

# 大兴安岭呼中地区白卡鲁山植物群落结构及其多样性研究

赵淑清<sup>1</sup> 方精云<sup>1</sup> 朴世龙<sup>1</sup> 宗占江<sup>2</sup> 吴晓莆<sup>1</sup> 古陶<sup>1</sup>

1(北京大学环境学院生态学系, 北京大学生态学研究与教育中心, 北京大学地表过程分析与模拟教育部重点实验室, 北京 100871)

2(吉林省长白山国家级自然保护区管理局, 安图 133613)

**摘要:** 通过沿海拔梯度系统调查, 运用 TWINSpan 分类方法, 划分出大兴安岭地区白卡鲁山的主要植物群落类型并分析了其结构特征。利用物种丰富度和  $\alpha$  多样性等指标, 研究了乔木层、灌木层和草本层植物的多样性特征及其随海拔的变化趋势。结果显示: (1) 白卡鲁山乔木层在海拔 700—1290 m 范围内, 可分为 4 种主要群落类型: 兴安落叶松疏林、兴安落叶松-白桦混交林、兴安落叶松-白桦-樟子松混交林、兴安落叶松纯林群落; (2) 同一植物群落的结构特征比较相似, 除兴安落叶松疏林外, 其他三种森林类型的平均胸径和平均树高随海拔升高有逐渐增大的趋势; (3) 乔木层的直径和树高分布清晰地反映了群落的水平和垂直结构。直径分布均呈现倒“J”型, 表明森林的自我更新状况良好; 而树高分布主要以双峰分布和近似对称分布为主; (4) 乔木层的物种丰富度和  $\alpha$  多样性在兴安落叶松纯林中最小, 在兴安落叶松-白桦混交林和兴安落叶松-白桦-樟子松混交林群落次之, 而在兴安落叶松疏林群落相对较高。各群落类型的灌木层和草本层植物多样性没有明显的差异。乔木层、灌木层和草本层的物种多样性随海拔梯度均没有表现出明显的变化趋势。

**关键词:** 寒温带针叶林, 群落分类, 群落结构, 物种丰富度,  $\alpha$  多样性

中图分类号: Q948

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2004)01-0182-08

## Structure and species diversity of boreal forests in Mt. Baikalu, Huzhong area, Daxing'an Mountains, Northeast China

ZHAO Shu-Qing<sup>1</sup>, FANG Jing-Yun<sup>1</sup>, PIAO Shi-Long<sup>1</sup>, ZONG Zhan-Jiang<sup>2</sup>, WU Xiao-Pu<sup>1</sup>, GU Tao<sup>1</sup>

1 Department of Ecology, College of Environmental Sciences, Center for Ecological Research & Education, and Key Laboratory for Earth Surface Processes of the Ministry of Education, Peking University, Beijing 100871

2 Administrative Bureau of National Nature Reserve of Changbai Mountain, Jilin Province, Antu 133613

**Abstract:** Data on the structure and diversity of boreal forest were investigated along 700—1440 m in Mt. Baikalu in Huzhong area, Daxing'an Mountains, Northeast China. A total of 7 species in tree layer, 12 in shrub layer and 115 in herb layer were recorded in 17 plots. Plant communities were clustered using TWINSpan classification, and the structure characteristics of different communities, plant species richness and  $\alpha$  diversity indicated by Shannon-Wiener index in tree layer, shrub layer and herb layer were analyzed. The results were summarized as follows: Four groups of community types characterized by different dominants in tree layer were distinguished: (1) *Larix gmelini* woodland; (2) mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* forest; (3) mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla*-*Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest; (4) pure *Larix gmelini* forest. These forest types showed no remarkable trend along altitudinal gradient, except that the distribution of *Larix gmelini* woodland was limited to high altitude. Structural characteristics such as mean tree height, mean tree diameter at breast height (DBH), total basal area, stand density and importance value of *Larix gmelini* were similar in the same community type. Mean tree height and DBH in the forest types increased with increasing altitude, when those in the *Larix gmelini*

基金项目: 国家自然科学基金项目资助

收稿日期: 2003-06-12; 接受日期: 2003-09-10

作者简介: 赵淑清, 女, 1972 年出生, 北京大学环境学院生态系博士后, 主要从事生态遥感和生物多样性保护研究。

E-mail: sqzhao@urban.pku.edu.cn

woodland were excluded. The frequency distribution of DBH and height explicitly indicated the horizontal and vertical structure of four forest types. DBH frequency distribution for all four forest types showed a typical reversed J shape, suggesting the forests in Mt. Baikalu were regenerating in a good stage, while majority of height frequency distributions presented a bimodal and approximately symmetric distribution. Species richness and  $\alpha$  diversity in tree layer gradually increased from pure *Larix gmelini* forest to mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla*-*Pinus sylvestris* var. *mongolica* and *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* forest, to *Larix gmelini* woodland, but no significant trend of diversity occurred in shrub layer and herb layer for different communities. Whether in tree layer, shrub layer or herb layer, species richness and  $\alpha$  diversity showed no remarkable trend along altitude, which may be related to the low altitude of this mountain.

**Key words:** boreal forest, community classification, community structure, species richness,  $\alpha$  diversity

寒温带针叶林(北方针叶林或泰加林)是分布在高纬度地区的一种主要森林类型。了解寒温带山地植物群落的结构和多样性状况及其与环境梯度的关系,在全球变化较为剧烈的环境背景下,具有重要的理论和实际意义。大兴安岭地区是我国唯一的寒温带地区,其植物群落组成和物种多样性有许多独特之处。因为大兴安岭林区在我国林业生产中的重要战略意义,对大兴安岭森林生态的研究已经很多,代表性研究成果主要体现在两本专著中(周以良, 1991; 徐化成, 1998)。最近 Song & Yang (2001) 比较了大兴安岭山地兴安落叶松(*Larix gmelini*) 纯林和兴安落叶松-白桦(*Betula platyphylla*) 混交林两种群落类型的物种多样性状况。但对于大兴安岭地区某个完整山体的植物群落结构及其植物多样性状况的系统研究还未见有报道。

本文以大兴安岭呼中地区白卡鲁山为研究对象,通过对不同海拔植物群落的系统调查,采用 TWINSpan 分类方法,划分出白卡鲁山乔木层主要的植物群落类型;分析比较不同群落类型的结构和多样性特征及其随海拔高度的变化趋势;并从乔木层、灌木层和草本层三个方面分析植物物种丰富度和  $\alpha$  多样性状况。

## 1 研究区概况和研究方法

### 1.1 研究区概况

白卡鲁山(51°36'N, 123°04'E, 海拔 1460 m) 位于我国黑龙江省大兴安岭呼中地区南部,是大兴安岭地区为数不多的几座高山之一。该区属于寒温带大陆性季风气候,冬季寒冷漫长,夏季温湿短暂。年平均气温-5.6—-1.2 °C,年平均降水量 360—500 mm,年日照时数 2200—2540 h,水热同期,无霜期 90—110 d。图 1 为该山体邻近的加格达奇气象

站的生态气候图解。地带性土壤为棕色针叶林土。该地区的地带性植被是寒温带针叶林,属于东西伯利亚南方明亮针叶林向南延伸的部分。白卡鲁山是大兴安岭地区保存相对比较完整的原始寒温带针叶林区(周以良, 1991)。

## 1.2 研究方法

### 1.2.1 样方调查

于 2001 年 8 月对大兴安岭呼中地区白卡鲁山的植物群落多样性进行了调查。在海拔 700—1440 m 的范围内,从低海拔到高海拔共设置样方 17 个。乔木层样方大小为 10 m×10 m—20 m×40 m;在每个乔木层样方中,按 10 m×10 m 将其分成若干个小样方。其中,选取一个 10 m×10 m 的小样方作为灌木层样方,进行灌木调查;在每个乔木层样方中梅花取样,设置 5 个 1 m×1 m 草本层样方。乔木层中,对胸径>4cm 的所有个体,准确测定其树高和

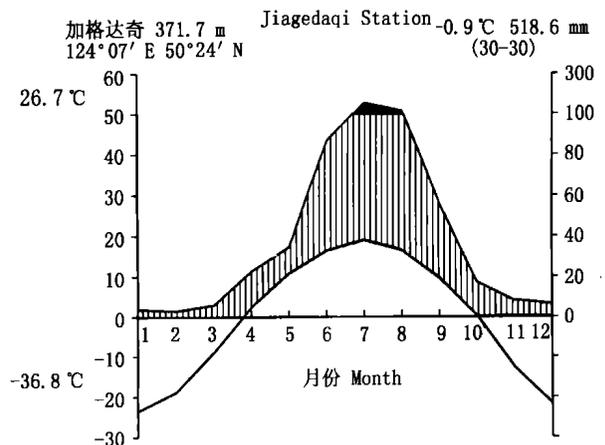


图 1 研究区生态气候图

Fig. 1 Climate diagram of study area

胸围; 在灌木层和草本层的调查中, 记录每个物种的名称、多度和高度。另外, 对每个样地, 测其海拔、经纬度、坡向、坡度和坡位, 并在海拔每隔 100 m 的样地挖 1—2 个 1 m 深的土壤剖面, 测定土壤的理化性质。各样地的基本信息见表 1。

### 1.2.2 重要值及多样性测度指标的计算

某一物种在群落中的重要性用重要值 (IV) 来表示。乔木层及灌木层、草本层的重要值计算方法如下:

$$IV_{\text{乔}} = \frac{\text{某一树种的胸高断面积之和}}{\text{样方内所有树种胸高断面积之和}}$$

$$IV_{\text{灌、草}} = \frac{\text{相对多度} + \text{相对高度} + \text{相对盖度}}{3}$$

以重要值作为物种的定量信息来计算多样性指数。

利用 Shannon-Wiener 指数 ( $H'$ ) 表示  $\alpha$  多样性:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (\text{Magurran, 1988})$$

其中:  $S$  为样地中的物种数目,  $P_i$  为种  $i$  的重要值 (IV)。

### 1.2.3 基于 TWINSpan 的群落类型分类

大兴安岭地区的森林类型以兴安落叶松林最为常见。兴安落叶松有些形成纯林, 有时与白桦、樟子松 (*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) 等混生。利用乔木层样方的物种重要值矩阵信息, 在 PC-ORD 4.0 的二元指示种分析 (Two Way Indicator Species Analysis, TWINSpan) 模块下, 对白卡鲁山乔木层的植物群落进行聚类分析, 以区分出主要的植物群落类型及优势种。

## 2 结果与讨论

### 2.1 主要群落类型划分

TWINSpan 将乔木层的 14 个样方分出 4 种主要的群落类型 (图 2): 伴生有东北赤杨 (*Alnus manshurica*) 和白桦的兴安落叶松疏林、兴安落叶松-白桦混交林、兴安落叶松-白桦-樟子松混交林、兴安落叶松纯林。在这些类型中, 除了兴安落叶松疏林分布于高海拔处外, 其他群落类型的分布与海拔基本上没有关系。表明该山体植被的垂直分布梯度不

表 1 白卡鲁山调查样方的基本信息

Table 1 Information on plant communities for all the 17 plots in Mt. Baikal, Northeast China

样地编号 Plot No.	群落类型 Community type	海拔 Altitude (m)	乔木层 Tree layer						灌木层 Shrub layer		草本层 Herb layer	
			面积 Area (m <sup>2</sup> )	物种数 No. of species	最大树高 H <sub>max</sub> (m)	最大胸径 DBH <sub>max</sub> (cm)	胸高断面 积之和 Total basal area (m <sup>2</sup> /hm <sup>2</sup> )	立木密度 Stand density (stems/hm <sup>2</sup> )	面积 Area (m <sup>2</sup> )	物种数 No. of species	面积 Area (m <sup>2</sup> )	种数 No. of species
1	◇	700	600	2	31.0	53.2	32.5	1625	100	3	1	10
2	◇	720	600	2	25.0	27.9	24.7	1963	100	4	1	10
3	◇	725	600	3	23.8	23.0	18.9	1941	100	2	1	4
4	●	790	400	1	16.5	20.4	26.8	3639	100	1	1	5
5	◆	830	400	3	14.0	20.3	29.7	3855	100	2	1	9
6	●	845	600	1	24.5	32.6	18.3	883	100	2	1	10
7	◇	855	600	2	25.5	34.7	28.1	1330	100	3	1	9
8	●	895	800	1	22.5	29.6	18.8	1104	100	3	1	5
9	●	895	800	1	23.5	36.8	23.4	825	100	4	1	9
10	◇	900	800	2	21.0	29.1	24.4	2168	100	3	1	5
11	◇	1070	800	5	34.0	66.8	48.1	1125	100	3	1	9
12	◇	1110	800	2	25.2	31.5	25.8	1351	100		1	5
13	△	1210	100	5	9.3	12.2	19.6	3655	100		1	
14	△	1290	200	4	8.0	13.4	22.7	5700	100	4	1	3
15	■	1340							100	4	1	3
16	■	1420							100	4	1	5
17	■	1440							100	4	1	6

兴安落叶松-白桦混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* forest (◇); 兴安落叶松-白桦-樟子松混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla*-*Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest (◆); 兴安落叶松纯林 Pure *Larix gmelini* forest (●); 兴安落叶松疏林 *Larix gmelini* woodland (△); 偃松矮曲林 *Pinus pumila* forest (■)

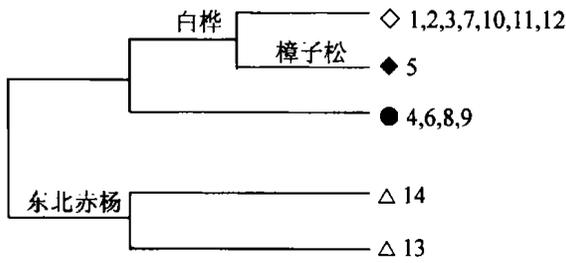


图 2 白卡鲁山乔木层样方的 TWINSpan 群落分类结果  
 Fig. 2 Community groups for 14 tree plots by TWINSpan classification in Mt. Baikalu  
 兴安落叶松-白桦混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* forest (◇); 兴安落叶松-白桦-樟子松混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla*-*Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest (◆); 兴安落叶松纯林 Pure *Larix gmelini* forest (●); 兴安落叶松疏林 *Larix gmelini* woodland (△)

是很明显。

### 2.2 主要植物群落的结构特征

图 3 给出各种森林类型的平均树高、平均胸径、胸高断面面积之和立木密度等反映群落生长特征的指标随海拔高度的变化趋势。总体来说, 四种森林类型的个体都较小; 平均高在 16 m 以下, 平均胸径小于 18 cm。除位于高海拔处的兴安落叶松疏林外, 其他三种森林类型的平均树高和平均胸径有随海拔升高逐渐增大的趋势 (图 3A、B); 除位于 1070 m 处沟谷样地 (Plot 11) 中的兴安落叶松-白桦混交林 (胸高断面面积之和为 48.1 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup>) 外, 三种森林类型的胸高断面面积之和 (BA) 变化于 18—30 m<sup>2</sup>/hm<sup>2</sup> 之间 (图 3C)。兴安落叶松疏林的平均树高和

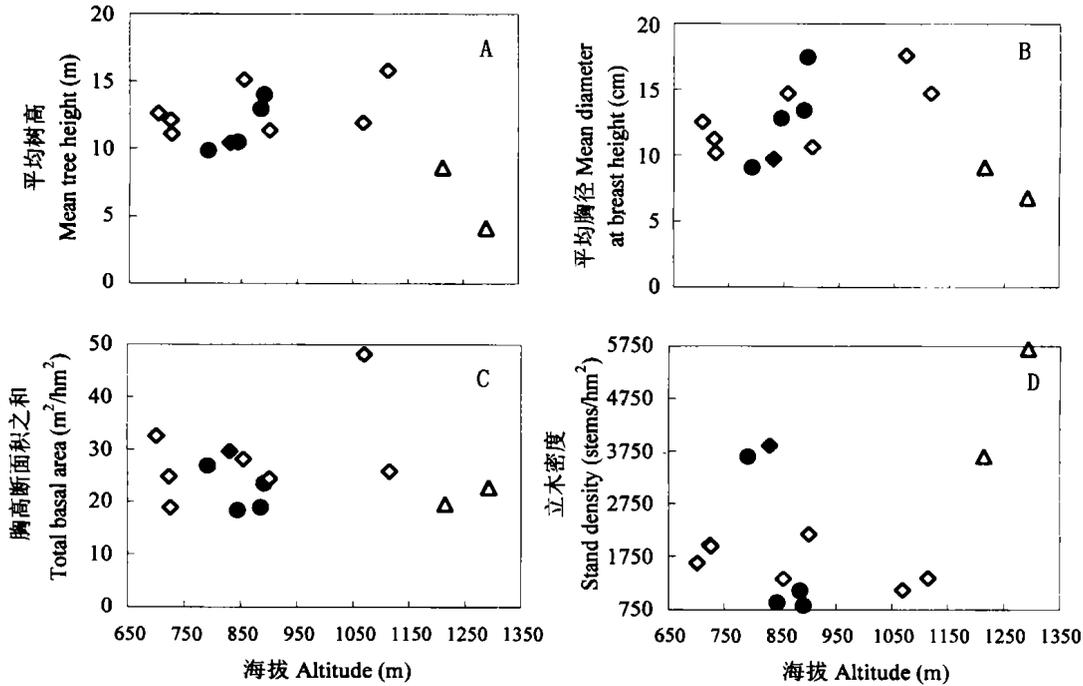


图 3 白卡鲁山各植物群落类型的结构特征 (符号代表含义同图 2)  
 Fig. 3 Structural characteristics of different community types in Mt. Baikalu (Symbols as in Fig. 2)

平均胸径明显较小, 如最大树高  $H_{max}$  为 9.3 m, 最大胸径  $DBH_{max}$  为 13.4 cm; 但立木密度大, 可达 5700 株/hm<sup>2</sup>; 其胸高断面面积之和与其他类型相比, 没有较大差异。另外, 四种森林类型的个体密度差异甚大: 大多数样地的密度均低于 2000 株/hm<sup>2</sup>, 高海拔的兴安落叶松疏林立木密度较大可能与其个体明显较小有关。从图 3B、D 也不难看出, 群落的立木密度和平均胸径呈明显的负相关。

种, 但是在不同群落类型中其所处的重要性地位是有差别的 (图 4)。其重要值的大小因其在混交林群落中的个体数量和大小而异。在兴安落叶松纯林群落中兴安落叶松的重要值达到极大值, 即 1.0; 在兴安落叶松疏林群落中, 兴安落叶松的重要值最小, 平均值仅为 0.09; 而在兴安落叶松-白桦混交林群落和兴安落叶松-白桦-樟子松混交林群落中, 其重要值介于 0.16—0.98 之间。

兴安落叶松是大兴安岭森林组成中最重要的树

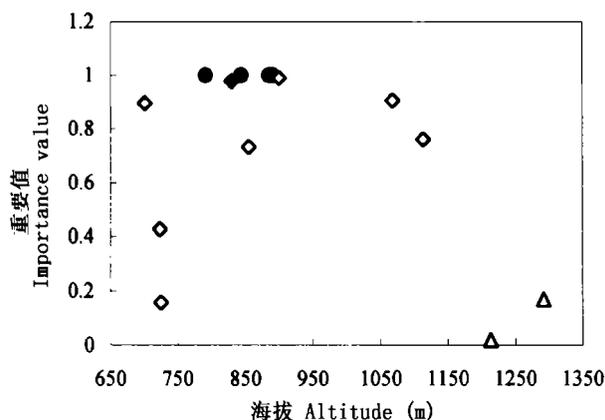


图4 白卡鲁山不同群落类型中兴安落叶松的重要值(符号代表含义同图2)

Fig. 4 Importance values of *Larix gmelini* in different community types in Mt. Baikalu (Symbols as in Fig. 2)

### 2.3 胸径和树高的频度分布

个体大小是表征群落结构的重要方面。图5和图6分别表示各种森林类型林木胸径和树高的频度分布状况。从图5可以看出,四种森林类型的径级分布基本上都呈倒“J”型,即小径级的个体数量居多,随着胸径增大,立木株数减少。表明该山体的森林自我更新状况良好。除两个水热条件比较好的兴安落叶松-白桦森林样方(Plot 1和Plot 11)有较大个体(最大DBH分别为53.2 cm和66.8 cm)外,其他样方乔木个体的胸径均小于40 cm,尤其是高海拔处兴安落叶松疏林的所有乔木个体均集中在小径级(DBH≤16 cm)。

反映群落结构的树高分布有其自身的规律特征,但是由于林木高大,难以准确测定其树高,所以在描述群落结构时往往仅以直径作为划分森林结构的变量。我们利用手拉式测高器准确测定所有样方的林木高度来了解这一地区林分的树高分布特征。如图6所示,除兴安落叶松疏林样方(Plot 14)外,几乎所有样方的树高分布都呈现了与直径分布不同的分布样式:双峰分布(Plots 1, 3, 6, 8, 11)、近似对称分布(Plots 2, 4, 5, 7, 9, 10, 12)、“J”型分布(Plot 13)以及倒“J”型(Plot 14)。双峰分布显示群落的垂直结构明显地分化为两层;近似对称分布表明个体高度分布较为均匀;而“J”型分布则说明较高的个体较多。这样的树高分布特征可能与该地区频繁发生的火干扰有关。

### 2.4 植物群落的多样性特征

在白卡鲁山,17个样方中,共记录到乔木层树种

7种,灌木层植物12种,草本层植物115种,说明物种丰富度是较低的(图7)。

乔木层的物种丰富度在兴安落叶松纯林群落中最小;在兴安落叶松-白桦混交林和兴安落叶松-白桦-樟子松混交林群落中次之;但在海拔1070 m水肥条件比较好的下坡沟谷样方(Plot 11),物种较为丰富,乔木树种包括兴安落叶松、白桦、东北赤杨、水榆花楸(*Sorbus alnifolia*)和偃松(*Pinus pumila*);在兴安落叶松疏林群落中植物多样性也相对较高,因为疏林带光线充足,一些阳性树种如白桦、东北赤杨容易侵入。乔木层植物的Shannon-Wiener指数与物种丰富度的变化趋势基本一致。

白卡鲁山各森林类型灌木层的组成也十分简单。除了兴安杜鹃(*Rhododendron dauricum*)外,基本上都是由乔木层的幼树所组成。各群落类型灌木层的物种丰富度和 $\alpha$ 多样性均没有明显的变化趋势。

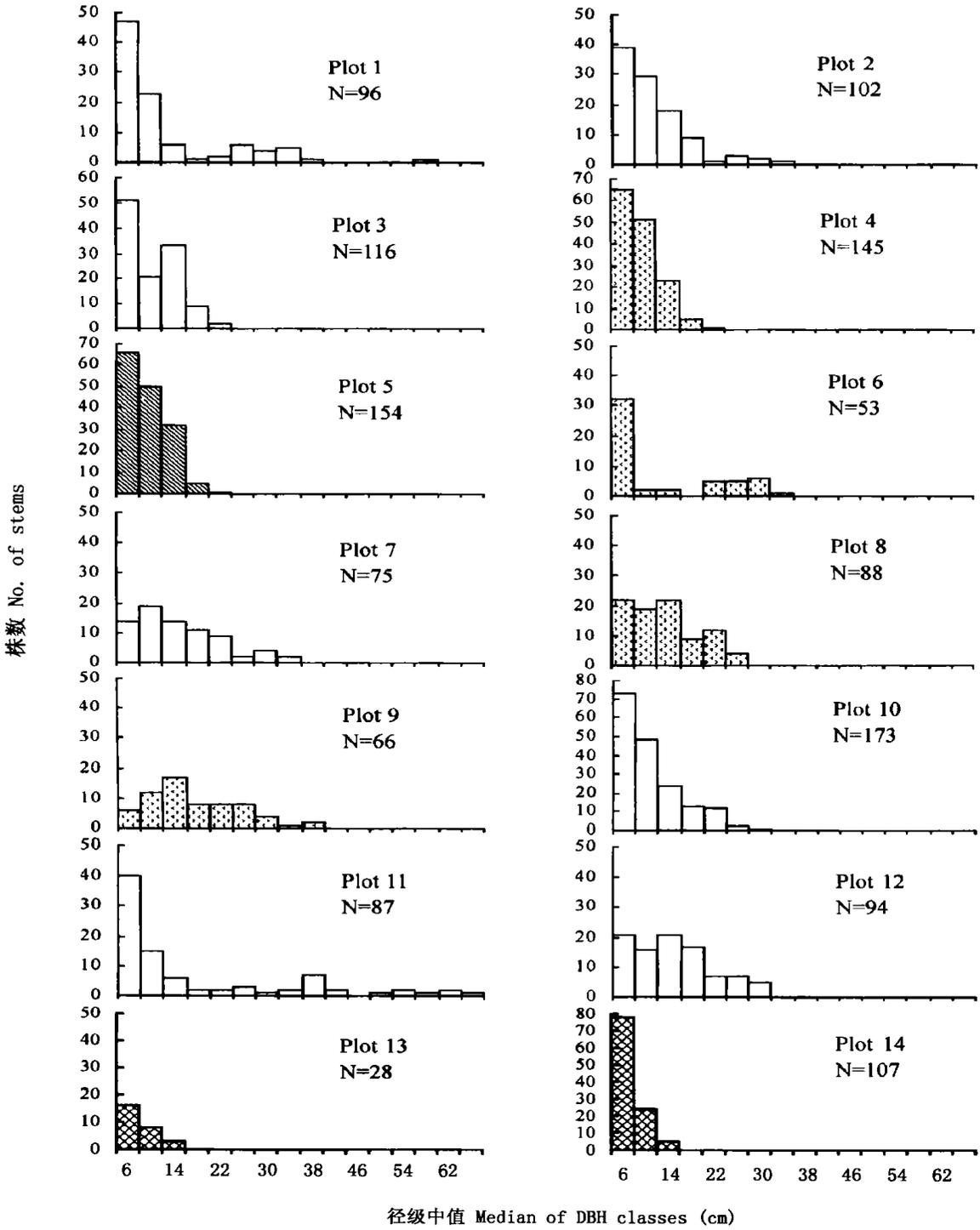
草本层的物种组成包括上层木本植物的幼苗,还有矮灌木如狭叶杜香(*Ledum palustre* var. *angustum*)、越桔(*Vaccinium vitis-idaea*)及真正的草本植物小叶章(*Calamagrostis angustifolia*)、红花鹿蹄草(*Pyrola incarnata*)、林奈草(*Linnaea borealis*)、风毛菊(*Saussurea* sp.)等。各群落草本层植物的物种丰富度和 $\alpha$ 多样性也没有明显的变化规律。

乔木层、灌木层和草本层的物种多样性随海拔梯度均没有表现出明显的变化趋势。这与Rey Benayas(1995)在加拿大British Columbia省对于寒温带森林植物多样性格局的研究结果一致。

## 3 结论

大兴安岭白卡鲁山海拔700—1290 m范围内的森林可分为4种主要的类型:分别是兴安落叶松疏林、兴安落叶松-白桦混交林、兴安落叶松-白桦-樟子松混交林,以及兴安落叶松纯林。除了兴安落叶松疏林位于高海拔处外,其他森林类型的分布与海拔梯度没有明显关系。表明该山体植被的垂直分布梯度不是很明显。

同一植物群落类型,其平均胸径、平均树高、胸高断面面积之和、立木密度等群落结构特征比较相似,但是群落所处的局地生境条件对群落的结构特征有较大影响。除兴安落叶松疏林外,其他三种森林类型乔木的平均胸径和平均树高随海拔升高有逐渐增



- 兴安落叶松-白桦混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* forest
- ▨ 兴安落叶松-白桦-樟子松混交林 Mixed *Larix gmelini*-*Betula platyphylla*-*Pinus sylvestris* var. *mongolica* forest
- 兴安落叶松纯林 Pure *Larix gmelini* forest
- ⊠ 兴安落叶松疏林 *Larix gmelini* woodland

图 5 大兴安岭白卡鲁山乔木样方的径级频度分布

Fig. 5 DBH frequency distribution for tree plots of Mt. Baikalu, Daxing'an Mountains

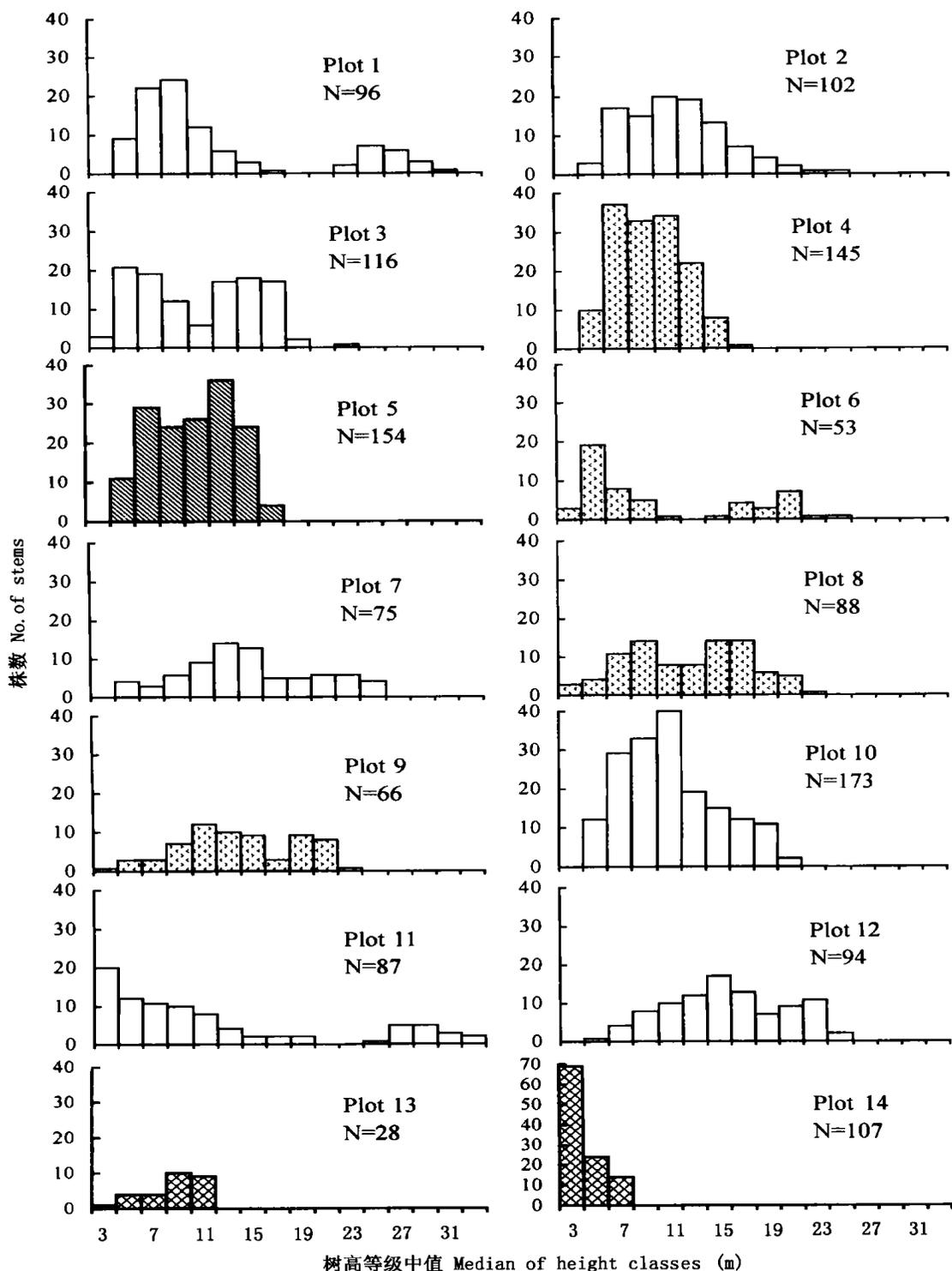


图 6 大兴安岭白卡鲁山乔木样方的树高频率分布(符号代表含义同图 5)  
 Fig. 6 Height frequency distribution for tree plots of Mt. Baikalu, Daxing'an Mountains (For the symbols in the figure, see Fig. 5)

大的趋势。在不同群落类型中, 兴安落叶松所具有的重要值有很大差异, 反映出兴安落叶松在不同群落中的地位不同。

乔木层的直径和树高频率分布清晰地反映了群落的水平和垂直结构。直径分布均呈现了倒“J”型, 表明该森林的自我更新状况良好; 而树高分布

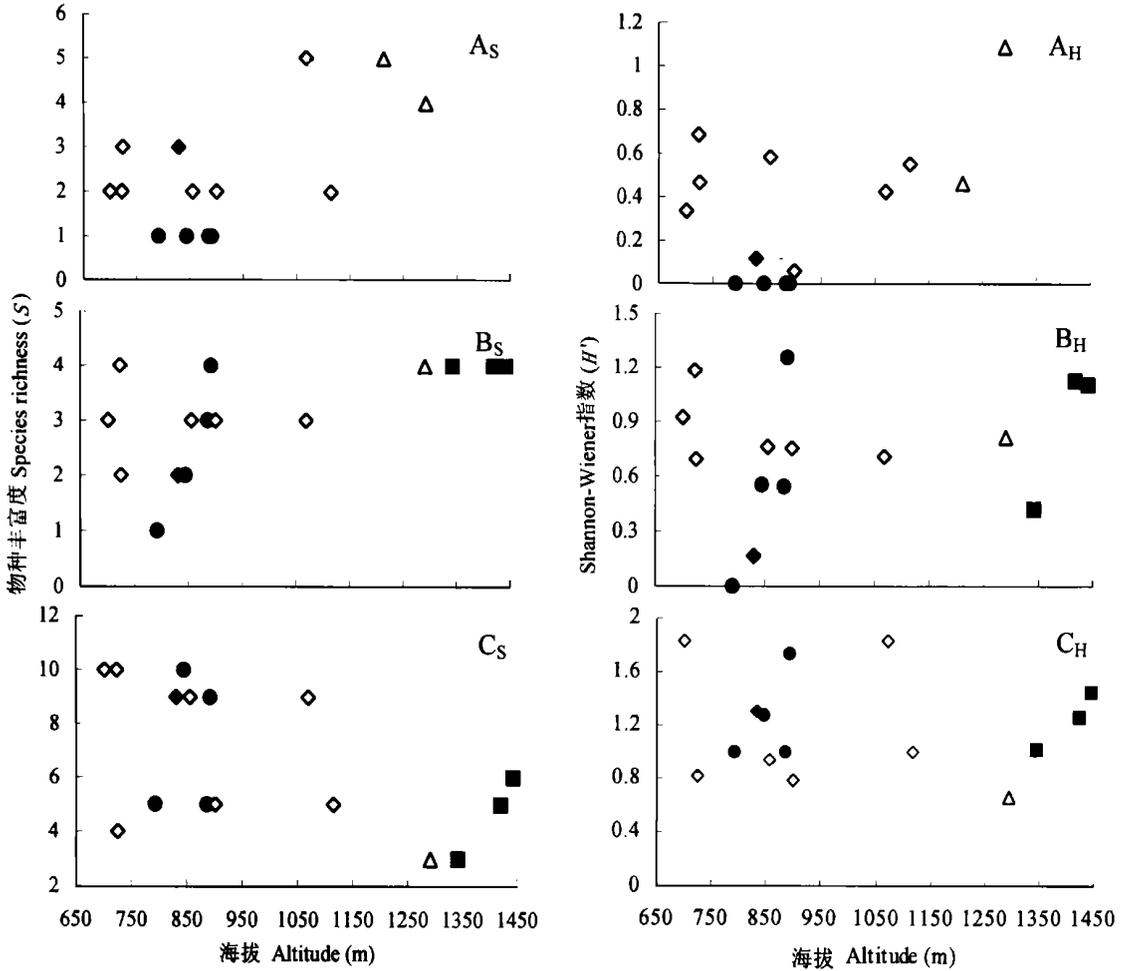


图7 白卡鲁山不同群落类型乔木层(A)、灌木层(B)和草本层(C)的物种丰富度(S)和 $\alpha$ 多样性( $H'$ )。除■代表偃松矮曲林,其他群落类型标识见图2)  
 Fig.7 Species richness (S) and  $\alpha$  diversity ( $H'$ ) in tree layer (A), shrub layer (B) and herb layer (C) of different community types in Mt. Baikalu. Except ■ indicates *Pinus pumila* forest, other symbols as in Fig.2

主要以双峰分布和近似对称分布为主,说明群落的垂直结构明显地分化为两层或个体高度的分布较为均匀。

在4种森林类型中,兴安落叶松纯林乔木层的物种丰富度和 $\alpha$ 多样性最小,仅有兴安落叶松1种;兴安落叶松-白桦混交林和兴安落叶松-白桦-樟子松混交林次之;而兴安落叶松疏林的物种多样性相对较高。可能与白卡鲁山的海拔相对高差不大有关,在各群落类型中,乔木层、灌木层和草本层的物种多样性随海拔梯度均没有表现出明显的变化趋势。

致谢: 参加野外调查工作的还有王臣、孙岩等,特此致谢。

参考文献

Magurran, A. E. 1988. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Princeton University Press, Princeton.  
 Rey Benayas, J. M. 1995. Patterns of diversity in the strata of boreal forest in British Columbia. *Journal of Vegetation Science*, 6: 95-98.  
 Song, G. L. and Yang, G. T. 2001. Comparison of species diversity between *Larix gmelini* pure forest and *Larix gmelini*-*Betula platyphylla* mixed forest in Daxing'an Mountains. *Journal of Forestry Research*, 12: 136-138.  
 Xu, H. C. (徐化成). 1998. *Da Hinggan Ling Mountains Forests in China* (中国大兴安岭森林). Science Press, Beijing. (in Chinese)  
 Zhou, Y. L. (周以良). 1991. *Vegetation of Da Hing'an Ling in China* (中国大兴安岭植被). Science Press, Beijing. (in Chinese)

(责任编辑: 闫文杰)