

云南亚热带南部孢粉空间组合特征 及其与环境分异的关系

潘 韬^{1,2}, 吴绍洪^{1,3,*}, 戴尔阜¹, 王 昊⁴, 赵东升¹

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100049;
3. 中国科学院青藏高原研究所, 北京 100085; 4. 中国标准出版社, 北京 100045)

摘要:以云南亚热带南部野外调研孢粉资料为基础, 分析了 7 个样地的 35 个表土样品以及 28 个剖面样品孢粉组合的空间分异特征。结果发现: (1) 表土孢粉无论是在科属种类、数量及优势科属还是在科属植物区系上, 哀牢山脉东西两侧的样地均具有较大的差异。孢粉科属种类和数量方面, 哀牢山西侧样地要较东部丰富; 优势科属方面, 哀牢山山脉西侧植物群落的优势科属不明显, 且较东部要复杂, 而东部地区植物群落的优势科属则较为集中和突出; 植物区系分布方面, 世界广布、泛热带、热带亚洲至热带非洲以及北温带分布等 4 个植物区系, 其数量和所占比例东西差异都很大。(2) 剖面孢粉的分析结果显示, 其空间变化趋势与表土孢粉基本一致, 同样反映了孢粉组合的东西空间差异。(3) 孢粉组合的空间组合与区域的地形、气候分异特征有关。纵向排列的山系对大气环流的“阻隔”作用, 以及哀牢山东西侧不同的季风环流系统导致的水热组合条件的差异是造成孢粉组合空间分异格局的主要原因。云南亚热带南部孢粉空间组合反映了区内自然环境的区域差异。

关键词:云南亚热带; 孢粉组合; 空间差异; 环境分异

文章编号: 1000-0933 (2009) 01-0151-10 中图分类号: Q143, Q944, Q945, Q948 文献标识码: A

Relationships between surface pollen and spores assemblages and environmental difference in the Southern Subtropics of Yunnan Province, China

PAN Tao^{1,2}, WU Shao-Hong^{1,3,*}, DAI Er-Fu¹, WANG Hao⁴, ZHAO Dong-Sheng¹

1 Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, China

2 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

3 Institute of Tibetan Plateau Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085, China

4 Standards Press of China, Beijing 100045, China

Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(1): 0151 ~ 0160.

Abstract: Based on the pollen and spores data of thirty-five soil surface samples and twenty-eight profile samples from seven sampling plots of community forests in the southern subtropics of Yunnan province, the characteristic of pollen and spores spatial assemblages and its relationship with different environments are analyzed. Results show that: (1) There are significant differences in the pollen and spores taxa, amounts, dominant taxa and plant florae between both flanks of the Ailao Mountain. The pollen and spores taxa and amounts of the western part are more plentiful than the eastern. The dominant taxa are more centralized and prominent in the eastern part of the Ailao Mountain, while they are not prominent but more complex in the western. As for plant florae distribution, there are great differences in the amount and proportion of the four florae of cosmopolitan, pantropic, tropical Asia, tropical Africa and north temperate between the eastern and the western flanks. (2) The analysis of profile pollen and spores assemblages shows that their changing trends are basically in the accordance with the surface pollen and spores assemblages, also an indication of the differences between the both flanks. (3) Such obvious spatial differences of the pollen and spores assemblages are relevant to the regional terrains and

基金项目:国家重点基础研究发展计划资助项目(2003CB415101)

收稿日期: 2007-08-28; 修订日期: 2008-06-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: wush@igsnrr.ac.cn

climatic differential characteristics. The barrier function of the vertical mountain range and the different monsoon circulations which respectively come from Pacific Ocean and Indian Ocean that result in different hydro-thermal characteristics are mainly attributed to regional differentiated patterns of the pollen and spores assemblages, indicating the regional differentiation of the natural environment in the southern subtropics of Yunnan province.

Key Words: subtropics of Yunnan; pollen and spores; spatial difference; environmental difference

自然环境要素中,植物对生存环境的反应最为敏感^[1]。然而,由于人为因素的影响,现代自然植被遭到了严重破坏,人为干扰作用甚至超过了自然环境因素的影响,改变了原生植被的组成、结构,造成了植被与环境间的对应关系失真,难以从现代植被来判断环境状况。因此,了解原生植被状况,是进一步获取环境信息的关键。植物孢子和花粉由于其个体小、产量大、不易破坏而保留下来,并且能够反映植被特征,成为还原植被和环境信息的重要代用资料^[2]。

随着孢粉分析、鉴定和¹⁴C 测年技术的改进以及数值分析方法的发展,第四纪孢粉学在近些年来已经取得了长足的进步。近十几年来,人口增长、工业发展、植被破坏和环境恶化以及全球气候变化问题逐渐凸显,孢粉学家也开始特别关注孢粉组合与植被及人类现代生存环境的关系。大量研究表明,现代孢粉组合能够大致反映当地主要的植被类型,利用现代孢粉组合特征,探讨孢粉谱中主要孢粉类型的空间分布及其变化规律,对于孢粉的空间变化模式、区域植被以及自然环境地域分异规律的研究具有重要意义^[3]。

我国孢粉学者已经展开了大量孢粉-植被-环境关系的研究。包括空气中的孢粉^[4~6]、表土孢粉^[7~9]、第四纪孢粉学及古环境与古植被重建^[10,11]、沉积物孢粉^[12~14]、特征指示种的花粉雨^[15~17]等。探讨了孢粉组合所携带的环境信息,揭示了部分区域自然环境地域分异的规律^[18~20]。

云南亚热带南部地区位于我国纵向岭谷区(longitudinal range-gorge region, LRGR)南缘。纵向岭谷区是指我国西南、与青藏高原隆升直接相关联的横断山及毗邻的南北走向山系河谷区,纵向排列着老别山(南定河)、邦马山(澜沧江)、无量山(把边江-阿墨江)、哀牢山等一系列高大山地和河谷。其中哀牢山山脉是纵贯研究区中部的西北-东南向的巨大山脉,主峰超过 3100m,与西南夏季风气流几成正交。哀牢山西侧隶属滇西南山地,其以东地区则隔元江与滇东高原相邻,虽受到元江、南盘江及其支流的切割,但地势变化幅度相对较小,起伏缓和。同时,该区位于西南夏季风进入我国的必经之地、青藏高原的东南侧,气候不仅受到青藏高原的热、动力影响,还受两大热带洋面(印度洋与西太平洋)热源和水源地的共同作用,因此大气环流具有显著的多变性。复杂的地貌形态和大气环流系统,形成了该区复杂的气候特征和自然地理格局,环境区域差异显著。

云南亚热带南部自然地理环境复杂,环境气候区域分异特征显著,植物区系复杂多样,原生植被破坏严重,采用孢粉进行孢粉组合与植被、环境关系的研究,有助于认识植被分布特征与自然地理环境关系,揭示区域环境差异。

1 研究区概况与环境分异特征

研究区位于我国云南省南部,地理范围在 98°40'53"~106°11'33"E 和 22°26'34"~24°27'35"N 之间,行政区包括西畴、屏边、新平、镇沅、双江、永德、镇康等 7 县(图 1)。区内自然环境复杂,形成沿南北向发育、东西向分布的巨大山系和深切河谷格局,构成了独特的高山峡谷景观^[21]。

本区地处亚热带、边缘热带,受到纬度低、海拔高等地理条件的综合影响,形成了四季温差小、干湿季分明的气候特征,植被、气候垂直分异显著^[22]。该区季风型气候典型,主要受到西南季风影响,常年温暖湿润,在一些较主要的高原盆地内,年平均气温在 16~19℃ 之间。降水充沛,除少数河谷内部年雨量不到 1000mm 以外,大多数地点的雨量在 1000~1500mm 之间。受环流因子的东西向差异与地形条件影响,从西向东气温有明显下降的趋势。与这种趋势相联系,本区地带性植被分布的海拔范围具有相似的生物气候特征,呈现显著

的垂直和水平差异^[22]。

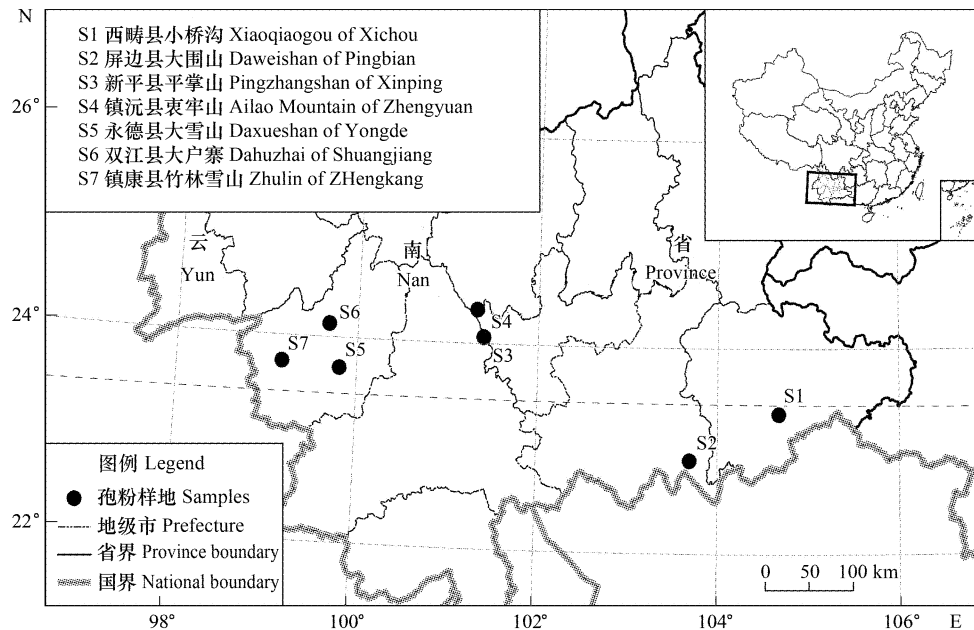


图1 研究区及采样点分布

Fig. 1 Study area and the distribution of samples

云南亚热带地区季风气候特征典型,区域对比明显。干季,全区受热带大陆气团控制,境内大多数地区降水稀少,区域差异不很明显(图2a);雨季,受热带海洋气团控制,在西南、东南两支暖湿气流影响下,降水量达到全年的80%~90%(图2b),且由于受不同季风环流的控制,大致以101.5°E一线为界将研究区分成东西两侧,东部地区降水明显低于西部地区(图2c),而101.5°E地区附近正是哀牢山脉一带。其它气象要素表现出同样显著的区域差异,101.5°E以西,最热月(7月份)平均气温多在21℃以上,以东地区多在21℃以下(图2d);该线以西,最冷月(1月份)平均气温多在11℃以上,而以东地区多在11℃以下(图2e);全年平均日照时数也是西部地区明显优于东部地区(图2f)。由此可见,哀牢山脉以西地区的水热组合条件明显优于东部地区。受不同季风气流的影响,多年平均地面2m风速东部地区多在20m/s以上,西部地区多在20m/s以下(图2g)。受此影响,多年平均年蒸发量西部地区明显高于东部地区(图2h)。

2 数据与方法

2.1 野外采样

本次调查在24°N附近设置了一条水平样带,共选择了7个样地(图1)。同时,考虑到孢粉资料的准确性,本次调查的样地全部位于自然保护区内,人类影响较小。样带由东向西包括西畴县小桥沟自然保护区(S1)、屏边县大围山自然保护区(S2)、新平县水塘镇者竜乡菜子地平掌山(S3)、镇沅县者东乡波浪村哀牢山(S4)、双江县勐库镇大户寨(S5)、永德县乌木龙镇大雪山自然保护区(S6)、镇康县木场乡竹林雪山(S7),样地海拔在1500~3000m之间,经度跨度约6°。表土样品主要采集林下表层土壤,在每个样地内按梅花点状法采集5个表土孢粉土样,每层10cm厚度,共得到35个表土样品。同时还在每个样地选取一个表土孢粉采样点,挖取土壤剖面,每个土壤纵剖面深约40~50cm,反映的时间尺度约在1000a左右^[23],每隔10cm采集一个土样,每个剖面采集4个土样7个剖面共采得28个剖面样品。

采集土样的同时,在取样地周围20m×20m范围内做植被调查。主要记录取样地周围植物群落中的植物种类及主要植物的丰度。植物丰度用估测的盖度(投影盖度)表示^[10],首先估测乔木、灌木及草本各自的总盖度,然后分别统计各属种的盖度,其计算方法与孢粉百分比的算法一致。

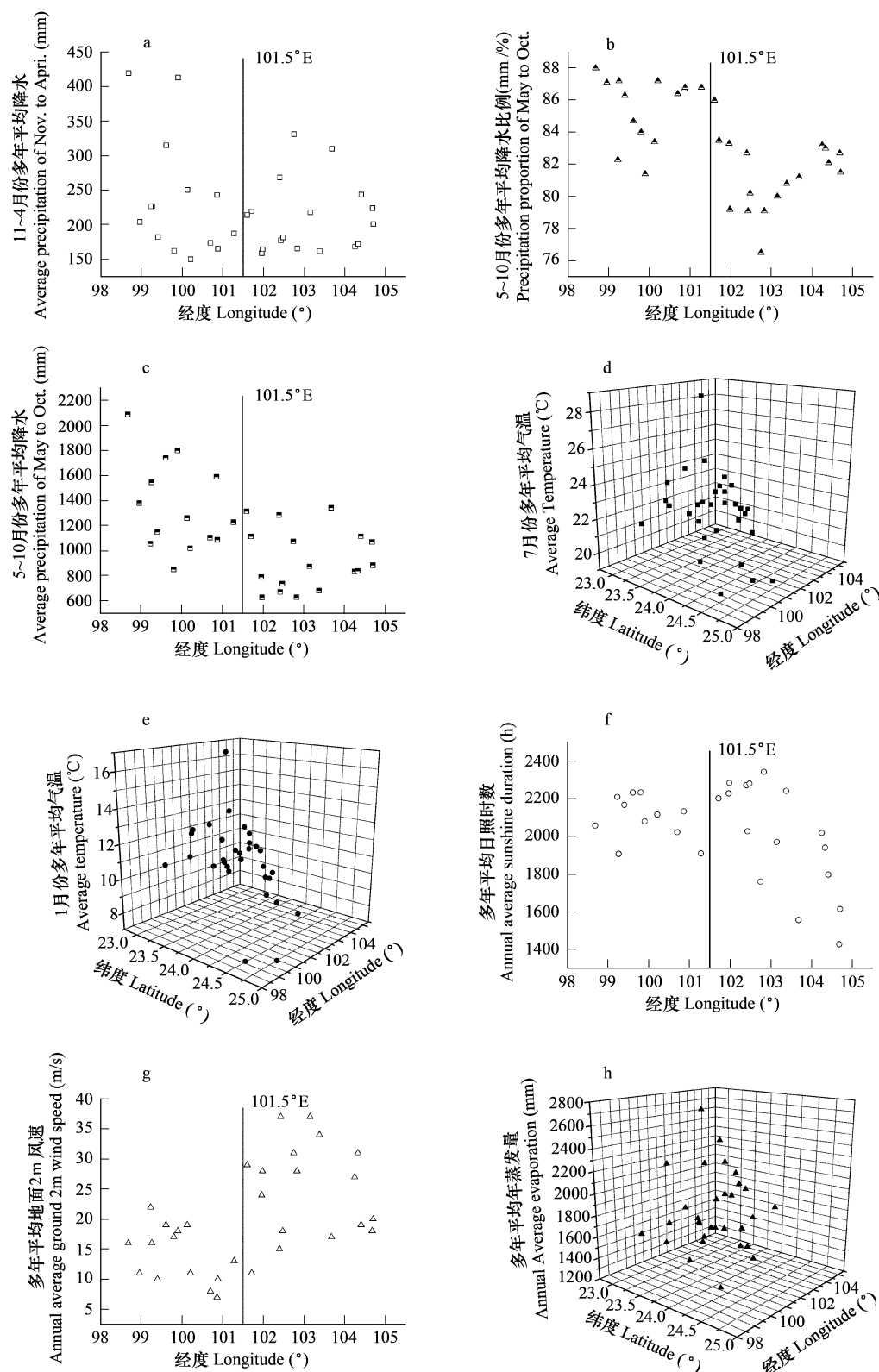


图2 云南亚热带南部不同气象要素空间格局

Fig. 2 Spatial pattern of meteorological elements in the Southern Subtropics of Yunnan

2.2 样品分析

样品的孢粉分析实验在中国科学院植物研究所植被数量生态学重点实验室完成,采用了氢氟酸冷却法进

行分析。具体流程如下:每个土样称样 6 ~ 15g,加 10% ~ 15% 的盐酸去除样品中的碳酸钙,打散样品中的胶结物,使其完全散开,经 40 目过筛后去除草根等杂物,加水 12h 后换水 4 次以上清洗,加 40% 氢氟酸去除样品中的矿物质及杂质,加水清洗,在超声波清洗皿中用 7μm 的筛布过筛约 3min,去处样品中的杂质,最后富集筛布上的有机质,制片观察,在显微镜下进行孢粉的鉴定、统计。样品统计鉴定的结果显示,7 个样地的样品中均含有丰富的孢粉。共鉴定到 10642 粒孢粉,平均每个样品 304 粒,其中,最多的为 540 粒/样,最少的为 229 粒/样,它们分属 89 个科属。

2.3 孢粉统计

以样地为单位分别统计各科属孢粉所占百分比含量。观察孢粉数据发现,7 个样地的孢粉组合中,蕨类植物的孢子数量较大,远高于除优势科属外的大多数科属,特别是的草本植物的一些科属,加上其出现的频率又极不稳定,各样点之间的绝对数量差异较大。因此,为了避免蕨类孢子对孢粉组合中一些小比例植物孢粉的掩盖效应,便于各科属在样点之间开展比较的一致性,在实际计算时,将蕨类孢粉与木本草本科属的孢粉分开来计算。计算公式为:

$$P_1 = \frac{Q_1}{X_1} \times 100\%$$

(1)

式中, P_1 为木本与草本植物各科属孢粉百分比(%), Q_1 为木本与草本植物各科属的花粉数(粒), X_1 为样地木本草本花粉(不含蕨类孢子)总数(粒)。

$$P_2 = \frac{Q_2}{X_2} \times 100\%$$

(2)

式中, P_2 为蕨类植物各科属孢粉百分比(%), Q_2 为蕨类植物各科属的孢子数(粒), X_2 为样地蕨类植物孢子(不含木本与草本花粉)总数(粒)。

3 孢粉空间组合特征

通过对云南亚热带南部表土孢粉与植被数量关系的研究发现该区孢粉组合能够较好的反应该区的植被状况^[24]。下面将从样地孢粉数量和种类、优势科属以及区系成分等 3 个方面,分析研究区孢粉组合的空间分异特征。

表 1 哀牢山山脉东西区域孢粉特有科属对比
Table 1 Comparison of endemic taxa between the east and west sides of Ailao Mountain

孢粉科属 Sporo-pollen taxa		哀牢山山脉以东 East of Ailao Mountain				哀牢山山脉以西 West of Ailao Mountain		
		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
木本植物	水青冈属 <i>Fagus</i>	24		1				
Woody	冬青属 <i>Llex</i>			1	1	8	13	1
	桑科 <i>Moraceae</i>		2	1				
	棕榈科 <i>Palmae</i>					1		2
草本植物	藜科 <i>Chenopodiaceae</i>					1	2	1
Herb	大戟科 <i>Euphorbiaceae</i>				1		1	
	茜草科 <i>Rubiaceae</i>	1			2	8	1	
蕨类植物	桫欏科 <i>Cyathea</i>							2
Fern	金毛狗蕨属 <i>Cibotium</i>					1		1
	凤尾蕨属 <i>Pteris</i>						4	
	瓦韦属 <i>Lepisorus</i>						1	1
	蹄盖蕨属 <i>Athyrium</i>							2

3.1 孢粉科属种类与数量空间差异

7 个样地孢粉组合中科属种类出现的数量表现出较为明显的水平差异。东部样地,包括 S1、S2、S3、S4,无论在总数还是分别在木本植物、草本植物和蕨类植物上都要明显低于西部样地,包括 S5、S6、S7(图 3)。东西部科属种类数量的差异发生在哀牢山山脉一带。东部的 4 个样地中,木本植物种类数量最多的新平点也仅有

12 种,草本植物种类数量最多的西畴点和屏边点仅有 6 种;而西部样地永德点的木本植物花粉种类达到了 18 种,最少的双江点也达到了 15 种,草本植物最高的永德点科属种类达 12 种,最低的双江点也达到了 7 种;蕨类植物孢子科属数量表现出了同样的空间组合。

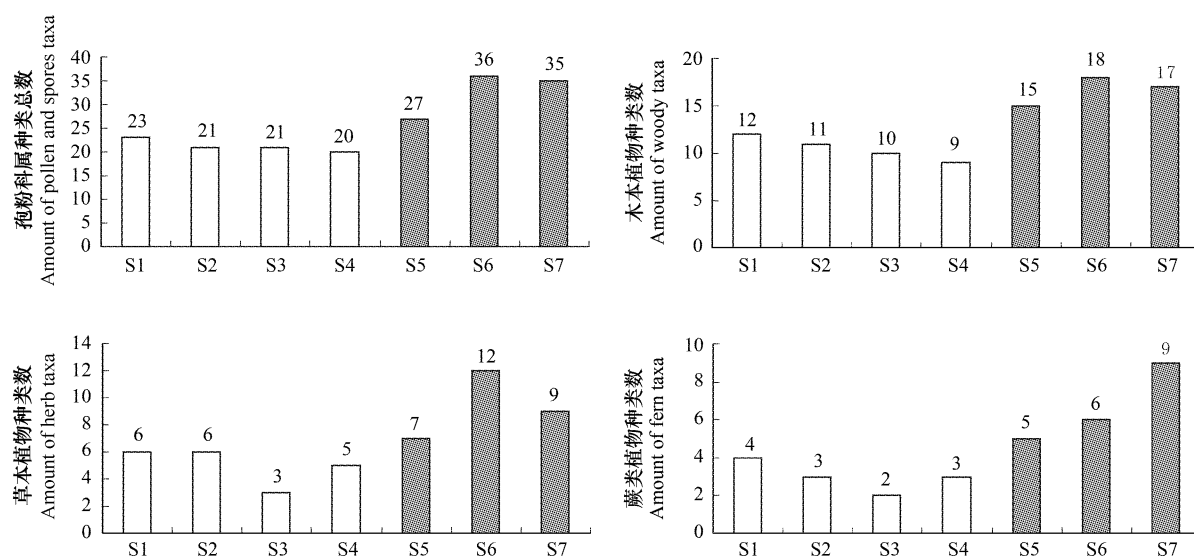


图3 各样地孢粉科属种类数量差异

Fig. 3 The pollen and spores taxa and amount difference of sampling plots

为了进一步揭示孢粉组合特征区域间的差异,分别列出哀牢山山脉以东和以西地区表土孢粉中特有的科属,见表 1。

表 1 表明,木本植物中哀牢山以东有水青冈属孢粉发现,尤其在西畴小桥沟该种花粉含量较丰富,而在西部样地中则没有发现该科属的花粉;相反的,西部样地中发现较多的冬青属花粉,而在东部样地中仅 S3、S4 各鉴定到 1 粒,S1、S2 中则没有发现;此外,东部和西部分别发现少量的桑科与棕榈科花粉。草本植物中,在哀牢山山脉以西发现较多的茜草科、大戟科、藜科花粉,而东部仅在样地 1 样品中鉴定得到 1 粒茜草科花粉。蕨类植物中,在哀牢山以西地区发现多种蕨类孢子,如桫欏、金毛狗蕨、凤尾蕨属、石韦属、蹄盖蕨属,而在东部并没有发现这些科属的蕨类植物。

3.2 孢粉组合中的优势科属对比

从孢粉组合中的优势科属成分、比重来看,云南南部 7 个样地的水平差异也比较明显(表 2)。哀牢山山脉东侧样地中,西畴点孢粉组合中百分比大于 5% 的植物科属仅有 5 个,其中大于 10% 的有 4 个,6 个科属孢粉数量共占孢粉总数的 66.73%;屏边点大于 5% 的科属只有 3 个,共占了孢粉总数的 63.03%,大于 10% 的只有 2 个,而且达到了 27% 和 29%,优势十分明显;新平和镇沅点样地孢粉优势科属百分比也均达到了 10% 以上。哀牢山山脉西部临沧中山地区的 3 个样地中,双江点孢粉组合中大于 5% 的植物科属有 7 个,而大于 10% 的仅有 2 个,7 个科属共占孢粉总数的 64.51%;永德点中大于 5% 的科属达 8 个,但大于 10% 的仅 1 个,8 个科属共占 61.05%;镇康点中则大于 5% 的有 7 个科属,大于 10% 的仅为 3 个,7 个科属共占了 76.27%。

由此来看,哀牢山西侧两样地内的孢粉组合中,优势科属种类多,但每种科属所占比例小,大多数所占百分比在 5% ~ 10% 之间,超过 10% 的科属很少。而东部样地内的孢粉组合中,优势科属种类少,但所占百分比大,大多超过 10%。这说明哀牢山山脉西侧的植物群落中优势科属较东部要复杂,无明显的优势科属,而东部地区的植物群落优势科属则较为集中和突出。

3.3 各样地孢粉组合的区系差异

依据吴征镒等的植物区系划分方法^[25,26],把研究样地的种子植物花粉(包括木本和草本植物)归属为 9

种区系类型,见表 3。

表 2 各样地孢粉组合中优势科属

Table 2 Dominant taxa of pollen and spores in each sampling														
S1		S2		S3		S4		S5		S6		S7		
	科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)		科属 Taxon (%)	
优势科属 百分比	栲 <i>Castanopsis</i>	18	落叶栎 <i>Quercus (D)</i>	29	栲 <i>Castanopsis</i>	28	石栎 <i>Lithocarpus</i>	26	石栎 <i>Lithocarpus</i>	19	金缕梅 <i>Hamamelidaceae</i>	14	石栎 <i>Lithocarpus</i>	23
Percentage of	落叶栎 <i>Quercus (D)</i>	15	常绿栎 <i>Quercus (E)</i>	27	松 <i>Pinus</i>	24	栲 <i>Castanopsis</i>	16	栲 <i>Castanopsis</i>	12	冬青 <i>Ilex</i>	9	落叶栎 <i>Quercus (D)</i>	14
Dominant Taxa	常绿栎 <i>Quercus (E)</i>	12	杜鹃花 <i>Ericaceae</i>	7	赤杨 <i>Alnus</i>	15	隧花木 <i>Chionanthus</i>	13	赤杨 <i>Alnus</i>	10	五加 <i>Araliaceae</i>	8	栲 <i>Castanopsis</i>	11
	石栎 <i>Lithocarpus</i>	10			石栎 <i>Lithocarpus</i>	14	松 <i>Pinus</i>	12	铁杉 <i>Tsuga</i>	7	鹅耳枥 <i>Carpinus</i>	7	赤杨 <i>Alnus</i>	10
	松 <i>Pinus</i>	6					赤杨 <i>Alnus</i>	10	五加 <i>Araliaceae</i>	6	石栎 <i>Lithocarpus</i>	6	隧花木 <i>Chionanthus</i>	7
									隧花木 <i>Chionanthus</i>	5	赤杨 <i>Alnus</i>	6	常绿栎 <i>Quercus (E)</i>	6
									金缕梅 <i>Hamamelidaceae</i>	5	禾本 <i>Gramineae</i>	6	松 <i>Pinus</i>	6
											铁杉 <i>Tsuga</i>	5		
合计 Total		67		63		81		77		65		61		76

表 3 哀牢山两侧剖面孢粉区系成分对比

Table 3 Comparison of profile pollen and spores between two sides of Ailao Mountain				
区系类型 Flora Types	哀牢山以西 West Side of Ailao Mountain		哀牢山以东 East of Ailao Mountain	
	数量 Amount	百分比 Percentage (%)	数量 Amount	百分比 Percentage (%)
世界广布 Cosmopolitan	204	18.8	70	5.8
泛热带 Pantropic	23	2.1	15	1.2
热带亚洲至热带非洲 Tropical Asia to Tropical Africa	13	1.2	4	0.3
北温带 North Temperate	145	13.4	318	26.4
北温带和南温带间断分布 North Temperate and South Temperate Disjunction	661	60.9	756	62.8
东亚(热带、亚热带)及热带南美间断 East Asia (tropical, subtropical) and Tropical South America disjunction	38	3.5	37	3.1
旧世界热带 Tropical Old World	0	0.0	1	0.1
欧亚和南美洲温带间断 Euro-Asia and South America Temperate	0	0.0	1	0.1
东亚及北美间断 East Asia and North America disjunction	1	0.1	1	0.1

分析哀牢山山脉两侧的孢粉区系成分和数量可以发现,世界广布、泛热带、热带亚洲至热带非洲以及北温带分布区系在数量和所占比例上东西差异很大,而其它区系成分东西相当。如北温带区系松科、榛木科、胡桃科、忍冬科、百合科,东西两侧花粉数量相差悬殊,分别为 145 和 318,其占各自孢粉总量的百分比分别为 13.4% 和 26.4%。

3.4 剖面孢粉组合空间分异

分析剖面孢粉组合特征,并将得到的孢粉种类和数目与表土样品进行对比(图 4)。结果发现,剖面样品孢粉科属种类数目的空间格局与表土样品非常接近,具有明显的东西差异。整体上以哀牢山山脉为界,其孢粉科属种类数目向东西两侧增加,而西侧孢粉科属数目明显高于东部。

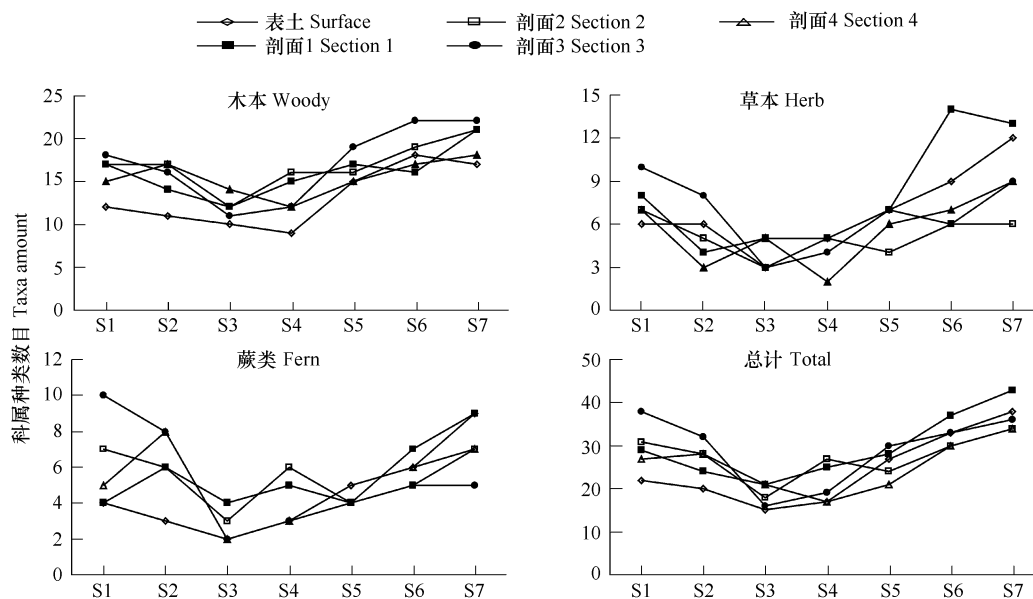


图4 剖面孢粉科属种类数目对比

Fig. 4 Amount comparison of profile pollen and spores taxa

4 主要结论与讨论

植物是环境气候的敏感指示物,能够提供许多有价值的环境气候信息。作为反映植被信息的重要代用资料,孢粉空间组合特征反映了自然环境要素的空间格局。云南亚热带南部的孢粉空间组合表现出明显的水平差异,其孢粉科属数量和种类、优势科属以及区系成分等在哀牢山山脉的东西两侧差异显著,这种空间组合特征与区域的自然环境背景有着重要关联。

利用云南亚热带南部的孢粉资料,分析了7个样地的35个表土样品以及28个剖面样品孢粉组合的空间分异特征。发现表土孢粉无论是在科属种类、数量、优势科属还是科属植物区系等方面,在哀牢山山脉东西两侧的样地均具有较大的差异。总的来说,哀牢山以西的样地其科属种类和数量都要较东部丰富;在优势科属方面,哀牢山山脉西侧植物群落的优势科属不明显,且较东部要复杂,而东部地区植物群落的优势科属则较为集中和突出;植物区系分布方面,世界广布、泛热带、热带亚洲至热带非洲以及北温带分布区系在数量和所占比例上东西差异都很大。剖面孢粉的分析结果显示,其空间变化趋势与表土孢粉基本一致,同样反映了东西孢粉组合的空间差异。

自然环境背景的区域差异是导致孢粉组合空间差异的主要原因。云南亚热带南部孢粉组合种类和数量的空间差异可能是由于其哀牢山山脉两侧受到两种不同季风环流影响的缘故。夏季,云南省处于西伸的西太平洋副高的西侧和印度低压的东部,盛行来自印度洋上的温暖潮湿的西南季风气流,5~10月份云南基本上在这支气流的影响和控制之下,带来丰富的降水,为丰富的植物种类发育提供了条件。当太平洋副高的中心位置移到华中地区时,云南处于它的西南侧,受到东南季风气流影响,这支气流来自于西太平洋热带洋面,水汽含量较为丰富,也是影响云南省雨季的又一重要水汽来源。两支气流在从水汽源向云南境内行进的过程中都受到一系列纵向排列山岭的阻隔作用,其强度逐渐减弱。总的来说,西南季风无论在强度和持续时间上都要大于东南季风。西南季风控制的西部地区雨季持续的时间和降水强度一般都要高于东南季风控制的东部地区,具有更加优越的水热组合特征,从而西部地区植物群系的复杂性要较西部地区高,进而导致哀牢山山脉以西地区的样地孢粉种类数量高于东部地区。

东部和西部分别发现少量的桑科与棕榈科花粉,棕榈科为典型的热带植物,在西部发现棕榈科花粉,而东部没有,这可能说明了西南季风控制区域盛行的印度洋气流带来的湿热环境更接近于热带气候特征。蕨类植物中,在哀牢山以西地区发现多种蕨类孢子,如桫欏、金毛狗蕨、凤尾蕨属、石韦属、蹄盖蕨属,而在东部并没有

发现这些科属的蕨类植物。这些现象可能说明了印度洋环流控制的西部地区发育有更加复杂多样的植物群系。

世界广布、泛热带以及热带亚洲至热带非洲区系在哀牢山西部的成分比例远大于东部,可能是由于在热带高原季风气候条件下,云南亚热带地区显著的气候空间差异的缘故。西部地区受来自印度洋的热带暖湿气流控制,水热组合十分优越,热带、亚热带植物区系发育广泛,而东部地区主要受西太平洋环流控制,水热组合的优越性不如西部区。相反地,更适于在温带生长的北温带区系植物在数量和成分比例上则表现为东部大于西部。间断分布区系由于其空间分布具有很大的不确定性因素,而其它区系植物因为成分比例很小,因此区域差异并不明显。

云南亚热带南部孢粉组合反映的这种空间分异格局,与研究区的地形、气候特征是紧密相关的。该区主体是一组纵向排列的中、高海拔山地组合,由东向西包括哀牢山、无量山、邦马山、老别山等,沿南北向发育、东西向分布的巨大山系和深切河谷构成了区域内独特的高山峡谷景观。复杂的地形特征、纵向排列的高大山岭对本区气候、水文、土壤乃至动植物的分布都有着巨大的影响,形成了独特的“阻隔”作用。受此作用影响,哀牢山山脉西侧区域的多年平均降水、多年月平均气温以及多年平均太阳总辐射都要高于东部。该区气候上不仅受到青藏高原的热、动力影响,还受到孟加拉湾和西太平洋两个热带洋面的共同作用。因此,本区同时受到东南季风和西南季风的影响,二者分别控制着云南亚热带的东部和西部区域,西南季风控制的西部区域其水热组合明显优于东部,从而形成了该区独特的植被空间格局和孢粉组合空间分异特征。

References:

- [1] Davis M B. On the theory of pollen analysis. *American Journal of Science*, 1963, 261: 897—912.
- [2] Wang K F, Xu X. Quaternary palynology. Guiyang: The People's Press of Guizhou, 1988.
- [3] Yang Z J, Xu J M. Advances in studies on relationship among pollen, vegetation and climate. *Acta Phytocologica Sinica*, 2002, 26(Suppl): 73—81.
- [4] Wu Y S, Xiao J Y. Modern pollen rain on Liangwang Mountain of Chenggong, Yunnan. *Acta Botanica Yunnanica*, 1989, 11(2): 145—153.
- [5] Huang C X, Pierre COUR. A tentative study of pollen rain in eastern China. *Geographical Research*, 2001, 20(1): 24—30.
- [6] Xu Q H, Yang X L, Su G J, Sun L M. Modern pollen dispersions in the south Yanshan Mountains. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 2000, 17(2): 198—206.
- [7] Li Y S, Jie D M. Study on surface spore-pollen assemblages characters in Qianshan Mountains-Liaohe Plain-Yiwulü Mountain. *Journal of Mountain Science*, 2006, 24(6): 691—697.
- [8] Tong G B, Yang X D, Liu Z M, Wang S M, Zhao H G. Surface soil pollen distributions in the Yulang Mountain. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2003, 23(2): 103—107.
- [9] Ni J. BIOME 6000 Project: latest advances of reconstructing palaeobiome. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2000, 11(3): 465—471.
- [10] Members of China Quaternary Pollen Database. Pollen-based biome reconstruction at middle Holocene (6 ka BP) and last Glacial Maximum (18 ka BP) in China. *Acta Botanica Sinica*, 2000, 42(11): 1201—1209.
- [11] Sun X J, Song C Q, Chen X D. "China Quaternary Pollen Database" (CPD) and "BIOME 6000" project. *Advance in Earth Sciences*, 1999, 14(4): 407—411.
- [12] Fall P L. Modern pollen spectra and vegetation in the Wind River range, Wyoming, U. S. A. *Arctic and Alpine Research*, 1994, 26: 383—392.
- [13] Xu Q H, Wang Z H, Zhu X Q. Preliminary study on surface pollen in Raoyang Section of the Hutuo River. *Journal of the Hebei Academy of Sciences*, 1991, 3: 49—55.
- [14] Xu Q H, Yang X L, Yang Z J. Relationship between pollen assemblages and vegetation in alluvial sediments of Luanhe River Basin. *Journal of Palaeogeography*, 2004, 6(1): 69—77.
- [15] Yan S. The discussion on the pollen of pine family in surface soil in Xinjiang. *Arid Land Geography*, 1993, 16(3): 1—9.
- [16] Li W Y. Relationships between pollen and plant of the *Abies fargesii* forest and its succession in the Shennongjia Mountain. *Acta Geographica Sinica*, 1991, 46(2): 186—193.
- [17] Pardoe H S. Surface pollen deposition on glacier forelands in southern Norway I: local patterns of representation and source area at Storbreen, Jotunheimen. *Holocene*, 2006, 16(8): 1149—1161.

- [18] Dzyuba O F. Pollen from surface samples as an environmental indicator. *Paleontological Journal*, 2006, 40(Suppl. 5): 584—589.
- [19] Liu H Y, Wang Y, Tian Y H, Zhu J L, Wang H Y. Climatic and anthropogenic control of surface pollen assemblages in East Asian steppes. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2006, 138(4): 281—289.
- [20] Brayshay B A, Gilbertson D D, Kent M, *et al.* Surface pollen-vegetation relationships on the Atlantic seaboard: South Uist, Scotland. *Journal of Biogeography*, 2000, 27(2): 359—378.
- [21] He D M, Wu S H, Peng H, Yang Z F, OU X K, Cui B S. A study of ecosystem changes in Longitudinal Range-Gorge Region and transboundary eco-security in southwest China. *Advance in Earth Sciences*, 2005, 20(3): 338—344.
- [22] Wang S Y, Zhang W. *Yunnan Geography*. Kunming: Yunnan National Press, 2002. 186—192.
- [23] Tong G B, Liu Z M, Wang S M, Yang X D, Wang S B. Reconstruction of climatic sequence of the past 1Ma in the Heqing Basin, Yunnan Province. *Quaternary Sciences*, 2002, 22(4): 332—339.
- [24] Pan T, Wu S H, Dai E F, *et al.* Quantitative relationships between surface pollen and spores assemblages and Vegetation in the Southern Subtropics of Yunnan Province, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(12): 6060—6069.
- [25] Wu Z Y, Zhou Z K, Li D Z, Peng H, Sun H. The Areal-types of the World Families of Seed Plants. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(3): 245—257.
- [26] Wu Z Y. Edits of “The Areal-types of the World Families of Seed Plants”. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(5): 535—538.

参考文献:

- [2] 王开发, 徐肇. 第四纪孢粉学. 贵阳: 贵州人民出版社, 1988.
- [3] 杨振京, 徐建明. 孢粉-植被-气候关系研究进展. *植物生态学报*, 2002, 26(增刊): 73~81.
- [4] 吴玉书, 肖家仪. 云南贡梁王山现代花粉雨的研究. *云南植物研究*, 1989, 11(2): 145~153.
- [5] 黄赐璇, Pierre COUR. 我国东部花粉雨初探. *地理研究*, 2001, 20(1): 24~30.
- [7] 李应硕, 介冬梅. 千山-辽河平原-医巫闾山表土孢粉组合特征分析. *山地学报*, 2006, 24(6): 691~697.
- [8] 童国榜, 羊向东, 刘志明, 王苏民, 赵鸿光. 云南玉龙山地区的表土花粉散布特征. *海洋地质与第四纪地质*, 2003, 23(2): 103~107.
- [9] 倪健. BIOME 6000 计划: 重建古生物群区的最新进展. *应用生态学报*, 2000, 11(3): 465~471.
- [10] 中国第四纪孢粉数据库小组. 中国中全新世(6kaBP)和末次盛冰期(18kaBP)生物群区的重建. *植物学报*, 2000, 42(11): 1201~1209.
- [11] 孙湘君, 宋长青, 陈旭东. 中国第四纪孢粉数据库(CPD)和生物群区(Biome 6000). *地球科学进展*, 1999, 14(4): 407~411.
- [13] 许清海, 王子惠, 朱宣清. 滹沱河饶阳段表土花粉的初步研究. *河北省科学院学报*, 1991, 3: 49~55.
- [14] 许清海, 阳小兰, 杨振京. 河北滦河流域冲积物花粉与植被关系的研究. *古地理学报*, 2004, 6(1): 69~77.
- [15] 阎顺. 新疆表土松科花粉分布的探讨. *干旱区地理*, 1993, 16(3): 1~9.
- [16] 李文漪. 神农架巴山冷杉林花粉与植物关系及其森林植被之演替. *地理学报*, 1991, 46(2): 186~193.
- [21] 何大明, 吴绍洪, 彭华, 杨志峰, 欧晓昆, 崔保山. 纵向岭谷区生态系统变化及西南跨境生态安全研究. *地球科学进展*, 2005, 20(3): 338~344.
- [22] 王声跃, 张文. *云南地理*. 昆明: 云南民族出版社, 2002.
- [23] 童国榜, 刘志明, 王苏民, 羊向东, 王书兵. 云南鹤庆盆地近1Ma来的气候序列重建初探. *第四纪研究*, 2002, 22(4): 332~339.
- [24] 潘韬, 吴绍洪, 戴尔阜, 王昊, 赵东升. 云南亚热带南部表土孢粉组合与植被间的定量关系. *生态学报*, 2008, 28(12): 6060~6069.
- [25] 吴征镒, 周浙昆, 李德铎, 彭华, 孙航. 世界种子植物科的分布区类型系统. *云南植物研究*, 2003, 25(3): 245~257.
- [26] 吴征镒. 世界种子植物科的分布区类型系统的修订. *云南植物研究*, 2003, 25(5): 535~538.