

# 千山—辽河平原—医巫闾山表土孢粉组合特征分析

李应硕, 介冬梅

(东北师范大学城市与环境科学学院, 吉林 长春 130024)

**摘要:** 对采自千山、医巫闾山及两山之间辽河平原的 9 个样品进行了孢粉分析, 分析表明该地区孢粉组合中木本植物占优势, 草本植物孢粉含量相对较少, 这与区域内实际植被情况大致相同。但由于该区域人为影响严重, 所见植被基本为次生植被, 因此孢粉与植被之间并未形成良好的对应关系。孢粉聚类分析表明, 联合指数 A, 超代表性指数 O, 低代表性指数 U 结合起来能够反映出孢粉对植被的指示程度, 分析表明研究区内松属、栎属、榛属孢粉对植被的指示意义较明显, 而草本植物孢粉对植被的指示程度均较低, 其中地榆属、唇形科、伞形科的指示意义最差。DCA 排序把 9 个样地分为三组, 第一组为千山区, 第二组为医巫闾山区, 第三组为辽河平原区, 与实际情况相符, 说明 DCA 排序能为恢复古环境、古气候提供依据。

**关键词:** 千山—辽河平原—医巫闾山; 表土孢粉; DCA; 聚类分析; 联合指数 A

**中图分类号:** Q913.84

**文献标识码:** A

全球气候变化与人类生活息息相关, 目前已成为人们关注的焦点。古环境、古气候的恢复是研究全球气候变化的重要组成部分, 而孢粉分析是恢复古环境、古气候的重要手段之一, 可见孢粉研究的重要性。目前全球孢粉图谱库正在建立中。本文研究区域横跨辽宁省中部, 临近辽东湾, 属于海陆过渡的敏感地带, 并且处在全球孢粉带内, 但是目前对该区域孢粉组合的研究还很少见。笔者认为该区域的孢粉图谱不仅可以作为恢复古环境、古气候的本底数据, 而且如果对沿海区域钻孔样品进行孢粉分析, 再结合年代测定, 可以判断海平面升降及海陆变迁, 因此研究该区域的孢粉组合具有很重要的意义。

孢粉与植被之间的关系很复杂, 因为孢粉在生产、传播和保存等方面受许多因素的影响。现代植被与表土孢粉的关系是准确分析历史时期植被的基础和参照物, 因此建立孢粉和植被之间的定性、定量关系是十分有必要的<sup>[1]</sup>。本文基于对千山、医巫闾山及两山之间的辽河平原地区的植被调查和孢粉资料, 引入生态学中广泛应用的分析方法来研究该区域的孢粉组合特征, 进而探讨孢粉与植被之间的对

应关系, 为整个辽东湾古环境恢复提供基础数据。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 取样地基本特征

千山位于辽宁省鞍山市东南 17 km 处; 医巫闾山位于辽宁省北宁市西部。两山均属东北—西南走向。本次采样范围介于  $40^{\circ}59'35'' \sim 41^{\circ}39'23''N$ ,  $121^{\circ}41'26'' \sim 123^{\circ}08'37''E$ , 海拔 6~772 m (表 1)。整个采样区横跨辽宁省中部, 属于温带大陆性季风气候区, 全年平均气温 7~11℃, 年降水量平均约 600 mm。

调查采样工作从千山开始, 途经辽河平原, 最后到达医巫闾山, 共选择 9 个样地取样 (详见图 1)。因为样地东西跨度大, 所以基本涵盖了辽宁省中部的所有植被类型。野外调查采用全球定位系统 (GPS) 精确定位, 每个样地分别按照乔、灌和草记录植物种名、盖度 (乔木层为郁闭度)、高度。植被调查同时在样地中取表土孢粉样品, 取样采用梅花式取样法, 即在样方四角以及中心分别取厚度 5 cm 左

收稿日期 (Received date): 2006-02-11; 改回日期 (Accepted): 2006-06-30.

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金项目 (40201052). [Supported by the National Project Research (40201052)]

作者简介 (Biography): 李应硕 (1982-) 男, 吉林省梅河口市人, 硕士生, 研究方向为自然地理学. [Li Yingshuo, male, born in May 1982 in Jilin, graduate student of Northeast Normal University, specialized in physical geography. Email: yingshuo82@163.com]

右的表土各 0.25 kg 然后混合在一起。

1.2 实验方法

孢粉分析具体步骤如下:

- 1)取样品 50~ 70 g(湿样),加水浸泡 12 h使其完全散开或烘干。
- 2)过筛(40目)去除草根等杂物,然后将样品倒入离心管中,离心 1~ 2 min(2000转/min)后测定其体积,进行定量分析。
- 3)加 5%碳酸钾水溶液于样品中,其量约为样品体积的一倍,煮沸 1~ 2 min 水洗去碱,洗清为止(静止 4 h左右换水一次,或以 2000 转/分离心 2 min,一般需换水 5~ 6次。
- 4)重液浮选,选取密度为 2.04~ 2.05的重液,量为样品体积的 3 倍。搅匀后离心 10~ 15 min (2000转/min)后,倒出上边的悬浮层(一般浮选 2 次),加酸化水稀释,其比重 < 1.2 沉淀 12 h,吸出上

面的液体,将下面的沉淀物移入 10 ml离心管中离心,即可检查。经上述处理的样品再经清洁处理后即可制片。

孢粉鉴定和统计在 400倍的光学生物显微镜下进行,每个样品鉴定统计孢粉 300~ 1 000粒,观察统计 3~ 4个玻片,有的样品孢粉数量少则需要更多的玻片来观察统计。

2 孢粉分析结果

2.1 孢粉组合特征

研究区样品孢粉组合为乔、灌木植物、草本植物和蕨类植物,其中只有 S6样品乔、灌木植物孢粉含量 < 50%,其余样品含量均在 74.75%~ 90.4%间,占绝对优势;除 S1、S6外其余样品都发现蕨类植物孢粉,含量在 0.2%~ 15%间,充分反映出山地植物群落的基本特征。

乔、灌木植物孢粉中,针叶植物松属(*Pinus*)孢粉含量处于绝对优势地位,最高值达 78%,平均为 60%。草本植物孢粉中藜科(*Chenopodiaceae*)、蒿属(*Artemisia*)、毛茛科(*Ranunculaceae*)在每个样品中都有发现,三者在各样品中的含量在 30%~ 78%间。各个样点孢粉组合特征如下。

2.1.1 样点 S1—蒙古栎林

该样点海拔 630 m,位于千山顶部。以乔、灌木为主,乔木中优势植物为蒙古栎(*Quercus mongolica*),伴生有少量的赤松(*Pinus densiflora*),郁闭度 0.8 灌木主要是迎红杜鹃(*Rhododendron mucronulatum*),盖度为 40%;草本植物为盖度仅为 1%的羊胡子草(*Carex callitrichos*)。样点内还有花曲柳(*Fraxinus rhynchophylla*)、千斤榆(*Capinus cordata*)和色木槭(*Acer mono*)幼苗。孢粉组合中乔、灌木植物孢粉占优势,总计含量 90.4%,其中针叶植物松属含量最多,为 78%,还有少量的栎属(*Quercus*) 5.5%、皂荚属(*Gleditsia*) 0.6%、椴树属(*Tilia*) 0.4%、柳属(*Salix*) 0.2%、桦木属(*Betula*) 0.2%、榛属(*Corylus*) 0.2%、栗属(*Castanea*) 0.2%、胡桃属(*Juglans*) 0.2%、榆属(*Ulmus*) 0.2%、麻黄属(*Ephedra*) 0.2%;草本植物孢粉含量较少,占孢粉总数的 9.4%,其中蒿属(*Artemisia*) 3.4%、毛茛科(*Ranunculaceae*) 2.4%、藜科(*Chenopodiaceae*) 1.6%、地榆属(*Sanguisorba*) 0.4%、菊科(*Compositae*) 0.2%、苔草属(*Carex*) 0.2%、禾本

表 1 千山—医巫闾山表土孢粉采样地的基本特征

Table 1 Site information for surface spore-pollen samples from Qianshan-Yiwu Mountains

样地	样地编号	纬度	经度	海拔
Site name	Site No	Lat (N)	Long (E)	Elve (m)
蒙古栎林	S1	40° 59' 35.0"	123° 07' 54.5"	630
蒙古栎杂木林	S2	40° 59' 34.5"	123° 07' 51.3"	600
油松栎林	S3	41° 00' 38.6"	123° 08' 36.6"	170
油松林	S4	41° 00' 43.3"	123° 08' 37.3"	168
胡桃楸林	S5	41° 00' 11.8"	123° 08' 28.3"	236
太子河口柳林	S6	41° 07' 03.4"	122° 41' 11.7"	6
蒙古栎糠椴林	S7	41° 39' 0.22"	121° 41' 25.8"	772
油松黑桦林	S8	41° 39' 09.6"	121° 42' 01.6"	639
刺槐杂木林	S9	41° 39' 22.6"	121° 42' 34.4"	522

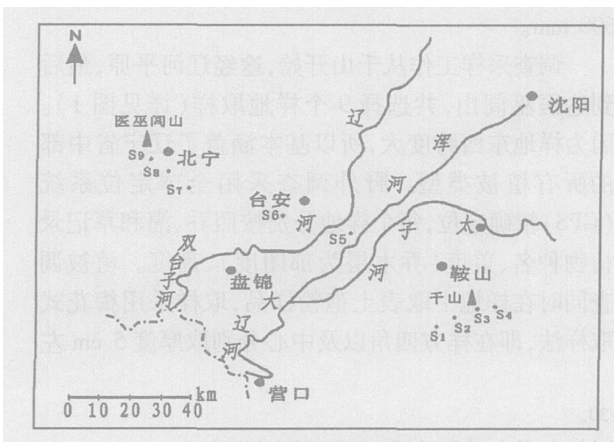


图 1 表土孢粉样地位置

Fig 1 Location of surface spore-pollen

科 (*Gramineae*) 0.2%、菖蒲属 (*Acorus*) 0.2%、地肤属 (*Kochia*) 0.2%、龙胆 (*Gentiana*) 0.2%、蓼属 (*Polygonum*) 0.2%, 还有水生植物香蒲属 (*Typha*) 0.2%。蕨类植物孢粉只有少量的中华卷柏 (*Selaginella sinensis*) 0.2%。

## 2.1.2 样点 S2—蒙古栎杂木林

该样点海拔 600 m, 位于千山北坡。乔、灌木植物仍占优势, 乔木以蒙古栎为主, 有少量的紫椴 (*Tilia amurensis*)、色木槭和糠椴 (*Tilia mandshurica*), 还有花曲柳和春榆 (*Ulmus japonica*) 的幼苗, 郁闭度 0.8。灌木盖度 10%, 包括接骨木 (*Sambucus wilsonii*)、早花忍冬 (*Lonicera praeflorens*)、毛榛 (*Corylus mandshurica*) 和小叶鼠李 (*Rhamnus parvifolia*); 草本植物有蓝萼香茶菜 (*Plectranthus japonicus*)、林茜草 (*Rubia cordifolia*)、宽叶薹草 (*Carex siderosticta*)、歪头菜 (*Vicia unguicula*)、银豆 (*Amphicarpea triperma*)、穿龙薯蓣 (*Dioscorea nipponica*)、鹿药 (*Smilacina japonica*)、东风菜 (*Doellingeria scabra*)、小叶芹 (*Aegopodium alpestre*)、桔梗 (*Platycodon grandiflorum*), 盖度为 40%; 还有少量藤本植物, 包括五味子 (*Schisandra chinensis*)、紫菀 (*Aster tataricus*)、羊胡子薹草、莓叶委陵菜 (*Potentilla fragarioides*)、林地蒿 (*Artemisia sylvatica*) 等。该群落孢粉组合以乔、灌木植物占优势, 百分含量为 76.33%, 其中针叶植物松属孢粉占 55%, 处于绝对优势, 其次湿落叶阔叶植物栎属 16.33%、鹅耳枥属 (*Caprinus*) 0.33%、麻黄属 0.33%。草本植物孢粉含量比较少, 蒿属 6.0%、藜科 4.3%、虎耳草科 (*Quercus*) 1.67%、苔草科 1.33%、地肤属 1.33%、委陵菜属 1.33%、毛茛科 0.33%、禾本科 0.33%、菊科 0.33%、茄属 (*Solanum*) 0.33%、鹿蹄草属 (*Pyrola*) 0.33% 及香蒲属 0.67%。蕨类植物孢粉也有少量, 中华卷柏 3.33%、水龙骨 (*Polypodiaceae*) 1.33%、石松属 (*Lycopodium*) 0.67%。

## 2.1.3 样点 S3—油松栎林

该样点海拔 170 m, 位于千山西坡, 草本植物很少, 只有少量的薹草 (*Carex dispalata*) 和落新妇 (*Astilbe chinensis*); 主要的乔木有油松、蒙古栎以及暖湿性植物大叶朴 (*Celtis koraiensis*), 还有花曲柳、糠椴的幼苗, 郁闭度 0.7。灌木有忍冬、狭叶山楂 (*Crataegus pinnatifida*)、毛樱桃 (*Prunus tomentosa*)、卫矛 (*Euonymus alatus*), 盖度 20%。该样地枯叶厚度 5 cm, 有很多未分解的松叶。孢粉组合乔、

灌木植物占优势, 百分含量为 85.25%, 其中松属 82.5%, 还有少量的栎属 1.25%、麻黄属 0.75%、桦木属 0.25%、椴树属 0.25%、叶底珠属 (*Securinega*) 0.25%; 草本植物孢粉含量仅 11.25%, 其中毛茛科 3.5%、藜科 2.0%、蒿属 1.5%、菊科 1.0%、苔草属 1.0%、禾本科 0.72%、虎耳草科 0.75%、景天属 (*Sedum*) 0.25%、十字花科 (*Cruciferae*) 0.25%、百合属 (*Lilium*) 0.25%; 蕨类植物孢粉中见少量的中华卷柏 3.0%、石松属 0.25%、卷柏属 (*Selaginella*) 0.25%, 占孢粉总含量的 3.5%。

## 2.1.4 样点 S4—油松林

该样点海拔 168 m, 位于千山东坡, 乔、灌木占绝对优势, 草本植物很少, 只有鸭跖草 (*Commelina communis*) 在林下零星分布; 乔木中优势植物为油松 (*Pinus tabulaeformis*), 郁闭度 0.7。灌木有胡枝子 (*Lespedeza bicolor*)、卫矛、小叶鼠李、大叶朴幼苗, 盖度 20%。孢粉组合中乔、灌木植物孢粉占 87.5%, 处于绝对优势, 其中有针叶植物松属 74%, 还有少量的栎属 5.5%、栗属 2.4%、皂荚属 1.5%、叶底珠属 (*Phyllanthus*) 1.2%、桦木属 1.2%、椴树属 0.7%、柳属 0.4%、榛属 0.2%、胡桃属 0.1%、榆属 0.1%、紫穗槐属 (*Amorpha*) 0.1%、卫矛属 0.1%; 草本植物孢粉含量占孢粉总数的 12.1%, 有毛茛科 2.7%、蒿属 1.5%、菊科 1.2%、景天属 (*Sedum*) 1.2%、虎耳草科 1.0%、苔草属 0.9%、藜科 0.9%、委陵菜属 (*Potentilla*) 0.9%、禾本科 0.6%、铁线莲属 (*Clematis*) 0.3%、唐松草属 (*Thalictrum*) 0.2%、荨麻属 (*Urtica*) 0.1%、玉蜀黍属 (*Zea*) 0.1%、伞形科 (*Umbelliferae*) 0.1%、唇形科 (*Labiatae*) 0.1%、十字花科 0.1% 及水生植物香蒲属 0.2%; 蕨类植物孢粉极少, 只有含量为 0.4% 的中华卷柏。

## 2.1.5 样点 S5—胡桃楸林

该样点海拔 236 m, 位于辽河岸边, 乔、灌木植物占优势, 乔木为胡桃楸 (*Juglandaceae mandshurica*), 郁闭度 0.5。灌木盖度为 70%, 有忍冬、黄檗 (*Phellodendron amurense*) 的幼苗, 狭叶山楂、大叶朴、接骨木、早花忍冬、稠李 (*Prunus padus*), 样点内基本没有草本植物。孢粉组合中乔、灌木植物花粉居首位, 占孢粉总数的 84.67%, 其中针叶植物松属孢粉占绝对优势, 百分含量为 67.0%, 还有少量的胡桃属 (*Juglans*) 6.67%、鹅耳枥属 3.67%、栎属 3.33%、榆属 3.0%、桦木属 0.33%、栗属 0.33%、

麻黄属 0.33%; 草本植物孢粉含量较少, 总含量为 14.0%, 包括十字花科 6.33%、藜科 2.0%、蒿属 1.33%、藜属 1.5%、茄属 1.0%、禾本科 0.67%、苔草属 0.67%、虎耳草科 0.67%、毛茛科 0.67%、菊科 0.33% 及香蒲属 0.75%; 蕨类植物孢粉为中华卷柏, 含量仅为 1.33%。

#### 2.1.6 样点 S6- 太子河口柳林

该样点海拔 6 m, 位于太子河口的河漫滩外侧, 水边有小片草地零星分布, 包括湿生草类如莎草 (*Cyperaceae rotundus*)、芦苇 (*Phragmites australis*)、水蓼 (*Polygonum. hydropiper*)、水蒿 (*Artemisia selengensis*) 等。较高处有黄金蒿 (*Artemisia aurata*)、豚草 (*Ambrosia artemisiifolia*)、益母草 (*Leonurus japonicus*)、苣荬菜 (*Sonchus brachyotus*)、扁蓄蓼 (*Polygonum. aviculare*) 等。土样取自河漫滩柳林中。孢粉组合中草本植物孢粉含量稍高, 占孢粉总数的 54.75%, 孢粉种类虽较多, 但含量都比较少, 其中藜科 9.25%、蒿属 8.5%、虎耳草科 5.5%、毛茛科 5.0% 孢粉含量稍高, 零星出现的有菊科 2.0%、禾本科 1.25%、伞形科 1.0%、狼毒属 (*Stellera*) 0.5%、苔草属 0.75%、菖蒲属 0.5%、地榆属 0.5%、地肤属 0.25%、唐松草属 0.25%、荨麻属 0.25%、蓼属 0.25%、龙胆属 0.25%。水生植物香蒲属 8.75%, 孢粉含量相对较高。乔、灌木植物孢粉含量较低, 占孢粉总数的 45.25%, 其中柳属为 42.5%, 孢粉含量最高, 还有少量的绣线菊属 (*Spiraea*) 2.0%、卫矛属 1.25%、桦属 0.5%、榛属 0.25%、栎属 0.25%、栗属 0.25%、蔷薇属 (*Rosa*) 0.25%、麻黄属 0.25%。松属 7.25% 含量相对较少; 未见蕨类植物孢粉。

#### 2.1.7 样点 S7- 蒙古栎糠椴林

该样点海拔 772 m, 位于医巫闾山山顶, 乔木有糠椴、蒙古栎、山杨和色木槭幼苗, 郁闭度 0.8 灌木有卫矛、胡枝子、榛子、小叶鼠李、忍冬、绣线菊 (*Spiraea salicifolia*), 盖度 40%; 草本植物较少, 有羊胡子苔草、玉竹 (*Polygonatum. odoratum*)、球果堇菜 (*Viola collina*)、蓝萼香茶菜、宽叶蒿 (*Artemisia latifolia*)、地榆 (*Sanguisorba officinalis*)、蒿叶乌头 (*Aconitum. artemisiifolium*)。孢粉组合中乔、灌木植物孢粉含量较高, 占孢粉总数的 79.5% 包括榛属 37.5%、松属 34.75%, 其他种类孢粉含量较少, 有绣线菊属 0.5%、桦木属 0.25%、鹅耳枥属 (*Carpinus*) 1.0%、栎属 3.75%、椴树属 (*Tilia*) 0.5%、麻

黄属 1.75%; 草本植物花粉含量较少, 占孢粉总数的 15.0%, 有蓼属 6.25%、藜科 2.75%、苔草属 1.5%、毛茛科 1.25%、菊科 1.0%、虎耳草科 0.5%、蒿属 0.5%、荨麻属 0.5%、菖蒲属 0.25%、地肤属 0.25%、十字花科 0.25%; 蕨类植物孢子最少, 占孢粉总数的 5.5%, 有中华卷柏 4.75%、石松属 (*Lycopodium*) 0.5%、水龙骨科 0.25%。

#### 2.1.8 样点 S8- 油松黑桦林

该样点海拔 639 m, 乔木有油松和黑桦 (*Betula davurica*), 郁闭度 0.3 灌木有胡枝子、土庄绣线菊 (*Spiraea pubescens*)、榛子和黑桦、山杨、蒙古栎、油松幼苗, 盖度 60%; 草本植物盖度 30%, 有羊胡子苔草、穿龙薯蓣、大丁草 (*Leibnizia anadria*)、早熟禾 (*Poa annua*)、花曲柳、莓叶委陵菜、地榆、龙芽草 (*Agrimonia pilosa*)。孢粉组合中乔、灌木植物孢粉含量最高, 占孢粉总数的 74.75%, 其中松属占 67.5%, 处于对优势, 还有少量的栎属 3.0%、桦属 2.5%、榛属 0.5%、柳属 0.5%、麻黄属 0.5%、椴属 0.25% 孢粉; 草本植物孢粉 10.25% 含量较少, 有蒿属 2.0%、藜科 14.5%、苔草属 1.0%、地肤属 0.75%、虎耳草科 0.5%、毛茛科 0.5%、茄属 0.5%、禾本科 0.5%、荨麻属 0.5%、菊科 0.25%、委陵菜属 0.25%、唐松草属 0.25%、百合属 0.25% 及香蒲属 0.5%; 蕨类植物孢粉占 15.0%, 包括中华卷柏 14.25%, 还有少量的石松属 0.5%、卷柏属 0.25%。

#### 2.1.9 样点 S9- 刺槐杂木林

该样点海拔 522 m, 乔木有胡桃楸、刺槐 (*Robinia pseudoacacia*)、落叶松 (*Larix gmelini*)、油松、狭叶山楂、蒙古栎, 郁闭度 0.5; 灌木为榛子, 盖度 50%; 草本植物极少。孢粉组合中乔、灌木植物孢粉居首位, 占孢粉总数的 78.25%, 其中针叶植物松属 72.5%, 占绝对优势, 还有少量的胡桃属 2.5%、栎属 1.25%、桦木属 0.75%、榛属 0.25%、榆属 0.25%、柳属 0.25%、椴树属 0.25%、麻黄属 0.25%; 草本植物孢粉 9.5%, 含量相对较少, 其中蒿属 2.0%、藜科 1.5%、苔草属 1.0%、地肤属 0.75%、虎耳草科 0.5%、毛茛科 0.5%、茄属 0.5%、禾本科 0.5%、荨麻属 0.5%、菊科 0.25%、委陵菜属 0.25%、唐松草属 0.25%、百合属 0.25% 及水生植物香蒲属 0.75%; 蕨类植物孢粉含量 12.25%, 以中华卷柏占优势, 为 12%, 还有少量的水龙骨科 0.25%。

综上所述,从实地调查得出的乔、灌木和草本植物的总体比例与表土孢粉组合中的比例基本一致,也就是说表土孢粉基本能反映出植物群落的概况。

2 2 聚类分析

聚类分析法 (Cluster Analysis)是根据地理变量(或指标或样品)的属性或特征的相似性、亲疏程度,用数学的方法把它们逐步地分型划类,最后得到一个能反映个体或站点之间、群体之间亲疏关系的分类系统<sup>[2]</sup>。本文为了解不同孢粉类型对植被的指示程度,对主要的 17种孢粉类型进行 A、O、U 值的计算,然后利用多变量统计分析软件包 (multivariate statistical package MVSP)对其进行聚类分析。

2 2 1 A、O、U 值

孢粉与植被之间存在着三种基本关系: (1)某一区域有某种植物分布,同时表土也有该种植物孢粉分布(关系 );(2)某一区域有某种植物分布,但表土无该种植物孢粉(关系 );(3)表土有某种植物孢粉,但该地并不存在该种植物(关系 )。为了定量地描述孢粉类型与植被间的关系,引用 Davis<sup>[3]</sup>设计的三个参数

$$A = B0 / (P0 + P1 + B0)$$
$$O = P0 / (P0 + B0)$$
$$U = P1 / (P1 + B0)$$

式中 B0表示植物与孢粉之间存在关系 的样品数,P1为植物与孢粉存在关系 的样品数,P0表示植物与孢粉存在关系 的样品数。A 为联合指数 (Association index),用来描述表土孢粉类型对当地植物的指示性,A 值高的孢粉类型,如在孢粉组合中百分比比较高,其在当地植被所占百分比也较高;O 为超代表性指数,O 值高的孢粉无该类型植物分布,其在表土中百分含量也可较高。U 为低代表性指数;U 值高的孢粉类型在表土中不易提取<sup>[4]</sup>。

本文选取 25种相对含量较高的孢粉类型,计算出每种孢粉的 A、O、U 值(见表 2)

2 2 2 聚类分析结果

聚类分析把 17个孢粉类型分为三个组,第一组有苔草属、菊科、胡桃属、榛属、栎属、松属,它们的联合指数 A 值较高,超代表性指数 O 值适中,表明孢粉与植被显著相关,对植被指示意义明显;第二组有椴属、卫矛属、榆属、柳属,它们中除卫矛属外,A 值和 O 值都适中,该组孢粉与植被显著相关,对植被有较明显的指示意义;第三组有毛茛科、虎耳草科、禾本科、委陵菜属、蓼属、桦属、蒿属,它们的 A 值较

低,O 值较高,孢粉与植被的相关关系不显著,对植被指示意义不明显。麻黄属、藜科、香蒲属、地肤属、中华卷柏等仅出现在孢粉组合中,故无法判断其指示意义。地榆属、唇形科、伞形科在孢粉组合中和实际植被中都有出现,但是未形成对应关系,证明它们对植被的指示意义最差。

表 2 主要孢粉类型的 A、U、O 值  
Table 2 A; U; O value of main spore-pollen

孢粉类型 Type of pollen	A	U	O
松属 <i>Pinus</i>	0.67	0	0.33
栎属 <i>Quercus</i>	0.56	0	0.44
榛属 <i>Corylus</i>	0.57	0	0.43
椴树属 <i>Tilia</i>	0.43	0	0.57
柳属 <i>Salix</i>	0.43	0.40	0.40
榆属 <i>Ulmus</i>	0.40	0.33	0.50
胡桃属 <i>Juglans</i>	0.40	0	0.60
卫矛属 <i>Euonymus</i>	0.25	0.67	0.50
桦木属 <i>Betula</i>	0.22	0	0.78
菊科 <i>Compositae</i>	0.44	0	0.56
苔草属 <i>Carex</i>	0.44	0	0.56
蒿属 <i>Artemisia</i>	0.33	0	0.67
委陵菜属 <i>Potentilla</i>	0.25	0	0.75
蓼属 <i>Polygonum</i>	0.20	0	0.8
禾本科 <i>Gramineae</i>	0.125	0	0.875
虎耳草科 <i>Quercus</i>	0.125	0	0.875
毛茛科 <i>Ranunculaceae</i>	0.11	0	0.89
麻黄属 <i>Ephedra</i>	0	0	1
藜科 <i>Chenopodiaceae</i>	0	0	1
地榆属 <i>Sanguisorba</i>	0	1	1
香蒲属 <i>Typha</i>	0	0	1
地肤属 <i>Kochia</i>	0	0	1
唇形科 <i>Labiata</i>	0	1	1
伞形科 <i>Umbelliferae</i>	0	1	1
中华卷柏 <i>Selaginella sinensis</i>	0	0	1

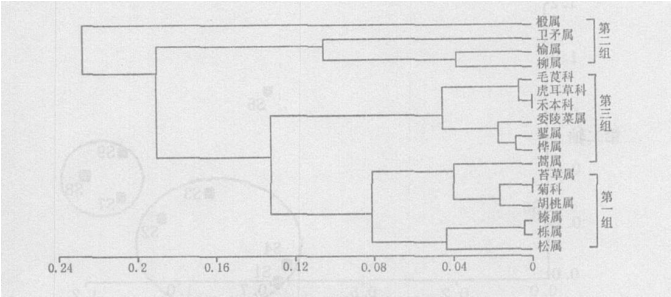


图 2 主要孢粉聚类分析图  
Fig 2 Sketch of cluster analysis for main spore-pollen sample sites

### 2.3 DCA 排序

除趋势对应分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 是在对应分析 (correspondence analysis, CA) 基础之上提出的新方法, 它继承了 CA 分析能反映种与环境之间的单峰模型关系的优点, 与高斯曲线具有高度吻合性, 同时又消除了 CA 弓型效应的影响, 是目前植被分析中最为有效的排序方法之一<sup>[2]</sup>。DCA 分析是以种类排序值的均值作为样品的排序值, 同时以样品排序的平均值来计算种类的新排序值, 平均过程不断重复, 直至出现稳定的样品排序值和种类排序值<sup>[5]</sup>。排序也叫梯度分析 (gradient analysis), 是将样方或植物种排列在一定的空间, 使得排序轴能够反映一定的生态梯度, 即排序是为了揭示植被—环境的生态关系<sup>[6]</sup>。本文在孢粉组合直观描述的基础上, 应用多变量统计分析软件包 MVSP 对样品中出现频率较高的 17 种孢粉数据进行 DCA 分析, 得出了 9 个样地的 DCA 排序图 (图 1), 排序结果比较满意。

如图所示, DCA 第一轴的特征值累积百分比为 0.351, 第二轴为 0.516, 较好地反映了孢粉组合之间及其与环境的关系。9 个样地大部分被分成两个组, S1、S2、S3、S4 为第一组; S7、S8、S9 为第二组; S5、S6 未被划入组内。两组样地的平均干燥度依次为 2.42 和 3.18, 表明第一、第二主成分很好的反映了干湿程度的变化。这正好与实际采样位置相符合, 第一组采自千山, 第二组采自医巫闾山, 而 S5、S6 采自两山之间的辽河平原, 两点位置跨度较大。

## 3 结论与讨论

### 1 该研究区内的孢粉组合以木本植物为主, 含

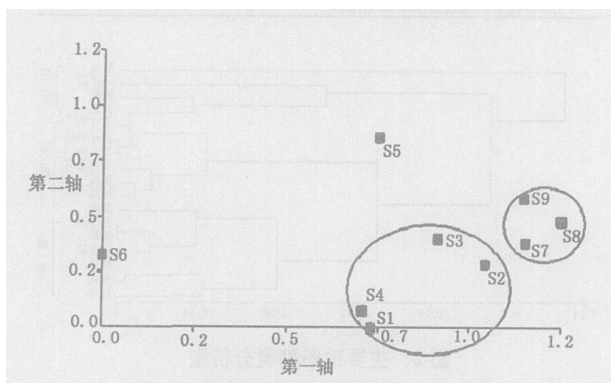


图 3 表土孢粉样地 DCA 排序

Fig 3 Scatter plot of DCA for surface spore-pollen sample sites

量在 74.75% ~ 90.4% 间。草本植物孢粉含量相对较少, 在 9.4% ~ 54.75% 间, 这正与该区域植被的实际情况大致吻合。

2 在木本植物孢粉中, 松属的百分含量很高, 高达 78%, 虽然松属为研究区的优势种, 但在含松比例较小的林下亦有大量松属孢粉出现, 其主要原因是松属的孢粉带气囊, 因此具有很强的传播性。草本植物孢粉类型很多, 但含量都在 10% 以内, 且与实际植被对应性较差, 其中藜科、狼毒属、地肤属、香蒲属、十字花科、茄属、荨麻属、柃属、唐松草属、铁线莲属、龙胆属、玉蜀黍属均未在研究区内出现, 说明是区外传播而来。孢粉组合中存在一定数量的蕨类植物, 研究区内无蕨类植物生长, 主要原因可能是研究区内大多是次生林, 郁闭度不够, 不能为蕨类植物生长提供适宜的环境, 此外, 人为干扰也可能是原因之一。同时, 在研究区内有相当一部分植被类型未在孢粉组合中出现, 包括色木槭、小叶鼠李、五味子、歪头菜、杜鹃、花曲柳、羊胡子苔草、黄蘗、莫石竹, 这些植被均适宜生活在林下、林缘或山坡上, 属于地带性植被。笔者认为造成孢粉组合与地表植被之间未形成很好对应关系的主要原因可能是研究区人口较密集, 且农业发达, 原生植被破坏严重, 所见植被基本为次生植被。

3 孢粉的聚类分析结果表明, A、U、O 值配合使用, 能够较好的反映孢粉对植被的指示程度。通过对研究区内孢粉组合的分析发现, 松属、栎属、榛属的联合指数 A 最高, 对植被有明显的指示意义。但该区域内多数草本植物孢粉的 A 值不高, 证明其对植被的指示意义不是很明显。

4 孢粉组合的 DCA 排序可将采样点进行排序和分类, 与此同时和环境指标结合起来, 可以对恢复古环境、古气候提供很好的依据。

虽然对孢粉的排序和分类表明植物群落与环境有一定的对应关系, 但就该研究区来说, 还未能像其他研究区域那样确定出对植被和环境具有特别明显指示意义的孢粉组合, 如荒漠、荒漠草原表土孢粉的蒿/藜比对于干旱程度具有非常明显的指示意义<sup>[3]</sup>, 因此单纯依靠孢粉分析来恢复古环境、古气候是不够的, 有必要结合其他方法使分析更具科学性和客观性。

### 参考文献 (References)

- [1] Lü X i m i n g, Chen H u i, Li S h u a n g c h e n g *et al.* Surface pollen assemblages and quantitative characteristics in Eastern Qilian Mountains
- [2] *Journal of Mountain Science* 2004, 22 (2): 199 ~ 206 [吕新

- 苗, 陈辉, 李双成, 等. 东祁连山表土花粉组合及其数量特 [ J ]. 山地学报, 2004, 22(2): 199~ 206]
- [ 2] Wu Jihua, Zhang Shen, Jiang Yuan *et al.* Plant Geography[M ]. Beijing Higher Education Press, 2004, 210~ 221[ 武吉华, 张坤, 江源, 等. 植物地理学 [ M ]. 北京: 高等教育出版社, 2004, 210~ 221]
- [ 3] Davis O. K. Pollen frequencies reflect vegetation patterns in a great basin ( USA ) mountain range[ J]. *Rev Palaeobot Palynol*, 1984, 40: 295~ 315
- [ 4] Li Yuecong, Xu Qinghai, Yang Xiaolan, *et al.* A study on indicative research of pollen to vegetation in the east area of China[ J]. *Science Bulletin*, 2005, 50(13): 1356~ 1364[ 李月丛, 许清海, 阳小兰, 等. 中国荒漠区东部花粉对植被的指示性研究 [ J ]. 科学通报, 2005, 50(13): 1356~ 1364]
- [ 5] Xu Qinghai, Li Yuecong, Yang Xiaolan, *et al.* Study on surface pollen of major steppe communities in northern China[ J]. *Geographical Research*, 2005, 24(3): 294~ 402[ 许清海, 李月丛, 阳小兰, 等. 北方草原地区主要群落类型表土花粉分析 [ J ]. 地理研究, 2005, 24(3): 294~ 402]
- [ 6] Chen Hui, Lv Xinnia, Li Shuangcheng. A study on topsoil pollens in the east of Qaidam basin[ J]. *Geographical Research*, 2004, 23(2): 201~ 210[ 陈辉, 吕新苗, 李双成. 柴达木盆地东部表土花粉分析 [ J ]. 地理研究, 2004, 23(2): 201~ 210]
- [ 7] Campbell I. D. Quaternary pollen taphonomy: example of differential redeposition and differential preservation [ J ]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1999, 149: 245~ 256
- [ 8] Li Yiyin, Zhang Xinsh, Zhou Guangsheng. Numerical relationship between some common surface pollen and vegetation in the North of China[ J]. *Science Bulletin*, 2000, 45(7): 761~ 765[ 李宜垠, 张新时, 周广胜. 中国北方几种常见表土花粉类型与植被的数量关系 [ J ]. 科学通报, 2000, 45(7): 761~ 765]
- [ 9] Li Yuecong, Xu Qinghai, Yang Xiaolan, *et al.* Pollen assemblages of major steppe communities in China[ J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(3): 555~ 564[ 李月丛, 许清海, 阳小兰, 等. 中国草原区主要群落类型花粉组合特征 [ J ]. 生态学报, 2005, 25(3): 555~ 564]
- [ 10] Yu Pengtao, Liu Hongyan. Surface pollen and its climatic significance from different altitudinal vegetation belts in the belts in the north slope of Xiaowutai Mountain, Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 1997, 33(4): 475~ 484[ 于澎涛, 刘鸿雁. 小五台山台北坡植被垂直带的表土花粉及其气候意义研究 [ J ]. 北京大学学报, 1997, 33(4): 475~ 484]
- [ 11] Zhang Jihua, Kong Zhaochen, Du Naiqiu. Numerical characteristics of pollen assemblages of surface samples in Baihua Mountain and Baihua Mountain and Dongling Mountain [ J ]. *Marine Quarterly Geology*, 1996, 16(3): 101~ 112[ 张佳华, 孔昭宸, 杜乃秋. 北京地区百花山、东灵山表土花粉的特征分析 [ J ]. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(3): 101~ 112]
- [ 12] Cheng Bo, Zhu Yan, Chen Fahu. Relationship between the Surface Pollen and Vegetation in Shiyang River Drainage Northwest China [ J ]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(1): 82~ 88 [ 程波, 朱艳, 陈发虎. 石羊河流域表土孢粉与植被的关系 [ J ]. 冰川冻土, 2004, 26(1): 82~ 88]

## Study on Surface Spore-pollen Assemblages Characters in Qianshan Mountains-Liahe Plain-Yiwuli Mountains

LI Yingshuo, JIE Dongmei

(College of Urban and Environmental Science of Northeast Normal University, Changchun 130024 China)

**Abstract** From this paper nine surface spore-pollen samples were collected from Qianshan Mountains-Liahe Plain-Yiwuli Mountains. The pollen diagram showed that the dominant spore-pollen in this study area were tree plants, the spore-pollen content of herbaceous plants were relatively less. The surface spore-pollen combination could basically reflect the regional vegetation situation. But because artificial activities in this region is obvious the vegetation we saw were hardly original vegetation, there were not exactly corresponding relations between spore-pollen and vegetation. Cluster analysis of spore-pollen indicates that the value of association index A, ultra representative index O, low representative index U can reflect respectively the similarity of spore-pollen and vegetation. The analysis showed that the instructive of *Pinus*, *Quercus*, *Corylus* to vegetation were higher but the spore-pollen of herbaceous plants' instructive in this area were lower. We found that instructive of *Sanguisorba*, *Labiate*, *Umbelliferae* were lowest. Based on the DCA nine sample sites were divided into three groups, they were respectively belonged to Qianshan, Liahe plain and Yiwuli mountains region, so DCA can provide basis for recover palaeoclimate and palaeoenvironment.

**Keywords** Qianshan Mountains-Liahe Plain-Yiwuli Mountains; topsoils spore-pollen; DCA; Cluster Analysis; Association index