

# 西藏色季拉山西坡急尖长苞冷杉林物种多样性 及群落结构的垂直分布格局

朱登强<sup>1,2</sup>, 王军辉<sup>1</sup>, 张守攻<sup>1\*</sup>, 张建国<sup>1</sup>,  
茹广欣<sup>2</sup>, 罗大庆<sup>3</sup>, 潘 刚<sup>3</sup>

(1. 中国林业科学院 林业研究所、国家林业局 林木培育重点实验室, 北京 100091; 2. 河南农业大学  
林学院园艺学院, 河南 郑州 450002; 3. 西藏农牧学院 高原生态研究所, 西藏 林芝 860000)

摘 要: 沿海拔梯度 3 600~4 300 m 设置 8 个样地, 对西藏色季拉山西坡急尖长苞冷杉林的物种组成、物种丰富度、Shannon-Wiener 指数( $H'$ )、均匀度指数( $E$ )、Jaccard 指数( $C_j$ )、Cody 指数( $\beta_c$ )和群落结构沿海拔梯度的变化进行比较研究。结果表明: (1) 在调查的 8 个急尖长苞冷杉林样地内共有植物 58 种, 分属于 36 科 53 属, 其中植物较多的科有蔷薇科 8 种、百合科 5 种、杜鹃花科 5 种、毛茛科 3 种、菊科 3 种、柏科 2 种、忍冬科 2 种、伞形科 2 种, 其余的 28 科各只有 1 个种; (2) 物种科、属、种数、Margalef 指数( $D_M$ )与海拔存在显著的负相关性( $P<0.05$ ), 在分布急尖长苞冷杉最低海拔 3 600 m 处出现物种丰富度的最大值; (3) 多样性指数( $H'$ )与海拔之间有极显著的负相关性( $P<0.01$ ), 并且在 3 700~4 100 m 之间多样性指数( $H'$ )保持稳定; 均匀度指数( $E$ )与海拔梯度之间存在负相关性, 但不显著; (4) Jaccard 指数( $C_j$ )在海拔 3 600~4 100 m 随海拔的升高而升高, 在生境过渡带的 4 100~4 200 m 之间 Jaccard 指数( $C_j$ )较低; Cody 指数( $\beta_c$ )随海拔的升高呈下降的趋势, 但在 4 000~4 100 m 和 4 200~4 300 m 海拔区间出现 2 个低谷; (5) 最大树高( $H_{max}$ )和最大胸径( $DBH_{max}$ )与海拔之间存在显著负相关性( $P<0.05$ ); 胸高断面面积之和( $BA$ )和立木密度( $N$ )与海拔之间存在负相关性, 但不显著。

关键词: 急尖长苞冷杉林; 物种丰富度;  $\alpha$  多样;  $\beta$  多样性; 群落结构

中图分类号: S791.140.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-7461(2008)05-0001-06

Changes in Species Diversity and Community Structure of *Abies georgei* var. *smithii* Forest Along Altitudinal Gradients on the Western Slope of Sejila Mountain in Tibet

ZHU Deng-qiang<sup>1,2</sup>, WANG Jun-hui<sup>1</sup>, ZHANG Shou-gong<sup>1\*</sup>, ZHANG Jian-guo<sup>1</sup>,  
RU Guang-xin<sup>2</sup>, LUO Da-qing<sup>3</sup>, PAN Gang<sup>3</sup>

(1. Research Institute of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, CAF, Beijing 100091, China; 2. Forest and Horticulture College of Henan Agriculture University, Zhengzhou, He'nan 450002, China;  
3. Research Institute of Tibet Plateau Ecology, Linzhi, Tibet 860000, China)

**Abstract:** Changes in species diversity, species richness, Shannon-Wiener index( $H'$ ), Evenness index( $E$ ), Jaccard( $C_j$ ), Cody index( $\beta_c$ ) and community structure of *Abies georgei* var. *smithii* forest on the western slope of Sejila Mountain in Tibet using data from 8 plots, which were investigated along an altitudinal gradient from 3 600 m to 4 300 m. Major results were summarized as follows: (1) A total of 58 tree species from 53 genera in 36 families among which 8 species were Rosaceae, 5 species were Liliaceae, 5 species were Eriaceae, 3 species were Ranunculaceae, 3 species were Compositae, 2 species were Cupressaceae, 2 species were Caprifoliaceae, 2 species were Umbelliferae, and other 28 tree species were only one receptively. These were recorded in the 8 plots of the *A. georgei* var. *smithii* forest; (2) Number of families, genera, species

(2) 收稿日期: 2008-02-25 修回日期: 2008-03-12  
基金项目: 西藏自治区科研院所社会公益研究专项“藏东南特有林木资源的评价与共享技术研究”。  
作者简介: 朱登强, 男, 在读硕士, 研究方向: 森林培育。  
\* 通讯作者: 张守攻, 中国林业科学研究院研究员, 首席科学家。

and Margalef index correlated negatively with altitude ( $P < 0.05$ ), with a peak at 3 600 m. (3) Shannon-Wiener index ( $H'$ ) correlated negatively with altitude ( $P < 0.01$ ), and maintained stable at the altitudes between 3 700~4 100 m, evenness ( $E$ ) with altitudes, however, this trend was insignificant. (4) Jaccard index increased sharply with increasing altitude at the altitudes between 3 600~4 100 m, and was lower between different vegetation types at the altitudes between 4 100~4 200. Cody index ( $\beta_c$ ) decreased with an increasing altitude, but there were 2 troughs between 4 000~4 100 m and 4 200~4 300 m. (5) Maximum tree height ( $H_{\max}$ ) and  $H_{\max}$  ( $H_{\max} = 37$  m) correlated negatively with altitude ( $P < 0.05$ ); but basal area ( $BA$ ) and  $BA_{\max}$  ( $BA_{\max} = 5.3$  m<sup>2</sup>) correlated with altitudes, however, this trend was insignificant.

**Key words:** *Abies georgei* var. *smithii*; species richness;  $\alpha$  diverse;  $\beta$  diverse; community structure

生物多样性沿环境梯度的变化趋势是生物多样性研究的一个重要议题<sup>[1]</sup>,而海拔梯度包含了多种环境因子的梯度效应,因此研究生物多样性的海拔梯度格局对于揭示生物多样性的环境梯度变化规律具有重要意义。在不同的研究尺度,植物多样性沿海拔梯度具有不同的分布格局,而形成这种格局的因素有很大的差异<sup>[2]</sup>。物种多样性是表征群落学的重要指标,在反映植物群落的生境差异、群落的结构类型、演替阶段和稳定性程度等方面均有一定的意义<sup>[3]</sup>。山地植物群落的物种多样性随海拔高度的变化一直是生态学家感兴趣的话题,但研究的结果并不一致<sup>[4-5]</sup>。许多研究表明,植物群落的物种多样性在中等海拔高度达到最大值<sup>[6-10]</sup>。但也有人认为物种多样性与海拔高度之间无特定的关系或者与海拔高度呈负相关<sup>[11]</sup>。

急尖长苞冷杉(*Abies georgei* var. *smithii*)是我国西藏东南亚高山暗针叶林主要组成树种,大体分布在 3 600~4 300 m 的海拔范围内,其中以 3 700~4 100 m 自然长势最好,为最适分布区。随着海拔的升高(4 200~4 300 m),地位级下降,温度降低,生境变得严酷,急尖长苞冷杉长势不良,成为该海拔阴坡的林线树种<sup>[12]</sup>。本研究以色季拉山西坡急尖长苞冷杉林群落为研究对象,通过沿海拔梯度设置样方,研究急尖长苞冷杉林的物种组成、物种丰富度、群落  $\alpha$  多样性、 $\beta$  多样性沿海拔梯度的变化,旨在揭示群落生物多样性的变化规律,为其合理利用和保护急尖长苞冷杉提供理论依据。

## 1 研究地区概况与研究方法

### 1.1 研究区自然概况

色季拉山位于藏东南雅鲁藏布江大拐弯西北侧,属念青唐古拉山余脉,山脉走向主要为西北—东南,形成较大范围的东西坡面。两坡的生态环境与森林景观差异显著。主峰海拔 5 200 m,地理坐标为 94°25'~94°45'E, 29°35'~29°57'N。在海拔

3 000 m 河谷地带的测站 22 a 的气候资料可知,年平均气温为 8.5℃,年较差 15.3℃,7 月平均气温 15.5℃,1 月平均气温 0.2℃,极端最高气温 30.2℃,极端最低气温 -15.3℃。年降水量 654.1 mm,平均相对湿度 63%。年平均风速 1.7 m·s<sup>-1</sup>,最大风速 20 m·s<sup>-1</sup>。日照时数 2 022.2 h,日照百分率 46%。土壤是酸性棕壤土,土层中或厚,腐殖质化过程明显,而在较上段的冷杉林常有明显的灰化层,土壤酸度在 4~6 之间,并发育成漂灰土。土壤有机质含量达 10%~13%。本研究区域分布于色季拉山西坡海拔 3 600~4 300 m 范围,植被主要是亚高山寒温带冷湿暗针叶林,以急尖长苞冷杉为主,并有云杉林、云冷杉混交林及部分冷杉、方枝柏混交林,林下杜鹃繁茂,苔藓层发达,研究范围内沼泽地有杜鹃矮灌丛片状分布。

### 1.2 研究方法

1.2.1 样地的设置与调查内容 样地的设置采用梯度格局法。从色季拉山西坡低海拔(3 600 m)到冷杉林线附近(4 300 m),海拔每升高大约 100 m 设置 1 块样地,共设置 8 个样地。样地面积为 30 m×30 m,由 9 个 10 m×10 m 的邻接格子小样方组成,在 9 个小样方中做 9 个 2 m×2 m 的小样方调查灌木,然后再在 9 个 2 m×2 m 的小样方中设置 9 个 1 m×1 m 的小样方调查草本(表 1)。

调查内容包括:(1)样地的基本情况,如经纬度、海拔、坡度等;(2)乔木层记录所有乔木的学名、树高、胸径、冠幅;(3)灌木层和草本层分别记录每个种的学名、高度、个体数、冠幅及盖度;(4)挖土壤剖面,记录土壤特征。

1.2.2 物种丰富度测度方法 物种丰富度:  $S$  = 出现在样地内的物种数 Margalef 指数:

$$D_M = \frac{S-1}{\ln N} \quad (\text{Magurran, 1988})$$

其中:  $N$  为乔木( $DBH > 3.3$  cm)的总株数。

表 1  色季拉山西坡各样地基本概况

Table 1  Tree plot characteristics on the western slope of Sejila Mountain

	样地编号							
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
海拔/m	3 600	3 700	3 800	3 900	4 000	4 100	4 200	4 300
面积/m <sup>2</sup>	900	900	900	900	900	900	900	900
坡度/(°)	22.0	27.0	22.3	24.0	21.5.0	25.0	18.0	20.0
最大树高 $H_{\max}$ /m	31.5	34.8	37.0	37.0	36.5	30.5	17.2	11.2
最大胸径 $DBH_{\max}$ /cm	90.0	80.2	79.0	86.0	83.0	86.8	58.4	69.0
胸高断面积之和/(m <sup>2</sup> · 1 000 m <sup>-2</sup> )	3.78	5.90	5.89	5.37	3.96	3.82	3.74	2.19
立木密度 (N)/(个 · 1 000 m <sup>-2</sup> )	134	34	52	98	34	37	96	27
种数 (S)	40	14	14	16	12	9	4	3
Margalef 指数 ( $D_M$ )	8.13	3.79	3.38	3.57	3.49	3.29	0.67	0.63
科数	27	12	13	13	10	8	3	2
属数	39	13	13	15	12	9	3	2
Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ )	4.36	2.91	2.79	2.83	2.70	2.71	0.68	1.50
均匀度指数 ( $E$ )	0.82	0.76	0.73	0.71	0.75	0.85	0.34	0.95
Jaccard 指数 ( $C_j$ )	0.19	0.19	0.57	0.60	0.57	0.86	0.31	0.86
Cody 指数 ( $\beta_c$ )	22.0	22.0	6.0	6.0	6.0	1.5	4.5	0.5

1.2.3  $\alpha$  多样性的测度方法  Shannon-Wiener 指数： $H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$ （Magurran ,1988）  
Pielou 指数（均匀度指数）： $E = H'/\ln S$ （Magurran ,1988）

其中： $P_i$  为种  $i$  的重要值，也即该种的相对胸高断面积。

1.2.4  $\beta$  多样性的测度方法  Jaccard 指数：

$$C_j = \frac{c}{a+b+c}$$

$$\text{Cody 指数: } \beta_c = \frac{g(H)+l(H)}{2} = \frac{a+b-2c}{2}$$

其中， $a$  和  $b$  分别为群落各自的物种数， $c$  为群落的共有物种数， $g(H)$  为沿生境梯度  $H$  增加的物种数， $l(H)$  为沿生境梯度  $H$  丢失的物种数。

1.3 统计分析

应用 Excel 和 DPS 统计软件进行数据统计处理。

2 结果与分析

2.1 物种的组成

对野外调查数据进行统计分析,调查的 8 个急尖长苞冷杉林样地内共有植物 58 种,分属于 36 科 53 属,其中植物较多的科有蔷薇科 8 种、百合科 5 种、杜鹃花科 5 种、毛茛科 3 种、菊科 3 种、柏科 2 种、忍冬科 2 种、伞形科 2 种,其余的 28 科各只有 1 个种。

调查区域急尖长苞冷杉林林分结构简单,多为单层纯林。在海拔 3 600 m 是急尖长苞冷杉林分布的最低海拔,自然条件较好,物种的组成丰富。乔木层中共有急尖长苞冷杉 105 棵,其中多为急尖长苞

冷杉幼苗,还有云杉(*Picea asperata*)、方枝柏(*Sabina saltuaria*)的生长,但数量不多,只是 16 棵零星的分布,最大的胸径只有 11.5 cm;灌木种类较多,盖度为 10%~70%,主要种类有:防己叶菝葜(*Smilax menispermoidea*)、高山柏(*Sabina squamata*)、川滇高山栎(*Quercus aquifolioides*)、川滇柳(*Salix rehderiana*)、峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis*)、理塘忍冬(*Lonicera litangensis*)、杯萼忍冬(*Lonicera inconspicua*)、林芝小檗(*Berberis temolaica*)、楔叶绣线菊(*Salix rehderiana*)、西南花楸(*Sorbus rehderiana*)、冰川茶藨子(*Ribes glaciale*)、藏边子(*Cotoneaster affinis*)等;草本种类丰富,盖度为 15%~70%,主要种类有:苔草(*Carex* sp)、禾草(*Labiatae*)、西南风铃草(*Campanula colorata*)、蓼(*Polygonun*)、鞭打绣球(*Hemiphragma heterophyllum*)、西南草莓(*Fragaria moupinensis*)、酢浆草(*Oxalis corniculata*)、高山露珠草(*Circaea alpina*)、紫菀(*Aster tataricus*)、黄鹌菜(*Youngia japonica*)、路边青(*Geum aleppicum*)、葛缕子(*Carum Carvi*)、银莲花(*Anemone cathayensis*)、腋花扭柄花(*Streptopus simplex*)、董花唐松草(*Thalictrum diffusiflorum*)等。

在海拔 3 700~4 100 m 各样地内物种都比较少,灌木层种类主要有:理塘忍冬、杯萼忍冬、冰川茶藨子、峨眉蔷薇、悬钩子(*Rubus corchorifolius*)、铁线莲(*Clematis florida*)、毛叶杜鹃(*Rhododendron radendum*)、糙皮桦(*Betula utilis*)、黄杯杜鹃(*R. wardii*)、拉拉藤(*Galium aparine* var. *echinospermum*)、马尾杉(*Phlegmariurus phlegmaria*)、柳叶忍冬(*Lonicera lanceolata*)等;草本种类也较少,主

要有苔草、酢浆草、禾草、大叶碎米荠 (*Cardamine macrophylla*)、繁缕 (*Stellaria media*)、火烧兰 (*Epipactis helleborine*)、凤尾蕨 (*Pteris cretica* var. *nervosa*)、假百合 (*Notholirion bulbuliferum*)、鹿药 (*Smilacina japonica*)、鸭趾草 (*Commelina communis*)、卷叶黄精 (*Polygonatum cirrhifolium*)等;由于处在阴坡,并且纯林内乔木层生长旺盛、冠层郁闭度高,林下光照不足,温度较低,苔藓生长旺盛,盖度达 90% 以上,这是植物种类较小的主要原因。在海拔 4 200~4 300 m 为疏林、灌丛,灌丛主要为几种杜鹃,灌木层的盖度为 20%~90%,灌木层的 3 种植物是:西南花楸、红点杜鹃 (*R. tanastylum*)、褐背杜鹃 (*R. fulvoides*)。

2.2 物种丰富度沿海拔梯度的变化

从图 1 可看出,色季拉山西坡急尖长苞冷杉林

的科、属、种数(图 1(A)) 和 Margalef 指数 ( $D_M$ ) (图 1(B)) 沿海拔梯度的变化十分明显,从表 2 可看出,物种科、属、种数、Margalef 指数 ( $D_M$ ) 与海拔有显著的负相关性 ( $P<0.05$ ); 并且海拔与属数和 Margalef 指数 ( $D_M$ ) 的负相关性极其显著 ( $P<0.01$ )。在海拔 3 600 m 是急尖长苞冷杉林的分布最低海拔,是急尖长苞冷杉林与其他林分的过渡区,自然条件较好,物种科、属、种数大;在海拔 3 700~4 100 m 物种科、属、种数分布较稳定,没有太大的变化,因为该区域环境条件比较相似;在海拔 4 200~4 300 m 物种科、属、种数呈现直线下降的趋势,主要是因为 4 200 m 以上,随着海拔的升高,自然条件恶劣,土壤贫瘠,不利于物种的生长,物种科、属、种逐渐减少。

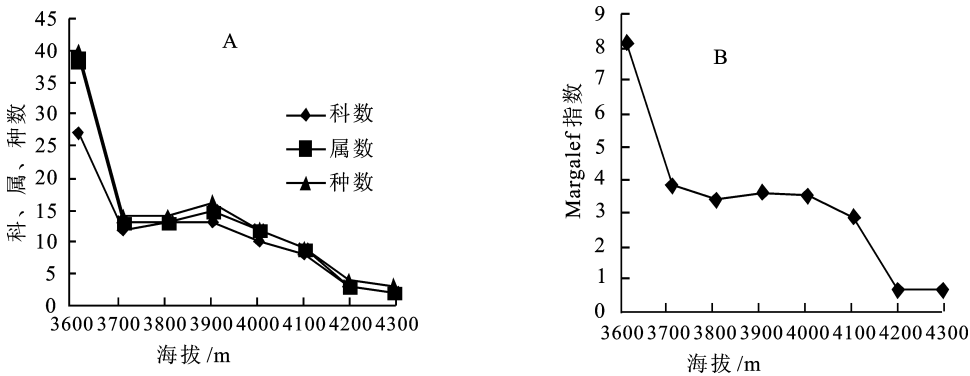


图 1 沿海拔梯度 (A) 科、属、种和 (B) Margalef 指数的变化

Fig. 1 Changes in (A) number of families, genera, species, and (B) Margalef index along an altitudinal gradient

表 2 海拔梯度与各因子之间的相关系数

Table 2 Correlative coefficient between altitudinal gradient and each factor

项目	科数	属数	种数	$D_M$ 指数	$H_{max}$	$DBH_{max}$	BA	N	$H'$	E	$C_j$	$\beta_c$
海拔	-0.83 *	-0.90 * *	-0.83 *	-0.86 * *	-0.74 *	-0.74 *	-0.67	-0.4	-0.85 * *	-0.13	0.54	-0.78 *

2.3  $\alpha$  多样性沿海拔梯度的变化

$\alpha$  多样性用于描述区域群落的物种多样性,一般受到小环境以及生物之间相互作用的影响。对于物种总数(各种生活型物种的总和)来说,物种多样性具有多种梯度分布格局,其中多样性随海拔呈负相关关系,即物种多样性随海拔的升高而不断减少,是最普遍的一种格局<sup>[2]</sup>。 $\alpha$  多样性的测度采用表示群落多样性的 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ ) 和表示群落均匀度的 Pielou 指数 ( $E$ )。

色季拉山西坡急尖长苞冷杉林的  $\alpha$  多样性的 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ ) 沿海拔梯度的变化虽然没有物种丰富度那样明显,但也表现出一定的趋势

(图 2(A))。从表 2 可看出,多样性指数 ( $H'$ ) 与海拔之间有极显著的负相关性 ( $P<0.01$ ),在 4 100 m 以下群落之间多样性指数 ( $H'$ ) 比较高,并且差别不明显,在 3 700 m~4 100 m 之间多样性指数 ( $H'$ ) 保持稳定,在 4 100 m 以上群落之间多样性指数 ( $H'$ ) 明显下降,并且不稳定。均匀度指数 ( $E$ ) 与海拔梯度之间存在负相关性,但并不显著。从图 2(B) 可看出,在 3 600~4 100 m 之间,均匀度指数 ( $E$ ) 基本上保持较高的稳定值,但在 4 200 m 均匀度指数 ( $E$ ) 出现最低峰,因此海拔是一个明显的生境转折点,其上范围为杜鹃—冷杉林。

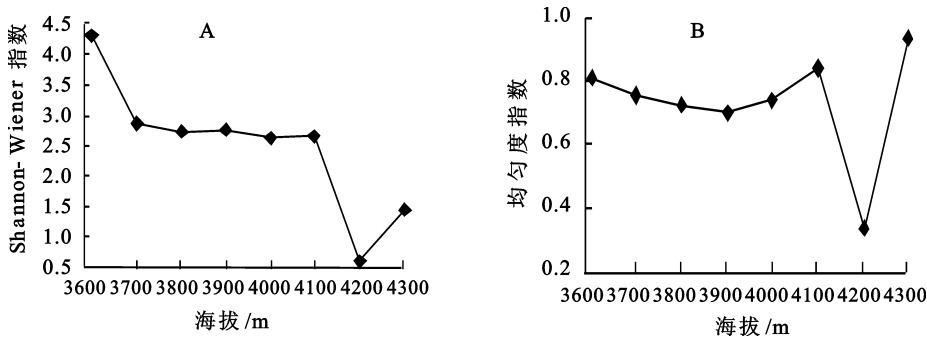


图 2 沿海拔梯度 (A)Shannon-Wiener 指数和 (B) 均匀度指数的变化

Fig. 2 Changes in (A) Shannon-Wiener index, and (B) evenness index along an altitudinal gradient

2.4 β 多样性沿海拔梯度的变化

β 多样性指沿环境梯度不同生境之间群落物种组成的相异性或物种沿环境梯度的更替速率。Jaccard 指数( $C_j$ )反映群落或样方间物种组成的相似性;Cody 指数( $\beta_c$ )则反映样方物种组成沿环境梯度的替代速率。

沿海拔梯度,相邻样方间 Jaccard 指数( $C_j$ )存在正相关性,但相关性不显著(表 2)。由图 3(A)可

看出,表示群落相似性的 Jaccard 指数( $C_j$ )在海拔 3 600~4 100 m 随海拔的升高而升高,在生境过渡带的 4 100~4 200 m 之间 Jaccard 指数( $C_j$ )较低。海拔与群落的 Cody 指数( $\beta_c$ )之间存在显著的负相关性( $P<0.05$ ),从图 3(B)可看出,Cody 指数( $\beta_c$ )随海拔的升高呈下降的趋势,但在 4 000~4 100 m 和 4 200~4 300 m 海拔区间出现 2 个低谷,因为这 2 个海拔区域在过渡带内,群落生境条件差异很小。

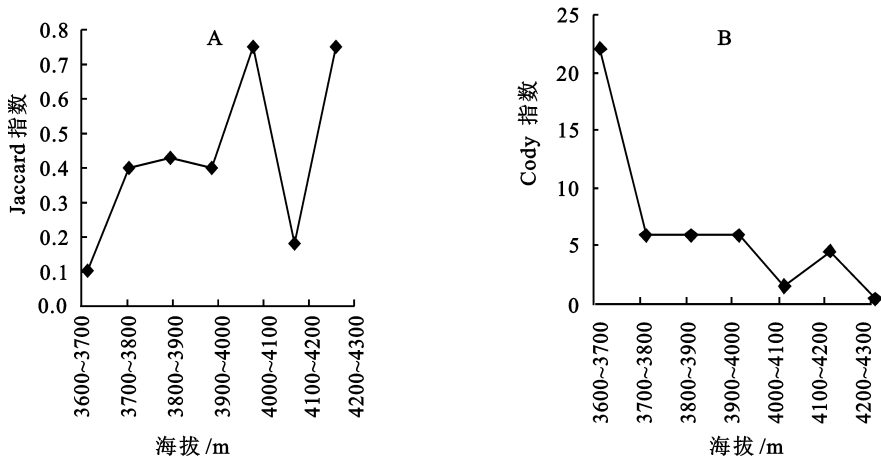


图 3 沿海拔梯度相邻群落间的(A)Jaccard 指数和 (B) Cody 指数的变化

Fig. 3 Changes in (A) Jaccard index and (B) Cody index between the neighboring communities along an altitudinal gradient

2.5 群落结构

群落的生长特征代表群落的生产潜力<sup>[13]</sup>。图 4 是群落的 4 种结构特征沿海拔梯度的变化。群落的最大树高( $H_{max}$ )与海拔之间存在显著的负相关性( $P<0.05$ )(表 2)。从图 4(a)可看出,随着海拔的升高,群落的最大树高( $H_{max}$ )先增加后降低,最大值( $H_{max}=37$  m)出现在海拔 3 800 m 处,与海拔梯度之间显示的是一种单峰分布格局,最大树高显示的这种变化趋势的原因与水热条件的组合有关:由于热量条件沿海拔梯度是线性下降的,所以群落的的最大树高在达到一定的值后就沿海拔梯度相应的下降。

著的负相关性( $P<0.05$ )(表 2)。从图 4(b)可看出,从海拔 3 600~4 100 m,最大胸径没有太大的变化,最大值( $DBH_{max}=90.0$  cm)出现在海拔 3 600 m;但在海拔 4 200~4 300 m,由于受自然条件的影响,群落的最大胸径明显的下降。

群落的胸高断面积之和( $BA$ )与海拔之间有负相关性,但不显著(表 2)。从图 4(c)可看出,从低海拔到高海拔,群落的胸高断面积之和先增加后降低的趋势,群落的胸高断面积之和最大值出现在海拔 3 700 m 处( $BA_{max}=5.90$  m<sup>2</sup>)。

立木密度( $N$ )与海拔之间有负相关性,但不显著(表 2)。由于密度受自然和人为干扰、小地形以及土壤条件的影响较大,所以在海拔梯度上的变化

群落的最大胸径( $DBH_{max}$ )与海拔之间存在显

趋势不明显。从图 3(d)可以看到,在海拔 3 600 m 有最大的立木密度,由于 3 600 m 处自然条件较好,

加上人为砍伐后的次生森林,优势种不太明显,有利于幼苗的繁殖,因而立木密度较大。

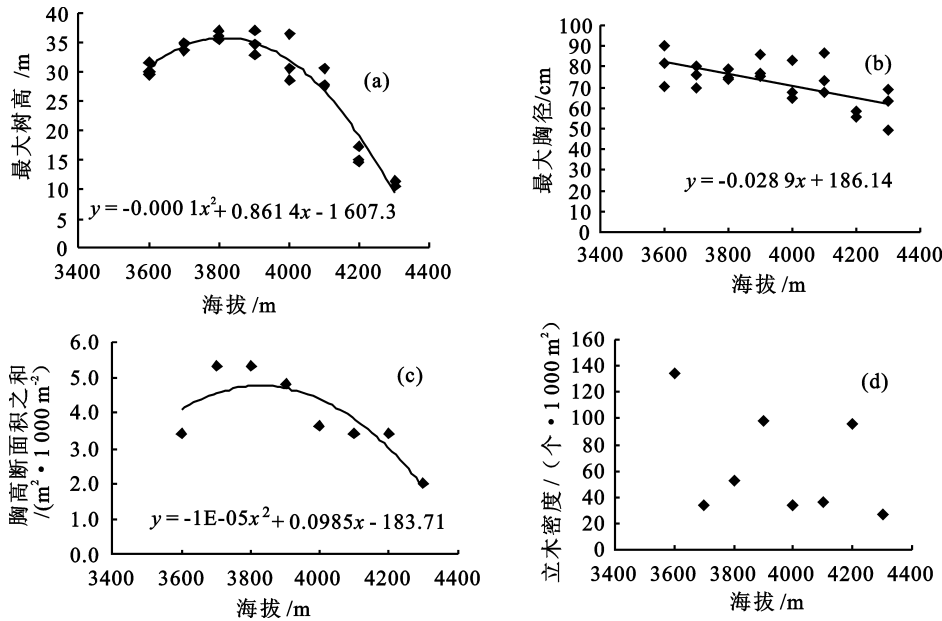


图 4 沿海拔梯度 (a)最大树高、(b)最大胸径、(c)胸高断面积之和以及 (d)立木密度的变化

Fig. 4 Change in (a)  $H_{\max}$ , (b)  $DBH_{\max}$ , (c) basal area, and (d) density of stems of forest community along an altitudinal gradient

3 结论与讨论

在调查的 8 个急尖长苞冷杉林样地中共有植物 58 种,分属于 36 科 53 属,其中植物较多的科有蔷薇科 8 种、百合科 5 种、杜鹃花科 5 种、毛茛科 3 种、菊科 3 种、柏科 2 种、忍冬科 2 种、伞形科 2 种,其余的 28 科各只有 1 个种;在海拔 3 600 m 是急尖长苞冷杉林分布的最低海拔附近,自然条件较好,物种的组成丰富;在海拔 4 200~4 300 m 为疏林、灌丛。

物种科、属、种数、Margalef 指数 与海拔有显著的负相关性 ( $P<0.05$ ),并且海拔与属数和 Margalef 指数的负相关性极其显著 ( $P<0.01$ );在分布急尖长苞冷杉最低海拔 3 600 m 出现最大的值;在海拔 3 700~4 100 m 物种科、属、种丰富度分布较稳定,没有太大的变化;在海拔 4 200~4 300 m 物种科、属、种丰富度呈现直线下降的趋势。

多样性指数 ( $H'$ ) 与海拔之间有极显著的负相关性 ( $P<0.01$ ,在 3 700~4 100 m 之间多样性指数 ( $H'$ ) 保持稳定,在 4 100 m 以下群落之间多样性指数 ( $H'$ ) 比较高,并且差别不明显,在 4 100 m 以上群落之间多样性指数 ( $H'$ ) 明显下降;均匀度指数 ( $E$ ) 与海拔梯度之间存在负相关性,但并不显著。

沿海拔梯度,相邻样方间 Jaccard 指数 ( $C_j$ ) 存在正相关性,但相关性不显著, $\beta$  多样性 Jaccard 指数 ( $C_j$ ) 在海拔 3 600~4 100 m 随海拔的升高而升

高,在生境过渡带的 4 100~4 200 m 之间 Jaccard 指数 ( $C_j$ ) 较低;海拔与群落的 Cody 指数 ( $\beta_c$ ) 之间存在显著的负相关性 ( $P<0.05$ ),但在 4 000~4 100 m 和 4 200~4 300 m 海拔区间出现 2 个低谷。

最大树高 ( $H_{\max}$ ) 和最大胸径 ( $DBH_{\max}$ ) 与海拔之间存在显著负相关性 ( $P<0.05$ );胸高断面积之和 ( $BA$ ) 和立木密度 ( $N$ ) 与海拔之间有负相关性,但不显著。树高最大值 ( $H_{\max}=37\text{ m}$ ) 出现在海拔 3 800 m 处;群落的胸高断面积之和最大值也出现在海拔 3 700 m ( $BA_{\max}=5.90\text{ m}^2$ );在海拔 3 600 m 有最大的立木密度,由于 3 600 m 处自然条件较好,加上人为砍伐后的次生森林,优势种不太明显,有利于幼苗的繁殖,因而立木密度较大;从海拔 3 600~4 100 m,最大胸径没有太大的变化,最大值 ( $DBH_{\max}=90.0\text{ cm}$ ) 出现在海拔 3 600 m;但在海拔 4 200~4 300 m,由于受自然条件的影响,群落的最大胸径明显的下降。

参考文献:

[1] KRATOCHWIL A. Biodiversity in ecosystems: some principles [M]. Dordrech: Kluwer Academic Publishers,1999: 5-38.  
[2] 唐志尧,方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性,2004, 12(1):20-28.  
[3] 苗莉云,王孝安,王志高. 太白红杉群落交错带物种多样性的研究[J]. 广西植物,2005, 25(2):112-116.

的交叉胁迫下,后期可溶性蛋白含量下降,达到了显著水平,胁迫 21 d 的降幅依次为:41.37%、36.62%、50.45%、67.78%、63.35%、53.46%。6 月 11 日前,各交叉胁迫处理下的可溶性蛋白含量均高于对照和单旱单盐胁迫,随着时间的延长,中度、重度干旱与盐分的交叉胁迫处理则比单旱单盐胁迫有所降低。复水后,可溶性蛋白含量表现出了不同程度的变化趋势,有比前期升高的,也有下降的,与前面所述的脯氨酸、可溶性糖等生理指标变化趋势不同,究其原因还有待于进一步研究。

### 3 结论与讨论

植物在遭受逆境胁迫时,可以通过某些生理生化 的变化来增强自身的抗逆性,从而减弱逆境所带来的伤害,如渗透调节物质的合成、保护酶活性的升高等<sup>[9]</sup>。君迁子的渗透调节物质含量在适度的盐旱交叉胁迫下明显升高,说明君迁子增强了自身的抗逆性,表现出了盐旱交叉适应性。

在盐旱交叉胁迫下,君迁子的脯氨酸、可溶性糖、可溶性蛋白含量总体上变化趋势为先升后降,均高于对照,但在轻度干旱与盐分的交叉胁迫末期,君迁子和紫荆的渗透调节物质含量又出现了升高现象。在各交叉胁迫处理末期,渗透调节物质含量均维持在较高的水平。复水后,君迁子的渗透调节物

质含量出现了不同幅度的回升。可溶性糖和可溶性蛋白在整个胁迫过程中上升趋势显著,产生了大量的胁迫诱导蛋白,因此,可溶性糖和可溶性蛋白在逆境下对君迁子起到了很好的调节作用。

#### 参考文献:

[1]  杨敏生,裴保华.白杨派双交杂种无性系抗旱性鉴定指标分析[J].林业科学,2002,38(6):36-42.

[2]  曲东,王保莉,王沛洪,等.渗透胁迫下磷对玉米叶片有机渗透物质的影响[J].干旱地区农业研究,1996,14(2):72-77.

[3]  HSIAO T C. Plant responses to water stress[J]. Ann Rev Plant Phnysiol,1973,24:519-570.

[4]  汤章诚.逆境下植物脯氨酸积累及其可能的意义[J].植物生理学通讯,1994,30(1):15-21.

[5]  郭卫东,沈向,李嘉瑞,等.植物抗旱分子机理[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,1999,27(4):102-108.

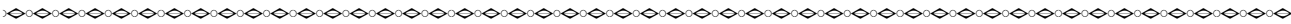
[6]  王锁民.渗透调节在碱茅属幼苗适应盐逆境中的作用初探[J].草业学报,1993,2(3):40-46.

[7]  张海燕,赵可夫.盐分和水分胁迫对盐地碱蓬幼苗渗透调节效应的研究[J].植物学报,1998,40(1):56-60.

[8]  汪贵斌,曹福亮,游庆方,等.盐胁迫对 4 树种叶片中 K<sup>+</sup>和 Na<sup>+</sup>的影响及耐盐能力的评价[J].植物资源与环境学报,2001,10(1):30-34.

[9]  孙国荣,阎秀峰.盐胁迫对星星草幼苗保护酶系统的影响[J].草业学报,2001(1):34-38.

[10]  李德全,邹琦,程炳嵩.抗旱性不同的冬小麦品种渗透调节能力的研究[J].山东农业大学学报,1991,22(4):376-381.



(上接第 6 页)

[4]  贺金生,陈伟烈.陆地植物群落物种多样性的梯度变化特征[J].生态学报.1997,17(1):91-99.

[5]  LOMOLINO M V. Elevation gradients of species-density:historical and perspective views [J]. Global Ecology & Biogeography, 2001, 10:3-13.

[6]  WHITTAKER R H. Vegetation of the Siskiyou Mountains, Oregon and California [J]. Ecological Monographs, 1960, 30: 279-338.

[7]  PEET R K. Forest vegetation of the Colorado Front Range; composition and dynamics [J]. Vegetation, 1978, 37:65-78.

[8]  LIEBERMAN D, LIEBERMAN M, PERALTA R. Tropical forest structure and composition on a large-scale altitudinal gradient in Costa Rica[J]. Journal of Ecology, 1996, 84: 137-152.

[9]  江明喜,邓红兵,唐涛,等. 香溪河流域河岸带植物群落物种丰富度格局[J].生态学报,2002,22(5):629-635.

[10]  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(1):7-14.

[11]  朱彪,陈安平,刘增力,等.广西猫儿山植物群落物种组成、群落结构及树种多样性的垂直分布格局[J].生物多样性,2004,12(1):44-52.

[12]  任青山,王景升,张博,等.藏东南冷杉原始林不同形态水的水质分析[J].东北林业大学报,2002,30(2):52-54.

[13]  郑成洋,刘增力,方精云.福建黄岗山东南坡和西北坡乔木物种多样性及群落特征的垂直变化[J].生物多样性,2004(12):63-74.