11]。因此,在高纬度地区,物种分布趋于重叠,区域间物种组成变化较小,导致 beta 多样性较低;而在低纬度地区则反之(图 1)。另外,有研究表明,分析粒度越大,物种丰富度随纬度下降的趋势越明显^[12-13]。以物种数为应变量时,两个回归曲线间的差异是加性分配所得 beta 多样性;由于 $\ln\beta = \ln\gamma - \ln\alpha$,则以物种数的自然对数值为应变量时,两个回归曲线间的差异则为倍性分配所得 beta 多样性的对数值(图 2)。据此推论,群落尺度 beta 多样性应该具有纬度梯度性。

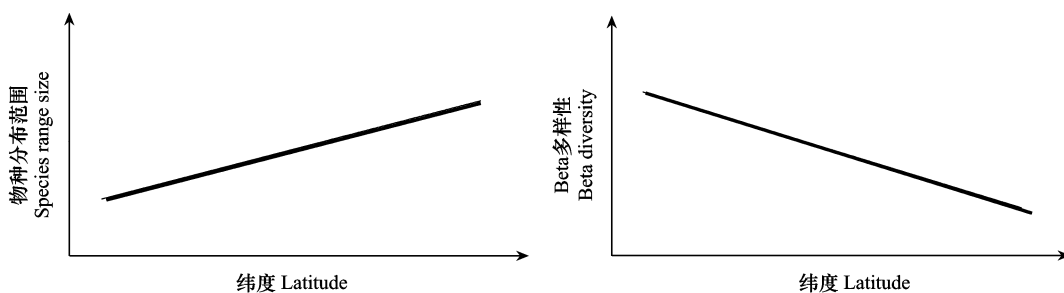


图 1 物种分布范围和 beta 多样性的纬度梯度性

Fig. 1 Latitudinal gradients in species range size and beta diversity

1.2 群落样方数据

Alwyn H. Gentry 及其同事调查了全球 226 个 0.1hm^2 成熟均一的森林群落样方 (http://www.wlbcen.org/gentry_data.htm)。样方由 10 个以 Z 字型排列的 $2\text{m}\times 50\text{m}$ 小样格组成。他们记录了样方内所有胸径大于 2.5cm 的乔木、灌木、藤本和半附生植物在各个样格内的分布。为了降低样方内生境异质性,他们尽量选择较小的海拔梯度范围和同一土壤类型,并避免人为干扰和一些处于早期演替阶段的森林群落。这样, 0.1hm^2 的样方就可以代表研究群落的状况,而较少受林内小尺度斑块的影响。因此,可以认为这些样方数据代表了群落所在区域的平均状况,而且在不同的区域间是可比的。从这个数据库选择了属于南北美洲大陆($S40^\circ$ —

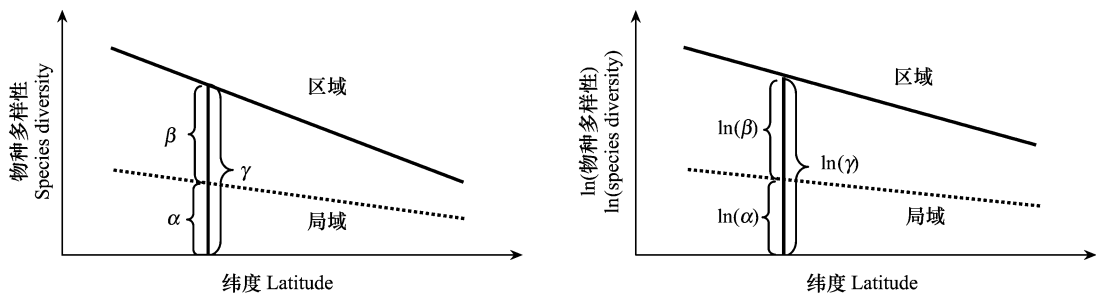


图2 不同粒度下 alpha, beta 和 gamma 多样性的组成随纬度的变化趋势

Fig. 2 Latitudinal gradients in alpha, beta, and gamma diversity at different grains

N40°) 的 131 个样方。其中热带地区(S12°—N12°)的样方最多,为 84 个,其次是亚热带地区(S12°—S23.45°和 N12°—N23.45°)的样方为 31 个,而温带地区(S23.45°—S40°和 N23.45°—N40°)的样方为 16 个。

1.3 beta 多样性度量方法

采用倍性分配方法 $\beta = \gamma / \alpha$ ^[1] 和加性分配方法 $\beta = \gamma - \alpha$ ^[2] 度量群落的 beta 多样性。其中, γ 是 0.1hm² 样方内的总物种数, α 是 10 个 0.01hm² 样格内物种数的平均值。为了区别,将倍性分配所得 β 记为 β_M , 而将加性分配所得的 β 记为 β_A 。根据定义, $1/\beta_M$ 为平均每个物种的分布点占区域内总分布点的比例。则在本研究中,物种平均分布范围为 $10/\beta_M$, 即群落内每个物种分布的平均样格数,记为 N_{sub} 。加性分配方法将总的物种多样性(gamma)分解为样格内(alpha)和样格间(beta)的多样性。由于加性分配用同样的单位度量 alpha 和 beta 多样性,所以它们的相对重要性很容易得以量化和解释^[14]。beta 多样性对 gamma 多样性的相对贡献为 $\beta_A / \gamma \times 100\%$, 记为 C_{beta} 。

1.4 统计分析

运用 Pearson 相关系数建立所有变量间的相关性矩阵;运用线性回归模型检验 gamma、alpha、 β_M 、 β_A 、 N_{sub} 和 C_{beta} 与纬度间的关系,以及 β_M 和 β_A 与 gamma 的关系。由于所分析的数据具有一定的空间自相关,所以采用 Dutilleul 的方法重新估计自由度,然后检验相关和回归的显著性^[15]。所有分析均在免费软件 SAM (Spatial Analysis in Macroecology) 中完成^[16]。

表1 本文所用变量的基本统计特征

Table 1 Basic statistics of the variables used in this study

变量 Variables	最小值 Minimum	最大值 Maximum	平均值 Mean	标准误 Standard deviation	变异系数/% Coefficient of variation
gamma	15.0	270.0	115.0	66.6	57.9
alpha	4.5	43.7	21.6	9.1	42.1
β_M	2.3	8.3	5.0	1.3	26.0
β_A	10.5	234.7	93.3	58.2	62.4
N_{sub}	1.2	4.3	2.2	0.7	30.2
C_{beta}	57.4%	87.9%	78.2%	6.6	8.4

gamma: 0.1hm² 样方内的物种数; alpha: 0.01hm² 样格内的平均物种数; β_M : 倍性分配所得 beta 多样性; β_A : 加性分配所得 beta 多样性; N_{sub} : 群落内每个物种分布的平均样格数; C_{beta} : beta 多样性对 gamma 多样性的相对贡献

2 结果

在所有的 131 个 0.1hm² 森林群落样方内, gamma 多样性最高为 270 种, 最低为 15 种, 平均为 115 种。而 0.01hm² 的样格内, alpha 多样性最高为平均 43.7 种, 最低为平均 4.5 种, 平均为 21.6 种。 β_M 介于 2.3 和 8.3 之间, 平均为 5.0; 而 β_A 介于 10.5 和 234.7 之间, 平均为 93.3。物种分布范围(N_{sub}) 最大为 4.3, 最小为 1.2, 平均为 2.2。beta 多样性对 gamma 多样性的贡献(C_{beta}) 均大于 50%, 最小为 57.4%, 最大为 87.9%,

平均为 78.2%。在这些变量中, β_A 变异系数最大(62.4%), 而 C_{β_A} 变异系数最小(8.4%)。

Gamma、alpha、 β_M 和 β_A 之间均显著正相关 ($P < 0.001$), 尤其在 gamma 和 β_A 之间(表 2, $r = 0.998, P < 0.001$)。特别注意 β_M 和 β_A 之间的显著正相关(图 1, $r = 0.841, P < 0.001$)。Gamma 和 alpha 多样性及其对数值均随纬度增加而降低, 但 gamma 多样性降低的速率(即回归曲线的斜率)总大于 alpha, 特别是以丰富度进行检验时(图 3)。这导致 β_M 和 β_A 均随纬度升高显著降低(图 4); 纬度分别能解释 β_M 和 β_A 总体方差的 28.6% 和 26.9%。热带地区的 β_M 均值为 5.3, 与亚热带地区的 β_M (4.9) 差异不显著, 均显著高于温带地区的均值 3.1(图 5)。 β_A 表现出同样的趋势, 热带地区为 108.7, 亚热带地区为 91.0, 而温带地区仅为 17.3(图 5)。在相同的纬度上, 南美森林群落的 beta 多样性总是高于北美, 并且不受 beta 多样性度量方式的影响(图 6)。随着纬度升高, N_{sub} 显著增加($r^2 = 0.371, P < 0.001$), 而 C_{β_A} 显著降低($r^2 = 0.371, P < 0.001$)(图 7)。

表 2 物种多样性指数之间的 Pearson 线性相关关系

Table 2 The Pearson linear correlations between species diversity indices

	gamma	alpha	β_M
alpha	0.937 ***		
β_M	0.819 ***	0.625 ***	
β_A	0.998 ***	0.916 ***	0.841 ***

*: $0.01 < P < 0.05$; **: $0.001 < P < 0.01$; ***: $P < 0.001$

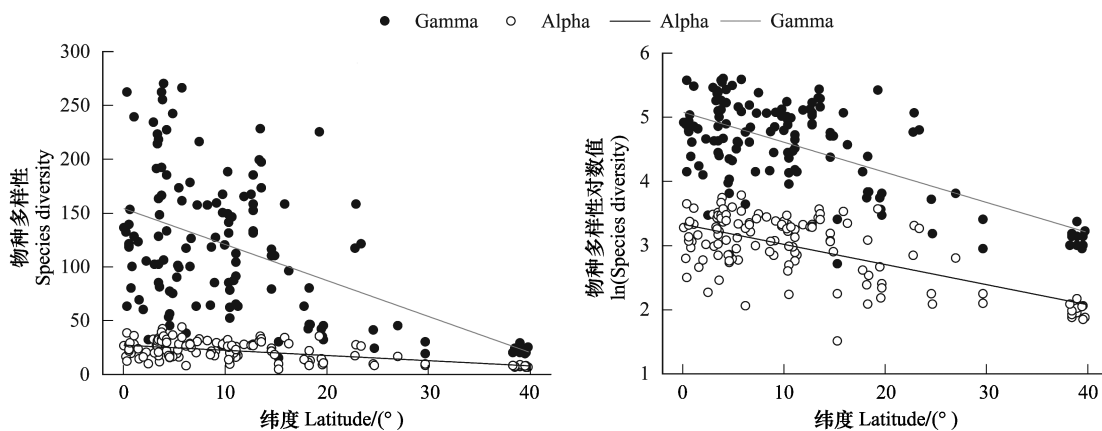


图 3 美洲森林群落物种多样性随纬度的变化趋势

Fig. 3 Latitudinal gradients in alpha, beta, and gamma diversity of forest communities in America

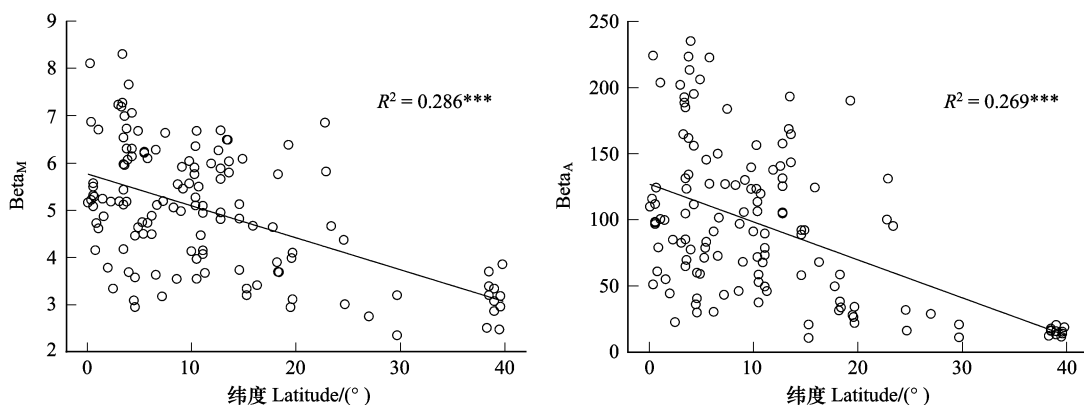


图 4 美洲森林群落 beta 多样性与纬度的关系

Fig. 4 The relationships between beta diversity of forest communities in America and latitude

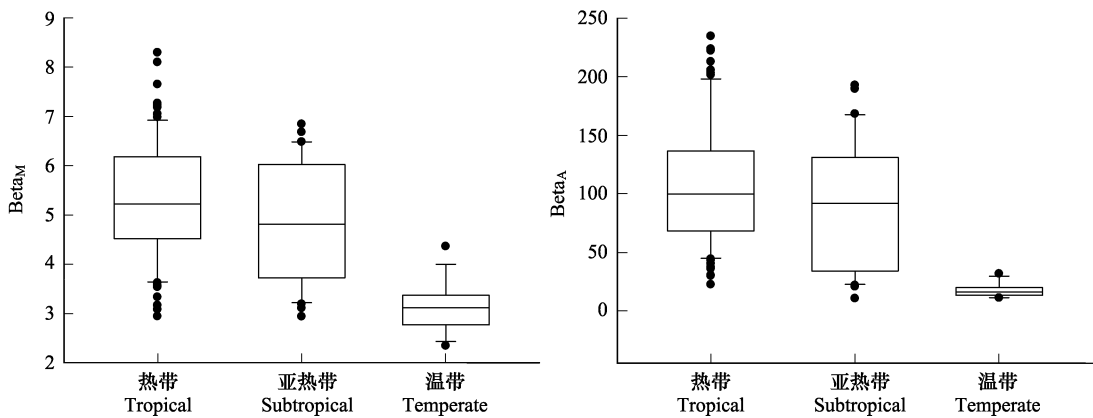


图5 不同气候带的 beta 多样性

Fig. 5 beta diversity in different climate zones

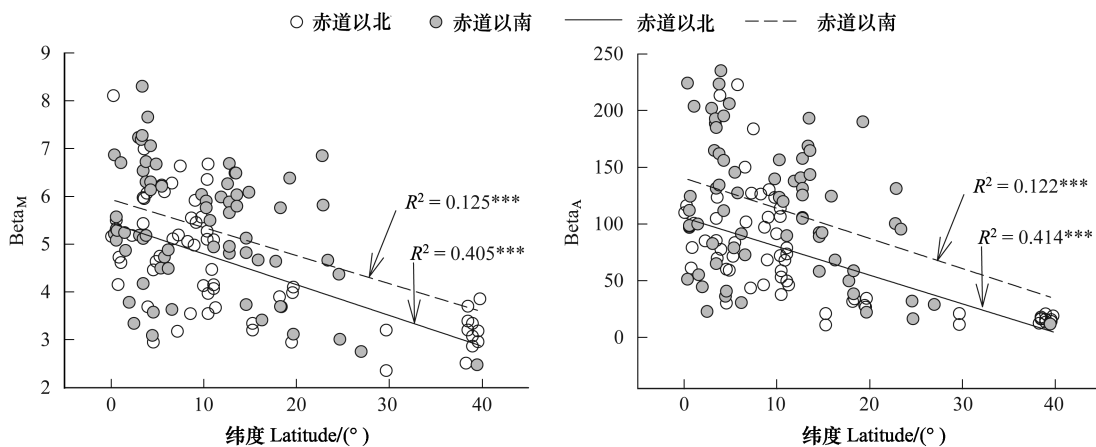


图6 南半球和北半球森林群落 beta 多样性与纬度的关系

Fig. 6 The relationships between beta latitude and diversity in south and north hemisphere

3 讨论

beta 多样性度量不同时空尺度物种组成的变化^[3],而本文是在更高一个层次上分析群落内物种组成变化幅度(即 beta 多样性)的地理空间分异。许多研究试图阐明 beta 多样性的地理格局,并检验其纬度梯度性^[3]。有些研究表明 beta 多样性确实表现出一定的纬度梯度性,并在一定程度上与物种丰富度的地理格局相似^[3]。但他们所使用的数据大多为物种分布图和区域性物种名录,分析粒度较大,而且研究对象大多为脊椎动物^[3]。本文采用大尺度范围的样方数据,采用多样性的倍性分配和加性分配方法计算 beta 多样性,表明群落水平 beta 多样性随纬度升高显著降低,这能为理解森林群落生物多样性的形成机制和生物多样性保护提供重要的信息。

Rapoport 法则(Rapoport's rule)是指,动植物的纬向分布宽度随纬度升高而逐渐变宽的现象^[10-11]。本文所用的数据并不严格符合 Rapoport 法则的定义,且也无意于检验此法则。分析结果表明,以样方内物种分布样格数平均值度量的分布范围(N_{sub})随纬度升高显著增加(图7)。因此 β_{M} 随纬度升高显著下降(图4, 5, 6)。结果表明,即使在 0.1hm^2 (区域)和 0.01hm^2 (局域)的尺度上,物种丰富度的纬度梯度性仍然是尺度依赖的,区域尺度的物种多样性随纬度增加下降的速率大于局域尺度(图3),从而导致 β_{M} 和 β_{A} 均随纬度升高显著降低(图4)。因此, beta 多样性的纬度梯度性可由物种分布范围的纬度梯度性,以及物种丰富度纬度梯度性的粒度依赖性推论而来^[13]。

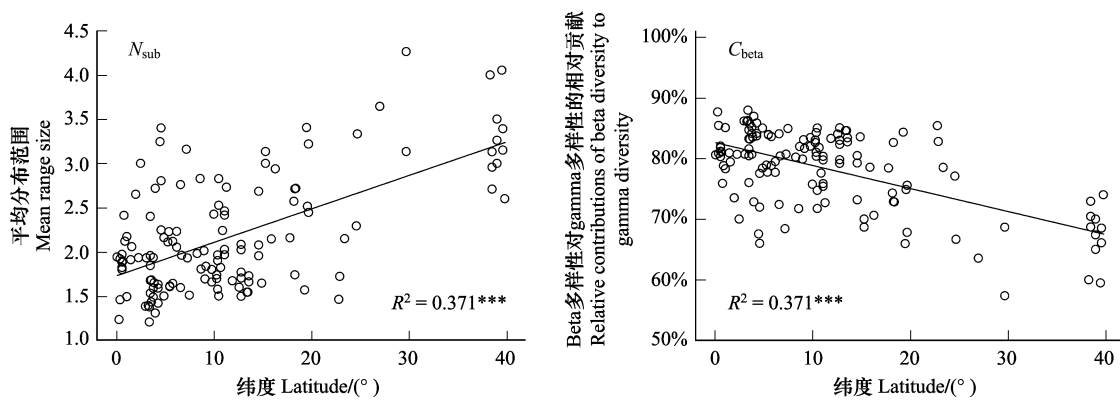


图7 群落内物种平均分布范围(N_{sub})和 beta 多样性对 gamma 多样性的贡献(C_{beta})与纬度的关系

Fig. 7 The relationships between mean range size (N_{sub}), relative contributions of beta diversity to gamma diversity (C_{beta})

beta 多样性对 gamma 多样性的相对贡献同样具有一定的纬度梯度性(图7)。在热带地区, gamma 多样性的 80.3% 来自 beta 多样性,而在亚热带和温带地区分别降低到 78.3% 和 67.9%。总体而言,在所研究的尺度上,森林群落 gamma 多样性的 78.2% 来自 beta 多样性。这表明在 0.01hm^2 样格内物种组成随纬度发生系统性的变化,即在热带和亚热带地区,更多地由偶见种组成,而在温带地区,常见种的比例增加。因此,低纬度森林丰富的物种多样性主要来自其较高的 beta 多样性。

生境异质性和物种对环境梯度的特异性响应都会导致 beta 多样性。beta 多样性的纬度梯度性表明,对植物而言,低纬度地区的环境异质性可能更强。虽然 Gentry 在调查样方时试图降低样方内的异质性,但并不能完全去除小尺度上地形、土壤因子和林窗干扰历史的变化。而这些因子都是森林群落内植物分布的重要限制因子^[17-19]。另外一方面, beta 多样性的纬度梯度性也反映了不同地区植物的生态位宽度。植物的生态位在低纬度地区较窄,并随着纬度增加而变宽。从而导致 N_{sub} 随纬度升高显著增加(图7)。

在相同的纬度上,南美洲森林群落的 beta 多样性总是高于北美洲(图6),可能反映了南北美在物种进化和环境变化历史方面的差异。首先,赤道以南的美洲地区为连续的大陆,而赤道以北的许多地区(特别是中美洲地区)是狭长的陆地和岛屿。因此,在相同纬度上,北美洲较南美洲面积小,而狭小的面积限制了物种进化,增加了灭绝风险,最终降低了植物区系的特有性。其次,南美安第斯山脉的隆起促进了物种分化,形成许多地区特有种^[20]。而北美缺乏类似的物种进化事件。再者,大部分北美大陆在末次冰期被冰雪覆盖,现在的植物区系主要由自低纬度扩散来的广布种组成;而南美洲受末次冰期影响较小。这些因素共同作用导致不同半球间森林群落 beta 多样性的差异。可以推测,群落水平 beta 多样性的地理分异可能记录了物种进化和环境变迁的历史。当然,这一格局及其潜在机制需要更细致的研究来反复检验。

目前, beta 多样性的度量方法非常多样,估计不下 40 种^[3]。倍性分配和加性分配是较为常用的两个方法^[3,21]。采用这两种方法,许多研究发现 beta 多样性的纬度梯度性^[8, 22-24]。Soinin 等发现采用倍性分配方法计算的 beta 多样性随纬度升高而降低,但并不显著。这可能是由于他们的分析包涵了各种生物类群,区域和局域间面积差异变化较大,而生物学特征(如个体大小和扩散方式)和不同区域/局域面积比例都会显著影响 beta 多样性^[8]。

主要类群均为乔木,区域和局域间面积差异一致(均为 10:1),故无论采用倍性还是加性分配方法, beta 多样性均具有纬度梯度性,且二者间具有显著的正相关(表2),但 β_{A} 变异系数较大(表1),这体现了它们测度的是 beta 多样性的不同侧面。比较而言, β_{A} 与 gamma 和 alpha 多样性的相关性均较强(表2),即 β_{A} 对 gamma 和 alpha 多样性具有较强的依赖性。因此,在进行区域间比较时,由于 β_{M} 不依赖物种丰富度,因此可能比 β_{A} 更具优势^[25],虽然其变异系数较低(表1);而在探讨不同尺度生态过程在物种多样性形成机制中的作用时, β_{A} 更具优势,因为它能区分不同尺度多样性的贡献^[14]。

本文首次在大洲的地理尺度上,证实了森林生态系统群落水平 beta 多样性的纬度梯度性,这对研究生物多样性的形成机制和生物多样性保护都具有重要的意义。

致谢:感谢 Missouri Botanical Garden 的 Alwyn H. Gentry 及其同事采集、整理和公开森林样方数据;感谢中国科学院植物研究所张金龙博士在数据获取和分析方面提供的帮助。

References:

- [1] Whittaker R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California. *Ecological Monographs*, 1960, 30(3): 279-338.
- [2] Lande R. Statistics and partitioning of species diversity and similarity among multiple communities. *Oikos*, 1996, 76(1): 5-13.
- [3] Chen S, Ouyang Z, Xu W, Xiao Y. A review of beta diversity studies. *Biodiversity Science*, 2010, 18(4): 323-335.
- [4] Willig M R, Kaufman D M, Stevens R D. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2003, 34: 273-309.
- [5] Gaston K J, Evans K L, Lennon J J. The scaling of spatial turnover: pruning the thicket//Scaling Biodiversity. Storch D, Marquet P A, Brown J H, eds. Cambridge: Cambridge University Press, 2007: 181-222.
- [6] Harrison S, Ross S J, Lawton J H. Beta-diversity on geographic gradients in Britain. *Journal of Animal Ecology*, 1992, 61: 151-158.
- [7] Arita H T, Rodríguez P. Geographic range, turnover rate and the scaling of species diversity. *Ecography*, 2002, 25(5): 541-550.
- [8] Soininen J, Lennon J J, Hillebrand H. A multivariate analysis of beta diversity across organisms and environments. *Ecology*, 2007, 88: 2830-2838.
- [9] Qian H. Beta diversity in relation to dispersal ability for vascular plants in North America. *Global Ecology and Biogeography*, 2009, 18(3): 327-332.
- [10] Rapoport E H. *Areography: Geographical Strategies of Species*. New York: Pergamon Press, 1982.
- [11] Shen Z H, Lu Q Y. The Rapoport's rule for the geographic patterns of species range size. *Biodiversity Science*, 2009, 17(6): 560-567.
- [12] Hillebrand H. On the generality of the latitudinal diversity gradient. *American Naturalist*, 2004, 163(2): 192-211.
- [13] Rodríguez P, Arita H T. Beta diversity and latitude in North American mammals: testing the hypothesis of covariation. *Ecography*, 2004, 27(5): 547-556.
- [14] Crist T O, Veech J A. Additive partitioning of rarefaction curves and species-area relationships: unifying α -, β - and γ -diversity with sample size and habitat area. *Ecology Letters*, 2006, 9(8): 923-932.
- [15] Dutilleul P. Modifying the *t* test for assessing the correlation between two spatial processes. *Biometrics*, 1993, 49: 305-314.
- [16] Rangel T F, Diniz-Filho J A F, Bini L M. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. *Ecography*, 2010, 33(1): 46-50.
- [17] Legendre P, Mi X C, Ren H B, Ma K P, Yu M J, Sun I F, He F L. Partitioning beta diversity in a subtropical broadleaved forest of China. *Ecology*, 2009, 90(3): 663-674.
- [18] Clark D B, Palmer M W, Clark D A. Edaphic factors and the landscape-scale distributions of tropical rain forest trees. *Ecology*, 1999, 80(8): 2662-2675.
- [19] Yamamoto S I. The gap theory in forest dynamics. *Journal of Plant Research*, 1992, 105(2): 375-383.
- [20] Hughes C, Eastwood R. Island radiation on a continental scale: exceptional rates of plant diversification after uplift of the Andes. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 2006, 103(27): 10334-10339.
- [21] Jurasinski G, Retzer V, Beierkuhnlein C. Inventory, differentiation, and proportional diversity: a consistent terminology for quantifying species diversity. *Oecologia*, 2009, 159(1): 15-26.
- [22] Blackburn T M, Gaston K J. The distribution of bird species in the New World: patterns in species turnover. *Oikos*, 1996, 77: 146-152.
- [23] Stevens R D, Willig M R. Geographical ecology at the community level: perspectives on the diversity of New World bats. *Ecology*, 2002, 83(2): 545-560.
- [24] Koleff P, Lennon J J, Gaston K J. Are there latitudinal gradients in species turnover? *Global Ecology and Biogeography*, 2003, 12(6): 483-498.
- [25] Jost L. Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology*, 2007, 88(10): 2427-2439.

参考文献:

- [3] 陈圣宾, 欧阳志云, 徐卫华, 肖焱. Beta 多样性研究进展. *生物多样性*, 2010, 18(4): 323-335.
- [11] 沈泽昊, 卢绮妍. 物种分布区范围地理格局的 Rapoport 法则. *生物多样性*, 2009, 17(6): 560-567.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31, No. 5 March, 2011 (Semimonthly)
CONTENTS

Root system characters in growth and distribution among three littoral halophytes YI Liangpeng, WANG Zuwei (1195)

Population dynamics of endophytic bacteria isolated from the roots of infected *Cymbidium faberi* YANG Na, YANG Bo (1203)

Spatial variability of forest soil total nitrogen of different soil layers ZHANG Zhenming, YU Xinxiao, WANG Yousheng, et al (1213)

Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling mountain range based on niche model LUO Chong, XU Weihua, ZHOU Zhixiang, et al (1221)

Growth release determination and interpretation of Korean pine and Koyama spruce in Shengshan National Nature Reserve, Heilongjiang Province, China WANG Xiaochun, ZHAO Yufang (1230)

Growth tolerance and accumulation characteristics of the mycelia of two macrofungi species to heavy metals LI Weihuan, YU Lanlan, CHENG Xianhao, et al (1240)

Characters of the OMI NO₂ column densities over different ecosystems in Zhejiang Province during 2005—2009 CHENG Miaomiao, JIANG Hong, CHEN Jian, et al (1249)

The forest gap diameter height ratio in a secondary coniferous forest of Guan Di Mountain FU Liyong, TANG Shouzheng, LIU Yingan (1260)

Landscape responses to changes in water levels at Poyang Lake wetlands XIE Dongming, ZHENG Peng, DENG Hongbing, et al (1269)

Effect of simulated nitrogen deposition on litter decomposition in a *Bambusa pervariabilis* × *Dendrocala mopsi* plantation, Rainy Area of West China TU Lihua, DAI Hongzhong, HU Tingxing, et al (1277)

Effect of aromatic plant-derived nutrient solution on the growth, fruit quality and disease prevention of pear trees GENG Jian, CUI Nannan, ZHANG Jie, et al (1285)

Influences of different plastic film mulches on temperature and moisture of soil and growth of watermelon in gravel-mulched land MA Zhongming, DU Shaoping, XUE Liang (1295)

Effects of drought stress on photosynthetic traits and protective enzyme activity in maize seedling ZHANG Renhe, ZHENG Youjun, MA Guosheng, et al (1303)

Photosynthetic diurnal variation characteristics of leaf and non-leaf organs in winter wheat under different irrigation regimes ZHANG Yongping, ZHANG Yinghua, WANG Zhimin (1312)

The root system hydraulic conductivity and water use efficiency of alfalfa and sorghum under water deficit LI Wenrao, LI Xiaoli, ZHANG Suiqi, et al (1323)

Latitudinal gradient in beta diversity of forest communities in America CHEN Shengbin, OUYANG Zhiyun, ZHENG Hua, et al (1334)

Influence of silts on growth and development of *Acorus calamus* and *Acorus tatarinowii* in turbid water LI Qiang, ZHU Qihong, DING Wuquan, et al (1341)

Roles of earthworm in phytoremediation of pyrene contaminated soil PAN Shengwang, WEI Shiqiang, YUAN Xin, et al (1349)

Population dynamics of *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) along with analysis on the meteorological factors influencing the population in pomegranate orchards LIU Ling, CHEN Bin, LI Zhengyue, et al (1356)

Geophagy of *Macaca Thibetana* at Mt. Huangshan, China YIN Huabao, HAN Demin, XIE Jifeng, et al (1364)

The structure and dynamic of insect community in Zhalong Wetland MA Ling, GU Wei, DING Xinhua, et al (1371)

Analysis of layer progressive discriminant relations between the occurrence of *Bipectilus zhejiangensis* and soil DU Ruiqing, CHEN Shunli, ZHANG Zhengtian, et al (1378)

New mutations in hind wing vein of *Apis cerana cerana* (Hymenoptera: Apidae) induced by lower developmental temperature ZHOU Bingfeng, ZHU Xiangjie, LI Yue (1387)

18S rRNA gene variation and phylogenetic analysis among 6 orders of Bivalvia class MENG Xueping, SHEN Xin, CHENG Hanliang, et al (1393)

Laboratory study on ethology of *Spinibarbus hollandi* LI Weiming, CHEN Qiuwen, HUANG Yingping (1404)

Dynamic change in ecological footprint of energy consumption for traction of locomotives in China HE Jicheng (1412)

Approach to spatial differences analysis of urban carrying capacity: a case study of Changzhou City WANG Dan, CHEN Shuang, GAO Qun, et al (1419)

Social adaptive capacity for water resource scarcity in human systems and case study on its measuring CHENG Huaiwen, LI Yuwen, XU Zhongmin (1430)

Effects of physical leaf features of host plants on leaf-mining insects DAI Xiaohua, ZHU Chaodong, XU Jiasheng, et al (1440)

Review and Monograph

Progresses of free-air CO₂ enrichment (FACE) researches on C₄ crops: a review WANG Yunxia, YANG Lianxin, Remy Manderscheid, et al (1450)

Scientific Note

Influence of limestone powder doses on fine root growth of seriously damaged forests of *Pinus massoniana* in the acid rain region of Chongqing, China LI Zhiyong, WANG Yanhui, YU Pengtao, et al (1460)

Leaf surface microstructure of *Ligustrum lucidum* and *Viburnum odoratissimum* observed by Atomic force microscopy (AFM) SHI Hui, WANG Huixia, LI Yangyang, LIU Xiao (1471)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

★《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次,全国排名第 1;影响因子 1.812,全国排名第 14;第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊;中国精品科技期刊

编辑部主任:孔红梅

执行编辑:刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 5 期 (2011 年 3 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 5 2011

编 辑 《生态学报》编辑部
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085
电话:(010)62941099
www.ecologica.cn
shengtaixuebao@rcees.ac.cn

主 编 冯宗炜
主 管 中国科学技术协会
主 办 中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
地址:北京海淀区双清路 18 号
邮政编码:100085

出 版 科 学 出 版 社
地址:北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

印 刷 北京北林印刷厂
发 行 科 学 出 版 社
地址:东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717
电话:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

订 购 全国各地邮局
国外发行 中国国际图书贸易总公司
地址:北京 399 信箱
邮政编码:100044

广告经营 京海工商广字第 8013 号
许 可 证

Edited by Editorial board of
ACTA ECOLOGICA SINICA
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
Tel:(010)62941099
www.ecologica.cn
Shengtaixuebao@rcees.ac.cn

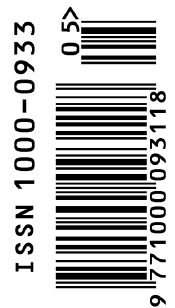
Editor-in-chief FENG Zong-Wei
Supervised by China Association for Science and Technology
Sponsored by Ecological Society of China
Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS
Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China

Published by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North Street,
Beijing 100717, China

Printed by Beijing Bei Lin Printing House,
Beijing 100083, China

Distributed by Science Press
Add:16 Donghuangchenggen North
Street, Beijing 100717, China
Tel:(010)64034563
E-mail:journal@cspg.net

Domestic All Local Post Offices in China
Foreign China International Book Trading
Corporation
Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元