

# 新疆喀纳斯旅游区树种多样性垂直格局与自然火干扰

刘翠玲<sup>1</sup>, 潘存德<sup>1,\*</sup>, 吴晓勇<sup>2</sup>, 寇福堂<sup>2</sup>, 谭卫平<sup>2</sup>

(1. 新疆农业大学林学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 喀纳斯国家自然保护区, 新疆 布尔津 836600)

**摘要:** 采用典型样带调查法, 通过对新疆喀纳斯旅游区树种多样性垂直格局及其与自然火干扰分布关系的研究, 揭示了树种多样性沿海拔梯度的分布格局及其对自然火干扰的响应特征。结果表明: ①树种多样性随海拔的升高呈现明显的下降态势 ( $P < 0.01$ ), 但树种多样性与海拔高度之间的相关程度不高 ( $R^2 = 0.2165$ ), 并且表现出以 1900m 为界的区域性变化特征。②所调查范围内共发生了 8 次自然火干扰事件, 平均间隔时间为 14a, 干扰事件多集中在 1900m 以下的较低海拔区。③林分受自然火干扰作用后, 树种多样性普遍表现出增加的特征。总体而言, 海拔高度是影响喀纳斯森林群落树种多样性垂直分布格局形成的基本因素, 但随机发生的自然火干扰是主导 1900m 以下较低海拔区树种多样性丰富的关键因素之一。

**关键词:** 喀纳斯旅游区; 树种多样性; 垂直格局; 自然火干扰

文章编号: 1000-0933(2009)08-4157-06 中图分类号: Q145, Q948, S718 文献标识码: A

## Altitudinal pattern of species richness of tree and effect of natural fire disturbance in Kanas Tourism District, Xinjiang

LIU Cui-Ling<sup>1</sup>, PAN Cun-De<sup>1,\*</sup>, WU Xiao-Yong<sup>2</sup>, KOU Fu-Tang<sup>2</sup>, TAN Wei-Ping<sup>2</sup>

1 College of Forestry, Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China

2 Kanas National Nature Reserve, Xinjiang Buerjin 836600, China

*Acta Ecologica Sinica*, 2009, 29(8): 4157 ~ 4162.

**Abstract:** Biodiversity is the basis of sustainable development of ecosystem. Exploring pattern dynamics and formation mechanism of biodiversity is important for recognizing the structure and function of ecosystem. Three representative transects were chosen in Kanas Tourism District in Xinjiang Province, and the data of fire disturbance affair, species richness of tree and altitudinal gradients were collected and analyzed. The work was aimed to study the characteristic of species richness of tree along altitudinal gradients and its response to the fire disturbance in research area. The results show that the species richness of tree along altitudinal gradients displayed a distinct downtrend ( $P < 0.01$ ), but the altitudinal gradient was not the major factor for determining the species richness of tree ( $R^2 = 0.2165$ ). There were eight fire affairs from 1880a to 1980a, and the mean interval was 14a. The fire affairs mainly occurred at the area below 1900m a. s. l. Species richness of tree at fire disturbance stand was higher than that at no-disturbance stand. The elevation was the fundamental factor to influence the altitudinal pattern of species richness of tree. Random of fire affair was the main factor which controlled species richness of tree at the area below 1900m a. s. l.

**Key Words:** Kanas Tourism District; species richness of tree; altitudinal pattern; natural fire disturbance

丰富的生物多样性是生态系统结构的物质基础, 其格局是生态景观结构与功能的价值载体<sup>[1~3]</sup>, 充分认识生物多样性时空格局特征及其形成机制不仅是探索生态系统结构和功能的关键<sup>[4,5]</sup>, 同时也是实现生态系统可持续发展的基础<sup>[6~9]</sup>。作为森林景观发生时空格局变化的主要驱动因子之一, 自然火干扰的重要性自

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30560124)

收稿日期: 2008-04-24; 修订日期: 2009-02-12

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: pancunde@163.com

20 世纪 60 年代以来普遍得到林学家和生态学家的重视<sup>[10]</sup>。之后,随着干扰生态学的发展,自然火干扰成为森林生态系统生物多样性格局及其形成机制的重要研究内容。对于寒温带北方森林,即泰加林而言,自然火干扰作为森林演替和生生不息的主要源动力,是导致树种组成和格局变化的最主要干扰因素<sup>[11~13]</sup>。

新疆喀纳斯山地森林是我国惟有的西西伯利亚山地南泰加林生态系统的代表,森林景观原始古朴,生态系统完整,因其特殊的地理位置,悬殊的地形地势,悠久的地质历史,高度的异质生境,孕育了丰富的植物资源,保存有完整的植被垂直带谱。潘文斗等<sup>[14]</sup>、潘晓玲等<sup>[15]</sup>曾对该区域的植被垂直带结构及植物区系成分做过详尽的调查分析,但关于其山地树种多样性的垂直格局及其形成机制并未进行深入研究。鉴于此,本研究采用典型样带调查法,将基于多度的物种丰富度作为树种多样性的测度指标,把自然火干扰体制与树种多样性格局作为不可分割的整体,对喀纳斯旅游区树种多样性随海拔梯度的变化趋势及其与自然火干扰分布序列的关系进行了分析,旨在揭示其树种多样性随海拔梯度的变异特征以及相关的生态过程,以期对喀纳斯旅游区森林景观的维持和生物多样性保护提供依据。

## 1 研究区自然概况

本研究野外数据采集于新疆喀纳斯国家自然保护区实验区最南端的喀纳斯旅游区(地理坐标为 N48°36′~48°42′, E86°55′~87°03′)。喀纳斯国家自然保护区具有明显的大陆性气候特征,春秋温暖,冬季寒而不剧,全年无夏季。年平均气温 -0.2℃,极端最高气温 29.3℃,最低 -37℃,气温年较差 31.9℃。月平均气温低于 0℃的时间可持续 4 个月,冬季长达 7 个月之久,≥5℃的年活动积温 1790.4℃,≥10℃的年活动积温 1595.4℃。年均降水量 1065.4mm,年均蒸发量为 1097mm,相对湿度一般为 59%~90%,全年日照时数 2157.4h,无霜期 80~108d,常年盛行西南风,最大风力可达 8 级。喀纳斯因其特殊的地理位置、多样的地形地势和水热组合条件,土壤和植被类型表现出明显的垂直地带性,土壤多达 8 类 12 亚类,已知的维管束植物隶属 83 科 298 属 798 种。森林群落建群树种主要有西伯利亚落叶松(*Larix sibirica* Ldb.)、西伯利亚云杉(*Picea obovata* Ldb.)、西伯利亚红松(*Pinus sibirica* Ldb.)、疣枝桦(*Betula pendula* Roth.)、伴生的树种主要有欧洲山杨(*Populus tremula* L.)、西伯利亚冷杉(*Abies sibirica* Ldb.)等。

## 2 研究数据与方法

### 2.1 数据采集

数据采集采用典型样带法,于 2006 年 7~9 月在喀纳斯旅游区尚未受到人为干扰的原始林分布区分别地段典型选取了 3 条样带,每条样带宽度 30m,样带水平长度分别为 1590,2850m 和 600m,均沿坡体自下而上划分成相邻样方,样方大小为 30m×30m,总计样方 163 个。各样带基本情况见表 1。

表 1 3 条样带的基本情况

Table 1 Characteristics of three transects

| 项目<br>Item   | 样带一<br>The first transect | 样带二<br>The second transect | 样带三<br>The third transect |
|--------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| 经度 Longitude | 87°01′54.2″~87°02′43.2″   | 86°55′41.1″~86°56′29.9″    | 87°03′04″~87°03′19.4″     |
| 纬度 Latitude  | 48°40′19.2″~48°40′56.4″   | 48°41′10.0″~48°42′16.4″    | 48°36′55.4″~48°37′2.2″    |
| 海拔 Altitude  | 1429~1828 m               | 1669~2359 m                | 1332~1438 m               |
| 坡向 Aspect    | 北偏西 46° 46°N by W         | 北偏东 18° 18°N by E          | 南偏西 43° 43°S by W         |
| 坡度 Slope     | 7.0°                      | 7.1°                       | 6.5°                      |
| 样方数 Numbers  | 53                        | 95                         | 15                        |

在样带调查中分别样方记录海拔高度并且分别树种记录林木数量。与此同时,对每一样方中出现的火疤木进行逐一调查,记录其成疤年龄,即正对火疤砍出一斜面,根据内部完整年轮数与整株树木全部年轮数之差确定火疤木成疤时间<sup>[16]</sup>,也就是查数火疤木形成层与木炭层之间的年轮数<sup>[17]</sup>,由此推测自然火干扰发生年代。

## 2.2 数据分析

臧润国等<sup>[18]</sup>研究指出,物种丰富度指数对海拔高度的变化最为敏感,用它对海拔梯度上物种多样性变化进行描述的效果最为理想。鉴于此,本研究将基于多度的物种丰富度作为树种多样性的测度指标,采用直接梯度法描述树种多样性沿海拔梯度的变化。其中物种丰富度指数采用 Margalef 丰富度指数( $Ma$ )。具体计算公式<sup>[19~21]</sup>为:

$$Ma = (S - 1) / \ln N$$

式中, $S$  为样方中的树种总数, $N$  为样方中各树种数量之和。

利用 SPSS 统计软件对调查数据进行直接梯度分析和多重比较。

## 3 研究结果与分析

### 3.1 树种多样性沿海拔梯度的分布

作为梯度效应最直观的描述方法,直接梯度分析可以反映出森林群落物种格局及相关生态过程沿海拔梯度变化的总体特征<sup>[22]</sup>。通过直接梯度分析(图 1)表明,树种多样性随海拔的升高表现出明显的下降趋势( $P < 0.01$ ),但树种多样性与海拔高度之间的相关程度不高( $R^2 = 0.2165$ ),海拔因子并非构成变化的主导原因。在整体下降过程中,树种多样性表现出一定的区域性,在 1900m 以下的较低海拔区(图 2),树种多样性的平均值为  $0.5509 \pm 0.1413$ ,且对海拔高度的变化反映不敏感( $P > 0.05$ ),而在 1900m 以上的较高海拔区(图 3),树种多样性的平均值为  $0.3482 \pm 0.1508$ ,且与海拔高度呈极显著相关( $P < 0.01$ )。因此,就区域而言,较低海拔区的树种多样性相对于较高海拔区总体偏高。

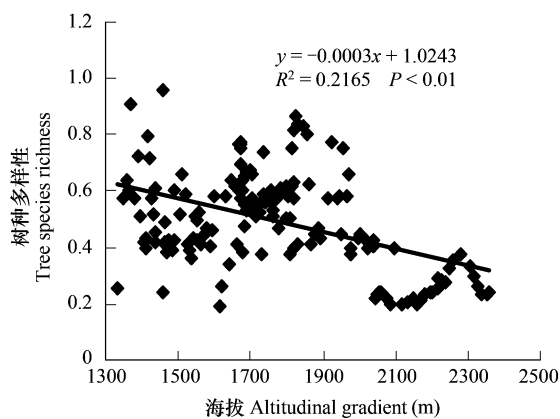


图 1 树种多样性沿海拔梯度的变化规律

Fig. 1 Patterns of tree species richness along altitudinal gradient

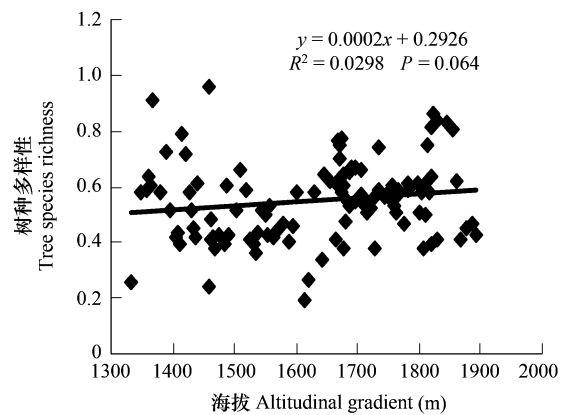


图 2 低海拔地区树种多样性沿海拔梯度的变化

Fig. 2 Patterns of tree species richness along altitudinal gradient in lower altitudinal region

### 3.2 自然火干扰时空序列

本研究将出现 3 株及 3 株以上火疤木的样方作为受自然火干扰作用的林分,通过对 3 条样带的实地调查,结果表明受自然火干扰作用的样方总计 32 个,火疤清晰的火疤木 50 株。通过测定林木火疤年龄表明,在调查范围内先后共发生 8 次自然火干扰事件,火干扰发生时间分别为 1980 年、1968 年、1957 年、1945 年、1932 年、1917 年、1896 年和 1880 年,平均火干扰间隔时间为 14a。同时,通过样方现场定位反映出喀纳斯旅游区发生的自然火干扰事件主要集中分布在海拔 1900m 以下的较低海拔区(图 4),在 1900m 以上的较高海拔区内,几乎不存在自然火干扰后残留的火疤木,自然火干扰痕迹少见。

### 3.3 树种多样性与自然火干扰的关系

将样方内及样方周围 5m 内未出现火疤木的样方视为长期未受自然火干扰的林分,3 条样带共调查到 46 个长期未受自然火干扰的样方。通过多重比较(表 2)发现,受不同时期自然火干扰影响的林分其目前所具有的树种多样性与长时期未受火干扰影响林分的树种多样性之间存在不同程度的差异,但受自然火干扰作用

后,树种多样性普遍表现出增加的特征。从表 2 还可以看出,发生在距今 38 ~ 89a 间的自然火干扰对受干扰林分更新后的树种多样性影响较大,且受干扰林分更新后的树种多样性与长时期未发生火干扰林分的树种多样性之间均存在极显著差异。在此认识基础上,仅针对受自然火干扰林分,通过对不同时期发生的火干扰事件与受干扰林分更新后树种多样性的统计描述反映出,经 49a 前(1957 年)发生的火干扰事件影响的林分目前具有相对较高的树种多样性,达到 0.869,受其余时期发生的自然火干扰影响的林分,其更新后树种多样性表现不一,但总体表现出向干扰发生时间迟早两侧减小的趋势(图 5)。

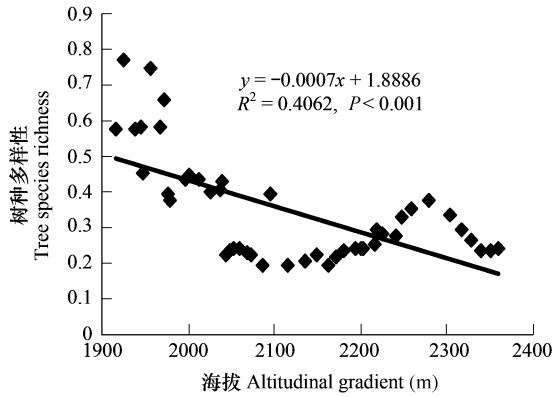


图 3 高海拔地区树种多样性沿海拔梯度的变化  
Fig. 3 Patterns of tree species richness along altitudinal gradient in higher altitudinal region

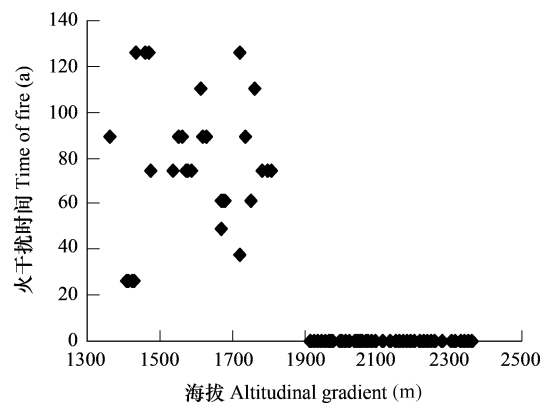


图 4 火干扰沿海拔梯度的分布  
Fig. 4 Distribution of fire disturbance along altitudinal gradient

表 2 不同时期自然火干扰对树种多样性影响的多重比较  
Table 2 Muleivariate comparison of different period disturbances

|                           | 干扰时间 Year of fire |         |           |           |           |           |           |        |
|---------------------------|-------------------|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------|
|                           | 0                 | 1980    | 1968      | 1957      | 1945      | 1932      | 1917      | 1880   |
| 成疤年龄 Age of fire scar (a) |                   | 26      | 38        | 49        | 61        | 74        | 89        | 110    |
| 均值差 Mean difference       |                   | -0.1155 | -0.3016 * | -0.4102 * | -0.2682 * | -0.2169 * | -0.1539 * | 0.0241 |
| P 值 Sig.                  |                   | 0.069   | 0.000     | 0.000     | 0.000     | 0.000     | 0.000     | 0.831  |

0 代表长时期未发生火干扰 0 denotes no-disturbance for a long period

#### 4 结论与讨论

迄今为止,有关山地森林群落物种多样性沿海拔梯度的变化模式虽然尚无统一认识,但诸多研究表明,物种多样性随海拔升高而逐渐减少是山地物种多样性垂直变化的一种普遍格局<sup>[23~25]</sup>。从本研究的结果来看,新疆喀纳斯旅游区的树种多样性变化基本符合这一规律,但又具有特殊之处,即海拔因子对树种多样性垂直变化的贡献率并不高。由此可见,代表诸多环境生态因子综合作用的海拔梯度对该地区树种多样性垂直格局的影响较弱,而除立地条件以外的其他因素对树种多样性垂直格局的形成可能发挥着重要作用。新疆喀纳斯作为我国惟有的西西伯利亚山地南泰加林生态系统的代表,自然火干扰推动着森林的演替和发展,对其树种结构和森林景观形成起着举足轻重的作用。因此,对于

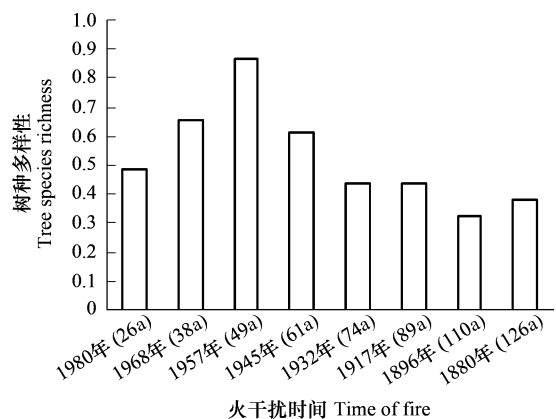


图 5 树种多样性随不同时期火干扰的变化  
Fig. 5 Pattern of tree species richness with different period disturbances

喀纳斯泰加林而言,在较低海拔区,自然火干扰的作用要显著于海拔梯度对树种多样性的影响,主导了该区树种多样性的垂直分布格局。

从树种多样性梯度变化趋势可以看出,在喀纳斯旅游区内,树种多样性的梯度变化特征总体上表现出随海拔的升高而显著下降的趋势,但树种多样性与海拔高度之间的相关程度不高,表现出以 1900m 为界,较低海拔区树种多样性相对于较高海拔区总体偏高的区域性变化特征。与此同时,火干扰调查分析表明,在所调查范围内,曾经历过 8 次不同时期发生的火干扰事件,分布范围同样主要集中在 1900m 以下的较低海拔区。在此基础上,通过对火干扰的作用分析表明,受不同时期火干扰影响的林分其目前所具有的树种多样性与长时期未受火干扰影响林分的树种多样性之间存在不同程度的差异,但受自然火干扰作用后,树种多样性普遍表现出增加的特征。而且从树种多样性随干扰发生时间变化的趋势来看,在火干扰发生后的 38a 内,受干扰林分可能处于更新建立阶段,树种多样性随着时间的推移不断增大,且在 38a 左右开始明显区别于长时期未受干扰林分( $P < 0.01$ ),当发展到火干扰后的 49a 时,乔木树种达到最高的物种丰富度,之后随着林分的自然演替,火烧迹地更新起来的先锋树种逐渐被针叶树种所取代,树种多样性出现回落,但与长时期未受干扰林分之间仍然具有极显著差异,直到 89a 后受干扰林分形成相对稳定的森林群落结构,开始自身正常的生长发育,差异消失( $P > 0.05$ )。

综上所述,在喀纳斯旅游区内,海拔高度是影响整个尺度范围内森林群落树种多样性垂直分布格局形成的基本因素,但并非主导原因,树种多样性在整个海拔梯度范围内表现出明显的区域性变化特征。对于较高海拔区而言,海拔因子控制着树种多样性的变化,但对于 1900m 以下的较低海拔区而言,树种多样性的变化对海拔高度的反映不敏感,随机发生的自然火干扰则是主导树种多样性丰富的关键因素之一,影响并制约着相应区域树种多样性的变化。

## References:

- [ 1 ] Tilman D, Lehman C L, Thomson K T. Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations. *Ecology*, 1997, 94(5): 1857—1861.
- [ 2 ] Weiher E, Paul A K. Relative abundance and evenness patterns along diversity and biomass gradients. *Oikos*, 1999, 87(2): 355—361.
- [ 3 ] Tang Z Y, Fang J Y. A review on the elevational patterns of plant species diversity. *Biodiversity Science*, 2004, 12(1): 20—28.
- [ 4 ] Wang G H. Species diversity of plant communities along an altitudinal gradient in the middle section of northern slope of Qilian Mountains, Zhangye, Gansu, China. *Biodiversity Science*, 2002, 10(1): 7—14.
- [ 5 ] Zu Y G, Ma K M, Zhang X J. Fractal method for analyzing spatial heterogeneity of vegetation. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(3): 333—337.
- [ 6 ] FOLKE C, HOLLING C S, Perrings C. Biological diversity, ecosystem, and the human scale. *Ecological Application*, 1996, 6(4): 1018—1024.
- [ 7 ] Oldfield S, Sheppard C. Conservation of biodiversity and research needs in the UK dependent territories. *Journal of Applied Ecology*, 1997, 34: 1111—1121.
- [ 8 ] Ma K M, Ye W H, Sang W G, *et al.* Study on plant community diversity in Donglingshan Mountain, Beijing, China X. Diversity and fractal analysis on transect on different scales. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17: 626—634.
- [ 9 ] Shen Z H, Zhang X S, JIN Y X. Spatial pattern analysis and topographical interpretation of species diversity in the forests of Dalaoling in the region of the Three Gorges. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(6): 620—627.
- [ 10 ] Shu L F, Tian X R, Ma L T. Research and application of fire ecology. *Forest Research*, 1999, 12(4): 422—427.
- [ 11 ] Hoffmann R S. The meaning of the word “taiga”. *Ecology*, 1958, 39(3): 540—541.
- [ 12 ] Gromtsev A. Natural disturbance dynamics in the boreal forests of European Russia: a review. *Silva Fennica*, 2002, 36(1): 41—45.
- [ 13 ] Whelan R J. The ecology of fire. Cambridge: Cambridge University Press, 1995.
- [ 14 ] Pan W D, Li X B, Zhou G H. China nature reserve — science review in Kanas. Beijing: Science Press, 1989. 63—92.
- [ 15 ] Pan X L, Zhang H D. Character of vegetation and research on forming of Flora in Kanas. *Arid Zone Research*, 1994, 11(4): 1—7.
- [ 16 ] Xu H C, Li Z D, Qiu Y. Fire disturbance history in virgin forest in northern region of Daxinganling mountains. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(4): 337—343.
- [ 17 ] Qiu Y, Li Z D, Xu H C. Study on the relation between the stability of *Larix Ggelini* population and the fire disturbance. *Bulletin of Botanical Research*, 1997, 17(4): 441—447.
- [ 18 ] Zang R G, An S Q, Tao J P, *et al.* Biodiversity maintenance of tropical zone rain forests in Hainan Island. Beijing: Science Press, 2004. 43—51.

- [19] Margalef R. Perspectives in Ecological Theory. Chicago: University of Chicago Press, 1968.
- [20] Ma K P. The measurement of community diversity - $\alpha$  diversity. Biodiversity Science, 1994, 2(3): 162 - 168.
- [21] Ma K P, Liu Y M. The measurement of community diversity - $\alpha$  diversity. Biodiversity Science, 1994, 2(4): 231 - 239.
- [22] Ren H B, Zhang L Y, Ma K P. Comparison of fractal characteristics of species richness patterns between different plant taxonomic groups along an altitudinal gradient. Acta Phytocologica Sinica, 2005, 29(6): 901 - 909.
- [23] Lieberman D M, Lieberman R P, Hartshorn G. Tropical forest structure and composition on a large scale altitudinal gradient in Costa Rica. Journal of Ecology, 1996, 84: 137 - 152.
- [24] Zimmerman J C, Wald L E D E, Rowlands P G. Vegetation diversity in an interconnected ephemeral riparian system of northcentral Arizona, U S A. Biological Conservation, 1999, 90: 217 - 228.
- [25] Vazquez G J A, Givnish T J. Altitudinal gradients in tropical forest composition, structure, and diversity in the Sierra de Manantlan. Journal of Ecology, 1998, 86: 999 - 1020.

#### 参考文献:

- [3] 唐志尧, 方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 2004, 12(1): 20 ~ 28.
- [4] 王国宏, 祁连山北坡中段植物群落多样性的垂直分布格局. 生物多样性, 2002, 10(1): 7 ~ 14.
- [5] 祖元刚, 马克明, 张喜军. 植被空间异质性的分形分析方法. 生态学报, 1997, 17(3): 333 ~ 337.
- [8] 马克明, 叶万辉, 桑卫国, 等. 北京东灵山地区植物群落多样性研究 X. 不同尺度下群落样带的  $\beta$  多样性及分形分析. 生态学报, 1997, 17: 626 ~ 634.
- [9] 沈泽昊, 张新时, 金义兴. 三峡大老岭森林物种多样性的空间格局分析及其地形解释. 植物学报, 2000, 42(6): 620 ~ 627.
- [10] 舒立福, 田晓瑞, 马林涛. 林火生态的研究与应用. 林业科学研究, 1999, 12(4): 422 ~ 427.
- [14] 潘文斗, 李喜保, 周光辉. 中国自然保护区——哈纳斯科学考察. 北京: 科学出版社, 1989. 63 ~ 92.
- [15] 潘晓玲, 张宏达. 哈纳斯自然保护区植被特点及植物区系形成的探讨. 干旱区研究, 1994, 11(4): 1 ~ 7.
- [16] 徐化成, 李湛东, 邱扬. 大兴安岭北部地区原始林火干扰历史的研究. 生态学报, 1997, 17(4): 337 ~ 343.
- [17] 邱扬, 李湛东, 徐化成. 兴安落叶松种群的稳定性与火干扰关系的研究. 植物研究, 1997, 17(4): 441 ~ 447.
- [18] 臧润国, 安树青, 陶建平, 等. 海南岛热带雨林生物多样性维持机制. 北京: 科学出版社, 2004. 43 ~ 51.
- [20] 马克平. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(上). 生物多样性, 1994, 2(3): 162 ~ 168.
- [21] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 I  $\alpha$  多样性的测度方法(下). 生物多样性, 1994, 2(4): 231 ~ 239.
- [22] 任海保, 张林艳, 马克平. 不同植物类群物种丰富度垂直格局分形特征的比较. 植物生态学报, 2005, 29(6): 901 ~ 909.