

太白山北坡花粉通量与表土花粉研究

李月丛¹, 许清海¹, 曹现勇¹, 阳小兰², 李宜垠³, 周力平³

(1 河北省师范大学资源与环境学院, 石家庄 050016;

2 河北省地理科学研究所, 石家庄 050011; 3 北京大学环境学院, 北京 100871)

摘要: 太白山北坡各森林植被带乔木花粉百分比多高于 45%, 与植被组成类似。高山草甸带捕捉器样品乔木花粉百分比低于 15%, 与植被组成一致, 但表土花粉组合中乔木花粉百分比高于 50%, 外来花粉数量较多, 进行高山带古环境研究应予注意。太白红杉林花粉通量最低, 高山灌丛草甸最高。落叶栎林带表土花粉浓度最低, 红桦林带最高。表土中松、冷杉属花粉百分比远高于花粉捕捉器, 表明其在表土中有较好的保存能力。落叶松属和杜鹃花科花粉在表土及捕捉器中百分比均较低, 表明对植被指示性良好。栎属与桦属花粉通量类似, 但桦属花粉浓度大于栎属, 表明栎属较桦属易于保存。

关键词: 太白山; 花粉捕捉器; 花粉通量; 花粉组合; 表土花粉; 花粉浓度

文章编号: 1000-0585(2008)03-0536-11

1 引言

古植被、古气候研究中, 花粉是重要指标之一。要更好地解释化石花粉谱, 需要了解现代花粉与植被气候的关系, 现代花粉研究中, 表土花粉与捕捉器花粉是两种最重要的研究方法。表土花粉研究因为取样简单而长期以来广受关注。其缺陷是定量或精确研究很困难, 如我们不知道花粉组合代表多少年的植被变化, 不能确定花粉来自距样点多大的范围内。利用捕捉器进行的花粉通量研究, 可以较客观反映特定时间和空间范围内花粉沉积状况, 因而有较大优势, 花粉通量研究中, 最常用的就是 Tauber 花粉捕捉器。它最早是由 Tauber 设计用来研究空气花粉的一种野外采样器^[1]。上世纪 70 年代后被 Peck^[2], Davis 等^[3, 4] 所推崇, 现在已成为现代花粉研究中常用的采样方法。80 年代后, 花粉通量在现代花粉研究中的作用越来越大^[5~10], 特别是欧洲 90 年代对花粉通量实施了花粉检测计划 (Pollen Monitoring Programme, PMP)^[11~14] 后。花粉通量研究显得越来越重要, 近些年在定量研究花粉来源、花粉产量、花粉与植被、气候关系、景观开放度、人类对森林破坏等方面发挥了主导作用^[15~24]。但目前我国现代花粉研究主要利用表土花粉数据^[25~30], 花粉通量研究还非常少, 仅见孙湘君等对长白山红松云杉混交林^[31] 和作者等对长白山红松针阔混交林的少量研究^[32], 使我国在现代花粉研究上相对落后。本文是作者在花粉通量研究的阶段小结, 试图通过捕捉器与表土花粉的对比, 探讨两种方法的异同。

收稿日期: 2007-07-05; 修订日期: 2007-12-15

基金项目: 科学技术部基础研究重大项目前期研究专项项目 (2003CCA01800), 国家自然科学基金项目 (40571166, 40672107)、河北省博士基金项目 (06547006-3) 和教育部博士点专项科研基金项目 (20050094004) 联合资助。

作者简介: 李月丛, 女, 河北晋州人, 研究员, 博士。主要从事孢粉学与全球变化研究。

Email: lyczh@sohu.com, Tel: 0311-86269204

太白山是秦岭主峰, 海拔 3767m, 地处暖温带和北亚热带的分界, 有着丰富的自然地理、气候、地质等研究内容; 其中也不乏古环境研究^[33~36] 和现代表土花粉研究成果^[26, 29, 30, 37], 但花粉通量研究未见报道。本文通过对太白山北坡不同植被带花粉捕捉器和表土样品花粉组合对比, 探讨不同植被带花粉沉积特征及其对植被的代表性。

2 植被概况

太白山植被类型丰富, 植被垂直带谱完整。根据植物群落外貌、种类组成、群落结构及环境特征, 北坡植被组成由上而下依次分布有: (1) 高山灌丛草甸带 (3350~3767m): 头花杜鹃(*Rhododendron cephalanthum*) 灌丛是主要类型。(2) 太白红杉(*Larix chinensis*) 林带 (2900~3500m): 以太白红杉为单优势建群种。(3) 巴山冷杉(*Abies fargesii*) 林带 (2750~3250m): 常由巴山冷杉构成纯林。(4) 糙皮桦(*Betula utilis*) 林带 (2250~3050m): 以糙皮桦为单优势建群种, 为过熟林。(5) 红桦(*Betula albo-sinensis*) 林带 (2200~2750m): 常为红纯桦林或以红桦为优势种的混交林。(6) 落叶栎林带: 包括辽东栎林亚带 (1850~2350m)、锐齿槲栎(*Q. aliena* var. *acuteserrata*) 林亚带 (1250~1900m) 和栓皮栎(*Quercus variabilis*) 林亚带 (780~1400m)。辽东栎林和锐齿槲栎林多为纯林。栓皮栎林为北坡山麓基带, 由于分布海拔较低, 受人类活动影响较大, 多为萌生中幼龄林^[38~40]。

3 研究方法

3.1 野外样品采集

花粉通量研究采用 Tauber 花粉捕捉器的方法^[1]。2004 年 6 月在太白山北坡蒿坪自然保护区辖区内, 随海拔高度变化, 每一植被带内各放置 4~7 个 Tauber 型花粉捕捉器, 6 个植被带共放置花粉捕捉器 31 个。花粉捕捉器高约 30cm, 直径约 10 cm, 大部分埋入地下, 出露地表约 4~5 cm。开口直径约 5 cm, 一般放置在植被带内具有一小开放空间的地段, 以减少局地植被影响。为了对比花粉捕捉器样品与表土花粉的差异, 安放花粉捕捉器时, 同时采集表土花粉样品 (以苔藓为主, 没有苔藓的样点, 取地表层 1~2cm 厚土壤)。2005 年 6 月将花粉捕捉器收回。由于人为或动物破坏, 个别林地内花粉捕捉器丢失, 故总共收回花粉捕捉器 26 个。安放捕捉器时, 作者也对花粉捕捉器样点周围 30m 范围内植被组成进行了调查, 记录植物群落总投影盖度, 不同种的分投影盖度、种名等。

3.2 实验室处理

表土花粉样品实验室取样重量 10g, 花粉提取采用常规的 HF 方法^[8], 花粉捕捉器样品先用 200 μ 筛过滤, 水洗沉淀, 然后用常规的 HF 方法提取花粉。花粉鉴定统计在 400 倍日本 Olympus BX-51 光学生物显微镜下进行, 每个样品鉴定统计花粉 400 粒以上。

3.3 花粉通量计算方法

$$\text{花粉通量 (粒/cm}^2\text{/年)} = (\text{某一类型花粉数量} \times \text{加入石松孢子数}) / (\text{鉴定石松孢子数量} \times \text{花粉捕捉器开口面积})$$

本研究中加入石松孢子数为 11670 粒, 花粉捕捉器开口直径 5.2cm。

4 结果分析

4.1 不同植被带捕捉器与表土样品花粉组合特征

(1) 高山灌丛草甸带 高山灌丛草甸带安放花粉捕捉器 4 个, 收回 4 个, 采集表土

花粉样品 4 个。捕捉器样品花粉通量 $19000 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年} \sim 71000 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$ ；以灌木（高于 30%）和草本花粉（高于 45%）为主，乔木花粉低于 20%。灌木花粉中，杜鹃花科（*Ericaceae*）（2~ 34%）百分比最高，与植被优势种相同。草本花粉中，毛茛科（*Ranunculaceae*）（4~ 30%）、菊科（*Compositae*）（0.1~ 65%）、蓼科（*Polygonaceae*）（0.4~ 10%）花粉百分比高，与植被组成种类也较一致。乔木花粉应为山下搬运而来，松属（*Pinus*）、桦属（*Betula*）、栎属（*Quercus*）、鹅耳枥属（*Carpinus*）、椴属（*Tilia*）为最主要花粉类型，其中每一乔木花粉百分比均低于 5%（图 1，图 2）。

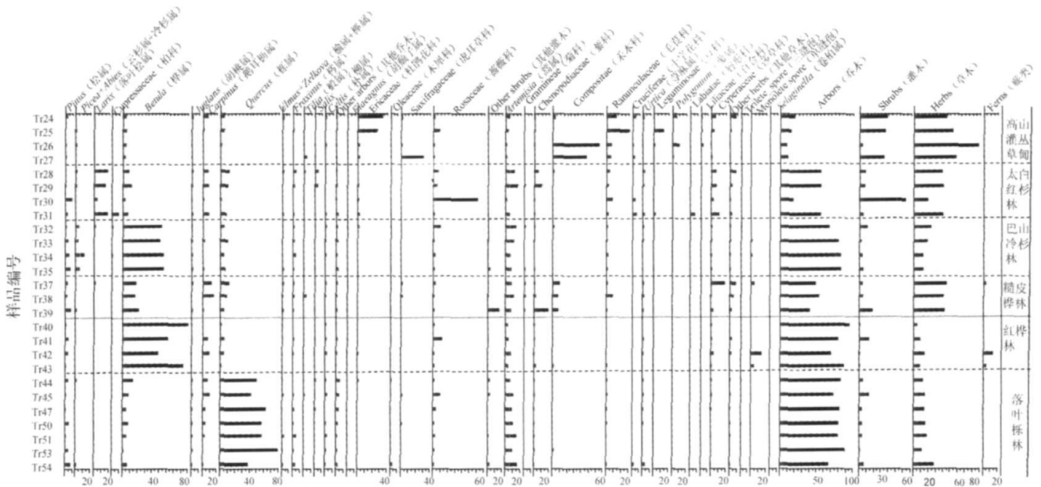


图 1 太白山北坡不同植被带捕捉器样品花粉百分比图

Fig. 1 Pollen percentages of different vertical vegetation zones for pollen trap samples on the northern slope of Taibai Mountain

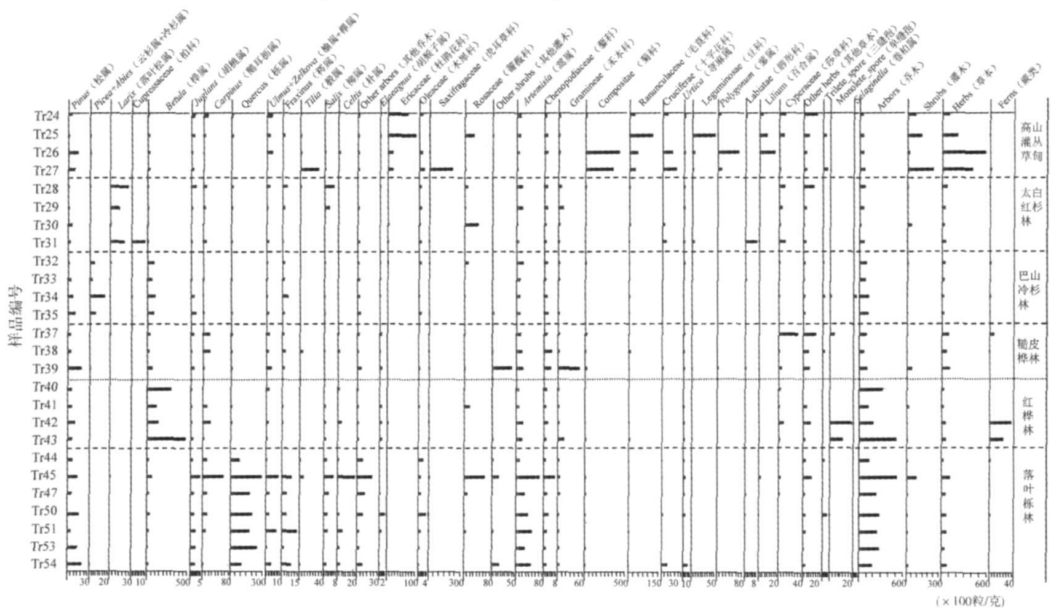


图 2 太白山北坡不同植被带花粉通量

Fig. 2 Pollen influx of different vertical vegetation zones for pollen trap samples on the northern slope of Taibai Mountain

表土花粉与捕捉器样品组合特征差异明显, 乔木成为花粉组合中的主要成分, 虽然主要类型与捕捉器类似, 但百分比明显较高 (高于 50%, 其中松属 11~31%、桦属 10~17%、栎属 10~20%、冷杉属 3~7%); 灌木 (3~27%) 和草本 (17~37%) 百分含量低于花粉捕捉器。草本花粉中莎草科 (2~18%) 和蒿属 (6~13%) 为主要的类型, 与植被组成差异明显。4 个表土样品花粉浓度接近, 为 35000~48000 粒/克 (图 3, 图 4)。

(2) 太白红杉林 太白红杉林带安放花粉捕捉器 4 个, 收回 4 个, 采集表土花粉样品 4 个。捕捉器样品花粉通量为所有植被带最低值, 最低仅 6700 粒/ cm^2 /年, 平均约为 10700 粒/ cm^2 /年; 除 30 号样品因靠近银露梅 (*Potentilla glabra*) 灌丛使蔷薇科 (Rosaceae) 花粉 (62%) 比例明显偏高外, 其他样品花粉组成相近。乔木花粉百分比 54~57% 左右, 草本花粉含量也较高, 达 38~40%, 灌木和蕨类孢子较少。乔木花粉组合中落叶松属 (*Larix*) 为最主要的类型, 百分比达 16~18%。柳 (*Salix*) 花粉含量为所有植被带最高值 (0~4%), 与周围分布的高山柳有关。草本花粉组合中莎草科 (5~10%)、蒿属 (5~16%)、禾本科 (Gramineae) (1~10%) 百分比较高, 灌木组合花粉中蔷薇科 (2~34%) 百分比较高 (图 1, 图 2)。

与草甸带不同, 不仅 4 个表土样品花粉组成相似, 而且多数花粉类型百分比与捕捉器样品差异也不明显。仅松属花粉差异较明显, 其在表土样品中百分比达 12~22%, 而捕捉器样品松属花粉含量低于 10%。本带花粉浓度比草甸带略低, 为 28600~48300 粒/克 (图 3, 图 4)。

(3) 巴山冷杉林带 巴山冷杉林带安放花粉捕捉器 4 个, 收回 4 个, 采集表土花粉样品 4 个。捕捉器样品花粉通量比太白红杉林带略有增加, 最低 9300 粒/ cm^2 /年, 平均约为 13300 粒/ cm^2 /年。花粉组成中乔木花粉占绝对优势, 为 67~83%, 灌木低于 10%, 草本多低于 20%, 蕨类孢子低于 1%。与太白红杉林带不同的是, 植被中占绝对优势的冷杉 (*Abies*) 花粉百分比较低, 仅 3~10%, 与植被中不存在的栎属花粉百分比 (4~10%) 相近。本带桦属花粉含量最高 (52~55%)。草本花粉中只有蒿属 (5~14%) 百分比较高 (图 1, 图 2)。

表土样品与捕捉器样品花粉组成相近, 但表土样品中冷杉花粉含量较高, 为 11~50%, 草本花粉中藜科百分比 (2~3%) 高于捕捉器样品。表土花粉浓度多高于太白红杉林带, 为 20400~83300 粒/克 (图 3, 图 4)。

(4) 糙皮桦林带 糙皮桦林带安放花粉捕捉器 4 个, 收回 3 个, 采集表土花粉样品 4 个。捕捉器样品花粉通量平均为 19800 粒/ cm^2 /年, 最低为 13500 粒/ cm^2 /年, 与巴山冷杉林带花粉通量相近。花粉组成中, 乔木花粉百分比 (40~53%) 与草本 (41~44%) 接近, 灌木低于 20%。桦属在乔木花粉中百分比最高, 为 16~21%, 但明显低于植被盖度, 甚至低于冷杉林桦属花粉含量, 原因与糙皮桦林为过熟林有关。草本花粉中蒿属 (7~12%)、禾本科 (1~19%)、菊科 (8~9%)、莎草科 (1~17%) 含量较高, 灌木中忍冬科 (Caprifoliaceae) (0~16%)、蔷薇科 (1~2%) 和虎耳草科 (0.1~3%) 百分比高于 1%。有少量孢子出现 (0~3%) (图 1, 图 2)。

与捕捉器样品相比, 表土样品乔木花粉含量略高, 为 46~79%, 草本低于 20%, 灌木低于 5%。与捕捉器样品差异较大的是孢子含量较高, 最高达 34%, 平均为 17%。花粉浓度与巴山冷杉林带类似, 平均为 48000 粒/克, 最高 81151 粒/克 (图 3, 图 4)。

(5) 红桦林带 红桦林带安放花粉捕捉器 4 个, 收回 4 个, 采集表土花粉样品 4 个。

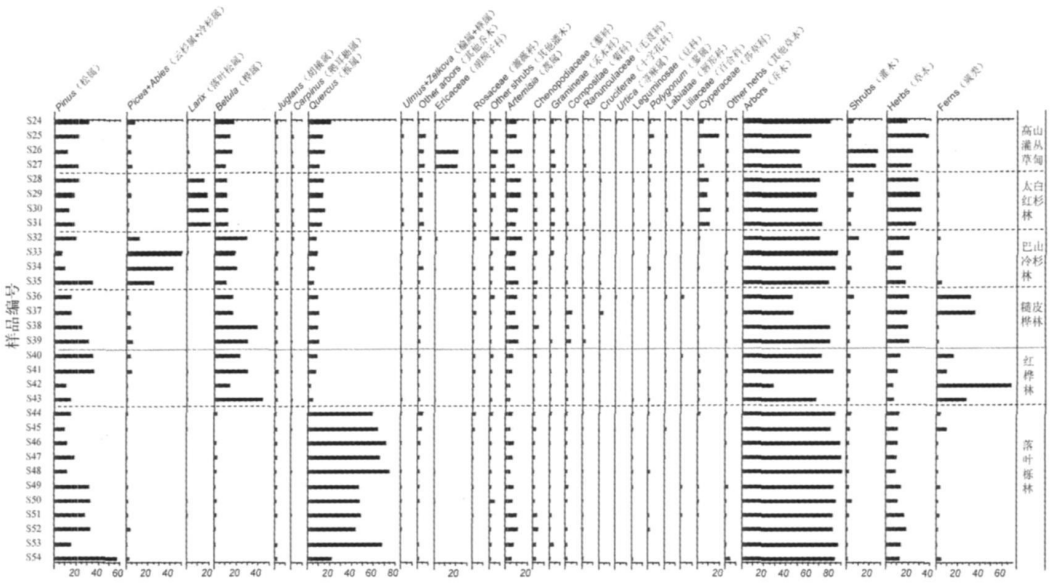


图 3 太白山北坡不同植被带表土花粉百分比

Fig. 3 Pollen percentages of different vertical vegetation zones for surface soil samples on the northern slope of Taibai Mountain

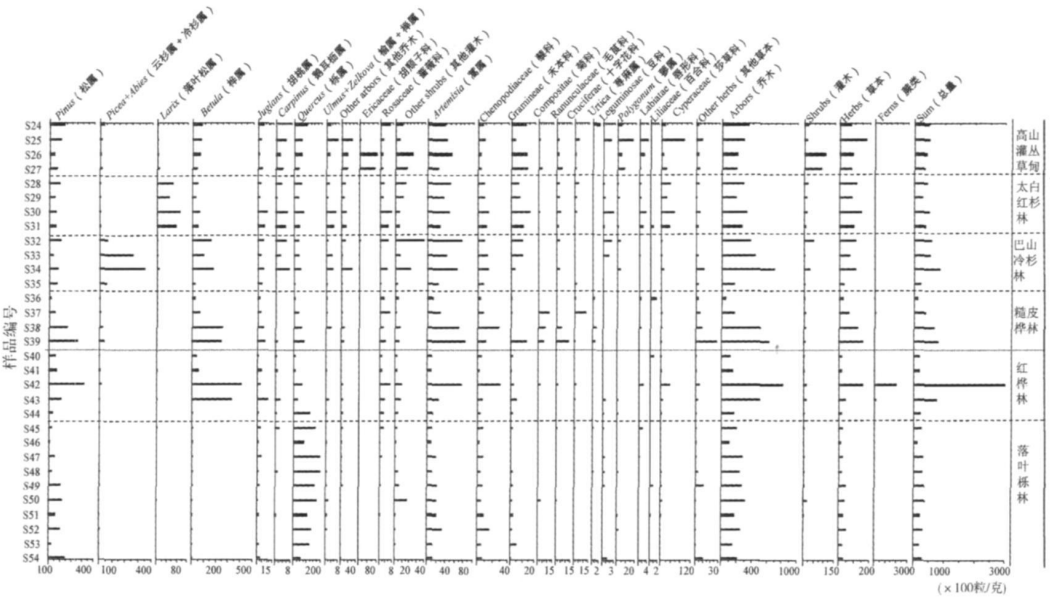


图 4 太白山北坡不同植被带表土花粉浓度

Fig. 4 Pollen concentrations of different vertical vegetation zones for surface soil samples on the northern slope of Taibai Mountain

捕捉器样品花粉通量平均为 $34100 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$ ，最低为 $17300 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$ 。乔木花粉占绝对优势，达 $70\sim 94\%$ ，草本低于 15% ，灌木低于 12% ，蕨类孢子最高达 13% 。乔木花粉中桦属花粉百分比最高，为 $49\sim 89\%$ ，草本花粉中蒿属 ($2\sim 7\%$) 和莎草科 ($1\sim 17\%$) 百分比比较高，灌木花粉中只有蔷薇科在个别样品中达 10% ，其他均低于 1% ，与其他植被带孢子很少出现不同，本带孢子数量较多，最高达 13% 。

与捕捉器相比, 表土样品中孢子比例 (8~ 67%) 明显升高, 灌木 (< 2%) 和乔木 (27~ 80%) 比例降低。乔木花粉中, 桦属 (14~ 43%) 百分比降低。草本花粉中莎草科花粉比例下降。花粉浓度平均为 102400 粒/克, 最高为 298500 粒/克, 为所有植被带最高值。本带孢子含量高与桦木林密闭度高, 林下蕨类植物发育有关, 也是花粉浓度较高的原因之一 (图 3, 图 4)。

(6) 落叶栎林带 由于栓皮栎受人类活动影响较大, 花粉捕捉器只安放于海拔高度 1200m 以上的辽东栎林和锐齿槲栎林内, 共安放花粉捕捉器 11 个 (辽东栎林 6 个, 锐齿槲栎林 5 个), 收回 7 个 (辽东栎林 4 个, 锐齿槲栎林 3 个), 采集表土花粉样品 11 个。捕捉器样品花粉通量平均为 34600 粒/cm²/年, 最低为 17200 粒/cm²/年。本带花粉组合中乔木花粉占绝对优势 (66~ 88%), 草本低于 30%, 灌木低于 13%。另外, 本带乔木花粉类型较多, 特别是出现了一些亚热带植物花粉类型, 如化香 (*Platycarya*)、水青冈 (*Fagus*) 等。乔木花粉中栎属百分比最高, 为 38~ 79%。草本花粉中蒿属 (7~ 16%) 含量仍较高, 其他草本多低于 1%。灌木花粉百分比低于 5%, 孢子很少出现 (图 1, 图 2)。

与捕捉器相比, 表土样品乔木花粉百分比升高, 达 80~ 89%, 其中松属 (10~ 57%) 升高最明显。花粉浓度平均为 25300 粒/克 (图 3, 图 4), 为所有植被带最低值。

4.2 主要花粉类型的沉积特征及与植被的关系

本研究中松属、桦属、栎属花粉出现于所有样品中, 冷杉属、落叶松属、杜鹃花科等在某一或几个植被带样品中含量较高。因此本文主要讨论这些花粉类型的沉积特征。

松属: 松属花粉出现于所有样品, 但松属植物很少出现在样点附近, 表明松属花粉具有良好的传播特性, 这与前人的研究结论一致^[41, 42]。所有植被带捕捉器样品中松属百分比均低于 5%, 但表土样品中松属百分比明显升高, 均高于 15%, 表明松属花粉可能较其他花粉类型能够更好地保存, 使得其在表土中含量远高于花粉捕捉器样品 (图 5), 松属花粉孢粉素含量较高也支持松属花粉易于保存^[43]。

落叶松属: 花粉捕捉器与表土样品落叶松花粉百分比差异不明显, 表明落叶松花粉与松花粉不同, 在地表中没有明显的富集作用。且落叶松花粉在花粉组合中的比例最高不超过 20%, 明显低于植被盖度 (约 50~ 60%), 表明落叶松花粉产量低、传播距离较近, 对植被有较好的指示作用。

冷杉属: 与落叶松花粉一样, 冷杉花粉只在冷杉林内含量较高 (约 5~ 30%), 但明显低于植被盖度 (大于 70%), 表明冷杉花粉传播距离较近, 且花粉产量低, 能较好地指示植被类型。与落叶松花粉不同的是, 不论是冷杉林内, 还是冷杉林外, 表土样品中冷杉花粉百分比明显大于捕捉器样品 (图 5)。表明冷杉花粉可能也具有较好的保存能力, 使表土中冷杉花粉含量较高。

桦属: 与上述 3 个花粉类型不同, 桦属花粉在不同植被带表现出不同的传播特性。捕捉器样品分析结果显示, 桦属花粉在桦木林带和与其相邻的巴山冷杉林带含量较高, 甚至在巴山冷杉林内含量高于糙皮桦林内含量, 显示出桦属花粉较高的产量和良好的传播性能, 大量花粉不仅降落在以桦占优势的植被带内, 还有相当部分花粉散布到相邻植被带中, 这与桦属花粉个体较小, 易于被风散布有关。表土样品桦属花粉在桦木林以上所有植被带百分比均大于 10%, 且落叶松林带和高山草甸带表土样品中桦属花粉含量明显高于捕捉器样品, 表明桦属在这两类比较开阔的植被带中较易保存下来。

栎属: 栎属花粉在栎树林内百分比其他植被带高 (> 55%), 表明栎属花粉主要降

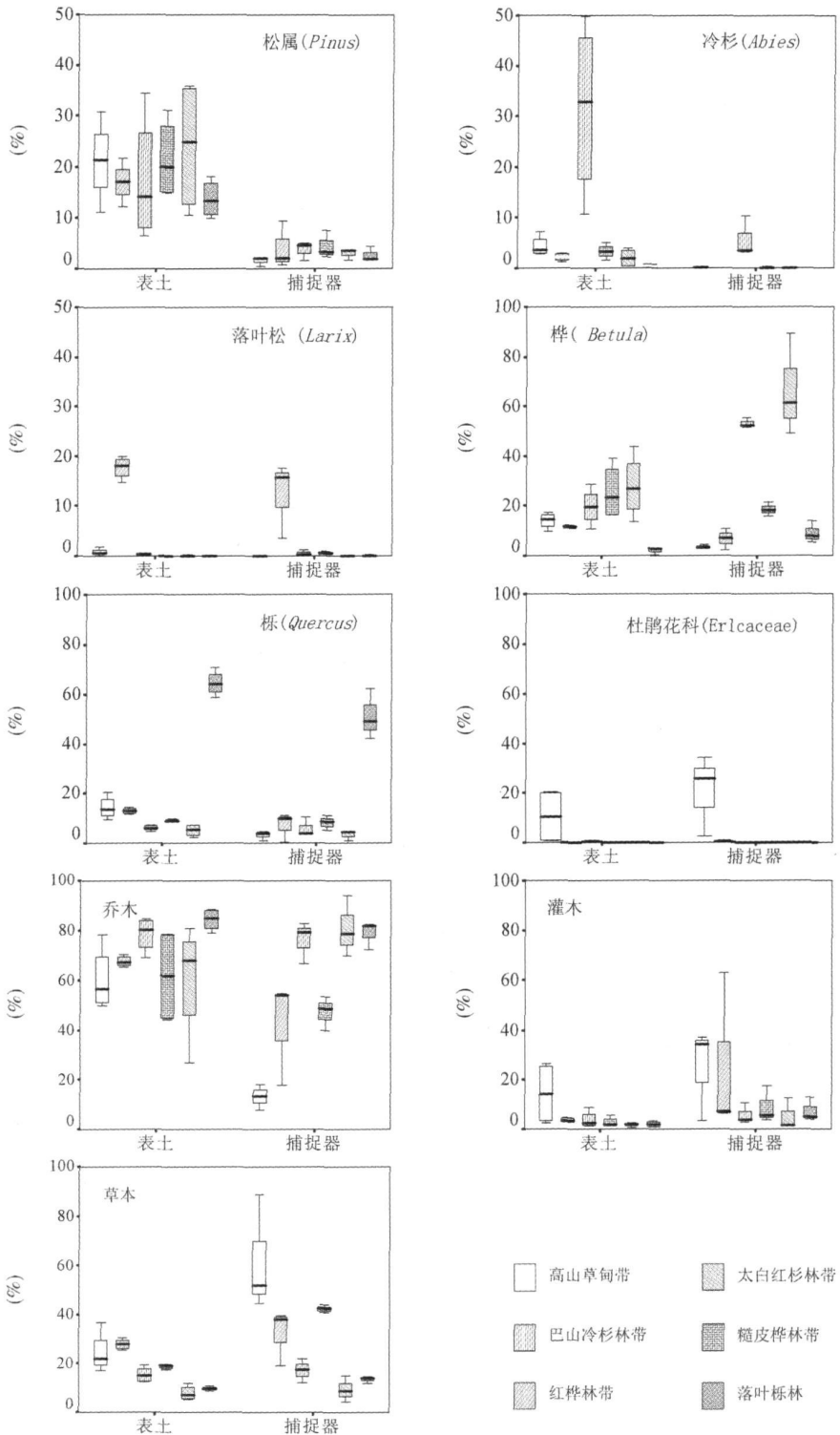


图 5 太白山北坡表土与捕捉器样品主要花粉类型在不同植被带的花粉百分比

Fig. 5 Major pollen taxa percentages for pollen trap and surface soil samples on different vertical vegetation zones on the northern slope of Taibai Mountain

落在栎树林内, 对植被有较好的指示作用。但栎属花粉在落叶松林带和高山草甸带表土样品的含量明显高于捕捉器样品, 最高达 15% 左右, 表明这两个植被带的环境较利于栎属在地表保存和富集。

杜鹃花科: 杜鹃花科花粉只在杜鹃花科植物占优势的高山草甸带百分比较高, 在落叶松林带少量出现, 其他植被带中数量很少, 表明杜鹃花科花粉传播距离较近, 主要散布在母体植物周围, 对植被有较好的指示作用。

5 讨论

5.1 不同植被带花粉组合特征与植被组成的对比

图 1、图 3 显示, 多数植被花粉组合与植被组成一致性较好。但高山灌丛草甸带, 捕捉器样品花粉组合中草本和灌木花粉为优势类型, 表现出与植被的一致性, 而表土样品乔木花粉百分比均超过 50%, 最高达 78%, 乔木花粉浓度也较高, 与植被组成有一定差异。前人对该植被带的表土花粉分析与本研究结果相近^[36]。这一点提示我们在该区域进行古环境分析时必须注意。董国榜等将此现象解释为山区上升气流运动对亚高山灌丛带孢粉的堆积有重要影响^[36]。笔者认为, 上升气流运动固然重要, 因为它是将山下植被带花粉搬运至亚高山灌丛草甸带的动力, 但上升气流运动却不能解释为何捕捉器样品中乔木花粉数量较少的原因。我们认为应该还有其他因素的影响, 如高山灌丛草甸环境可能更容易使这些乔木花粉较草本和灌木花粉保存下来, 经过多年积累, 使乔木花粉数量逐渐升高等。当然, 是否还存在其他原因, 有待更多研究证实和发现。

根据本文研究结果, 笔者认为前人对太白山山顶植被的认识^[34, 36]有些可能值得商榷。前人研究结果表明, 沉积物中云杉、冷杉花粉含量从未超过 15%, 多维持在 10% 以下的水平, 松属也多低于 30%, 与草甸带乔木花粉组合近似, 原作者对采样周围现代表土花粉分析中乔木花粉也可占近 50%。可能表明, 全新世以来太白山山顶附近从未出现过森林, 多数时段应为草甸, 松花粉含量高的阶段可能代表植被组成最差, 甚或草甸都不能发育。花粉组合中的松属应是外来的, 植被组成中不应该有松, 也不会出现松灌丛或桦灌丛。乔木花粉的变化可能部分反映的是林线的波动。

5.2 不同植被带花粉通量与花粉浓度的对比

图 2 表明, 太白红杉林花粉通量最低, 平均仅 10700 粒/cm²/年, 其次为巴山冷杉林和糙皮桦林, 花粉通量不足 20000 粒/cm²/年; 高山灌丛草甸花粉通量最高, 超过 48000 粒/cm²/年, 可能与高山草甸气候湿冷, 花粉不易被氧化破坏, 且虫媒植物较多、地势开阔易于获得较多外来花粉有关。红桦林和落叶栎林带花粉通量接近, 均约 34000 粒/cm²/年, 表明两植被带主要花粉类型产量相近。不同植被带花粉平均浓度与花粉平均通量结果不同, 落叶栎林带花粉浓度最低, 仅为 25300 粒/克, 其次为太白红杉林带 (39000 粒/克) 和高山草甸带 (41700 粒/克), 糙皮桦林带 (48000 粒/克) 与巴山冷杉林花粉浓度 (52600 粒/克) 相近, 红桦林带最高, 超过 100000 粒/克; 花粉浓度与花粉通量对比表明, 尽管红桦林和落叶栎林花粉通量相近, 但落叶栎林表土样品中栎属花粉百分比明显低于红桦林表土样品中的桦属花粉。红桦林和落叶栎林均为单优势种, 可能表明栎属花粉的保存能力低于桦属花粉, 栎属花粉壁中孢素素 (5.9%) 明显低于桦属 (8.2%)^[43], 也可能使桦属较栎属花粉更易保存。

6 结论

(1) 太白山北坡 2005 年花粉通量高于 $10000 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$, 花粉浓度高于 $25000 \text{ 粒}/\text{克}$ 。

(2) 花粉捕捉器和表土花粉研究结果表明, 各森林植被带乔木花粉百分比多高于 45%, 与植被组成类似。高山草甸带捕捉器样品乔木花粉百分比低于 20%, 与植被组成一致, 表土花粉组合中乔木花粉百分比高于 45%, 外来花粉数量较多, 进行高山带古环境研究中应给予注意。

(3) 太白红北坡杉林花粉通量最低, 平均仅 $10700 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$, 其次为巴山冷杉林和糙皮桦林, 高山灌丛草甸花粉通量最高, 超过 $48000 \text{ 粒}/\text{cm}^2/\text{年}$ 。落叶栎林带花粉浓度最低, 仅为 $25300 \text{ 粒}/\text{克}$, 其次为太白红杉林带和高山草甸带, 红桦林带最高, 超过 $100000 \text{ 粒}/\text{克}$ 。

(4) 栎属与桦属花粉产量类似, 但地表中保存下来的桦属花粉数量大于栎属花粉。

(5) 落叶松、冷杉属、杜鹃花科花粉主要散布在母体植物周围, 花粉产量较低, 花粉在花粉组合中的比例低于在植被中比例, 花粉对植被指示良好。

(6) 冷杉林带捕捉器冷杉属花粉百分比低于 10%, 但表土中冷杉属花粉百分比高于 20%, 花粉浓度多高于 $5000 \text{ 粒}/\text{克}$, 最高超过 $30000 \text{ 粒}/\text{克}$, 表明冷杉花粉在表土中有较好的保存能力。

(7) 松属植物尽管很少出现于取样点周围, 但所有样品中均有松属花粉出现, 表明松属花粉有良好的传播特性。表土中松属花粉百分比远高于花粉捕捉器样品, 表明松属花粉不仅传播距离远, 而且在表土中有良好的保存能力。

(8) 本研究为 1 年的实验结果, 有待进一步实验去证实和完善。

致谢: 感谢太白山自然保护区在野外工作中提供的大力帮助。

参考文献:

- [1] Tauber H. Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. Review of Palaeobotany and Palynology, 1967, 3: 277~ 286
- [2] Peck B R M. Efficiency tests on the Tauber trap used as a pollen sampler in turbulent water flow. New Phytologist, 1972, 71: 187~ 198
- [3] Davis M B, Brubaker L, Webb . Calibration of absolute pollen influx. In: Birks H J B, West R G. Quaternary Plant Ecology. Oxford: Blackwell Science, 1973 9~ 25
- [4] Davis M B, Spear R W, Shane L C K. Holocene climate of New England. Quaternary Research, 1980, 14: 240~ 250
- [5] Craig A J. Pollen percentage and influx analyses in South-East Ireland: A contribution to the ecological history of the Late-Glacial Period. The Journal of Ecology, 1978, 66(1), 297~ 324
- [6] Hicks S, Hyvarinen, V P. Sampling modern pollen deposition by means of 'tauber traps': Some considerations. Pollen et Spores, 1986, 28: 219~ 242
- [7] Cundill P R. A new design of pollen trap for modern pollen studies. Journal of Biogeography, 1986, 13(2): 83~ 98
- [8] Faegri K, Iversen J. Textbook of Pollen Analysis. Oxford: Blackwell, 1989 (3rd). 1~ 295
- [9] Hall S A. Pollen deposition and vegetation in the southern Rocky Mountains and the southwest Plains, USA. Grana, 1990, 29: 47~ 61.
- [10] Bush M B. A simple yet efficient pollen trap for use in vegetation studies. Journal of Vegetation Science, 1992, 3 (2): 275~ 276

- [11] Hicks S, Ammann B, Latalowa M, *et al.* European Pollen Monitoring Programme: Project description and guidelines University of Oulu, 1996, 28
- [12] Hicks S. Pollen analogues and pollen influx values as tool for interpreting the history of a settlement centre and its hinterland. PACT, 1997, 52: 137~ 150
- [13] Hicks S, Tinsley H, Huusko A, *et al.* Some comments on spatial variation in arboreal pollen deposition: first records from the Pollen Monitoring Programme (PM P). Review of Palaeobotany and Palynology, 2001, 117(1-3): 183~ 194
- [14] Van Leeuwen J F N, Ammann B. Seven years of annual pollen influx at the forest limit in the Swiss Alps studied by pollen traps: Relations to vegetation and climate. Review of Palaeobotany and Palynology, 2001, 117: 31~ 52
- [15] Koff T. Pollen influx into Tauber traps in Estonia in 1997~ 1998. Review of Palaeobotany and Palynology, 2001, 117(1-3): 53~ 62
- [16] Räsänen S, Hick S, Odgaard B V. Pollen deposition in mosses and in a modified 'Tauber trap' from Hailuoto, Finland: What exactly do the mosses record? Review of Palaeobotany and Palynology, 2004, 129: 103~ 116
- [17] Bunting M J, Armitage R, Binney H A, *et al.* Estimates of relative pollen productivity and relevant source area of pollen for major tree taxa in two Norfolk (UK) woodlands. The Holocene 2005, 15 (3): 459~ 465
- [18] Soepboer W, Sugita S, Lotter A F, *et al.* Pollen productivity estimates for the reconstruction of past vegetation cover in the cultural landscape of southern Sweden. The Holocene, 2004, 14(3): 368~ 381
- [19] Sugita S, Gaillard M J, Brostrom A. Landscape openness and pollen records: A simulation approach. The Holocene, 1999, 9: 409~ 421.
- [20] Sugita S. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I: Pollen from large sites REVEALS regional vegetation composition. The Holocene, 2007, 17(2): 229~ 241.
- [21] Bennett K D, Hick S. Numerical analysis of surface and fossil pollen spectra from northern Fennoscandia. Journal of Biogeography, 2005, 32: 407~ 423
- [22] Barnekow L, Loader N J, Hicks S, *et al.* Strong correlation between summer temperature and pollen accumulation rates for *Pinus sylvestris*, *Picea abies* and *Betula* spp. in a high-resolution record from northern Sweden. Journal of Quaternary Research, 2007, 22(7): 653~ 658
- [23] Sugita S, Parshall T, Calcote R. Detecting differences in vegetation among paired sites using pollen records. The Holocene, 2006, 16(8): 1123~ 1135
- [24] Räsänen S, Suutari H, Nielsen A B. A step further towards quantitative reconstruction of past vegetation in Fennoscandian boreal forests: Pollen productivity estimates for six dominant taxa. Review of Palaeobotany and Palynology, 2007, 146: 208~ 220
- [25] 吕厚远, 王淑云, 沈才明, 等. 青藏高原现代表土中冷杉和云杉花粉的空间分布. 第四纪研究, 2004, 24(1): 39~ 49
- [26] 刘鸿雁, 王红亚, 崔海亭. 太白山高山带 2000 多年以来气候变化与林线的响应. 第四纪研究, 2003, 23(3): 299~ 308
- [27] 许清海, 李月丛, 阳小兰, 等. 北方草原区主要群落类型表土花粉分析. 地理研究, 2005, 24(3): 585~ 597
- [28] 李宜垠, 张新时, 周广胜, 等. 中国北方几种常见表土花粉类型与植被的数量关系. 科学通报, 2000, 45(7): 761~ 764
- [29] 赵先贵, 肖玲, 陈存根, 等. 秦岭表土的花粉分析. 西北林学院学报, 1999, 14(1): 1~ 5
- [30] 赵景波, 岳应利, 岳明. 秦岭及黄土区现代栎林的孢粉组合研究. 西安工程学院学报, 1998, 20(1): 46~ 50
- [31] 孙湘君, 吴玉书. 长白山针叶混交林的现代花粉雨. 植物学报, 1988, 30(5): 549~ 557
- [32] 许清海, 李月丛, 周力平, 等. 长白山针阔混交林带花粉通量及垂直散布特征初步研究. 科学通报, 2007, 52(5): 568~ 571.
- [33] 张俊牌, 童敏, 王书兵, 等. 太白山芳香寺剖面孢粉记录的古气候重建. 地质力学学报, 2001, 7(4): 315~ 320
- [34] 崔之久, 唐元新, 李建江, 等. 太白山佛爷池剖面的全新世环境变化信息. 地质力学学报, 2003, 9(4): 330~ 336
- [35] 赵先贵, 肖玲. 秦岭地区 15 ka BP 以来的植被与环境. 西北植物学报, 2003, 23(4): 523~ 530
- [36] 童国榜, 张俊牌, 范淑贤, 等. 秦岭太白山顶近千年来的环境变化. 海洋地质与第四纪地质, 1996, 16(4): 95~ 104
- [37] Liu Hongyan, Cui Haiting, Tang Zhiyao, *et al.* Larch timberline and its development in temperate China. Mountain Research and Development, 2002, 22(4): 359~ 367.

- [38] 傅志军, 郭俊理. 秦岭太白山植被的群落特征. 宝鸡师范学院学报(自然科学版), 1992, (1): 70~ 75
- [39] 方正. 秦岭太白山南北坡的植被垂直带谱. 植物生态学与地植物学丛刊, 1963, 1 (1/ 2): 162~ 163
- [40] 雷梅, 陈同斌, 冯立孝, 等. 太白山北坡成土因素及不同土壤垂直带谱的比较. 地理研究, 2001, 20(5): 583 ~ 592
- [41] 王开发, 王宪曾. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社, 1983 13~ 14
- [42] 李文漪. 中国第四纪植被与环境. 北京: 科学出版社, 1998 43~ 48
- [43] Kwaitowski A, Mianowska L. Badanie składu chemicznego pyłku II. Badania błon pyłkowych. Acta Societatis Botanicae Polonae, 1957, 26: 501~ 514

Pollen influx and surface pollen assemblage on the northern slope of Taibai Mountain

LI Yue-cong¹, XU Qing-hai¹, CAO Xiaoyong¹, YANG Xiaolan², LI Yiyin³, ZHOU Liping³

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Hebei Normal University, Shijiazhuang 050016, China;

2 Hebei Geography Institute, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang 050011, China;

3 College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The pollen influx, pollen concentrations and pollen assemblages are studied based on pollen tauber traps and surface pollen samples coming from 6 different vertical vegetation zones on the northern slope of the Taibai Mountain. The results indicate that pollen influxes are more than 10000 grains / cm² / y, with the maximum in *Larix Chinese* belt and the minimum in shrub and meadows belt. Pollen concentrations are more than 25000 grains/g with the maximum in *Betula albo-sinensis* belt and the minimum in deciduous broad-leaved *Quercus* belt. The arboreal pollen percentages are mostly more than 45% in 5 forest belts both for pollen traps and surface samples, which are consistent with the vegetation composition. But the arboreal pollen percentages are less than 20% in pollen trap samples and more than 50% in surface samples coming from alpine shrub and meadows, indicating that more ex-local arboreal pollen appeared in surface pollen assemblages. The *Abies* and *Pinus* pollen percentages are much higher in surface samples than in pollen trap, suggesting that they can be easily preserved in moss or surface soil. *Larix* and *Ericaceae* have rather lower percentages both in pollen trap or in surface samples, compared with vegetation coverages, showing that they have not only lower pollen productions, short transported distance, but poor pollen preservation ability, and can indicate vegetation well. The study on pollen influx of *Betula* and *Quercus* shows that the pollen productions are similar, but *Quercus* pollen concentrations are much lower than *Betula* in respective forests, showing that *Quercus* pollen grains can not be preserved as well as *Betula* in moss or surface soil. The results are obtained from one year's experiments, so further research work should be done.

Key words: Taibai Mountain; pollen influx; pollen assemblages; pollen traps; surface samples; pollen concentrations