

# 云南地区乔木物种经、纬度梯度的 $\beta$ 多样性

何彪<sup>1</sup>, 彭泽瑜<sup>2</sup> (1. 云南楚雄彝族自治州环境工程评估中心, 云南楚雄 675000; 2. 云南大学, 云南昆明 650091)

**摘要** 对云南省 2 086 个分布于 118 个县(区、市)的乔木物种在经、纬度梯度上  $\beta$  多样性进行分析, 得到如下结果: 随纬度增加, Sørensen 相似性指数呈增大的趋势, 即其物种的相似性增大, 而多样性降低, 与“Rapoport”法则一致。Sørensen 相似性指数随经度的增加呈先急剧上升而后不再变化的特征。在云南西部地区物种相似性差异很大, 而在东部地区物种多样性较均一。运用 GDM 对经度、纬度综合效应下的乔木物种多样性采用 Bray-Curtis 指数预测分析, 地理距离对乔木物种组成的差异性解释率为 18.3%。

**关键词** 乔木物种; Beta 多样性; 经、纬度梯度; 云南

**中图分类号** S718 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2015)01-107-03

## Tree Species Beta Diversity in Longitude and Latitude Gradient of Yunnan Region

HE Biao<sup>1</sup>, PENG Ze-yu<sup>2</sup> (1. Environmental Engineering Assessment Center of Chuxiong, Chuxiong, Yunnan 675000; 2. Yunnan University, Kunming, Yunnan 650091)

**Abstract** Through analysis to the  $\beta$  diversity on gradient of longitude and latitude in Yunnan, a province located in southeast part and is the richest in the biodiversity of China including 118 counties, and has 2 086 trees species, the following results were obtained: With the increase of latitude, the Sørensen similarity index has the tendency of increase, and the similarity of the species increases, namely the diversity is reduced, which is in accordance with "Rapoport" rules. With the increase of the longitude, the Sørensen similarity index at first rises sharply, and when the index reaches about 1.5, namely longitude is about 102°, the increase of longitude has almost no effect on Sørensen similarity index. It can be concluded from above results, the similarity of tree species differ greatly in west Yunnan, and the similarity differ is small in east Yunnan. Using GDM (generalized dissimilarity models) to calculate the Bray-Curtis index for comprehensive effects of latitude and longitude on trees species diversity, the explanation rate of geographical distance on differences of trees species composition is 18.3%.

**Key words** Tree species;  $\beta$  diversity; Latitude and Longitude gradient; Yunnan

最早提出物种多样性组成成分的是生态学家 Whittaker, 在半个世纪前他就开创性地提出生物多样性有 3 个不同的侧面或水平:  $\alpha$  多样性,  $\beta$  多样性和  $\gamma$  多样性。其中  $\beta$  多样性反映环境梯度上物种组成的变化趋势<sup>[1-2]</sup>。Cody<sup>[3]</sup> 则从空间尺度及其决定因素方面扩展了  $\beta$  多样性研究的视野, 将其从群落尺度延伸到地理尺度, 同时提出一个新名词“turnover”(物种转换)来表示生境间多样性, 并被广泛应用。对不同区域间  $\beta$  多样性的度量能够很好地反映其环境异质性。 $\beta$  多样性度量时空尺度上物种组成的变化是生物多样性的的重要组成部分, 与许多生态学和进化生物学问题密切相关<sup>[4]</sup>。

在较大尺度上, 很多类群的物种丰富度都具有从热带到两极递减的纬度梯度<sup>[5]</sup>。Rapoport<sup>[6]</sup> 指出物种种域范围自高纬度向低纬度有逐渐变窄的趋势。这也说明了随纬度梯度物种丰富度的变化情况。林国俊等<sup>[7]</sup> 对鼎湖山森林群落  $\beta$  多样性研究发现沿纬度梯度, 鼎湖山森林群落  $\beta_c$  大于东灵山森林群落, 与 Rapoport 法则预测结果一致。赵怀宝等<sup>[8]</sup> 对古尔班通古特沙漠南部植物群落  $\beta$  多样性经、纬度梯度上的变化进行了分析, 结果表明  $\beta$  多样性在经度梯度上由西向东物种相似性增加, 物种替代速率减弱(即  $\beta$  多样性降低); 在纬度梯度上自北向南物种相似性降低, 物种替代速率略有升高(即  $\beta$  多样性增大)。目前学者对  $\beta$  多样性的纬度梯度变化格局意见仍不一致, 对  $\beta$  多样性的研究还有很大的空间。

云南是中国生物多样性最为丰富的省份, 其植物物种大

约占全国物种数的 50%, 其乔木物种所占比例也相当<sup>[9]</sup>。由于乔木树种生长时间较长, 具有稳定的生物学特征, 也具有较为稳定的分布范围, 研究乔木树种  $\beta$  多样性沿纬度和经度梯度分布趋势对于认识云南植物分布的特征及其规律, 分析植物与环境的相互关系具有重要的意义。

## 1 研究区概况

云南省位于中国西南边陲, 地理坐标为 21°8'32" ~ 29°15'8"N, 97°31'39" ~ 106°11'47"E, 北回归线横贯云南省南部。云南全境东西最大横距 864.9 km, 南北最大纵距 990.0 km, 总面积 39.4 万 km<sup>2</sup>。全省境内海拔相差很大, 最高点在滇藏交界的德钦县怒山山脉梅里雪山, 其主峰卡格博峰海拔 6 740 m; 最低点在与越南交界的河口县境内南溪河与元江汇合处, 海拔 76.4 m。两地相距约 900 km, 高低相差就达 6 000 余 m<sup>[10]</sup>。云南以元江谷地和云岭山脉南段宽谷为界, 分为东西两部。东部为滇东、滇中高原, 地形小波状起伏, 平均海拔 2 000 m 左右, 表现为起伏和缓的低山和浑圆丘陵, 发育着各种类型的岩溶地形; 西部为横断山脉纵谷区, 高山深谷相间, 相对高差较大, 地势险峻, 西南部海拔一般在 1 500 ~ 2 200 m, 西北部海拔一般在 3 000 ~ 4 000 m。云南西部地区在地形上属于低纬度山地峡谷地区, 在南北方向上跨越近 8 个纬度<sup>[11]</sup>, 是云南地区植物多样性最为丰富的区域<sup>[12]</sup>。

云南地处低纬度高原, 地理位置特殊, 地形地貌复杂。东西两部分分别受太平洋季风和印度季风控制, 冬暖夏凉, 四季如春, 造就了云南植物群落的多样性。按照气候带划分, 云南从南到北, 依次跨越了热带、亚热带、温带和寒温带气候<sup>[12-13]</sup>。伴随着复杂、多样的气候类型, 云南省群落类型囊括了森林、灌丛、草甸、高山冻原和湖泊、河流、湿地等地球陆生生态系统的所有类型<sup>[14]</sup>。

**作者简介** 何彪(1985-), 男, 甘肃会宁人, 硕士研究生, 研究方向: 植被与景观生态学、城市生态学、环境影响评价。

**收稿日期** 2014-11-21

## 2 数据来源与处理

### 2.1 数据来源

**2.1.1 乔木物种名录和分布数据来源。**云南地区约有2 086种乔木、462个属、100个科,分布信息来自《云南树木图志》(上、中、下)和《云南种子植物名录》<sup>[15]</sup>。《云南树木图志》(上、中、下)<sup>[16]</sup>中多数情况下给出了物种的类型(乔木、灌木),乔木一般指植物具单一主干,且具有一定形态的树冠。又可分大乔木(树高18 m以上)、中乔木(树高9~18 m)和小乔木(树高在9 m以下)。

**2.1.2 经、纬度数据(坐标)来源。**利用 ArcGis 9.3 获取云南省118个县(区、市)坐标,即得每个县(区、市)的经、纬度数据。近年云南省的县级行政区划进行了一些调整,而植物分布记录数据早于行政区划调整,因此县级行政区划仍然按照2005年的数据进行统计,而新改名的县(区、市)将进行标注。

### 2.2 数据处理

**2.2.1 处理软件。**该研究数据采用 Excel 2007 作初步统计整理,再在《中国植物志》与 Eflora (<http://www.efloras.org>) 中检查核对乔木物种信息,利用 R2.12 中的 Vegan、BiodiversityR 等基础包作  $\beta$  多样性分析。

**2.2.2 处理方法。**根据云南省2 086个乔木物种在118个行政区中的二元属性数据,即物种的存在与否(用1和0表示),在经度和纬度梯度上分析其  $\beta$  多样性。

按照118个行政区所在的坐标,在经度梯度、纬度梯度上对乔木物种  $\beta$  多样性变化趋势采用 Sørensen 相似性指数分析,同时运用 GDM 模型(generalized dissimilarity models)对经度、纬度综合效应下的乔木物种多样性采用 Bray - Curtis 指数预测分析其特征。GDM 模型是 Ferrier 等<sup>[17]</sup>提出的运用环境因子(如气候、土壤、温度等)分析和预测较大范围内各样点群落组成相异性的模型。

#### 2.2.2.1 Sørensen 相似性指数。

$$C_s = 2a / (2a + b + c)$$

式中, $a$ 是2个样地内共有的物种数目; $b$ 是沿生境梯度失去的物种数目,即在上一个梯度中存在而在下一个梯度中没有的物种数目; $c$ 是沿生境梯度增加的物种数目,即在上一个梯度不存在而在下一个梯度中存在的物种数目<sup>[18]</sup>。

#### 2.2.2.2 Bray-Curtis 指数。

$$C_N = 2jN / (Na + Nb)$$

式中, $Na$ 为样地A的各物种所有个体数目和, $Nb$ 为样地B的物种所有个体数目和, $jN$ 为样地A和B共有种中个体数目较小者之和,即  $jN = \sum \min(jNa, Nb)$ <sup>[18]</sup>。

## 3 结果与分析

**3.1 纬度梯度  $\beta$  多样性** 按照118个县、市所在的坐标,在纬度梯度上对乔木物种  $\beta$  多样性变化趋势采用 Sørensen 相似性指数分析。由图1可知,随着纬度的增加,Sørensen 相似性指数增大,也就是其物种  $\beta$  多样性降低。

**3.2 经度梯度  $\beta$  多样性** 由图2可知,Sørensen 相似性指数随经度的增加先急剧上升,而当 Sørensen 相似性指数为0.15

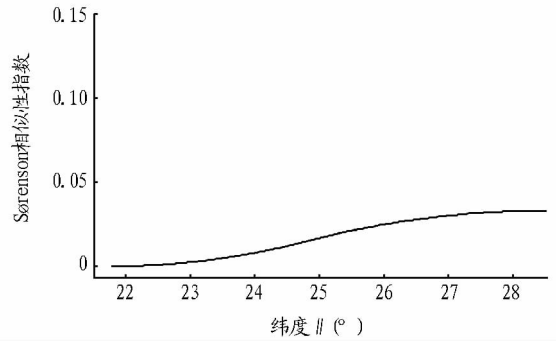


图1  $\beta$ 多样性随纬度的变化

左右时,即经度为102°时,经度的增大对 Sørensen 相似性指数几乎没有影响。由此可以得到:在西部地区物种相似性差异很大,而在东部地区物种多样性较均一。

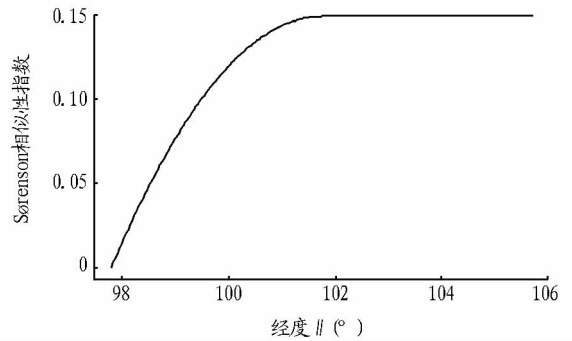


图2  $\beta$ 多样性随经度的变化

**3.3 经、纬度综合效应(GDM)** 图3、4为运用GDM模型对经度、纬度综合效应下的乔木物种多样性采用 Bray - Curtis 指数预测分析,说明在经纬度综合效应下,随着距离的增大,物种组成有一定的变化,地理距离对乔木物种的组成可以解释18.3%的差异。

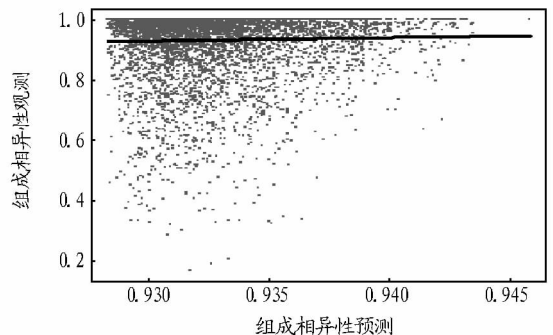


图3  $\beta$ 多样性经度和纬度综合(1)

## 4 结论与讨论

**4.1  $\beta$  多样性与纬度的关系** 对云南地区的118个县、市在经度梯度、纬度梯度上乔木物种  $\beta$  多样性分析得到,随纬度的增加,Sørensen 相似性指数呈增大的趋势,即随着纬度的增加其物种的相似性增大,也就是其  $\beta$  多样性降低。这与众多研究结果<sup>[5,7-8]</sup>一致,同时也验证了“Rapoport”法则。Qian 等<sup>[19]</sup>认为在大的尺度下东亚植物地理模式与纬度有很强的关系。

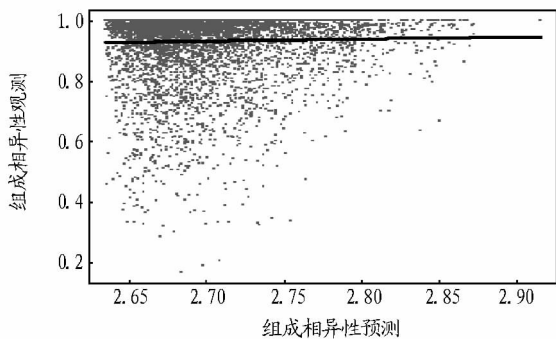


图 4  $\beta$  多样性经度和纬度综合(2)

**4.2  $\beta$  多样性与经度的关系** 在经度梯度上, Sørensen 相似性指数呈先急剧上升, 而后不再变化的特征, 即经度为  $102^\circ$  时, 经度的增大对 Sørensen 相似性指数没有影响, 说明在云南西部地区物种相似性差异很大, 而在东部地区物种多样性较均一。赵怀宝等对  $\beta$  多样性的研究也表明经度梯度由西向东相似性增加的趋势。冯建孟<sup>[20]</sup> 对云南西部地区植物多样性的研究得到随着经度增加物种密度递增格局, 与该研究结果一致。在经度为  $102^\circ$  时几乎无变化, 很可能是由于地形、气候带等起着关键的作用, 因为气候大致与地形相对应, 以元江谷底和云岭山脉南段为界, 将整个云南省分为东西两大区域, 东部地区为云贵高原, 低山丘陵; 西部地区为横断山脉, 高山峡谷, 而  $102^\circ$  经度线正好处在东西分界线。

**4.3  $\beta$  多样性与经纬度的综合效应** 运用 GDM 模型对经度、纬度综合效应下的乔木物种多样性采用 Bray-Curtis 指数预测分析, 得出随着距离的增大, 物种组成有一定的变化, 地理距离对乔木物种的组成可以解释 18.3% 的差异。Lira-Noriega 等<sup>[21]</sup> 认为除了粒度外, 研究区范围大小对  $\beta$  多样性也有很大影响, 但在面积增加到一定程度之后, 其效应消失。有学者<sup>[22-24]</sup> 研究了随取样尺度的变化而引起  $\beta$  多样性的变化, 并得到了不同群落的取样临界面积。该研究中地理距离解释比重并不大, 可能是与研究区范围有关, 因此在研究  $\beta$  多样性时必须考虑其粒度的大小和研究区范围对其的影响。

**4.4 关于研究区域的划分与结果** 由于云南从南到北, 依次跨越了热带、亚热带、温带和寒温带气候, 因此根据气候带将 118 个县(区、市)划分属不同的气候区域来分析乔木物种的多样性特征, 以及在 ArcGis 中将整个云南省按照经、纬度进行划分, 118 个县(区、市)分属不同的经纬度栅格中, 由此来分析各个栅格乔木物种多样性可能会取得较好的结果, 也

可以在 ArcGis 中算出每隔 100 m 海拔各个县的面积, 从而作出每个环面上的物种多样性分布图。另外, 在今后的研究中可以在云南各个县、市实地拉样带, 以数量数据来分析其乔木物种  $\beta$  多样性格局具有重要意义。

#### 参考文献

- [1] WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California[J]. Ecological Monographs, 1960, 30: 279 - 338.
- [2] MACARTHUR R H. Patterns of species diversity[J]. Biological Reviews, 1965, 40: 510 - 533.
- [3] CODY M L. Chilean bird distribution[J]. Ecology, 1970, 51: 455 - 464.
- [4] 陈圣宾, 欧阳志云, 徐卫华, 等. Beta 多样性研究进展[J]. 生物多样性, 2010(4): 323 - 335.
- [5] WILLIG M R, KAUFMAN D M, STEVENS R D. Latitudinal gradients of biodiversity: pattern, process, scale, and synthesis[J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2003, 34: 273 - 309.
- [6] RAPOPORT E H. Areography: geographical strategies of species[M]. New York: Pergamon Press, 1982.
- [7] 林国俊, 黄忠良, 竺琳, 等. 鼎湖山森林群落  $\beta$  多样性[J]. 生态学报, 2010, 30(18): 4875 - 4880.
- [8] 赵怀宝, 刘彤, 雷加强, 等. 古尔班通古特沙漠南部植物群落  $\beta$  多样性及其解释[J]. 草业学报, 2012, 19(3): 29 - 37.
- [9] YANG YM, TIAN K, HAO JM, et al. Biodiversity and biodiversity conservation in Yunnan[J]. Biodiversity and Conservation, 2004, 13(4): 813 - 826.
- [10] 陈勇, 安科, 张辉. 云南生物多样性的现状及发展前景[J]. 山东林业科技, 2010(2): 100 - 103.
- [11] 赵鼎汉. 云南省地图[Z]. 北京: 中国地图出版社, 1999.
- [12] 吴征镒. 云南植被[M]. 北京: 科学出版社, 1987.
- [13] LI X W, WALKER D. The plant geography of Yunnan province[J]. Journal of Biogeography, 1986, 13: 367 - 397.
- [14] 舒小林, 明庆忠, 滕卫霞, 等. 云南生物多样性的保护和可持续利用[J]. 云南环境科学, 2006(2): 14 - 16.
- [15] 徐永椿. 云南树木志上、中、下[M]. 昆明: 云南科技出版社, 1988.
- [16] 吴征镒. 云南种子植物名录上、下[M]. 昆明: 云南人民出版社, 1984.
- [17] FERRIER S, MANION G, ELITH J, et al. Using generalized dissimilarity modelling to analyse and predict patterns of beta diversity in regional biodiversity assessment[J]. Diversity and Distributions, 2007, 13: 252 - 264.
- [18] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$  多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(1): 38 - 43.
- [19] QIAN H, SONG J S, KRESTOV P, et al. Large-scale phytogeographical patterns in East Asia in relation to latitudinal and climatic gradients[J]. Journal of Biogeography, 2003, 30: 129 - 141.
- [20] 冯建孟, 朱有勇. 云南地区种子植物区系属的多度及区系过渡性的空间分布格局[J]. 生态环境学报, 2010, 19(1): 123 - 130.
- [21] LIRA-NORIEGA A, SOBERÓN J, NAVARRO-SIGÜENZA A G, et al. Scale dependency of diversity components estimated from primary biodiversity data and distribution maps[J]. Diversity and Distributions, 2007, 13: 185 - 195.
- [22] 马克明, 叶万辉, 桑卫国, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究[J]. 生态学报, 1997, 17(6): 627 - 634.
- [23] 郝占庆, 于德永, 吴钢, 等. 长白山北坡植物群落  $\beta$  多样性分析[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2019 - 2022.
- [24] 于德永, 郝占庆, 姬兰柱, 等. 长白山北坡植物群落相异性及其海拔梯度变化[J]. 生态学杂志, 2003, 22(5): 1 - 5.

(上接第 106 页)

含量的单株、种源及优良无性系建设药用原料林, 是红豆杉药物产业持续健康发展的最有效途径。

#### 参考文献

- [1] 王卫斌, 王达明, 周云, 等. 云南红豆杉[M]. 昆明: 云南大学出版社, 2006.

- [2] 包怡红, 王振宇. 紫杉醇的研究概况及发展趋势[J]. 中国林副特产, 2003(2): 5 - 7.
- [3] 元英进. 抗癌新药紫杉醇和多烯紫杉醇[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 6 - 7.
- [4] 王达明, 周云, 李蓬芳. 云南红豆杉抗癌药用成分的含量[J]. 西部林业科学, 2004, 33(3): 12 - 17.