

西藏色季拉山林线植物群落多样性格局及林线的稳定性

杨小林^{1,2} 崔国发¹ 任青山³ 王景升^{2,3} 黄瑜³

(1 北京林业大学自然保护区学院 2 西藏农牧学院资源与环境学院 3 中国人民大学环境学院)

摘要:通过样地调查,采用 α 和 β 指数对西藏东南部地区色季拉山林线森林植物群落类型的多样性特征进行了分析。结果表明:①色季拉山海拔和坡向决定了林线植物群落分布类型与物种组成,林线群落物种多样性程度为阳坡高于阴坡。②阳坡林线森林群落各层次多样性指数表现为:乔木层<灌木层<草本层的规律;而阴坡则表现出乔木层<草本层<灌木层的规律。③物种替代率为阴坡高于阳坡;在林线过渡带边缘物种替代率高且物种种类变化明显,而在林线过渡带区域内物种替代率变化幅度较小,表现出林线边缘环境对物种具有较强的筛选作用。④林线以下,群落物种多样性变化明显,物种多样性指数的大小主要受草本植物种类的影响。林线生态过渡带结束,阴、阳坡的物种组成差异缩小,植被群落类型也相似。

关键词:西藏;林线;群落;多样性指数;稳定性

中图分类号:S718.54 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2008)01-0014-07

YANG Xiao-lin^{1,2}; CUI Guo-fa¹; REN Qing-shan³; WANG Jing-sheng^{2,3}; HUANG Yu³. **Plant diversity pattern and stability of the timberline community on Sejila Mountain in Tibet, western China.** *Journal of Beijing Forestry University* (2008) **30**(1) 14-20 [Ch., 18 ref.]

¹ College of Nature Conservation, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

² Department of Natural Resources and Environment, Tibet Agricultural and Animal Husbandry College, Nyingchi, 860000, P. R. China;

³ School of Environment and Natural Resources, Renmin University of China, Beijing, 100872, P. R. China.

Through plot investigation, using α and β diversity indices, this paper analyzes the features of plant diversity of the timberline forest community on Sejila Mountain in the southeast of Tibet, western China. Results were as the followings: 1) The altitude and exposure of Sejila Mountain determined the distribution types and species structures of the timberline plant community. The plant diversity of the timberline community on the sunny slope was higher than that on the shady slope. 2) The diversity indices of different layers of the timberline community on the sunny slope showed a law of tree layer < shrub layer < herb layer, while on the shady slope, it was tree layer < herb layer < shrub layer. 3) The species replacement rate on the shady slope was higher than that on the sunny slope. On the edge of the timberline transition zone, the species replacement rate was relatively higher and the species structure changed apparently, while in the transition zone, the replacement rate was relatively lower, showing that the environment on the edge of the timberline strongly selected the species. 4) The species diversity of the communities under the timberline changed apparently. The species diversity indices were mainly influenced by the species of herbs. After the timberline ecological transition zone, the species structure differences between the sunny slope and the shady one decreased and the types of vegetation communities also became similar.

Key words Tibet; timberline; community; diversity index; stability

收稿日期:2006-11-22

<http://www.bjfujournal.cn>, <http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:国家自然科学基金(30571484)、教育部重点基金资助项目(104052)。

第一作者:杨小林, 博士生, 副教授。主要研究方向:自然保护区与生物多样性保护。电话:0894-5822481 Email: xiaoliny66@126.com 地址:860000 西藏林芝西藏农牧学院资源与环境学院。

责任作者:任青山, 博士, 教授。主要研究方向:森林生态学、生态水文学。电话:010-62513707 Email: qshren@yahoo.com.cn 地址:100872 北京海淀区中关村大街59号中国人民大学环境学院。

(C)1994-2023 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

物种多样性是对群落结构和功能复杂性的一种度量,不仅能够反映植物群落的空间(地带性)特征,而且还反映群落的时间(演替动态)特征^[1],对群落物种多样性的研究有助于更好地认识群落的组成、结构、功能和动态,掌握群落演替的一般规律。林线是山地垂直带亚高山和高山植被的分界线,在西藏东南部山地亚高山带分布着以云冷杉属为优势种的暗针叶林,森林上限和林缘高山杜鹃灌丛带或高山草甸,构成了林线生态交错带植被。国外很早就开始了高山林线的研究工作,近 30 多年来,欧美学者对欧洲的阿尔卑斯山林线的研究成果最为卓著,其中研究内容涉及到林线树种的生理生态学特性以及关于高海拔处森林恢复理论的实际应用等,随着全球气候变暖,高山林线的研究逐渐与全球气候变化相联系。在我国 20 世纪 80 年代,崔海亭^[2-3]对华北山地高山带和亚高山带的划分进行了探讨,并对太白山高山林线的稳定性进行了研究;唐晓尧等^[4]用定量方法对太白山高山林线的草本植物群落进行了详细的分析。西藏的高山林线研究还在起步阶段。位于西藏东南部的原始林区,地处雅鲁藏布江中游,相对高差大,植物垂直带十分明显,基本囊括了整个北半球的所有气候带和植被类型,是高山生态研究首选的典型地区。该地区高山林线是全球范围内海拔最高的高山林线^[5],林线交错带亚高山暗针叶林和高山草甸生态交错带,微生境梯度变化非常剧烈,环境异质性高,草本层的反应异常敏感,孕育了丰富的物种多样性。对色季拉山林线森林群落类型特征、植被类型分布以及植物群落与植物多样性的垂直变化分析,为进一步探讨西藏高山林线群落物种多样性和群落演替动态及生态系统稳定性提供理论依据。

1 研究区域概况

色季拉山位于藏东南雅鲁藏布江大拐弯西北侧,念青唐古拉山与喜马拉雅山脉接合处的工布自然保护区林芝县境内,属念青唐古拉山向南延伸的余脉。山体位置大体为 93°12′~95°35′E, 29°10′~30°15′N,面积约为 2 300 km²。色季拉山地处藏东南湿润气候区与半湿润气候区的分界面上,受印度洋季风的影响,根据西藏林芝色季拉山生态站(海拔 3 850 m)林线区域多年的气象观测资料^[6],气候特点为冬温夏凉、干湿季分明。年平均气温 -0.73℃,最高月平均气温 9.23℃,最低月平均气温 -13.98℃,极端最低气温 -31.6℃,极端最高气温 24.0℃。年均相对湿度 78.83%。年均降水量 1 134.1 mm,蒸发量 544.0 mm,6—9 月为雨季,占全

年降水的 75%~82%,其中 8 月降雨最多,平均为 294.2 mm,占全年降水的 30%。西藏色季拉山在海拔 4 320 m 高处为森林郁闭上限(森林线)。本研究位于海拔 3 600~5 500 m 的亚高山植被带高山林线区域,土壤以酸性棕壤为主。

色季拉山地带性的森林植被是以亚高山暗针叶林为优势种和建群种的群落类型。主要森林植被类型为山地温带暗针叶林,以急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii*)为建群种,并有林芝云杉(*Picea likiangensis* var. *linzhiensis*)林、云冷杉混交林及冷杉(*Abies fabri*)、方枝柏(*Sabina saltuaria*)混交林等,急尖长苞冷杉和方枝柏分别为阴坡和阳坡的林线群落优势树种。

2 研究方法

2.1 样地设置与调查

色季拉山地植被垂直分异十分明显,急尖长苞冷杉林,在阴坡分布于海拔 3 600~4 390 m 之间;在阳坡分布于 3 600~4 350 m,以上为方枝柏林,方枝柏在阳坡分布于海拔 4 300~4 570 m 之间。林线高度在海拔 4 320 m 处。色季拉山林线群落过渡带阴坡位置在海拔 4 320~4 390 m,阳坡在 4 320~4 570 m,并且阴坡形成急变性林线,阳坡形成渐变型林线。本研究在海拔 3 600~5 500 m 的林线区域进行森林植物群落多样性测度与分析。在林线区域内按垂直高差 100 m 分别在阴坡和阳坡设置典型样地,同时在林线生态过渡带按照森林线、树线和树种线分布的位置分别设置典型样地,样地大小为 30 m×30 m,设置样地 26 块。对样地进行每木检尺和树木定位调查,记录样地的海拔、坡向、坡度和土壤环境等指标。在样地内机械设置 9 个 5 m×5 m 和 1 m×1 m 的样方,共设置灌木样方和草本样方各 234 块,分别进行灌木和草本群落调查,记录样方内灌木和草本类型的种类、株数高度、盖度等,并进行分层频度调查。

2.2 资料处理

重要值是以综合数值表示群落中不同植物的相对重要性。以重要值为多样性测度指标可以避免因植物个体大小、个体数多少差异悬殊,而导致过分地夸大一些个体小但个体数极多的植物种类在群落中的作用。群落不同层次重要值(*IV*)的表达式为:

乔木层: $IV = (\text{相对高度} + \text{相对显著度} + \text{相对频度}) \times 100/3$

灌木层: $IV = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) \times 100/3$

草本层: $IV = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) \times 100/3$

度)×100/3

2.3 多样性指数测度方法

为了从物种丰富度、多样性和均匀度等不同侧面反映色季拉山林线森林群落的多样性,本文采用了以下 4 种多样性指数测度方法:丰富度指数、Simpson 指数、Shannon-Wiener 指数、Alatalo 均匀度指数和Wilson-Shmida 指数^[7-9]。

2.3.1 丰富度

物种丰富度 S = 出现在样地的物种数。

2.3.2 多样性

Simpson 指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S [N_i(N_i - 1) / N(N - 1)]$$

式中, S 为群落物种种数, N_i 为样地中某一层级第 i 个物种的重要值, N 为该层级所有物种重要值之和。

Shannon-Wiener 指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

式中, $P_i = N_i / N$ 。

2.3.3 均匀度

Alatalo 均匀度指数:

$$E_a = (\sum_{i=1}^S P_i^2 - 1) / [\exp(- \sum_{i=1}^S P_i \log P_i) - 1]$$

2.3.4 β 多样性

Wilson-Shmida 指数:

$$\beta_T = [g(H) + L(H)] / (2a)$$

式中, β_T 为物种替代率, $g(H)$ 是沿生境梯度增加的物种数, $L(H)$ 是沿生境梯度减少的物种数, a 为样方的物种数目。

2.4 群落总体物种多样性指数测度

虽然将群落 2~3 个层次的多样性指数直接累加起来作为群落的总体多样性特征已为一些学者所采纳^[10]。但由于不同层次的物种对群落的贡献是不等价的,所以简单的累加并不能真正反映群落总体的多样性特征,尤其是在进行群落间比较时,可能会导致错误的结果^[11]。本文采用群落总体的重要值为群落总体多样性的测度指标,以保证与群落各层次多样性测度指标相一致。为了强调各层次植物种类空间生态位对群落建成和维持的作用,这里以群落全体物种为对象的群落总体重要值的表达式为:

$$IV = (\text{相对高度} + \text{相对盖度} + \text{相对频度}) \times 100/3$$

3 结果与分析

3.1 林线群落的垂直分布与群落类型

色季拉山由于海拔高度的变化,造成阴坡与阳

坡在温度、水分条件及两者的配合状况上存在着较大差异,决定了林线分布高度、植物群落类型与物种组成也不相同。采用群落物种组成成分的差异,将阴坡、阳坡的群落类型进行划分(见表 1、图 1)。海拔 3 700 m 以下是云冷杉混交组成的森林群落,乔木树种为:高山栎(*Quercus aquifolioides*)、林芝云杉和急尖长苞冷杉。通过计算,高山栎的重要值只有 16.1,而林芝云杉和急尖长苞冷杉的重要值分别为 24.4 和 59.5,可见此群落类型是由云冷杉混交组成的森林群落。海拔 3 700 m 至林线过渡带,阴、阳坡出现了不同的森林群落类型:在阴坡,海拔 3 700~4 000 m 为忍冬冷杉林群落,乔木树种为急尖长苞冷杉,灌木主要为杯萼忍冬(*Lonicera inconspicua*)、理塘忍冬(*L. litangensis*)、柳叶忍冬(*L. lanceolata*)和峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)等;海拔 4 000~4 320 m 为苔藓冷杉林群落,林内苔藓(*Actinotuidium* spp.)层发达盖度达 100%,灌木、草本稀少;海拔 4 320~4 390 m 为林线生态过渡带,群落类型为杜鹃冷杉林,主要组成白被紫斑杜鹃(*Rhododendron principis* var. *vellereum*)、红点杜鹃(*R. rubropunctatum*)、悬钩子(*Rubus* sp.)等;海拔 4 390 m 以上为高山灌木草甸群落类型,主要种类为雪层杜鹃(*R. nivale*)、鳞腺杜鹃(*R. lepidotum*)、小叶金露梅(*Potentilla fruticosa*)、扫帚岩须(*Cassiope fastigiata*)、岩白菜(*Bergenia purpurascens*)、丽江凤毛菊(*Saussurea lijiangensis*)等。在阳坡,海拔 3 700~4 200 m 为忍冬冷杉林群落,乔木树种为急尖长苞冷杉,群落物种组成和阴坡基本相同;海拔 4 200~4 320 m 为柏木冷杉林群落,乔木树种为方枝柏、急尖长苞冷杉,经计算,其重要值分别为 37.0 和 63.0;海拔 4 320~4 570 m 为林线生态过渡带,群落类型为杜鹃柏木林,乔木树种为方枝柏和急尖长苞冷杉,其重要值分别为 65.3 和 34.7,灌木主要为白被紫斑杜鹃、鳞腺杜鹃、雪层杜鹃、林芝杜鹃(*Rhododendron nyingchiense*)、理塘忍冬、小叶金露梅等;海拔 4 570 m 以上为高山灌木草甸群落,植物种类主要为雪层杜鹃、鳞腺杜鹃、垫柳(*Salix lindleyana*)、丽江凤毛菊、紫堇(*Corydalis* spp.)、虎耳草(*Saxifraga* sp.)、红景天(*Rhodiola* spp.)等,植物组成近似于阴坡。

3.2 林线群落多样性测度结果

乔木层、灌木层和草本层分别以各物种的重要值为指标,采用 2.3 中的物种多样性测度方法对各群落的多样性指数进行计算,结果见表 2。

由表 2 可知,不同层次的物种丰富度(S)、Simpson 多样性指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')特征为:在阴坡林线上,乔木层<草本层<

表 1 色季拉山林线不同海拔梯度植被群落类型基本特征

TABLE 1 Basic characteristics of the timberline communities of different altitudes on Sejila Mountain							
群落代号	群落类型	海拔/m	主要物种	位置(与林线高差)/m	坡向	坡度/(°)	物种数
C1	云冷杉林	3 600~3 700	高山栎、林芝云杉、 急尖长苞冷杉	720~620	阴、阳	10~22	41
C2	忍冬冷杉林	3 700~4 000	杯萼忍冬、 急尖长苞冷杉	620~320	阴、阳	21~27	75
C3	苔藓冷杉林	4 000~4 320	苔藓、 急尖长苞冷杉	320~林线	阴	18~22	20
C4	杜鹃冷杉林	4 320~4 390	白被紫斑杜鹃、 急尖长苞冷杉	林线	阴	10~20	6
C5	灌丛草甸	4 390 以上	鳞腺杜鹃、雪层杜鹃、 小叶金露梅、扫帚岩须、 岩白菜	林线以上	阴	15~20	36
C6	忍冬冷杉林	4 000~4 200	杯萼忍冬、 急尖长苞冷杉	320~120	阳	18~27	32
C7	柏木冷杉林	4 200~4 320	林芝杜鹃、 急尖长苞冷杉、方枝柏	120~林线	阳	22~27	35
C8	杜鹃柏木林	4 320~4 570	白被紫斑杜鹃、 鳞腺杜鹃、方枝柏	林线	阳	22~27	68
C9	灌丛草甸	4 570 以上	雪层杜鹃、鳞腺杜鹃、 垫柳、丽江凤毛菊、 红景天	林线以上	阳	10~25	36

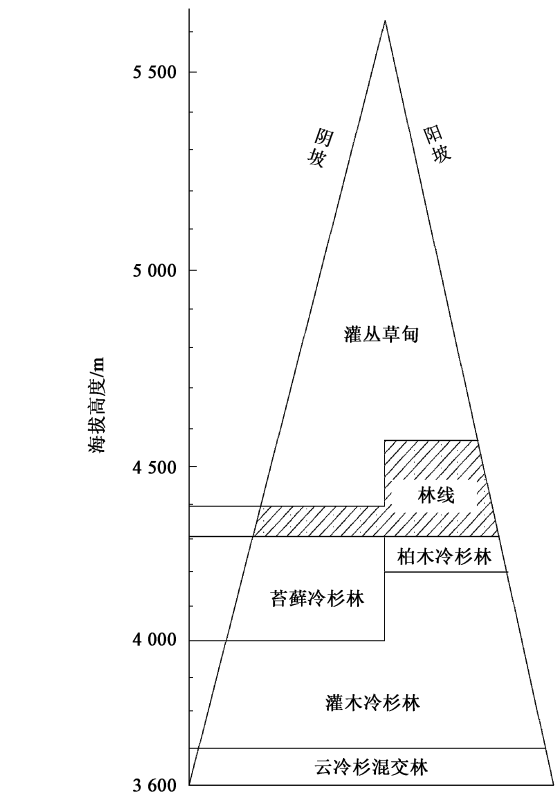


图 1 色季拉山林线森林群落的垂直分布

FIGURE 1 Vertical distribution of the timberline communities on Sejila Mountain

灌木层;在阳坡林线上,乔木层<灌木层<草本层。同一群落各层次的均匀度指数变化幅度较大,差异显著。

图 2 表明,随着海拔的升高,林线群落物种丰富度发生相应的变化。群落中的乔木在 3 700 m 以上

表 2 色季拉山林线群落各层次物种多样性指数

TABLE 2 Species diversity indices of different layers of the timberline communities on Sejila Mountain					
群落代号	层次	<i>S</i>	<i>D</i>	<i>H'</i>	<i>E_a</i>
C1	乔木	3	0.566	0.947	2.508
	灌木	12	0.906	2.381	4.821
	草本	26	0.936	2.886	5.018
C2	乔木	1	0.000	0.000	0.000
	灌木	18	0.905	2.660	5.159
	草本	55	0.969	3.227	6.735
C3	乔木	1	0.000	0.000	0.000
	灌木	6	0.874	2.095	4.315
	草本	10	0.624	1.026	2.322
C4	乔木	1	0.000	0.000	0.000
	灌木	3	0.489	0.818	2.942
	草本	2	0.466	0.654	2.607
C5	乔木	0	0.000	0.000	0.000
	灌木	8	0.848	1.954	3.928
	草本	28	0.933	2.796	6.127
C6	乔木	1	0.350	0.563	2.046
	灌木	12	0.839	1.894	3.847
	草本	25	0.902	2.509	4.248
C7	乔木	2	0.473	0.589	2.646
	灌木	10	0.889	2.202	4.610
	草本	23	0.915	2.616	4.554
C8	乔木	2	0.464	0.652	2.597
	灌木	11	0.893	2.272	4.567
	草本	55	0.975	3.519	7.511
C9	乔木	0	0.000	0.000	0.000
	灌木	8	0.835	1.831	3.932
	草本	28	0.956	3.008	6.628

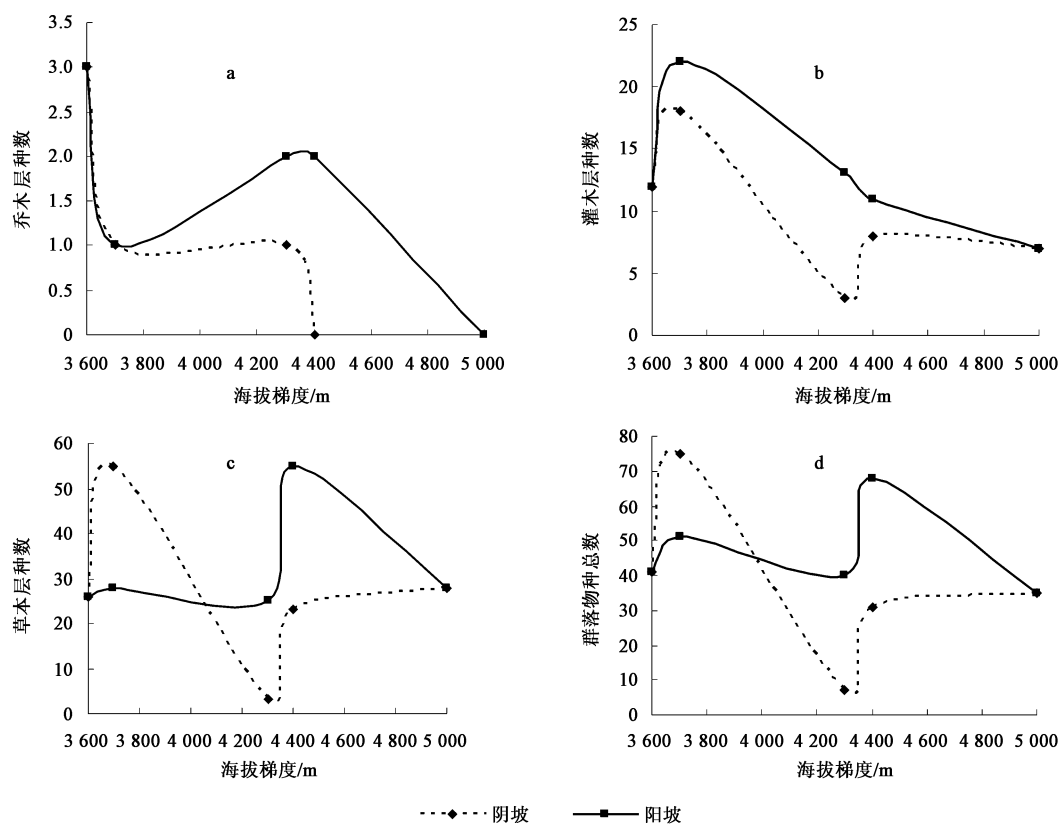


图2 林线群落物种数与海拔梯度的变化关系

FIGURE 2 Relationship between species and altitude gradient of the timberline communities

的海拔高度,乔木种数保持相对的稳定,变化不大,在达到一定的高度,乔木的生长受到抑制,最终从群落中退出。如图2a所示,阴坡冷杉在海拔4390 m、阳坡方枝柏在海拔4570 m消失,一些适应本区生长的灌木充分发育,形成高山灌丛群落。从图2b可看出,海拔3600~3700 m范围是群落中灌木物种数最丰富的地段,以后随海拔的升高物种数减少,阴坡林线过渡带灌木种类最少,只有3种,而阳坡为13种。随着林线的结束,阴、阳坡灌木物种组成基本相似,主要以雪层杜鹃和鳞腺杜鹃为主。从图2c可看出,草本植物丰富度在不同坡向存在较大差异:①在阳坡,海拔4300 m以下草本物种数保持相对稳定;在林线过渡带(海拔4400 m)草本种类达到最高;林线上限(海拔4570 m以上)草本种类又出现减少的现象;海拔高度限制了物种的分布。②在阴坡,海拔3600~3700 m范围草本种类最丰富,以后随海拔的升高草本种类减少直至林线,主要受地被物苔藓层盖度影响;在海拔4000~4200 m范围,苔藓盖度达100%,平均高度为12 cm,苔藓层的发育抑制了草本的生长。随着海拔的继续升高,林线生态过渡带结束,乔木消失,光照和风速增强,草本物种又得以发育,草本层多样性增加。从图2d可看出,随着海拔的升高阴坡植物群落多样性逐渐降低,至林线位置降到最低,在林线过渡带边缘物种组成

种类最少。而阳坡在达到海拔4000 m以上的高度后,群落植物组成种类要高于阴坡;在海拔4400 m处物种组成最丰富,种类数达70余种;在林线以上,随着海拔的升高阴坡生物多样性又在增加,到达海拔4400 m后趋于稳定。阳坡生物多样性随海拔梯度无明显变化规律。

总之,在色季拉山林线区域,物种组成无论是乔木层、灌木层、草本层还是群落物种组成总数,阳坡物种多样性高于阴坡,同时阴坡植物多样性指数的变化幅度高于阳坡。草本植物丰富度随海拔变化出现的峰值与谷点正是林线区域各植被群落类型的分界,群落的物种数随着海拔的变化趋势,很大程度上受草本植物的影响。随着海拔高度的升高,林线生态过渡带的结束,阴、阳坡的物种组成差异缩小,植被群落类型和植物组成也相似。

3.3 林线群落总体多样性指数测度结果

以群落全体物种为对象的群落总体重要值为指标,采用2.3中物种多样性测度方法对群落总体多样性指数进行计算,结果见表3。

表3表明,林线森林群落总体物种丰富度、Simpson多样性指数(D')、Shannon-Wiener多样性指数(H')和Alatalo均匀度进行综合比较,阳坡群落均高于阴坡群落,表明物种多样性在一定程度上受坡向的影响。随海拔高度的增加阴坡群落总体多样性

表 3 色季拉山林线群落总体物种多样性指数

TABLE 3 Total species indices of the timberline communities on Sejila Mountain

群落 代号	S	D	H'	E _a
C1	41	0.942	3.014	4.999
C2	75	0.897	3.089	3.215
C3	20	0.837	2.165	3.095
C4	6	0.736	1.486	2.954
C5	36	0.943	2.704	5.154
C6	32	0.884	4.048	3.148
C7	35	0.936	4.986	4.834
C8	65	0.970	3.549	6.418
C9	36	0.955	2.852	5.937

注：群落总体物种丰富度即群落各层次植物种类的和。

降低，直到林线过渡带结束，物种总体多样性又开始上升，其原因为随海拔的升高，乔木树种消失，林下地被物减退，灌木和草本随之发育，使得物种多样性增加，其物种多样性指数变化程度阴坡高于阳坡，并且物种多样性阳坡高于阴坡。Simpson 多样性指数和 Alatalo 均匀度均大于 0.5，表现出一致性的特征，即 Simpson 指数较高，其均匀度也较高。

3.4 林线群落物种替代率随海拔的关系

由图 3 可知，随海拔的增高群落物种替代率逐渐增加，到林线过渡带物种替代率达最高。森林郁闭上限（郁闭度≤0.2），阴坡的物种替代率 $\beta_T=1.57$ ，阳坡的 $\beta_T=0.69$ ；林线上限，阴坡的物种替代率 $\beta_T=1.25$ ，阳坡的 $\beta_T=0.68$ ；进入高寒灌木草甸物种替代率又下降，阴坡的物种替代率 $\beta_T=0.42$ ，阳坡的 $\beta_T=0.41$ ，物种替代率阴坡高于阳坡。同时表明 β 多样性在林线过渡带边缘物种替代率较高，变化幅度阴坡达到 1.12，阳坡为 0.34，阴坡高于阳坡，种类组成变化明显，表现出林线环境对物种强烈的筛选作用。在林线过渡带内（阴坡 4 320~4 390 m、阳坡 4 320~4 570 m）物种替代率变化幅度小，分别为阴坡 0.32，阳坡 0.28。

4 结论与讨论

4.1 不同坡向林线群落多样性特征

物种多样性除了受坡向的影响外，还与海拔高度和一定的群落类型有关。除坡向影响着水分分布和光照条件，同样乔木层优势种的生长特性和生长状况改变了林下的光照和养分的循环，从而影响到林下植物的生长，色季拉山林线森林群落物种多样性阳坡高于阴坡。海拔 4 320~4 370 m 的阴坡林线过渡带，类型为杜鹃冷杉林群落，在群落中杜鹃的发育抑制了草本植物的生长，使得这一区域中种类最少，物种丰富度最低。海拔 4 320~4 570 m 的阳坡

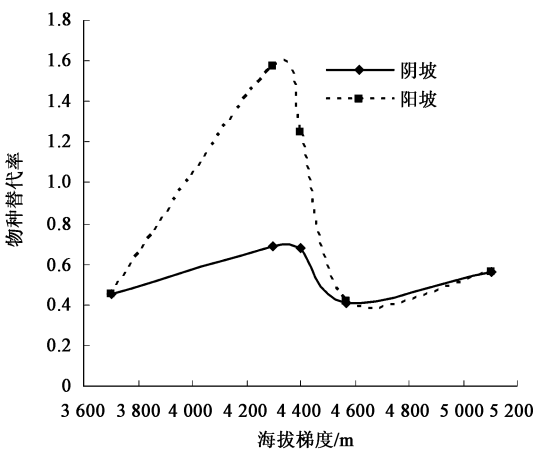


图 3 林线群落物种替代率随海拔高度的变化

FIGURE 3 Changes of the timberline species turnover rate with altitude

林线过渡带，为杜鹃柏木林群落类型，由于方枝柏耐寒、耐旱特性和杜鹃不同的生长方式，使它们在群落中能够合理配置，该群落林下光照充足，从而使各层的物种得到充分的发育，因此阳坡林线无论是灌木还是草本，其物种数、个体数均高于阴坡。

4.2 不同层次林线群落多样性特征

阴坡林线(C3 和 C4)以冷杉为优势种的群落，结构比较简单，各层次多样性特征指数为：乔木层<草本层<灌木层。由于冷杉为耐荫性树种，对环境条件适应性强，乔木层树种单一无伴生树种，所以乔木层多样性指数最低为零。在森林上限与高山灌木丛的交汇处，在较为湿润和林冠层比较稀疏的环境条件下，灌木层得到了较好的发展，进而对草本层起到了抑制的作用。

阳坡林线(C6 和 C8)以方枝柏为优势种的群落，林分稀疏，林相不整齐，多呈矮小的灌木状。群落各层次多样性特征：乔木层<灌木层<草本层，由于方枝柏所在林线位置多在岩石裸露、土壤干燥瘠薄的山脊或坡上部，灌木层和草本层得到了较好的发育。

4.3 林线群落物种 β 多样性指数与海拔的关系

色季拉山林线群落物种替代率在林线过渡带边缘出现峰值且阴坡高于阳坡，林线边缘环境对物种具有较强的筛选作用。这可能与不同坡向林线的类型有很大关系，在色季拉山阴坡为急变型的林线，阳坡为渐变型的林线，不同的类型其水分分布和光照条件存在很大差别，从而影响到林下植物的分布。另一方面说明了在色季拉山地区，草本植物群落与木本植物，特别是与乔木层的种类分布格局有较大的差异，其机理有待进一步研究。

4.4 多样性与林线群落动态分析

如何从多样性的角度研究植物群落的动态或稳

定性是生态学研究的一个重要方向,已引起国内外许多生态学者的关注^[11-14]。均匀度是群落多样性研究十分重要的概念,以均匀度来考虑多样性与群落稳定性的关系时,群落均匀度指数越高,各层次相互的差异越不显著,说明群落的稳定性越高,从演替动态的角度来看其稳定性就越高^[15-16]。因此,如果群落内部的环境基本为均质的假设成立,那么,较高均匀度指数应该是群落发展(演替)到一定阶段的结果^[17-18]。

色季拉山尽管阴、阳坡物种多样性指数在各层次之间差异较显著,但各层次均匀度均较高,变化幅度阴坡在 2.322~6.127 之间,阳坡在 2.064~7.511 之间,这一现象反映林线各层次物种空间分布趋于均匀,结构较为合理,因此应属稳定的群落类型。

4.5 群落总体多样性特征与群落动态关系

群落总体物种丰富度,仅仅是构成群落的物种数,而多样性和均匀度指数是以群落总体重要值为测度指标对群落进行测度的,则可比较不同群落间物种多样性指数特征。群落总体物种 Simpson 多样性指数与 Alatalo 均匀度指数均大于 0.5,它们属于地带性群落类型^[1],说明色季拉山林线群落处于比较稳定的阶段,相当于顶极群落。

参 考 文 献

[1] 高贤明,马克平,陈灵芝.暖温带若干落叶阔叶林群落物种多样性及其与群落动态的关系[J].植物生态学报,2001,25(3):283-290.

GAO X M, MA K P, CHEN L Z. Species diversity of some deciduous broad-leaved forests in the warm temperate zone and its relations to community stability[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2001, 25(3):283-290.

[2] 崔海亭. 关于华北山地高山带和亚高山带的划分问题[J]. 科学通报,1983,29(6):789-793.

CUI H T. The differentiation issue of the mountain alpine belt and subalpine belt in Huabei[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1983, 29(6):789-793.

[3] 崔海亭,戴君虎,唐志尧. 太白山高山林线的稳定性研究[J]. 环境科学,1999,19(3):243-249.

CUI H T, DAI J H, TANG Z Y. The stability research of the upper timberline on Mt. Taibai [J]. *Environmental Science Magazine*, 1999, 19(3):243-249.

[4] 唐志尧,戴君虎,黄永梅. 太白山高山林线植被数量的分析[J]. 山地学报,1999,17(4):294-299.

TANG Z Y, DAI J H, HUANG Y M. Quantitative analyses of the upper timberline vegetation on Mt. Taibai[J]. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(4):294-299.

[5] 王襄平,张玲,方精云. 中国高山林线的分布高度与气候的关系[J]. 地理学报,2004,59(6):871-879.

WANG X P, ZHANG L, FANG J Y. Geographical differences in alpine timberline and its climatic interpretation in China[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(6):871-879.

[6] 王景升,王文博,普琼. 西藏色季拉山主要林型土壤的水文功能[J]. 东北林业大学学报,2005,33(2):48-51.

WANG J S, WANG W B, PU Q. Soil hydrological functions of the main forest on Sejila Hills in Tibet[J]. *Journal of Northeast Forestry University*, 2005, 33(2):48-51.

[7] ALATALO R V. Problems in the measurement of evenness in ecology[J]. *Oikos*, 1981, 37:199-204.

[8] KVALETH T O. Note on biological diversity evenness and homogeneity measures[J]. *Oikos*, 1991, 62:123-127.

[9] 马克平,刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I : α 多样性的测度方法(下)[J]. 生物多样性,1994,2(4):231-239.

MA K P, LIU Y M. Measurement of biotic community diversity (I): α measurement of diversity (II) [J]. *Biodiversity Science*, 1994, 2(4):231-239.

[10] 谢晋阳,陈灵芝. 中国暖温带若干灌丛群落多样性问题的研究[J]. 植物生态学报,1997,21(3):197-207.

XIE J Y, CHEN L Z. The studies of some aspects of biodiversity on scrubs in the warm temperate zone of north China [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, 21(3):197-207.

[11] MVNANGHTON S J. Stability and diversity of ecological communities[J]. *Nature*, 1978, 274:251-253.

[12] MARGALEF R. On certain unifying principles in ecology [J]. *The America Naturalist*, 1963, 97:357-346.

[13] TRANQUILLINI W. *Physiological ecology of alpine timberline* [M]. New York :Springer-Verlag, 1979.

[14] TESSIER L, GUIBAL F, SCHWEIGRUBER F H. Research strategies in dendroecology and dendroclimatology in mountain environments [J]. *Climatic Change*, 1997, 36(3):499-517.

[15] 谢晋阳,陈灵芝. 暖温带落叶阔叶林的物种多样性特征[J]. 生态学报,1994,14(4):337-343.

XIE J Y, CHEN L Z. Species diversity characteristics of deciduous forests in the warm temperate zone of north China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(4):337-343.

[16] 马克平,黄建辉,于顺利,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究[J]. 生态学报,1995,15(3):268-276.

MA K P, HUANG J H, YU S L, et al. Plant community diversity in Dongling Mountain, Beijing [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1995, 15(3):268-276.

[17] 高贤明,马克平,黄建辉,等. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究[J]. 生态学报,1998,18(1):24-32.

GAO X M, MA K P, HUANG J H, et al. Studies on plant community diversity in Donglingshan Mountain, Beijing, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, 18(1):24-32.

[18] 黄建辉,韩兴国. 生物多样性和生态系统稳定性研究[J]. 生物多样性,1995,3(1):31-37.

HUANG J H, HAN X G. Biodiversity and ecosystem stability [J]. *Biodiversity Science*, 1995, 3(1):31-37.

(责任编辑 冯秀兰)