

长白山南坡森林群落组成、结构以及树种多样性的垂直分布

姜萍^{1,2,3} 叶吉² 王绍先^{4,5} 冯秀春⁴ 黄祥童⁵ 牛立君⁵ 吴钢¹

(1 中国科学院生态环境研究中心城市与区域国家重点实验室 2 中国科学院沈阳应用生态研究所

3 中国科学院研究生院 4 吉林省长白山管理委员会环境资源局 5 吉林省长白山科学研究院)

摘要:长白山自然保护区是重要的物种基因库,以往的研究多集中在北坡,南坡研究很少见报导。该文通过在长白山自然保护区南坡沿海拔梯度设置样方和植被调查,研究长白山南坡的物种组成、群落结构、物种丰富度、 α 多样性沿海拔梯度的变化。研究表明:长白山南坡12个样地6种森林群落共记录乔木树种53种、灌木57种、草本植物310种。南坡森林群落的垂直分布没有北坡那么明显,随海拔的升高,乔木树种的物种丰富度和 α 多样性显著下降。灌木和草本层物种的丰富度受海拔梯度变化下热量分布差异的影响不大,灌木层的 α 多样性指数和均匀度指数随海拔的升高变化无一定规律。

关键词:长白山南坡;群落组成;群落结构;树种多样性;垂直分布

中图分类号:S718.54 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2008)增刊1-0258-05

JIANG Ping^{1,2,3}; YE Ji²; WANG Shao-xian^{4,5}; FENG Xiu-chun⁴; HUANG Xiang-tong⁵; NIU Li-jun⁵; WU Gang¹. **Vertical distribution of floristic composition, community structure and biodiversity of forest communities along altitudinal gradients on south slope of the Changbai Mountain, northeastern China.**

Journal of Beijing Forestry University (2008) **30**(Supp.1)258-262[Ch, 10 ref.]

1 State Key Laboratory of City and Regional Ecology, Research Center for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100085, P.R.China;

2 Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang, 110016, P.R.China;

3 Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100039, P.R.China;

4 Department of Environmental Resources, Changbai Mountain Mangement Committee, Erdaobaihe, Jilin Province, 133613, P.R.China;

5 Institute of Academy Sciences of Changbai Mountain, Erdaobaihe, 133613, P.R.China.

The Changbai Mountain Nature Reserve is an important species gene pool. In recent years, the researches about it mainly focused on the north slope but few on the south slope. In this paper, the variations of species composition, community structure, species richness and α -diversity along the altitudinal gradient on the south slope of the Changbai Mountain Nature Reserve were investigated. The results show that 53 arbors, 57 shrubs and 310 herbs were recorded in six forest communities of 12 plots on the south slope. The vertical distribution of forest communities was not as obvious as on the north slope, however the species richness and α -diversity of arbors decreased significantly with the increase of elevation. The heat changes caused by altitudinal changes had little effect on species richness of shrub and herb layers. The authors did not find the certain laws in variations of α -diversity and evenness index of shrub layer with the increase of elevation.

Key words south slope of the Changbai Mountain; community composition; community structure; species diversity; vertical distribution

目前地球上的生物物种每年以0.1%~1.1%的速率在急剧减少,人类进入了保护生物多样性的时

代。生物多样性沿海拔梯度的变化规律是生物多样性研究的一个重要议题,但研究结果往往差异很

收稿日期:2006-11-10

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

基金项目:长白山管理开发委员会项目“长白山生物多样性考察”、“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAD03A09)。

第一作者:姜萍,博士生。主要研究方向:森林生态学、生物地球化学循环。电话:024-83970332 Email:jiangp@iae.ac.cn 地址:110016 沈阳文化路72号中国科学院沈阳应用生态所。

大^[1-4]。许多研究结果表明,植物群落的物种多样性在中等海拔高度达到最大^[5-6];也有人认为物种多样性与海拔高度呈负相关^[7-8]。

吉林省长白山国家级自然保护区是我国建立最早、面积最大的森林保护区之一,也是我国乃至全球自然生态系统保存最完整的地区之一。区内自然资源丰富,生态系统垂直分布明显,是欧亚大陆北半部同纬度最具代表性的典型自然综合体,是世界上少有的“物种基因库”和“天然博物馆”。近 20 多年来,很多科学家针对长白山生物多样性开展了大量的研究工作,并取得了许多阶段性的成果。然而这些工作大多集中在长白山北坡。长白山自然保护区面积 19 万 hm^2 , 水热条件和自然历史发展在不同的坡向差异很大,从而造成了在物种组成和空间分布格局上也有所不同。本研究通过在长白山自然保护区南坡沿海拔梯度设置样方和调查植被,研究长白山南坡的物种组成、群落结构、物种丰富度、 α 多样性沿海拔梯度的变化,填补此前有关南坡此方面研究的空白。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

长白山位于我国东北地区吉林省东南部的中朝交界处,是东北地区松花江、鸭绿江和图们江三大河流的发源地。长白山自然保护区地理坐标为 $41^{\circ}41'49'' \sim 42^{\circ}25'18''\text{N}$, $127^{\circ}42'55'' \sim 128^{\circ}16'48''\text{E}$ 。属于受季风影响的温带大陆性气候,具有冬季寒冷而漫长,夏季温暖多雨而短暂的特点。由于山体高,所以气候随海拔高度的变化较大。山脚表现出典型的暖温带气候,而山顶却表现出复杂多变的近极地气候。山下海拔 740 m 处,年均温约 2.8°C ,而山顶海拔 2 623.5 m,年均温只有 -7.3°C 左右。山下部平均年降水为 600 ~ 900 mm,而山顶天池年降水量为 1 340 mm,最多年份曾达 1 809 mm。降水多集中在夏季,6—9 月降水量占全年降水量的 80% 之多,冬季虽然降雪期很长,但降水量并不大,只占全年的约 10%。山下部积雪日平均 130 ~ 150 d,山顶积雪日平均 257 d。年相对湿度在 70% 左右。纵观全区水热状况的特点是水量充沛、热量不足、湿润状况良好^[9]。长白山是一个典型的火山地貌区域,自下而上主要由玄武岩台地、玄武岩高原和火山锥体三大部分组成^[10]。

由于 1986 年长白山遭到了罕见的 15 号台风袭击,致使自然保护区 0.96 万 hm^2 的原始森林受到严重破坏,南坡受灾尤为严重,致使在原来林线以下形成了大面积的高山草甸。从而也导致了南坡植被带

分布不象北坡那么明显的具有垂直层次,斑块状与垂直地带分布相互交织。

1.2 研究方法

1.2.1 样地设置

在长白山自然保护区南坡海拔 930 ~ 1 648 m,沿海拔梯度及林型变化设置样地,共计 12 个样地。每个样地面积为 $40 \text{ m} \times 100 \text{ m}$,由 4 条 $10 \text{ m} \times 100 \text{ m}$ 的样线组成。灌木调查在乔木调查样线内每隔 50 m 设 1 个 $5 \text{ m} \times 10 \text{ m}$ 的小样方,每个样地 12 个,共计 144 个。草本调查在乔木调查样线内沿一边每隔 10 m 设置一个 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 的小样方,每条样线设置 10 个小样方,共计 480 个。

1.2.2 调查内容

样地的基本情况测定包括:群落类型、样地经度、纬度、海拔、坡向、坡位、坡度、土壤层厚度、林冠郁闭度等。按乔木层、灌木层和草本层划分群落层次进行测定统计。对乔木测定胸径 $\geq 5 \text{ cm}$ 的所有植株,测定种类、胸径、树高;灌木记载种类、丛数、基径和高度、盖度;草本记载种类、丛数、平均盖度和高度。

1.2.3 物种丰富度的测度方法

物种丰富度: S = 出现在样地内的物种数

乔木重要值:

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

灌木层、更新层、草本层的重要值:

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

1.2.4 α 多样性的测度方法

以重要值作为物种的定量信息来计算 α 多样性。

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{Pielou 指数: } E = H' / \ln S$$

式中, S 为样地中的物种数目, P_i 为种 i 的重要值 (IV)。

1.2.5 β 多样性的测度方法

$$\text{Jaccard 指数: } C_J = \frac{c}{a + b - c}$$

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

式中, a 和 b 分别为两群落各自的物种数, c 为两群落的共有物种数, $g(H)$ 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。

2 结果与分析

2.1 物种组成

长白山种子植物区系是东北植物区系的一部分,它具有东北植物区种子植物的大部分种属,是中

国东北地区最丰富的山地型植物区系。已记载的有种子植物约 109 科 496 属 1 274 种,其中裸子植物 3 科 8 属 15 种,被子植物 106 科 488 属 1 259 种。在被子植物中,有双子叶植物 88 科 372 属 970 种,单子叶植物 18 科 116 属 289 种。科、属、种数占全东北植物区的 91.4%、86.3%和 71.7%,超出了大兴安岭植物区全区的科属种数^[11]。本次调查在长白山南坡 12 个森林群落样方中共记录乔木种类(胸径≥5 cm)12 科 22 属 53 种;其中落叶阔叶树 47 种,针叶树 6 种。

2.2 南坡群落类型及其基本特征

长白山南坡的森林群落类型与北坡略有不同,且垂直分布谱带没有北坡那么显著。南坡的森林群落共分为以下 6 个类型(见表 1):阔叶红松(*Pinus koraiensis*)林,云冷杉(*Picea* spp. *Abies* spp.)林,岳桦(*Betula ermanii*)云冷杉林,阔叶混交林,朝鲜崖柏(*Thuja koraiensis*)—云冷杉林,落叶松(*Larix olgensis*)

林。长白山地区在 1986 年曾遭受过一次严重的风灾,主要集中在长白山南坡山体上部,致使大面积的原始森林受到严重破坏,是导致其群落组成较北坡多样而垂直谱带不明显的原因之一。云冷杉林在南坡分布范围很广,占了绝大部分。由于山体上部的台风破坏,云冷杉林上部的岳桦云冷杉林只有零星分布,大部分为风倒区。表 1 还可以看出:南坡的树较矮,平均树高最大的第 12 样地是 17.3 m,而最小的第 10 样地只有 9.6 m。这与南坡的坡度较陡有关,在调查过程中发现,南坡有几块样地的坡度甚至超过了 20°。立木密度以第 7 样地的云冷杉林最高,为 1 920 个/hm²。胸高断面积按照森林群落类型比较以阔叶混交林最高,达到 52.4 m²/hm²;以第 9 样地的那块云冷杉林最低,仅为 16.9 m²/hm²,实际调查时也发现这里风倒木很多,是受风害较为严重的地区。第 4 样地中的朝鲜崖柏在长白山其他坡面很少发现,是非常稀有的物种。

表 1 长白山南坡各样地的基本概况
TABLE 1 Basic characteristics of plots on the south slope of the Changbai Mountain

	样地编号											
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
群落类型	a	b	c	d	e	f	c	c	c	a	c	c
海拔/m	930	1 034	1 154	1 534	1 648	1 345	1 505	1 461	1 610	1 382	1 173	1 388
面积/hm ²	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
最大树高/m	28	26	30	25	23	30	25	30	27	19	27	27
平均树高/m	11.7	11.2	15.8	13.1	10.1	17.1	16.2	15.8	9.9	9.6	15.4	17.3
最大胸径/cm	126	148	104	46	61	56	60	70	58	38	110	70
平均胸径/cm	19.0	14.9	27.6	16.9	15.0	19.3	15.6	19.4	13.0	11.0	23.4	22.6
胸高断面积之和/(m ² ·hm ⁻²)	52.4	36.4	54.1	30.4	24.7	37.2	46.0	41.1	14.0	16.9	46.0	41.0
立木密度/(株·hm ⁻²)	713	880	558	1 063	873	908	1 920	985	763	1 308	680	723
乔木种数	20	23	17	5	14	13	9	10	12	18	15	8
灌木种数	15	23	19	15	22	19	9	14	9	21	28	15
草本种数	54	46	57	44	68	57	30	60	109	124	57	46
种数	89	92	93	64	104	89	48	84	130	163	100	69

注:a 阔叶混交林;b 阔叶红松林;c 典型云冷杉林;d 朝鲜崖柏—云冷杉林;e 岳桦云冷杉林;f 亚高山型落叶松林。

图 1 是群落的 4 种结构沿海拔梯度的变化情况。从图 1 可以看出:随海拔升高,最大树高和立木密度变化并不显著。最大胸径随海拔升高有极显著的下降趋势($R^2 = 0.731$, $P < 0.01$),胸高断面积随海拔升高下降趋势也显著($R^2 = 0.403$, $P < 0.05$)。最大胸径和胸高断面积沿海拔梯度的变化表明了随着水热梯度的变化,尤其是热量的限制,群落的生物量会明显的受到抑制。

2.3 物种丰富度

图 2 给出了物种丰富度沿海拔梯度的变化。从图 2 中可以看出:乔木树种的丰富度随海拔的升高有明显的下降趋势($R^2 = 0.530$, $P < 0.01$),灌木和草本的物种丰富度随海拔变化无一定的规律性,群落的总物种丰富度随海拔的升高也无明显的变化规律。乔木树种是森林生态系统的主体,对不同海拔乔木层物种丰富度的分析,可以更好地了解树木对

不同环境的适应性。长白山南坡随海拔的升高,上层乔木树种的组成越来越单一,说明受热量的限制,仅有少数的乔木物种可以适应寒冷的环境条件。而灌木和草本层物种的丰富度说明了林下植被受海拔梯度变化下热量分布差异的影响不大,更多的依赖于微地形下的小气候条件。

2.4 α 多样性

α 多样性的测度采用群落多样性的 Shannon-Wiener 指数(H')和群落均匀度的 Pielou 指数,图 3 给出了 α 多样性与群落均匀度指数沿海拔梯度的变化。长白山南坡乔木层的 α 多样性沿海拔梯度的变化有显著的下降趋势($R^2 = 0.464$, $P < 0.05$),多样性指数最高的群落出现在海拔 1 034 m 的阔叶红松林。这里接近云冷杉群落的分布下线,是阔叶红松林与云冷杉林的过渡地带,因此树种分布较多,这与郝占庆等^[5]在长白山北坡的研究结论一致。同

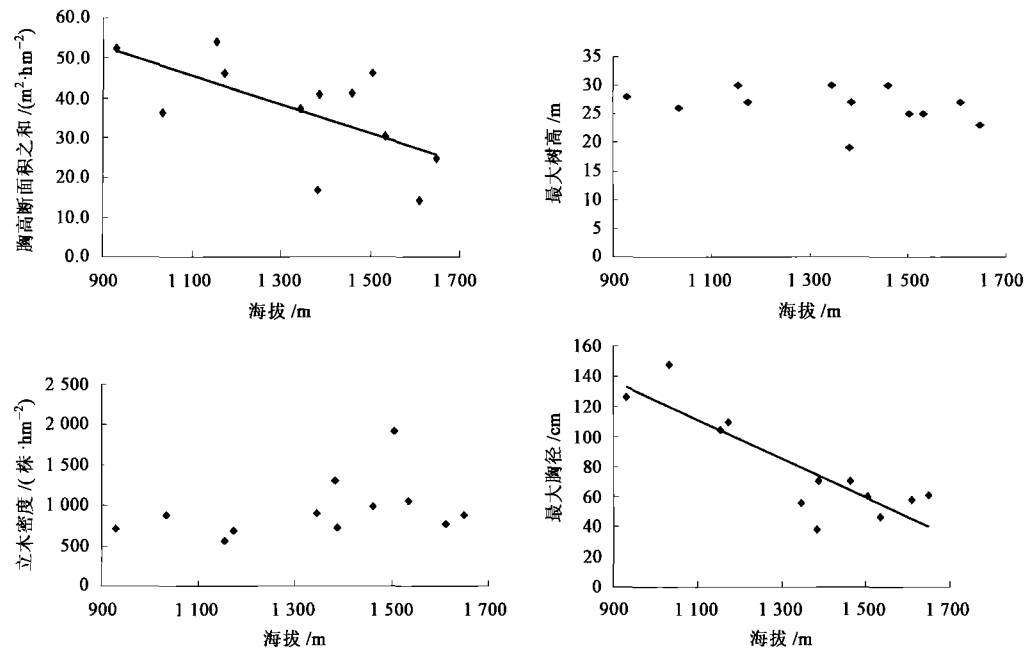


图 1 长白山南坡海拔梯度随最大树高、最大胸径、胸高断面积之和以及立木密度的变化
FIGURE 1 Changes in H_{max} , DBH_{max} , basal area and density of stems of forest community along the altitudinal gradient on the south slope of the Changbai Mountain

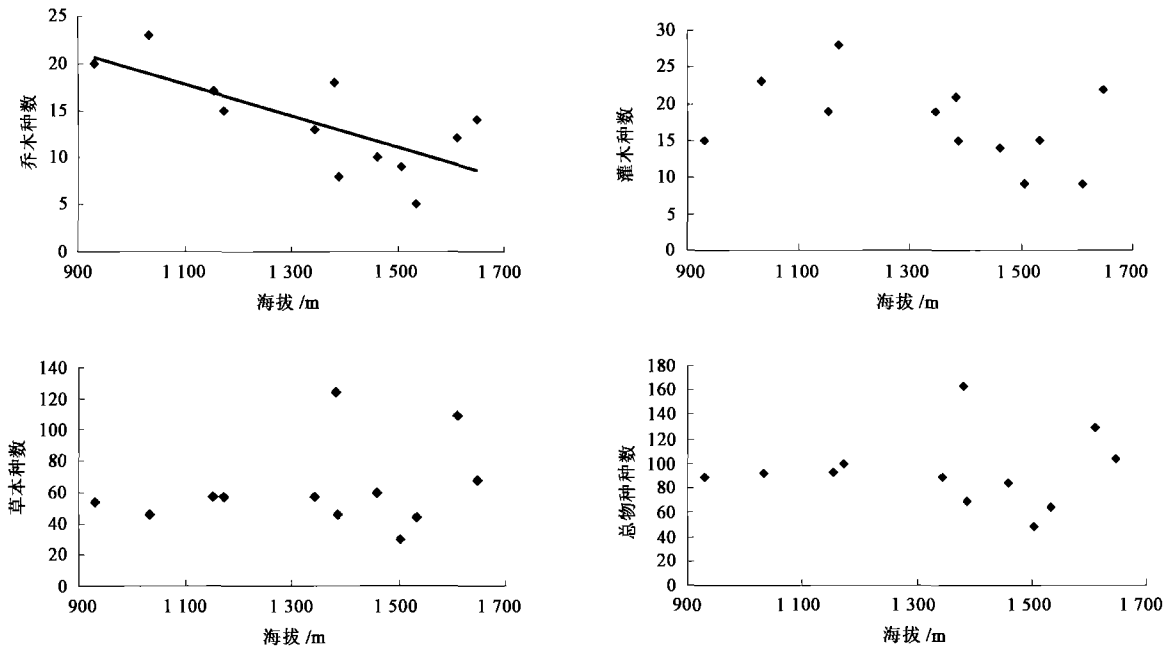


图 2 长白山南坡沿海拔梯度物种的种数变化
FIGURE 2 Changes in number of species along the altitudinal gradient on the south slope of the Changbai Mountain

时,这里的均匀度指数也是最高,说明阔叶树与针叶树在这一带的共存率最高,进一步验证了群落交错带的物种多样性高的论断。均匀度指数随海拔的升高尽管没有像 α 多样性那样显著的变化规律,但也有一定的下降趋势($R^2 = 0.305$, $P = 0.06$)。灌木层的 α 多样性指数和均匀度指数随海拔的升高变化无一定规律,但特殊的是在海拔 1 505 m 样地的 α 多样性指数和均匀度指数都远低于其他群落,这里

是典型云冷杉群落(表 1),具体原因有待于进一步研究。

3 结 论

1)本次调查对长白山南坡天然分布的植被进行了系统的研究。共记录乔木树种 12 科 22 属 53 种;其中落叶阔叶树 47 种,针叶树 6 种。共记录灌木和草本植物分别为 57 种和 310 种。

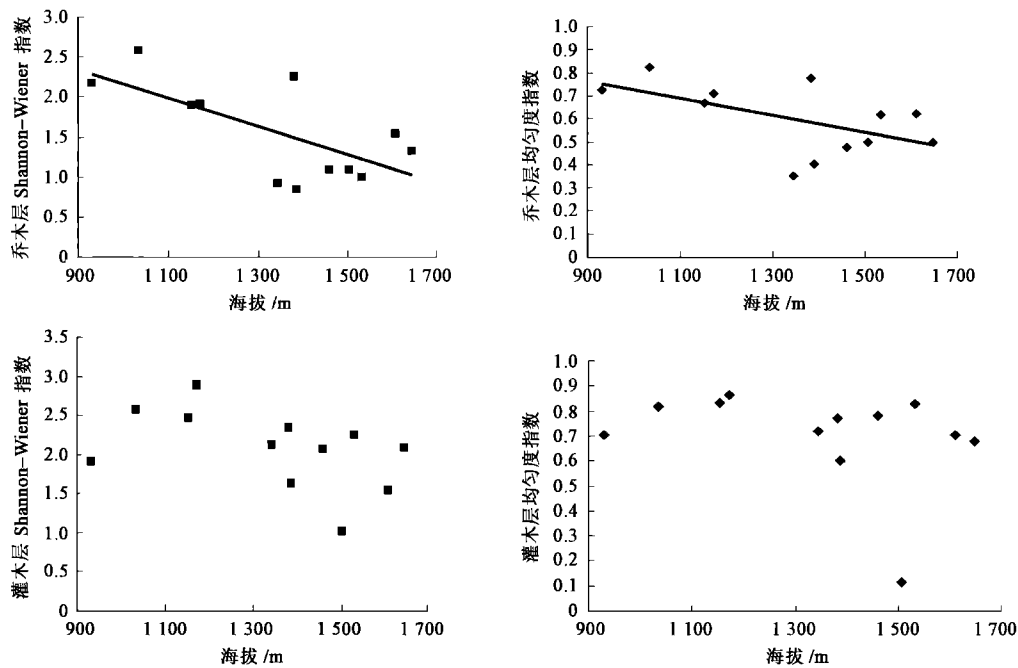


图 3 长白山南坡海拔梯度 Shannon-Wiener 指数和均匀度指数的变化

FIGURE 3 Changes in Shannon-Wiener index and evenness index along the altitudinal gradient on the south slope of the Changbai Mountain

2)长白山南坡的森林群落类型与北坡略有不同,且垂直分布谱带没有北坡那么显著。南坡曾遭受过强烈的风害,是导致其群落组成较北坡多样而垂直谱带不明显的原因之一。

3)乔木树种的丰富度随海拔的升高有明显的下降趋势,灌木和草本的物种丰富度随海拔变化无一定的规律性,群落的总物种丰富度随海拔的升高也无明显的变化规律。

4)长白山南坡乔木层的 α 多样性沿海拔梯度的变化有显著的下降趋势,多样性指数最高的群落出现在海拔 1 034 m 的阔叶红松林,这里是阔叶红松林与云冷杉林的过渡地带,因此树种分布较多。同时,这里的均匀度指数也是最高,说明阔叶树与针叶树在这一带的共存率最高,验证了群落交错带的物种多样性高的论断。灌木层的 α 多样性指数和均匀度指数随海拔的升高变化无一定规律。

参 考 文 献

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

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

[3] 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的格局[J]. *生态学报*, 2002, 22(5):625-639.

JIANG M X, DENG H B, TANG T, *et al.* On spatial pattern of species richness in plant communities along riparian zone in Xiangxi river watershed[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2002, 22 (5): 625-639.

[4] VAZQUEZ J A, GIVNISH T J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan[J]. *Journal of Ecology*, 1998, 86:999-1 020.

[5] 郝占庆, 于德永, 杨晓明, 等. 长白山北坡植物群落 α 多样性及其随海拔梯度的变化[J]. *应用生态学报*, 2002 13(7):785-789.

HAO Z Q, YU D Y, YANG X M, *et al.* A diversity of communities and their variety along altitude gradient on northern slope of Changbai Mountain [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2002, 13(7): 785-789.

[6] 迟振文, 张凤山, 李晓晏. 长白山北坡森林生态系统水热状况初探[J]. *森林生态系统研究*, 1981(2): 167-178.

CHI Z W, ZHANG F S, LI X Y, *et al.* The primary study on water-heat conditions of forest ecosystem on Changbai Mountain[J], *Research of Forest Ecosystem*, 1981(2): 168-178.

[7] 程伯容, 许广山, 丁桂芳, 等. 长白山北坡针叶林下灰土的特性和类型[J]. *森林生态系统研究*, 1985(5): 211-217.

CHENG B R, XU G S, DING G F, *et al.* The characteristics, classification and genesis of spodosols under coniferous forests in northern slope of Changbai Mountain [J]. *Research of Forest Ecosystem*, 1985(5): 211-217.

[8] 傅沛云, 李冀云, 曹伟, 等. 长白山种子植物区系研究[J]. *植物研究*, 1995, 15(4):491-500.

FU P Y, LI J Y, CAO W, *et al.* Studies on the flora of seed plants from Changbai Mountain[J]. *Bulletin of Botanical Research*, 1995, 15(4):491-500.

[9] 赵大昌. 长白山的植被垂直分布带[J]. *森林生态系统研究*, 1980(1):65-70.

ZHAO D C. The altitudinal distribution belts of vegetation on Changbai Mountain[J]. *Research of Forest Ecosystem*, 1980(1): 65-70.

[10] 郝占庆, 赵士洞, 陶大立, 等. 长白山北坡椴树红松林高等植物物种多样性[J]. *生态学杂志*, 1993, 12(6):1-5.

HAO Z Q, ZHAO S D, TAO D L, *et al.* Species diversity of higher plants in lime Korean pine forest on northern slope of Changbai Mountain[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 1993, 12(6):1-5.

(责任编辑 赵 勃)