

# 云南哀牢山地区蕨类植物区系的垂直分布格局

徐成东<sup>1</sup>, 冯建孟<sup>2\*</sup>

(1. 楚雄师范学院 化学与生命科学系, 云南 楚雄 675000; 2. 大理学院 生命科学与化学学院, 云南 大理 671000)

**摘要:** 根据大尺度的物种分布信息, 利用聚类分析和数理统计的方法分析了云南哀牢山蕨类植物区系的垂直分布格局。研究表明, 随着海拔的升高, 热带区系成分所占比重呈显著递减趋势, 而温带区系成分所占比重呈明显递增趋势。在整个海拔梯度上, 东亚分布和热带亚洲分布成分始终占主导地位。区系过渡性随着海拔的升高呈先增强后减弱的单峰分布格局, 平衡点出现于海拔 1 700 m 左右。基于区系成分比重的聚类分析表明, 在海拔 1 300 m, 1 900 m 和 2 600 m 左右, 将海拔梯度上的蕨类植物分为 4 组, 这与各海拔段内的物种组成和区系成分性质是一致的。

**关键词:** 垂直格局; 区系成分; 聚类分析; 蕨类植物; 哀牢山

中图分类号: Q948.5 文献标识码: A 文章编号: 1000-3142(2010)03-0301-05

## Altitudinal patterns of floristic elements of ferns in Ailao Mountain, Yunnan Province

XU Cheng-Dong<sup>1</sup>, FENG Jian-Meng<sup>2\*</sup>

(1. Department of Chemistry and Life Science, Chuxiong Normal University, Chuxiong 675000, China; 2. College of Life Science and Chemistry, Dali University, Dali 671000, China)

**Abstract:** Based on flora information in large scale, the altitudinal patterns of floristic elements of ferns in Ailao Mountain were investigated. The results showed that with the increase of altitude, the proportions of tropical elements decreased, and that of temperate elements increased. The whole altitudinal band was dominated by the proportions of both East Asia elements and Tropical Asia elements. Floristic transition increased and then decreased against altitude. The floristic equilibrium point was found around altitude 1 700 m. Four groups divided at altitude 1 300 m, 1 900 m and 2 600 m were found respectively, which were consistent to distinct species and flora compositions in each altitudinal bands.

**Key words:** altitudinal patterns; floristic elements; cluster analysis; ferns; Ailao Mountains

云南哀牢山地区跨越镇沅县、景东县、南华县、楚雄市、双柏县和新平县等 6 个县市(吴征镒等, 1987; 庞金虎等, 1988)。哀牢山山体的东西坡分别受来自孟加拉湾西南季风和来自北部湾东南季风的影响, 同时由于山体垂直高差大(2 700 m 左右), 气候复杂, 立体气候明显(庞金虎等, 1988; 张克映等, 1994; 徐海清等, 2005)。从植被类型看, 哀牢山分布有热带北缘季雨林、南亚热带季风常绿阔叶林、中亚

热带常绿阔叶林、中山湿性常绿阔叶林、针阔混交林、亚高山草甸和干热河谷稀树灌木草丛等地带性植被(徐成东等, 2007)。从区系成因看, 云南是东亚植物区和古热带植物区的汇集和分界地带, 哀牢山恰好处在这一南北交错的过渡地区, 是滇中高原地区、北部湾地区、滇缅泰地区和横断山地区几大植物区系的结合部, 植物区系上存在明显的过渡性(吴征镒等, 1987; 徐成东等, 2007; 徐成东, 2007)。由于区

收稿日期: 2008-12-10 修回日期: 2009-06-22

基金项目: 国家自然科学基金(30760040)[Supported by National Natural Science Foundation of China(30760040)]

作者简介: 徐成东(1964-), 男, 云南姚安人, 博士, 教授, 主要从事植物分类学与植物生态学研究, (E-mail)chtown@163.com.

\* 通讯作者(Author for correspondence, E-mail: fjm@pku.org.cn)

域内海拔高差很大,植被垂直带谱较为完整,因此是研究植物区系垂直分布格局的理想区域。目前有关该区域蕨类植物区系的垂直分布格局的研究还有待进一步深入。鉴于此,本研究根据大尺度的物种分布信息,利用聚类分析和数理统计的方法分析了蕨类植物区系的垂直分布格局。

## 1 数据来源与方法

利用《哀牢山蕨类植物》(徐成东,2007),获得研究区域内蕨类植物物种分布的基本信息,在此基础上建立了包括科、属、种名称和分布海拔的蕨类植物物种分布数据库。利用蕨类植物物种分布数据库,每隔 100 m 进行分段,根据哀牢山的海拔梯度,同时考虑到统计样本数量的需要,分成 28 段,分别统计蕨类植物区系地理成分的海拔梯度信息。区系信息根据吴征镒(1991)和陆树刚(2004)的界定而获得。在此基础上统计各海拔段内的蕨类植物中,属于世界分布区类型的种数占总种数的百分比,同时,也估算热带分布区类型和温带分布区类型种的数量占两者总数的百分比。其中热带区系成分主要由泛热带分布(T2),旧大陆热带分布(T3),热带亚洲和热带美洲分布(T4),热带亚洲至热带大洋洲分布(T5),热带亚洲至热带非洲分布(T6)和热带亚洲分布(T7)等组成。温带区系成分主要由北温带分布(T8),东亚和北美间断分布(T9),旧大陆温带分布(T10),温带亚洲分布(T11)和东亚分布(T12);对中国特有分布成分(T13)进行独立分析。

区系过渡性的计算与测度方法是分析海拔梯度上每隔 100 m 的海拔段内物种的区系构成,通过其与海拔的拟合方程计算区系的过渡性。区系过渡性采用热带、亚热带区系成分的比重( $T_{Trop}$ )与温带区系成分的比重( $T_{Temp}$ )之比值进行表示,当  $T_{Trop}/T_{Temp} > 1$  时,取其倒数。当  $T_{Trop}/T_{Temp} = 1$  时,区系过渡性达到最大,温带成分和热带、亚热带成分所占比重相等,即为区系平衡点(彭华,1996)。

为了综合、定量判断各蕨类植物垂直带之间的区系关联程度,该研究利用各海拔段不同区系成分的比重作为聚类分析的重要值,进行聚类分析。聚类方法统一采用欧氏距离的平方定义海拔段间的距离(植物区系成分构成的差异)(徐克学,1994),采用 Relative Euclidean 的距离测度方法进行聚类分析,该分析通过 P-cord 4.0 软件包实现。

## 2 研究结果

### 2.1 科、属组成及区系成分的总体构成

通过对源数据的分析、整理,发现研究区域内共分布蕨类植物 437 种,分属于 43 科、113 属。其中,较大主要包括鳞毛蕨科 *Dryopteridaceae*(73 种)、水龙骨科 *Polypodiaceae*(69 种)、蹄盖蕨科 *Athyriaceae*(57 种)、金星蕨科 *Thelypteridaceae*(25 种)、卷柏科 *Selaginellaceae*(25 种)。其中较大的属主要包括耳蕨属(*Polysticum*)(27 种)、卷柏属(*Selaginella*)(25 种)、蹄盖蕨属(*Athyrium*)(24 种)、鳞毛蕨属(*Dryopteris*)(21 种)、短肠蕨属(*Allantodia*)(19 种)和铁角蕨属(*Asplenium*)(19 种)。从表 1 看出,所有区系成分中,所占比重较大主要包括东亚分布(T12),所占比重高达 40.05%,其次为热带亚洲分布(T7)和中国特有分布(T13),所占比重分别为 32.72% 和 18.31%。这说明研究区域内蕨类区系成分主要受到热带亚洲成分和东亚分布类型的重要影响。

表 1 不同区系类型物种数及区系总体构成

Table 1 The numbers of species and composition of each floristic type

区系成分类型 Floristic types	种数 Species	比重(%) Proportions
T1	5	1.14
T2	8	1.83
T3	9	2.06
T4	1	0.23
T5	6	1.37
T6	4	0.92
T7	143	32.72
T8	2	0.46
T9	0	0.00
T10	0	0.00
T11	4	0.92
T12	175	40.05
T13	80	18.31

### 2.2 热带区系成分所占比重的垂直分布格局

从表 2 看出,随着海拔的升高,泛热带分布所占的比重呈显著递减趋势,这与其喜温的生态特性比较一致。同时可以看出,泛热带分布在海拔梯度上的变化幅度比较小,大致从 4% 递减到 0%。旧大陆热带分布所占比重在海拔梯度上的变化趋势与前者相似,而且其变化幅度也比较小,大致从 4% 递减到 1%(表 2)。从表 1 看出,热带亚洲和热带美洲分布所占比重随海拔的升高,同样呈显著递减趋势,并且

仅出现于海拔 2 200 m 以下。热带亚洲至热带非洲分布所占比重随着海拔的升高总体上呈单调递减趋势(表 1),这也与其生态特性比较一致。从表 2 也可看出,热带亚洲分布所占比重在海拔梯度上的变化趋势与泛热带分布,旧大陆热带分布和热带亚洲和热带美洲分布等热带区系成分的变化趋势比较相似,也呈显著递减趋势,不同之处在于变化幅度较

大,变化区间大致在 17%~47%之间。热带亚洲至热带大洋洲分布所占比重在海拔梯度上所占比重始终保持较低的水平,大致在 0~3%。在海拔梯度上,热带亚洲分布所占比重远远显著高于其他热带区系成分,这说明,本研究区域的蕨类植物区系与热带亚洲成分之间存在着不可分割的渊源和联系。

表 2 不同区系类型物种数及区系总体构成  
Table 2 Proportions of flora types on altitudinal gradients

海拔区间 Altitudinal bands (m)	世界分布 成分 Cosmopolitan elements		热带区系成分 Trop. elements					温带区系成分 Temperate elements					中国特有 成分 Endemic to China
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12	T13
400~500	0.03	0.04	0.03	0.009	0.03	0.02	0.46	0.02	0.00	0.00	0.01	0.39	0.06
500~600	0.03	0.04	0.04	0.007	0.02	0.03	0.46	0.01	0.00	0.00	0.01	0.39	0.07
600~700	0.02	0.03	0.04	0.006	0.03	0.03	0.47	0.01	0.00	0.00	0.01	0.38	0.07
700~800	0.03	0.03	0.04	0.006	0.02	0.02	0.47	0.01	0.00	0.00	0.01	0.39	0.08
800~900	0.02	0.03	0.04	0.005	0.02	0.02	0.47	0.01	0.00	0.00	0.02	0.39	0.09
900~1 000	0.02	0.03	0.04	0.005	0.02	0.02	0.48	0.01	0.00	0.00	0.02	0.39	0.10
1 000~1 100	0.02	0.03	0.03	0.005	0.01	0.02	0.49	0.01	0.00	0.00	0.02	0.39	0.11
1 100~1 200	0.02	0.02	0.03	0.005	0.01	0.02	0.49	0.01	0.00	0.00	0.02	0.40	0.11
1 200~1 300	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.02	0.49	0.01	0.00	0.00	0.02	0.40	0.12
1 300~1 400	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.02	0.46	0.01	0.00	0.00	0.02	0.44	0.13
1 400~1 500	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.02	0.46	0.01	0.00	0.00	0.02	0.44	0.14
1 500~1 600	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.01	0.44	0.01	0.00	0.00	0.01	0.46	0.15
1 600~1 700	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.01	0.42	0.01	0.00	0.00	0.01	0.49	0.14
1 700~1 800	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.01	0.40	0.01	0.00	0.00	0.01	0.50	0.15
1 800~1 900	0.02	0.02	0.02	0.004	0.01	0.02	0.38	0.01	0.00	0.00	0.02	0.53	0.16
1 900~2 000	0.02	0.02	0.03	0.004	0.01	0.01	0.35	0.01	0.00	0.00	0.02	0.56	0.16
2 000~2 100	0.02	0.01	0.02	0.004	0.00	0.01	0.35	0.01	0.00	0.00	0.02	0.58	0.17
2 100~2 200	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.34	0.01	0.00	0.00	0.02	0.60	0.18
2 200~2 300	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.33	0.01	0.00	0.00	0.02	0.61	0.18
2 300~2 400	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.31	0.01	0.00	0.00	0.02	0.62	0.16
2 400~2 500	0.02	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.31	0.01	0.00	0.00	0.02	0.63	0.17
2 500~2 600	0.02	0.01	0.02	0.00	0.01	0.01	0.29	0.01	0.00	0.00	0.02	0.64	0.18
2 600~2 700	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.25	0.01	0.00	0.00	0.02	0.67	0.21
2 700~2 800	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.02	0.21	0.02	0.00	0.00	0.02	0.72	0.19
2 800~2 900	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.21	0.02	0.00	0.00	0.02	0.70	0.18
2 900~3 000	0.03	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.18	0.03	0.00	0.00	0.03	0.73	0.19
3 000~3 100	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.17	0.03	0.00	0.00	0.03	0.72	0.20
3 100~3 200	0.00	0.00	0.02	0.00	0.02	0.02	0.18	0.02	0.00	0.00	0.02	0.71	0.22

### 2.3 温带区系成分和中国特有分布成分所占比重的海拔分布格局

从表 2 看出,温带亚洲分布所占比重在海拔梯度上始终处于较低的水平,大致在 1%~3%之间,说明研究区域内的蕨类植物区系与温带亚洲地区之间的联系并不密切。从表 2 也可看出,东亚分布所占比重随着海拔的升高,呈显著增加趋势,这与该区系类型的生态特性比较一致。同时,我们也发现,在

整个海拔梯度上,东亚分布所占比重始终处于较高的水平,大致在 39%~73%之间,这在一定程度上也说明,研究区域内的蕨类植物区系与东亚地区之间存在密切联系。北温带分布所占比重在海拔梯度上所占比重较小,大致在 1%~3%之间,同时所占比重随着海拔的升高呈先减少后增加的抛物线形变化趋势。中国特有分布成分所占比重总体上呈单调递增格局,这与其区系起源和耐温凉气候的生态特

性是一致的。必须指出的是,东亚和北美间断分布和旧大陆温带分布在本研究区域未出现。

### 2.4 区系过渡性的海拔格局分析

从图 1 看出,随着海拔的升高,热带区系成分所占比重之和,从最高 58%左右降低到 24%,这与热带区系植物喜温的生态特性比较一致。而温带区系成分所占比重之和从最低的 42%增加到 76%,这也与温带区系植物耐低温,适于分布在高海拔地区的生态适应性比较一致。从图 2 也可看出,区系过渡性呈先增强后减弱的单峰分布格局,在海拔 1 700 m 左右,区系过渡性达到峰值,即在该海拔区域温带区系成分和热带区系成分所占比重比较接近,存在一个交汇点,即区系平衡点,这意味着在该海拔区域,热带区系成分与温带区系成分所占比重旗鼓相当,区系过渡性最为明显,表现出对一些具有严格区系地理意义的热带性和温带性属种的兼容。在区系平衡点以下,即从低海拔到 1 700 m 左右,蕨类植物区系以热带区系占主导地位,从海拔 1 700 m 左右到高海拔地区,蕨类植物区系以温带区系成分占主导地位。

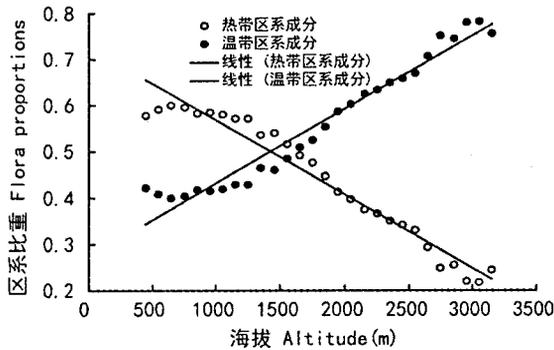


图 1 海拔梯度上热带区系成分和温带区系成分所占比重(之和)在海拔梯度上的变化格局  
Fig. 1 Altitudinal patterns of proportions of tropical elements and temperate elements

### 2.5 海拔梯度上植物区系成分的聚类分析

上述研究结果表明,在海拔梯度上,不同类型区系成分所占比重均发生明显的变化。因此,本研究尝试用各海拔段内不同分布区类型所含蕨类植物的种数与同海拔高度段内所有蕨类植物物种数的比值作为重要值,以各海拔段为单位,对 28 个海拔段内的区系组成进行系统聚类分析(图 3)。同时结合野外调查数据中的物种分布信息,分析各海拔段内的蕨类植物的优势种和物种组成,同时根据各海拔段内的区系组成,对海拔梯度上的蕨类植物进行分组

分析。

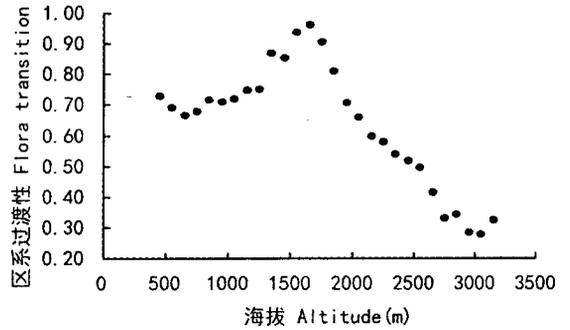


图 2 区系过渡性的海拔分布格局  
Fig. 2 Altitudinal patterns of floristic transition

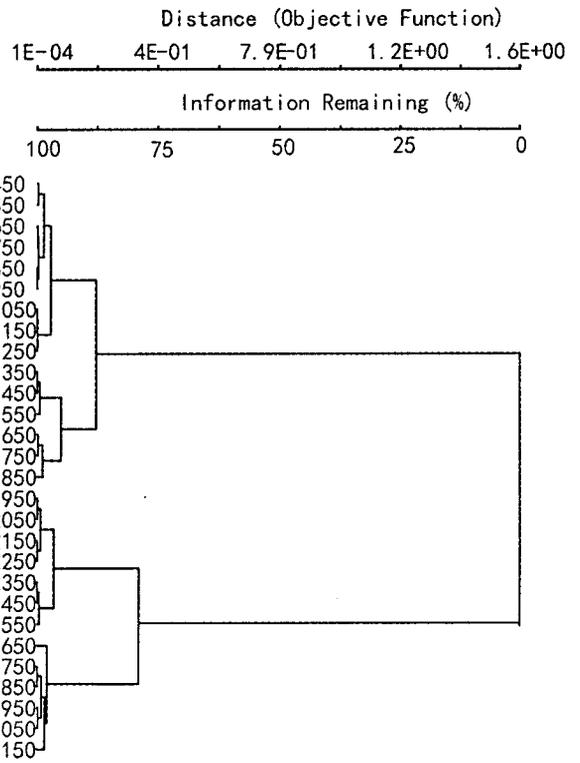


图 3 基于区系成分的聚类分析图  
Fig. 3 Graph of cluster analysis on floristic elements

从图 3 可看出,在海拔区域 1 300 m、1 900 m 和 2 600 m 左右将研究区域内的蕨类植物分为 4 组。在海拔 1 300 m 以下,气候相对比较干热,蕨类植物的组成主要是适应干热和石灰岩地区生长的阳生、耐旱和石生植物类型,如印度卷柏(*Selagin indica*)、蚀盖金粉蕨(*Onychium tenuifrons*)、热带鳞盖蕨(*Microlepia speluncae*)、金毛裸蕨(*Gymnopteris vestita*)和肿足蕨(*Hypodematium crenata*)

tum)等(徐成东等,2006)。从1300~1900 m,气候相对湿润,基本上以半湿润常绿阔叶林、思茅松林(西坡)、云南松林,蕨类植物以中温半耐旱型蕨类,如厚毛里白(*Diplazium rufum*)、芒萁(*Dicranopteris pedata*)、云南海金沙(*Lygodium yunnanensis*)、多毛鳞盖蕨(*Microlepia pilosissima*)、毛发耳蕨(*Polystichum cringerum*)和半圆盖阴石蕨(*Humata platylepis*)等为主(徐成东,2007)。在海拔2600 m以下,气候中温高湿,蕨类植物以适宜中温,喜湿的耐阴种类为主,粉背瘤足蕨(*Plagiogyria media*)、石盖蕨(*Lithostegia foeniculacea*)、无鳞轴鳞蕨(*Dryopsis sphaeropteroides*)和汇生瓦韦(*Lepisorus confluens*)等(徐成东等,2006)。在海拔2600 m以上,气候相对寒冷,是以云南铁杉林和亚高山灌丛为主的植被类型,蕨类植物主要是耐寒冷的种类,如多花蕨(*Mecodium polyanthus*)、藏布鳞毛蕨(*Dryopteris redactopinnata*)、长片小膜盖蕨(*Araiostegia pseudocystopteris*)和圆齿假瘤蕨(*Phymatopteris incisocrenata*)等(徐成东,2007)。总体上,海拔梯度上蕨类植物区系的聚类分析,较好地反映了各海拔段蕨类植物的物种组成和区系构成,并与过去的研究结果较为接近(徐成东等,2006;徐成东,2007)。

#### 4 小结

利用云南哀牢山地区蕨类植物的海拔分布信息及其区系成分构成,利用聚类分析和数理统计的方法探讨了蕨类植物区系的垂直分布格局,主要结论如下:(1)随着海拔的升高,热带区系成分所占比重呈显著递减趋势,而温带区系成分所占比重呈明显递增趋势;(2)在整个海拔梯度上,东亚分布和热带亚洲分布占主导地位,所占比重始终处于较高的水平;(3)区系过渡性随着海拔的升高呈先增强后减弱的单峰分布格局,区系平衡点出现于海拔1700 m左右;(4)基于区系成分比重的聚类分析表明,断点

分别出现于海拔1300 m,1900 m和2600 m,各海拔内的物种组成和区系成分性质是一致的。

#### 参考文献:

- 陆树刚. 2004. 中国蕨类植物区系概论[A]. 植物科学进展(第6卷)[M]. 北京:高等教育出版社,施普林格出版社:29-41
- 吴征镒,曲仲湘,姜汉桥. 1987. 云南哀牢山森林生态系统研究[M]. 昆明:云南科技出版社:63-233
- 吴征镒,曲仲湘,姜汉乔. 1987. 云南哀牢山森林生态系统研究[M]. 昆明:云南科技出版社:63-233
- 庞金虎,范家瑞,邱学忠,等. 1988. 哀牢山植被[M]//徐永椿,姜汉乔. 哀牢山自然保护区科学探索论文集. 昆明:云南人民出版社:123-128
- 徐成东. 2007. 哀牢山蕨类植物[M]. 成都:西南交通大学出版社:102-259
- 徐克学. 1994. 数量分类学[M]. 北京:科学出版社:31-45
- Peng H(彭华). 1996. The floristic equilibrium point of seed plants in Mt. Wuliangshan(无量山种子植物的区系平衡点)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究),18(4):385-397
- Wu ZY(吴征镒). 1991. Genera areal-types of seed plants of China(中国种子植物属的分布区类型)[J]. *Acta Bot Yunnan*(云南植物研究),Suppl.(增刊)IV:1-139
- Xu CD(徐成东),Lu SG(陆树刚). 2006. pteridophytes floristic phytogeography in Mt. Ailaoshan Nature Reserve of Yunnan, China(云南哀牢山国家级自然保护区蕨类植物区系地理研究)[J]. *Acta Bot Boreal-Occident Sin*(西北植物学报),26(11):2351-2359
- Xu CD(徐成东),Lu SG(陆树刚). 2007. The ecological phytogeography of pteridophytes in Ailaoshan Mountain National Nature Reserve, Yunnan, China(云南哀牢山国家级自然保护区蕨类植物生态地理研究)[J]. *J Wuhan Bot Res*(武汉植物学研究),25(1):53-58
- Xu HQ(徐海清),Liu WY(刘文耀). 2005. Species diversity and distribution of epiphytes in the montane moist evergreen broad-leaved forest in Ailao Mountain, Yunnan(云南哀牢山山地湿性常绿阔叶林附生植物的多样性和分布)[J]. *Biodiversity Sci*(生物多样性),13(2):137-147
- Zhang KY(张克映),Zhang YP(张一平),Liu YH(刘玉洪),et al. 1994. Vertical distribution characteristics of rainfall in the Ailao Mountain(哀牢山降水垂直分布特征)[J]. *Sci Geograph Sin*(地理科学),14(2):144-151