

doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.015

澜沧江流域云南松群落分布与地形因子的关系研究

徐婷婷, 施凯泽, 卢腾飞, 郎晓雪, 罗胤, 冷鸿天, 李泽
(云南省林业调查规划院, 云南 昆明 650051)

摘要: 依据 2020 年在澜沧江流域分层抽样调查的 120 个云南松样地数据, 提取云南松群落数据和地形因子数据, 采用典型对应分析法研究澜沧江流域云南松群落的分布与海拔、坡向和坡度的相关关系。结果表明, 地形因子中对澜沧江流域云南松群落分布影响较大的因子为海拔, 其次为坡度, 坡向对云南松林分布的影响较小。

关键词: 云南松群落; 典型对应分析法; 地形因子; 澜沧江流域

中图分类号: S791.257; S718.54; S717.1; S718.511 文献标识码: A 文章编号: 1671-3168(2024)01-0078-04

引文格式: 徐婷婷, 施凯泽, 卢腾飞, 等. 澜沧江流域云南松群落分布与地形因子的关系研究[J]. 林业调查规划, 2024, 49(1): 78-81, 114. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.015

XU Tingting, SHI Kaize, LU Tengfei, et al. Relationship between *Pinus yunnanensis* Community Distribution and Topographic Factors in Lancang River Basin[J]. Forest Inventory and Planning, 2024, 49(1): 78-81, 114. doi:10.3969/j.issn.1671-3168.2024.01.015

Relationship between *Pinus yunnanensis* Community Distribution and Topographic Factors in Lancang River Basin

XU Tingting, SHI Kaize, LU Tengfei, LANG Xiaoxue, LUO Yin, LENG Hongtian, LI Ze
(Yunnan Institute of Forest Inventory and Planning, Kunming 650051, China)

Abstract: Based on the data of 120 *Pinus yunnanensis* sample plots in Lancang River Basin in 2020, this paper extracted the data of *Pinus yunnanensis* community and topographic factors to study the relationships between the distribution of *Pinus yunnanensis* community and elevation, aspect, and slope by canonical correspondence analysis (CCA) in Lancang River Basin. The results showed that elevation was the most important topographical factor affecting the distribution of *Pinus yunnanensis* community in Lancang River Basin, followed by slope, while aspect had little influence on the distribution of *Pinus yunnanensis* community.

Key words: *Pinus yunnanensis* community; canonical correspondence analysis; topographic factors; Lancang River Basin

不同的环境下生长着不同的植物群落。地球表面分布着不同的植物群落是由于不同的区域环境所决定的, 同一群落具有不同的分布特点也与环境有很大关系。长期以来, 许多生态学家都在不断探索

影响植物群落分布及其多样性的因素^[1], 从地区尺度甚至是全球尺度来说, 这些影响主要表现在气候和地貌的差异上, 而从局部尺度来说, 地形因素和土壤条件差异占据着主导地位。因此, 不同气候、地

收稿日期: 2022-07-12.

第一作者: 徐婷婷(1990-), 女, 云南曲靖人, 工程师. 主要从事森林经理学的相关工作. Email: 459262257@qq.com

责任作者: 李泽(1975-), 男, 云南思茅人, 高级工程师. 主要从事林业调查规划工作. Email: 519699185@qq.com

貌、地形、土壤等环境因素必然导致植物群落在组成、外貌和结构上的分异^[2]。

澜沧江流域在云南省境内由德钦县开始,流经迪庆、怒江、大理、保山、临沧、思茅、西双版纳等地州,从勐腊县出境,区域降水量小、森林植被稀少,生态环境极其脆弱,土地荒漠化、干旱洪涝等自然灾害频繁。云南松(*Pinus yunnanensis*)为松科(Pinaceae)松属常绿乔木,分布于西藏东部、四川西部及西南部、云南、贵州西部及西南部和广西西北部,是西南地区的乡土树种和荒山绿化造林先锋树种,常形成大面积纯林,云南松具有重要的生态价值和资源价值,在保持水土、防风固沙、涵养水源、森林碳汇、经济用材和园林观赏等方面发挥着巨大作用。

1 研究区概况

澜沧江发源于青藏高原唐古拉山北麓,昌都之后称澜沧江^[3],由西藏从德钦县流入云南,流经迪庆、怒江、大理、保山、临沧、思茅、西双版纳等地州,从勐腊县出境,境外称湄公河,经老挝、缅甸、泰国、柬埔寨和越南等 5 国,最后注入太平洋,有“东方多瑙河”之称。澜沧江全长 4 500 km,云南省境内干流长 1 289.5 km,流域面积 8.87 万 km²,约占全省总面积的 23.3%^[4-5]。澜沧江流域位于纵向岭谷区,具有独特的南北走向。本研究所指的云南省澜沧江流域为 15 个县(市),即:大理州境内的 12 个县市、怒江州境内的兰坪县、迪庆州境内的德钦县和维西县、普洱市景东县部分乡镇。

2 数据采集及研究方法

2.1 数据采集

2.1.1 数据调查

本研究数据于 2020 年实测云南省澜沧江流域范围内的 120 块云南松样地,样地面积 30 m×20 m,记录样地的郁闭度、经纬度、海拔、坡度、坡向、坡位等林分因子,并进行每木检尺,记录树种并测定树高和胸径等,计算每个样地云南松林分的平均树高、平均胸径、平均胸高断面面积、树种组成等数据。

2.1.2 数据处理

云南松群落包含有云南松、落叶松、柏木(*Cupressus funebris*)、云杉(*Picea asperata*)、冷杉(*Abies fabri*)、栎类(*Quercus acutissima*)、苦刺(*Solanum deflexicarpum*)、桦木(*Betula*)、华山松(*P. armandii*)、车桑子(*Dodonaea viscosa*)、杨树(*Populus simonii*)和

其他阔叶树种,根据 CANOCO 4.5 软件对数据格式的要求,将云南松群落的树种组成系数样点数据排列成数据矩阵(表 1)。

表 1 样点优势树种多度

Tab. 1 Dominant trees species class in sample plots

样地号	云南松	落叶松	柏木	云杉	冷杉	栎类	苦刺	桦木	华山松	车桑子	其它阔	杨树
1	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
3	7	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0
4	6	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
118	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
119	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
120	8	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0

2.2 研究方法

2.2.1 CCA 分析法

CCA (Canonical Correspondence Analysis) 分析叫做典范对应分析,又被称为多元直接梯度分析。在目前梯度分析技术中,CCA 分析法是一种相对比较可靠并且适应性非常强的一种分析方法,在目前的梯度分析方法研究中处于先锋地位。对应分析是 CCA 分析方法的基础,是在对应分析之后发展起来的一种排序方法,CCA 分析法是把对应分析和多元回归分析结合起来的分析方法,CCA 分析方法是先计算出一组样方排序轴,一组种类排序轴,每一步都将计算出的样方排序轴和地形因子进行多元线性回归,此时的样方排序轴就可以反映出样方的整体结构和地形对群落的影响,对所有的样方排序轴进行加权平均再求出种类排序轴,使地形因子也间接地与所得到的种类排序轴相联系^[6],其公式为:

$$Z_j = b_0 + \sum_{k=1}^q b_k U_{kj} \quad (1)$$

式中: Z_j 为第 j 个样方的排序值; b_0 为截距; b_k 为样方第 k 个环境因子之间的回归系数; q 为环境因子数; U_{kj} 为第 k 个环境因子在第 j 个样方中的观测值。

2.2.2 地形梯度分析

在进行 CCA 分析之前,需要把数据整理为两个数据矩阵,一个是物种数据矩阵,另一个为地形数据

矩阵,在 CANOCO 软件下的 WCanolmp 组件中分别将两组数据矩阵转化为 CANOCO 能识别的 .dta 数据格式,在 Canoco for Windows 模块中进行分析,在 CanocoDraw 模块下绘制 CCA 排序图。

将云南松林样点的组成系数作为物种数据矩阵,海拔、坡度、坡向 3 个因子作为地形数据矩阵,将数据标准化后进行 CCA 分析,从分析结果得到云南松林的分布与地形因子的关系。

3 结果分析

3.1 群落分布与地形因子关系的 CCA 排序效果分析

云南松群落分布与地形因子关系的 CCA 排序效果如表 2 所示。

表 2 环境因子 CCA 排序重要参数
Tab. 2 Parameters of CCA ordinate at the study area

参数	Axes				TI
	Axes1	Axes2	Axes3	Axes4	
EI	0.099	0.051	0.012	0.006	6.426
SECO	0.411	0.267	0.150	0.105	
CPVSD	1.500	2.300	2.500	2.600	
CPVSECO	58.400	88.700	95.600	99.100	

注:表内 EI 为特征值,SECO 为物种-环境关联系数,CPVSD 为含物种数据变量信息的百分比,CPVSECO 为物种-环境关联系数变量信息的百分比,TI 为变量值总和。

从表 2 可以看出,排序的总特征值为 6.426,其中 4 个坐标轴的特征值分别为 0.099、0.051、0.012 和 0.006,分别占总物种变量信息的 1.5%、0.8%、0.2% 和 0.1%。云南松林样点和地形因子排序轴的相关系数分别为 0.411、0.267、0.150 和 0.105,4 个坐标轴所占的变量信息占总物种-环境关联系数信息量的 58.4%、30.3%、6.9% 和 3.5%,云南松林样点和地形因子排序轴的第一轴和第二轴相关性较大,并且前两个轴包含了 88.7% 的信息量,说明用前两轴绘制的排序图可以很好地反映出样点、树种与地形三者或两两之间的关系。采用蒙特卡洛拟合 (Monte Carlo permutation test) 对第一排序轴和所有排序轴分别进行云南松林样点和地形因子关系的显著性检验。结果表明,地形因子与云南松群落分布之间相互关系非常显著 ($P=0.002<0.01$),即地形因子对云南松群落的分布有显著影响。

3.2 影响群落分布的地形因子

采用 CCA 分析方法对云南松群落的树种组成

系数和 3 个地形因子进行相关性分析。分析结果如表 3 和表 4 所示。

表 3 CCA 排序地形因子变量与排序轴间关联系数
Tab. 3 Intersect correlations of topographic variables with CCA ordination axes

地形变量	AX1	AX2	AX3	AX4
海拔	-0.1414	-0.2062	0.0708	-0.0040
坡向	0.0633	0.0658	0.0021	-0.0275
坡度	0.3629	-0.0034	0.0635	-0.0058

从表 3 可以看出,地形因子中的海拔因子与第二排序轴呈最大负相关,其相关系数值为 -0.2062,地形因子中的坡向因子与第二排序轴呈最大正相关,其相关系数值为 0.0658,说明第二排序轴较好地拟合了云南松群落与海拔梯度和坡度梯度的变化趋势;地形因子中的坡度因子与第一排序轴呈最大正相关,其相关系数值为 0.3629,说明第一排序轴较好地拟合了云南松群落沿坡度梯度的变化趋势。因此采用前两轴绘制的排序图可以很好地反映出群落、树种与环境三者或两两之间的关系。

表 4 CCA 排序地形因子变量间相关系数
Tab. 4 Intersect correlations of topographic variables by CCA

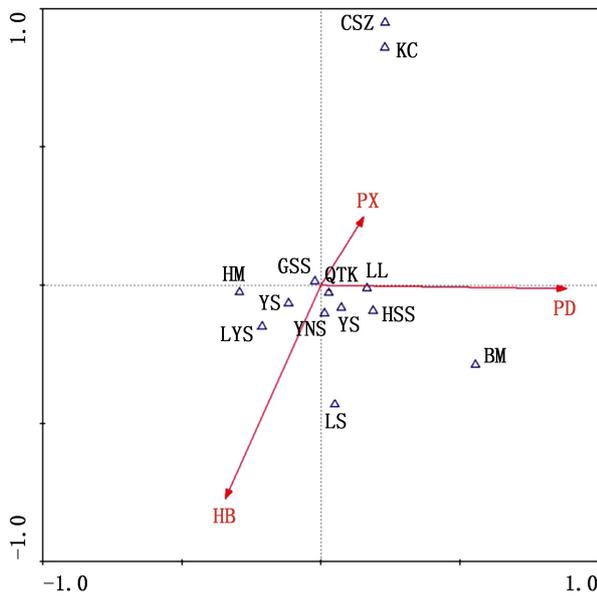
地形因子	海拔	坡向	坡度
海拔	1.0000		
坡向	-0.0017	1.0000	
坡度	-0.1388	-0.0226	1.0000

在本研究中,云南松林样点树种组成系数与地形因子的 CCA 排序结果见图 1。

从表 4 和图 1 中环境轴之间夹角的大小可以看出各地形因子之间的相关性。海拔和坡向、坡度均呈负相关,相关系数值分别为 -0.0017、-0.1388;坡向与坡度呈负相关,相关系数值为 -0.0226。

3.3 群落分布与地形因子的关系

在 CCA 排序结果图中(图 1),地形因子用带箭头的线段(矢量)表示,箭头所处象限代表地形因子与排序轴的正负相关性,箭头连线的长短与地形因子和植物群落分布关系的大小呈正比,箭头连线越长,表示环境对植物群落的影响越大,箭头连线越短,表示环境对植物群落的影响越小,两个箭头之间



注:图中 YNS 代表云南松,GSS 代表高山松,LYS 代表落叶松,BM 代表柏木,YS 代表云杉,LS 代表冷杉,YS 代表云杉,LL 代表栎类,KC 代表苦刺,HM 代表桦木,HSS 代表华山松,CSZ 代表车桑子,QTK 代表其他阔,YS 代表杨树;HB 代表海拔,PD 代表坡度,PX 代表坡向。

图 1 CCA 二维排序
Fig. 1 Two-dimensional CCA

的夹角表示环境变量间的相关程度,样方间的距离表示样方的相似程度^[5-6]。

从图 1 中可以看出,海拔因子处于第三象限,说明海拔因子与第一排序轴和第二排序轴均呈负相关;坡度因子处于第四象限,说明坡度因子与第一排序轴呈正相关,与第二排序轴呈负相关;坡向因子处于第一象限,说明坡向因子与第一排序轴和第二排序轴均呈正相关。从箭头连线在排序图中的斜率可以看出,海拔因子、坡向因子和第二排序轴的相关性最大,坡度因子与第一排序轴的相关性最大。通过地形变量轴的长短可以看出该地形因子对云南松群落分布的影响。

从图 1 中可以看出,海拔、坡向和坡度的轴长大小排序依次为海拔>坡度>坡向。从地形因子的排序轴长短可以看出,对云南松群落分布影响最大的为海拔,其次为坡度,影响最小的为坡向。

4 结论与讨论

地形因子对植物生长环境的影响,在一定程度上印证了地形因子将对局域尺度内的水热资源进行再分配^[7]。地形通过直接或间接地影响光照、水

分、土壤营养等而对植物生长和分布产生重要影响^[8-9]。本文利用 CCA 分析法对澜沧江流域云南松群落与地形因子的关系进行研究,初步揭示了地形因子对澜沧江流域云南松群落分布的影响。结果表明:地形因子中对云南松群落分布影响较大的因子为海拔,其次为坡度和坡向,坡位对云南松群落分布的影响较小。

1)对研究区内以云南松林分布的群落和环境因子进行的 CCA 分析显示,海拔对云南松林分布影响较大,王敏,周才平等在山地植物群落数量分类和排序研究进展中指出:在山区,海拔作为山地植物群落分布格局的首要控制因子,通过太阳辐射和降水的空间再分配,使植被类型发生变化,进而决定植被的分布格局,从而影响群落类型的结构组成,最终决定山地植被的群落类型^[10],本研究结果与其结论一致。

2)Mascaro 等在巴拿马热带雨林中的研究发现,坡度是最强的驱动因子,并且在陡峭的坡地上拥有最大的地上生物量^[11]。在刘海丰等人的研究中,暖温带东灵山样地中胸高断面面积之和随海拔的升高而增大,但海拔对其变异的解释率较低^[12],在本研究中,坡度对云南松林的影响仅次于海拔。

3)坡向与环境中的光照条件关系密切^[13],而光照条件对植物的分布有着极其重要的影响,在本研究中,坡向对云南松群落的影响小于海拔和坡度,可能由于澜沧江流域光照条件差异不大,不同坡向接受光照强度的差异性并不明显。

4)由于植物种群的分布格局是在种群自身生物生态特性、种间关系以及环境条件的共同影响下通过种内和种间的相互作用而形成的,因此,从种群的空间分布格局上可以看出环境因子对种群的生存以及生长的影响^[14-15]。

参考文献:

[1] MOTZKING, EBERHARDT, HALL B, et al. Vegetation variation across cape cod, Massachusetts: environmental and historical determinants [J]. Journal of Biogeography, 2002, 29(10-11): 1439-1454.
[2] 任学敏. 太白山主要植物群落数量分类及其物种组成和丰富度的环境解释 [D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2012.
[3] 唐海行. 澜沧江—湄公河流域的水资源及其开发利用现状分析 [J]. 云南地理环境研究, 1999(1): 16-25.
[4] 张静. 云南省澜沧江流域耕地分布与自然质量变化规律研究 [D]. 昆明: 云南农业大学, 2010.

- [5] 韩荣沛. 试谈雅江林区的高山松经营[J]. 四川林勘设计, 1993(4): 21-25.
- [6] 吴明山, 许彦红, 王俊峰, 等. 因子分析在林地更新评价中的应用: 以香格里拉高山松为例[J]. 西南林业大学学报, 2011, 31(6): 36-39.
- [7] 左政, 许彦红, 朱霖, 等. 香格里拉高山松林分直径结构分析[J]. 西南林业大学学报, 2011, 31(2): 29-32.
- [8] 何飞飞, 李永梅, 李翠萍, 滇西北生态公益林区高山松容器育苗基质配方研究[J]. 湖南农业大学学报, 2008, 34(6): 631-634.
- [9] 杨冬. 高山松天然更新特性[J]. 林业科技, 2005, 30(6): 15-17.
- [10] 王玉涛. 川西高山松林火烧迹地天然更新研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2005.
- [11] 张昆林, 钟蓉军. 地形条件对高山松天然更新和生长的影响[J]. 林业科技, 2000, 25(1): 22-23.
- [12] 胡宗华, 张正全. 云南省香格里拉市森林资源规划设计调查报告[R]. 大理: 云南省林业调查规划院大理分院, 2007: 13-15.
- [13] 齐光, 王庆礼, 王新闯, 等. 大兴安岭林区兴安落叶松人工林植被碳储量[J]. 应用生态学报, 2011, 22(2): 273-279.
- [14] 马炜, 孙玉军, 王秀云, 等. 长白落叶松人工林固碳释氧效益评估方法[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(1): 58-61.
- [15] 王秀云. 不同年龄长白落叶松人工林碳储量分布特征[D]. 北京: 北京林业大学, 2011.
- [16] 张国庆, 黄从德, 郭恒, 等. 不同密度马尾松人工林生态系统碳储量空间分布格局[J]. 浙江林业科技, 2007, 27(6): 10-14.
- [17] 刘贤安, 彭培好, 王莉, 等. 不同林分密度下柳杉人工林立木生物量与碳储量研究[J]. 林业科技, 2013, 38(1): 31-34.
- [18] 于顺龙. 坡向、坡位对水曲柳中龄林生长与生物量分配的影响[J]. Inner Mongolia Forestry Investigation and Design, 2009, 32(1): 54-56.
- [19] 王向荣, 孙海龙, 余鑫, 等. 坡向和坡位对水曲柳中龄林生长的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2011, 31(1): 30-34.
- [20] 何志斌, 赵文智, 刘鹤, 等. 祁连山青海云杉林斑表层土壤有机碳特征及其影响因素[J]. 生态学报, 2006, 26(8): 2572-2577.
- [21] 吕超群, 孙书存. 陆地生态系统碳密度格局研究概述[J]. 植物生态学报, 2004, 28(5): 692-703.
- [22] 于贵瑞. 全球变化与陆地生态系统碳循环和碳蓄积[M]. 北京: 气象出版社, 2003.

责任编辑: 许易琦

(上接第 81 页)

- [5] 刘淑霞. 云南省澜沧江流域耕地利用空间分布规律研究[D]. 昆明: 云南农业大学, 2009.
- [6] 张金屯, 邱杨, 郑凤英. 景观格局的数量研究方法[J]. 山地学报, 2000, 18(4): 346-352.
- [7] WOOD S N. mgcv: GAMs and generalized ridge regression for R[J]. R News, 2001, 1: 20-25.
- [8] LAI J S, MI X C, REN H B, et al. Species-habitat associations change in a subtropical forest of China[J]. Journal of Vegetation Science, 2009, 20: 415-423.
- [9] PUNCHI-MANAGE R, GETZIN S, WIEGAND T, et al. Effects of topography on structuring local species assemblages in a Sri Lankan mixed dipterocarp forest[J]. Journal of Ecology, 2013, 101: 149-160.
- [10] 王敏, 周才平. 山地植物群落数量分类和排序研究进展[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2011, 35(4): 126-130.
- [11] MASCARO J, ASNER G P, MULLER-LANDAU H C, et al. Controls over aboveground forest carbon density on Barro Colorado Island, Panama[J]. Biogeosciences, 2011, 8: 1615-1629.
- [12] 刘海丰, 薛达元, 桑卫国. 地形因子对暖温带森林群落物种丰富度-地上生物量关系的影响[J]. 生态环境学报, 2012, 21(8): 1403-1407.
- [13] JOHN R, DALLING J W, HARMS K E, et al. Soil nutrients influence spatial distributions of tropical tree species[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA, 2007, 104: 864-869.
- [14] 张峰, 张金屯. 历山自然保护区猪尾沟森林群落植被格局及环境解释[J]. 生态学报, 2003, 23(3): 421-427.
- [15] 余敏, 周志勇, 康峰峰, 等. 山西灵空山小蛇沟林下草本层植物群落梯度分析及环境解释[J]. 植物生态学报, 2013, 37(5): 373-383.

责任编辑: 许易琦