

# 四川卧龙三江保护区珙桐群落 边缘效应的研究

苏瑞军<sup>1</sup>, 苏智先<sup>2</sup>, 胡进耀<sup>1</sup>, 周良<sup>1</sup>, 朱丽君<sup>1</sup>

(1. 西华师范大学环境科学和生物多样性保护研究实验室, 四川南充 637002;

2. 绵阳师范学院生命科学与工程系, 四川绵阳 621000)

**摘要:** 通过对珙桐(*Davidia involucrata*)群落中心及边缘的调查研究, 采用 Margalef 丰富度指数、Simpson 物种多样性指数、Shannon-Weiner 物种多样性指数、Pielou 均匀度指数等多样性指数及物种数个体数分析了群落乔木层、灌木层、草本层及总体的物种多样性。得出以下结果: 样地 1, 从几个指标看除 Simpson 指数中心 < 南边缘 < 北边缘外, 其余都各指标均是南边缘 < 北边缘 < 中心。样地 2, 珙桐群落多样性变化, 从计算的几个多样性指数看物种丰富度和均匀度的变化趋势相同, 都是东边缘 < 中心 < 南边缘。而物种的多样性指数是东边缘 < 南边缘 < 中心。南边缘在各个指数上都比东边缘高。

**关键词:** 珙桐; 边缘效应; 生物多样性

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2004)05-0402-05

## *Study on the edge effect of Davidia involucrata community at Sanjiang Natural Reserve in Wolong, Sichuan Province*

SU Rui-jun<sup>1</sup>, SU Zhi-xian<sup>2</sup>, HU Jin-yao<sup>1</sup>,  
ZHOU Liang<sup>1</sup>, ZHU Li-jun<sup>1</sup>

(1. *Xihua Normal University, the Key Laboratory of Environmental Science and Biodiversity  
Conservation, Nanchong 637002, China; 2. Mianyang Teacher University Biological  
Science and Technique Department, Mianyang 621000, China*)

**Abstract:** Species diversity in total, in the arbor layer, the shrub layer and the herb layer was studied in the center and edge of the *Davidia involucrata* community. Several diversity indices were selected for use, which were the Margalef index, Simpson index, Shannon-Weiner index, Pielou, even index. The result show that the Simpson index of the north edge is higher than the south edge, and more higher than the north edge's, but on the other indexes the north edge's is lower than the south edge's and much lower than the center's in the site one. In the site two, the change trend of the No. of Margalef index and Pielou index is equal, that east edge's < center's < south edge's. But the diversity index of the east edge is lower than the south edge's and more lower than center's. All of the index of the south edge's is higher than the east edge's.

**Key words:** *Davidia involucrata*; edge effect; species diversity

收稿日期: 2003-11-20 修订日期: 2004-03-22

基金项目: 国家自然科学基金项目(30370149)

作者简介: 苏瑞军(1977-), 男, 山西左权人, 硕士研究生, 主要研究方向: 环境科学和生物多样性保护。

珙桐(*Davidia involucrate*)为我国特有的单型属植物,是第三纪古热带植物区系的孑遗植物(中国植被,1980;云南植被,1987)。为国家一级保护植物,观赏价值和学术地位都很高(陈坤荣,1998)。由于其对生境条件要求的严格及受人类活动的影响,目前的分布范围逐渐减少(贺金生,1995)。由于人类活动和放牧产生了许多边缘效应。边缘效应是生态交错带的显著特征之一。马世骏提出边缘效应的一般概念:在两个或多个不同性质的生态系统或(其他系统)交互作用处,由于某些生态因子或系统属性的差异和耦合作用而引起系统某些组分及行为的较大变化(关卓今,2001)。生态学家对森林边缘的理解基本是一致的,认为边缘既是一种状态,也是经历片段化的森林“岛屿”向外扩张的前沿,或者说是森林具有扩张效应的地方。由于人类过度活动的结果,片段化的森林代替了大面积的自然森林,从而形成了不同生态系统环境条件的斑块,斑块与斑块之间由边缘所分隔,边缘是连接两个特殊生态系统(斑块)的特殊生态系统。边缘效应与森林群落的演替均为森林生态系统的动态过程(彭少麟,2000)。群落的边缘演替过程,由于边缘效应而显得复杂,具有特殊性。边缘效应是自然界普遍存在的,由于人类活动的增强产生了较多新的边缘,从而产生新的边缘效应,并影响新建立的环境和生态系统的平衡(关卓今,2001)。种群是构成群落的基本单位,其结构不仅对群落结构具有直接影响,并能客观的体现出群落的发展趋势。目前,关于珙桐的分布、引种、繁殖与保护、解剖结构、化学成分等方面的研究已很多。本文对四川卧龙自然保护区内珙桐群落的边缘效应进行了研究。

## 1 研究地点自然概况

研究地点在卧龙自然保护区三江镇鹿尔坪村的白泥岗,卧龙地区海拔在 1 150~6 250 m。卧龙自然保护区位于成都平原到西藏高原的过渡斜面上,属于高山峡谷地段,阿坝藏族自治州东南部汶川县境,岷江上游,邛崃山脉之东南部。

白泥岗样地位于 102°56' E, 30°51' N 的一座山南坡,这里生长着世界最大的珙桐群落。位于我国湿润亚热带范围内,气候温和,湿润多雨,所在地平均气温 8.3~19.6 °C,最冷月平均温度 2.3~5.6 °C,最热月平均温度 22.5~28.1 °C,极端高温

35.38 °C,极端低温-7~-18 °C,年均降水量 861.10 mm。空气相对湿度 80%左右,土壤为酸性褐色棕壤、黄壤和黄棕壤,pH 值为 4.5~6.5,质地疏松、潮湿,原生林内枯枝落叶层达 3~6 cm。由于珙桐大都分布在沟谷两侧的山坡,坡度较大,降水量多,因此土壤严重流失,肥力较差。由于人类活动如森林砍伐、放牧、采药等的影响,使珙桐群落在距居住地较远的地方遭到了严重的破坏。白泥岗样地珙桐分布在海拔 1 450~2 100 m 之间,海拔高度的变化幅度较大。珙桐在垂直带谱中属亚热带山地常绿阔叶林范围,在分布的下限常与常绿阔叶树种混交。群落内其它树种以樟科、山矾科、胡桃科等植物为主。主要种类有白楠(*Phoebe neurantha*)、野核桃(*Juglans cathayensis*)、灯台树(*Cornus controversa*)、猫儿刺(*Ilex penyi*)、曼青冈(*Cyclobalanopsis oxyodon*)等,在珙桐林环境影响下的草本以鳞毛蕨科、毛茛科、蓼科等植物为主。

## 2 研究方法

### 2.1 实验地概况

样地设置通过调查访问和实地考察,选取 2 个典型的群落作为样地。各个样地的位置见表 1。

表 1 研究地点  
Table Study sites

样地 Plot	经度 Longitude	纬度 Latitude	海拔(m) Altitude	坡度 Slope
样地 Plot 1	105°10' E	30°50' N	1 620	29°
样地 Plot 2	102°56' E	32°21' N	1 700	31°

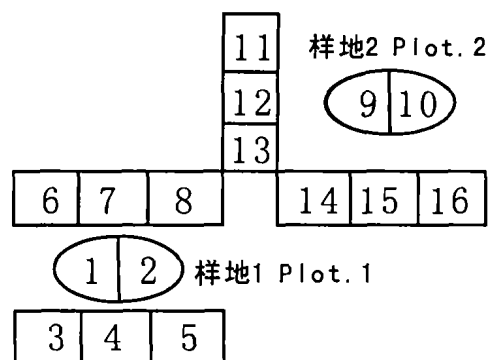


图 1 样地示意图

Fig. 1 The sketch map

图 1 所示,在每个样地的中心设置两个样方(1,2,9,10)。样地 1 的南、北边界各连续设置三个

样方(3、4、5、6、7、8)。在样地 2 的东、南边界各连续设置 3 个样方(11、12、13、14、15、16)。

## 2.2 研究方法

利用群落样方法在珙桐群落中心及其边缘设置样方,在边缘设置时 3 个样方连续在一起。乔木样方沿水平方向设置,大小为 20 m×20 m。灌木、草本样方设置于乔木样方内,视样地内物种分布的均匀情况,调查样方 1~4 个,大小为 5 m×5 m。样方的年龄是通过调查前和当地农民及保护区的工作人员的座谈,调查是用生长锥钻取林木心样以及进一步做解析木来确定的。调查时间为 2003 年 4~5 月。调查时记录样方的面积、海拔、坡度、坡向、总盖度(包括乔、灌、草分层盖度)干扰等情况。

## 2.3 分析方法

(1)生物多样性的测定方法(马克平 1994,马克平等 1995,Magurran. A. E. 1988,王伯荪 1996):利用 SPSS 软件对数据进行分析。物种丰富度采用的指数为 Margalef 丰富度指数  $R=(S-1)/\ln N$ 。此指数用以度量样地内的物种数量特征。群落内的多样性指数采用 Simpson 物种多样性指数( $D$ )和 Shannon-Weiner 物种多样性指数( $H'$ )。

$$D=1-\sum(N_i(N_i-1)/N(N-1))$$

$$H'=-\sum P_i \ln P_i$$

均匀度采用 Pielou 均匀度指数( $J$ )。

$$J=H'/H'_{max}$$

上列各式中各字母的含义如下: $N$  为样方中记录的个体总数, $S$  为样方中物种总数, $N_i$  为第  $i$  种的个体种数, $P_i$  为第  $i$  种的个体数占样方中所有物种个体数的比例。

## 3 结果与分析

### 3.1 样地 1 珙桐群落多样性变化

3.1.1 总多样性变化 (1)物种丰富度的动态变化:群落中心样方 1、样方 2 的物种丰富度指数较高,达 9.6。在南边缘的物种丰富度下降,样方 3 甚至只有 4.88。在北边缘和中心相差不大,样方 6 也达到了 9.6。总的物种丰富度变化是南边缘<北边缘<中心。

(2)物种多样性的动态变化:Simpson 指数变化的结果如下:除南边缘的样方 3(0.188)较小外,其余边缘样方的 Simpson 指数均高于中心。总的 Simpson 指数变化是中心<南边缘<北边缘。

Shannon-Weiner 指数是将丰富度和均匀度综合起来的一个量,能够较全面的测度物种多样性。其变化结果如下,除北边缘的样方 6(3.953)和中心的相同外,其余边缘的 Shannon-Weiner 指数均小于中心的。总的多样性变化是南边缘<北边缘<中心。和物种丰富度变化相一致。

(3)物种均匀度动态变化:Pielou 指数的变化,除北边缘的样方 6(0.874)和中心相同外其余边缘样方的 Pielou 指数均小于中心的。总的看南边缘<北边缘<中心。

从几个指标看除 Simpson 指数是中心<南边缘<北边缘外,其余各指标均是南边缘<北边缘<中心。

3.1.2 各层次多样性变化 除样方 3 外,其余各样方在丰富度指数和 Shannon-Weiner 指数的变化均为乔木层<灌木层<草本层。样地中心和南边缘的 Simpson 指数变化为灌木层<乔木层<草本层,在北边缘的变化无规律。而在 Pielou 指数的变化没有规律。

### 3.2 样地 2 珙桐群落多样性变化

3.2.1 总多样性变化 (1)物种丰富度的动态变化:物种丰富度指数的变化范围较大,最高的是样方 8,指数为 9.063,最低的是样方 4,指数为 6.509。总的变化趋势是东边缘<中心<南边缘。

(2)物种多样性的动态变化:从计算结果看,Simpson 指数最高的是南边缘样方 7,达到了 5.969,最低的是南边缘的样方 8,只有 4.040。总的变化趋势是东边缘<南边缘<中心。Shannon-Weiner 指数最高的是南边缘的样方 8,指数为 3.865,最低为东边缘的样方 5,只有 3.109。总的变化是东边缘<南边缘<中心。结果与 Simpson 指数的变化趋势相同。

(3)物种均匀度动态变化:Pielou 的变化幅度较大,最高的为东边缘的样方 4,指数为 0.878,最低的为东边缘的样方 5,为 0.812。其他样方的变化不是很大。总的趋势看东边缘<中心<南边缘。

从计算的几个多样性指数看物种丰富度和均匀度的变化趋势相同,都是东边缘<中心<南边缘。而物种的多样性指数是东边缘<南边缘<中心。南边缘在各个指数上都比东边缘高。

(4)各层次多样性变化:除样方 11 在物种数量上是灌木层<乔木层外,其余几个样方在物种数、丰富度指数和 Shannon-Weiner 指数都是乔木层<灌

木层<草本层。样方 10 和样方 15 在 Simpson 指数层<乔木层<草本层。而 Pielou 指数中心为乔木的变化是乔木层<灌木层<草本层,其余的是灌木层<灌木层<草本层,在各边缘的变化无规律。

表 2 卧龙保护区三江白泥岗样地 1 珙桐群落多样性指数

Table 2 The community diversity indices of *Davidia involucrata* forest in site 1 of Bainigang, Wolong Natural Reserve

样方号 Plot No.	层次 Layer	物种数目 No. of species	Margalef 指数 Margalef index	Simpson 指数 Simpson index	Shannon 指数 Shannon index	Pielou 指数 Pielou index
1	总多样性 Total diversity	60	9.012	3.717	3.573	0.872
	乔木层 Arbor layer	5	0.977	0.482	0.999	0.621
	灌木层 Shrub layer	14	3.258	0.263	1.884	0.713
	草本层 Herbage layer	41	6.302	4.748	3.296	0.888
2	总多样性 Total diversity	61	9.609	3.848	3.593	0.874
	乔木层 Arbor layer	10	2.300	0.203	1.838	0.798
	灌木层 Shrub layer	15	3.306	0.189	2.038	0.753
	草本层 Herbage layer	36	5.851	5.627	3.178	0.887
3	总多样性 Total diversity	35	4.880	0.188	2.141	0.602
	乔木层 Arbor layer	8	1.597	0.364	1.264	0.608
	灌木层 Shrub layer	10	2.672	0.133	2.009	0.873
	草本层 Herbage layer	17	2.318	0.215	1.866	0.659
4	总多样性 Total diversity	40	6.014	8.946	2.976	0.806
	乔木层 Arbor layer	4	0.837	0.243	1.358	0.979
	灌木层 Shrub layer	11	2.569	0.183	1.870	0.780
	草本层 Herbage layer	25	3.742	0.115	2.602	0.809
5	总多样性 Total diversity	52	7.336	4.824	3.387	0.857
	乔木层 Arbor layer	5	1.165	0.228	1.442	0.896
	灌木层 Shrub layer	9	2.183	0.241	1.694	0.771
	草本层 Herbage layer	38	5.654	0.053	3.236	0.877
6	总多样性 Total diversity	61	9.608	3.848	3.593	0.874
	乔木层 Arbor layer	10	2.300	0.203	1.838	0.798
	灌木层 Shrub layer	15	3.306	0.189	2.038	0.753
	草本层 Herbage layer	36	5.851	5.627	3.178	0.887
7	总多样性 Total diversity	56	8.249	7.511	3.179	0.790
	乔木层 Arbor layer	7	1.649	0.176	1.761	0.905
	灌木层 Shrub layer	12	3.234	0.126	2.150	0.865
	草本层 Herbage layer	37	5.474	8.932	2.909	0.806
8	总多样性 Total diversity	52	7.136	6.091	3.192	0.808
	乔木层 Arbor layer	8	1.953	0.187	1.749	0.841
	灌木层 Shrub layer	8	2.174	0.127	1.946	0.936
	草本层 Herbage layer	36	4.951	0.070	2.993	0.839

动和野生动物对种子的影响,产生了许多边缘。

样地 1,海拔 1 620 m,靠近沟底,在一条小路边,在其边缘的人为活动较频繁,而中心地带位于沟内,其地形复杂,各环境条件和边缘的有很大的不同。这也是中心的多样性比边缘高的一点缘故。南边缘位于路边,人为破坏更严重,因而其多样性较低。样地 2,海拔 1 720 m,接近 2 000 m,珙桐往上分布的较少。群落内的珙桐年龄较小,人为活动都很少。南边缘在悬崖边上,其物种数量比中心和东边缘少,但丰富度和均匀度却较高。在群落中心人为活动较少,主要是放牧,在这里以珙桐为优势种,伴生有野核桃、白楠等树种。群落的乔木层、灌木

## 4 讨 论

白泥岗生长着世界上最大的珙桐群落,但主要以片段化存在。在 60~70 年代大片的珙桐被砍伐,后以人工杉木林代替。在烂海子有零星的珙桐分布,主要是砍伐时剩下的。珙桐除以种子进行有性繁殖外,在自然或人为条件下在根基部蘖生萌发出新的植物体进行无性繁殖。珙桐的种子大而且呈椭圆形,故在成熟后落地时随地形的不同有时聚集在沟内。所以珙桐群落主要呈片段化分布,而且中心地带主要集中在地形复杂的沟内。再加上人为的活

层、草本层很稳定,因而中心的多样性指数较高。从物种数看草本植物占的比例很大,因而对草本层的破坏对群落物种多样性影响较大。

物种多样性的变化与生境紧密相关。影响环境差异的因子可以分为 2 类:一类是环境因子;一类为生物因子。对于具体的植物群落,大的气候条件相

表 3 卧龙保护区三江白泥岗样地 2 珙桐群落多样性指数

Table 3 The community diversity indices of *Davidia involucrata* forest in site 2 of Bainigang, Wolong Natural Reserve

样方号 Plot No	层次 Layer	物种数目 No. of species	丰富度指数 Margalef index	Simpson 指数 Simpson index	Shannon 指数 Shannon index	Pielou 指数 Pielou index
1	总多样性 Total diversity	50	7.481	5.787	3.265	0.835
	乔木层 Arbor layer	8	1.731	0.361	1.406	0.676
	灌木层 Shrub layer	13	2.589	0.248	1.867	0.728
	草本层 Herbage layer	29	4.795	8.923	2.784	0.803
2	总多样性 Total diversity	57	8.489	4.953	3.389	0.838
	乔木层 Arbor layer	6	1.485	0.367	1.276	0.712
	灌木层 Shrub layer	14	2.789	0.156	2.110	0.800
	草本层 Herbage layer	37	5.355	7.258	2.965	0.834
3	总多样性 Total diversity	50	7.793	5.096	3.285	0.839
	乔木层 Arbor layer	10	2.164	0.164	1.932	0.839
	灌木层 Shrub layer	8	1.969	0.197	1.735	0.834
	草本层 Herbage layer	32	5.106	7.312	2.865	0.827
4	总多样性 Total diversity	45	6.509	4.701	3.342	0.878
	乔木层 Arbor layer	5	1.134	0.251	1.400	0.870
	灌木层 Shrub layer	8	1.683	0.186	1.776	0.854
	草本层 Herbage layer	32	4.664	5.749	3.083	0.889
5	总多样性 Total diversity	46	6.565	0.071	3.109	0.812
	乔木层 Arbor layer	4	1.207	0.242	1.265	0.912
	灌木层 Shrub layer	9	1.889	0.165	1.935	0.879
	草本层 Herbage layer	33	4.740	0.086	2.836	0.811
6	总多样性 Total diversity	52	7.948	5.425	3.332	0.843
	乔木层 Arbor layer	5	1.007	0.285	1.352	0.841
	灌木层 Shrub layer	13	2.708	0.146	2.157	0.841
	草本层 Herbage layer	34	5.236	8.046	2.899	0.815
7	总多样性 Total diversity	58	8.522	5.969	3.376	0.831
	乔木层 Arbor layer	6	1.442	0.294	1.340	0.748
	灌木层 Shrub layer	20	4.182	0.111	2.467	0.823
	草本层 Herbage layer	42	6.013	0.046	3.345	0.895
8	总多样性 Total diversity	65	9.063	4.040	3.563	0.854
	乔木层 Arbor layer	6	1.517	0.328	1.374	0.767
	灌木层 Shrub layer	17	3.353	0.167	2.136	0.754
	草本层 Herbage layer	42	6.597	5.056	3.333	0.881

对一致,群落的生境差异可能是形成多样性的主要原因。当群落所处的环境条件存在较大的差异时,群落就会向不同的方向演替,在群落的结构、功能和动态上就会产生变化(汪殿蓓,1996)。珙桐群落由于其繁殖的特性和人为活动的影响,使得珙桐主要以片段化存在,产生了很多的边缘。而在群落的中心和边缘的环境因子有很大的差别。导致珙桐群落边缘地带的物种多样性低于中心的物种多样性。人为活动使环境因子的变化增强,使得珙桐群落的更新更加困难,群落在向衰退的方向演替。所以要尽量减少保护区珙桐群落内的人为活动。

本文只对珙桐群落静态的边缘效应进行了初步的研究。有必要在群落长期的动态演替进行定点的研究。

#### 参考文献:

- 中国植被委员会. 1980. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 298—299.
- 云南植被编写组. 1987. 云南植被[M]. 北京: 科学技术出版社, 330—334.
- 王伯荪. 1996. 植物群落学实验手册[M]. 广州: 广东教育出版社.
- Chen KR(陈坤荣), Chen YH(陈玉惠), Tian GH(田广红), (下转第 401 页 Continue on page 401)

流量的同时,具有保证柳江河航运正常进行等方面的重要作用。

涵养水源效益只是本保护区森林诸多生态效益的一部分,若把其所具有的生态功能(如保持水土、防止江河水库淤积、土壤养分流失、提高土壤肥力、制氧及医疗保健等)与效益完全计量出来的话,本保护区的生态效益或者说社会效益是相当巨大的。由此可见,森林对地方国民经济发展和人民生活安定具有特别重要的地位和突出的保护意义。如果本保护区的森林得不到很好的保护管理,其涵养水源功能一旦丧失后,受害的不仅仅是贝江、融江、柳江流域及其周边地区,而且还将危及西江流域的生态安全。因此,必须进一步强化保护与管理好保护区的森林植被。

致谢:蓝万刚、韦世良、韦生军、欧卫宁、赵成顺、章裴参加了部分野外工作。

### 参考文献:

- 中山哲之助(日),陈大夫. 1987. 森林公益性效能的计量及评价[J]. 生态经济, (1): 47-49.  
中国林业科学研究院情报所. 1979. 国外农田防护林[M]. 北

京: 农业出版社.

- 中野秀章(日). 1983. 森林水文学[M]. 北京: 中国林业出版社.  
东北林学院. 1981. 森林生态学[M]. 北京: 中国林业出版社.  
沈辛作,周晓丽,王 卉. 1986. 浙江省山地主要森林类型枯枝落叶层水文特征研究[J]. 浙江林业科技, 6(2): 1-5.  
张建国,杨建洲. 1994a. 福建森林综合效益计量与评价[J]. 生态经济, (5): 1-6.  
张建国,杨建洲. 1994b. 福建森林综合效益计量与评价[J]. 生态经济, (5): 10-16.  
温远光,黄承标. 1988. 里骆森林涵养水源功能的初步分析[J]. 林业科技通讯, (5): 19-20.  
Huang CB(黄承标), Huang WJ(黄文俊), Wei F(韦 峰). 1994. Study on the vertical changes of the water-heat conditions and the ecological benefit of forest in the south slope of Laoshan mountain of Tianlin in Guangxi(田林老山南坡水热条件垂直变化及森林生态效益研究)[J]. *Acta Phytocologica sinica*(植物生态学报), 18(2): 147-160.  
Liu WY(刘文耀), Liu LH(刘伦辉), Zhen Z(郑征), et al. 1991. Preliminary study on hydrologic effect of evergreen broad-leaved forest and *Pinus yunnanensis* forest in central Yunnan(滇中常绿阔叶林及云南松林水文作用的初步研究)[J]. *Acta Phytocologica et Geobotanica sinica*(植物生态学与地植物学学报), 15(2): 159-167.

( 上接第 406 页 Continue from page 406 )

- et al. 1998. Changes in isoperoxidase patterns of *Davidia involucrata* seeds during stratification(珙桐种子层积期间过氧化物酶同工酶的变化)[J]. *Journal of Southwest Forestry College*(西南林学院学报), 3(18): 143-147.  
Guan ZJ(关卓今), Pei TF(裴铁幡). 2001. Edge effect and the developing direction of ecosystem balance(生态边缘效应与生态平衡变化方向)[J]. *Chinese Journal of Ecology*(生态学杂志), 20(2): 52-55.  
He JS(贺金生), Lin J(林洁), Chen WL(陈伟烈). 1995. The current of endemic and endangered species *Davidia involucrata* and the preserving strategies(我国珍稀特有植物珙桐的现状及其保护)[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), 3(4): 213-221.  
Ma KP(马克平). 1994. The method of measure of biodiversity(first); 1 $\alpha$ -method of measure of diversity(1)(生物多样性的测度方法(上))[J]. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), 2(3): 162-168.  
Ma KP(马克平), Huang JH(黄建辉), Yu SL(于顺利), et al. 1995. Plant community diversity in Dongling mountain, Beijing, China; II. species richness, evenness and species diversities(北京东灵山山区植物群落多样性研究(II)—丰富度、均匀度和物种多样性指数)[J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 15(3): 68-277.  
Magurran AE. 1988. Ecological diversity and its measurement [M]. New Jersey: Princeton University press.  
Peng SL(彭少麟). 2000. Studies on edge effect of successional communities and restoration of forest fragmentation in low sub-tropics(南亚热带演替群落的边缘效应及其对森林片段化恢复的意义)[J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 20(10): 1-2.  
Shi PL(石培礼), Li WH(李文华), Wang JX(王金锡), et al. 2000. Species-abundance relation of herb community in sub-alpine timberline ecotone of Wolong Natural Reserve, Sichuan Province, China(四川卧龙亚高山林线生态交错带群落的种-多度关系)[J]. *Acta Ecologica Sinica*(生态学报), 20(3): 385-386.  
Wang DP(汪殿蓓), Ji SY(暨淑仪), Chen FP(陈飞鹏). 2001. A review on the species of plant community(植物群落多样性研究综述)[J]. *Chinese Journal of Ecology*(生态学杂志), 20(4): 55-56.  
Wei DF(魏东峰). 1997. The analysis and evaluation on atmosphere of environment of Wolong Natural Reserve, Sichuan Province, China(卧龙自然保护区大气环境现状分析与评价)[J]. *Journal of Sichuan Forestry and Technology*(四川林业科技), 18(3): 75.