

文章编号: 1000-0585(2001)01-0024-07

我国东部花粉雨初探

黄赐璇¹, Pierre COUR²

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 北京 100101;

2. 法国国家科学研究中心演化科学所, 蒙彼利埃, 法国)

摘要: 通过对位于不同气候带的北京、禹城和桃源 3 地的全年空气孢粉采样以及表土尘孢粉采样的研究分析, 初步了解代表暖温带、中亚热带的现代花粉雨的组成, 其中空气孢粉组合较表土尘孢粉组合更能反映区域植被的成分; 区域花粉雨特征可以作为气候带划分的标志; 我国东部花粉雨分析还表明, 花粉的远距离迁移与东亚季风气候关系密切, 花粉的迁移路线反映了季风运行的轨迹。通过花粉雨的研究, 进一步了解孢粉组合—植被—气候三者的联系, 将有助于应用孢粉分析恢复植被、恢复气候的定量研究。

关 键 词: 我国东部; 花粉雨; 研究意义

中图分类号: Q913.84 **文献标识码:** A

当前孢粉学越来越受到科技界的重视, 在某些学科的理论研究和应用研究方面, 孢粉分析被认为是一个十分重要的手段, 由于植物孢子花粉本身的物理性质和化学性质, 使其传播和沉降的数量直接受到气流、水流、昆虫、伴随沉积物等的影响, 因而在如何解释花粉谱、推论植被的组成方面存在许多问题, 现代花粉雨的研究则有助于解决这些问题。

现代花粉雨研究包括大气孢粉和表土孢粉研究, 大气孢粉学研究始于 20 世纪 20 年代, 当时使用的仪器、方法简陋, 50~60 年代随着实验仪器的改进, 大气孢粉学在美国、英国、前苏联、瑞典、日本、意大利等国家得到较大的发展, 偏重于医学呼吸道疾病防治方面的研究。前苏联孢粉学家对研究植被孢粉在空气中传播的规律方面做出了贡献, 如扎克琳斯卡娅 (Заклинская, Е. Д.) 菲德洛娃 (Федлова, Р. В.)、马琳古娜 (Малинина, Е. А.) 等, 他们对一些乔木植物、草本和蕨类植物的孢粉在空气中的数量和各个传播距离进行了试验研究。至于表土孢粉研究, 各国做的工作远比空气孢粉研究要多得多, 应该提到前苏联孢粉学家格里丘克 (Гричук, В. Р.) 对俄罗斯平原不同气候带表土孢粉组合作了详细的调查。

近 20 多年, 由于法国库尔式孢粉采样仪的制成, 使现代花粉雨的研究大大向前推进, 法国、瑞典、荷兰、西班牙、瑞士、奥地利和阿尔及利亚进行了卓有成效的区际合作研究, 孢粉学家们应用库尔式采样仪在 13 个城市建立孢粉台站, 同期收集一年空气孢粉样品进行对比研究。法国发明的稀释法表土孢粉尘采样仪安装在汽车尾部, 在周围 10km 范围内采集

收稿日期: 2000-02-15; 修订日期: 2000-11-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (49871073) 和中法政府科技合作研究项目

作者简介: 黄赐璇 (1939-), 女, 广东台山人, 研究员。主要从事孢粉研究工作, 已发表论文 50 余

© 1994-20 篇。China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://>

表土孢粉尘, 比传统方法采集到的花粉更多, 也更有代表性。目前, 法国孢粉学家已完成北欧到非洲以及南美洲阿根廷长距离路线采样。表土孢粉尘资料和台站的空气孢粉资料与当地植被的比较研究, 对大范围的空气孢粉散布规律以及花粉远距离运送有了更加清楚的认识^[1]。

我国对花粉雨的研究也做了不少工作, 自 60 年代以来, 孢粉学家先后调查北京、南宁、杭州、广州等城市的空气孢粉, 表土层的孢粉分析工作更多, 涉及新疆、西藏、内蒙、东北、河北、山西等地区。本文是近几年与法国孢粉学家合作, 应用库尔式花粉采集仪, 对我国东部地区花粉雨的分布进行调查研究, 其中 1994 年, 选择不同纬度的北京、山东省禹城、湖南省桃源设置花粉台站, 以一周七天为一单元, 收集全年空气孢粉样品, 同时记录气象资料; 同年 10 月, 用稀释法进行北京—禹城—桃源的路线表土尘孢粉采样, 采集到的表土尘的孢粉主要是植物当年开花后降落的。

1 花粉雨调查情况

北京 (N 40°) 年平均气温约 11.8℃, 年降水量 650 mm, 全年空气孢粉样品共 52 块, 采自北郊中科院大气物理所实验铁塔 32 m 高处, 海拔高度约 70 m, 空气孢粉谱共计有植物科属 89 个, 其中木本植物 43 个, 草本植物 40 个, 蕨类植物 6 个, 孢粉组合主要有松属 (*Pinus*)、桦属 (*Betula*)、柏科 (*Cupressaceae*)、榆属 (*Ulmus*)、杨属 (*Populus*)、栎属 (*Quercus*)、胡桃属 (*Juglans*)、草本植物多为蒿属 (*Artemisia*)、大麻属 (*Canabis*)、藜科 (*Chenopodiaceae*)、禾本科 (*Gramineae*) 等。

北京的表土尘孢粉样品编号 A, 采自北京市南 35 km 大兴县, 当地海拔 50 m, 环境为农田, 种植小麦、西瓜等, 间有桃林, 公路旁植有柏、柳、杨或槐树林。收集表土尘的路程共 4.8 km, 其孢粉组合共有植物科属 33 个, 木本植物占 15 个, 草本植物 17 个, 蕨类植物 1 个。木本植物花粉依次为杨属 24.4%, 臭椿属 (*Ailanthus*) 8.7%, 桦属 3.6%, 松属 2.8%, 栎属 1.5% 等, 草本植物依次为藜科 19.3%, 蒿属 13.5%, 禾本科 9.7% 等。

禹城 (N 36°57') 年平均气温 13.8℃, 年降水量 760 mm, 全年空气孢粉采自中国科学院禹城农业试验站铁塔高 24.5 m 处, 海拔高度 56 m, 全年空气孢粉谱与北京比较相似, 共鉴定科属 93 个, 其中木本植物 33 个, 草本植物 51 个, 蕨类植物 9 个; 木本植物依次为松属、桦属、榆属、杨属、栎属、胡桃属等, 柏科花粉较少, 草本植物花粉依次为蒿属、藜科、禾本科等。此外, 发现少量远距离传送的花粉, 如铁杉属 (*Tsuga*)、云杉属 (*Picea*) 和罗汉松属 (*Podocarpus*) 花粉。

禹城表土尘孢粉样品 G 号, 采自禹城市北 24 km, 收集的表土尘路程 6 km, 所在地海拔高 20 m, 为大片麦田, 间有玉米, 路旁种植杨树, 有一些藜科、禾本科、蒿属、茄科、堇菜属等杂草。表土尘共鉴定 40 个植物科属, 木本植物占 17 个, 草本植物 22 个, 蕨类植物 1 个, 木本植物依次有柳属 1.8%, 松属 1.2%, 杨属 0.9%, 柏属 0.9%, 桦属 0.7% 等, 草本植物依次为蒿属 37.7%, 藜科 29.2%, 禾本科 14.6% 等。

桃源 (N 28°55') 年平均气温 16.4℃, 年降水量 1 450 mm, 全年空气孢粉样品采自桃源县农业生态实验站, 距桃源市中心 6.5 km, 花粉仪高出地面 14 m, 海拔高程约 120 m, 全年空气孢粉鉴定 188 个科或属, 其中木本植物 102 个, 草本植物 68 个, 蕨类植物 18 个, 全部科属中有 54 个

为热带、亚热带地区所特有。空气孢粉谱主要成分有松属、杉属(*Cunninghamia*)、胡桃属、栎属、柏科和草本植物荨麻科(*Urticaceae*)、蒿属、禾本科、蕨类植物里白科(*Gleicheniaceae*)等。发现少量远距离迁移的花粉麻黄属(*Ephedra*)和沙拐枣属(*Calligonum*)^[2]。

桃源表土尘孢粉样品 X 号, 采自桃源市北约 30 km 处, 海拔高程 20 m, 表土尘路程 5.7 km, 附近农田种植水稻、棉花, 植物较多, 如松树、茶树、杉树、香椿、竹、冬青、巴契、菊、蒿、铁芒萁等。表土尘孢粉共鉴定植物科属 39 个, 其中木本植物 18 个, 草本植物 19 个, 蕨类植物 2 个。表土尘孢粉谱中, 松属 9.7%, 栎树属(*Koelreuteria*) 5.8%, 栎属 1.3%, 柏科 1.2%; 禾本科 36.5%, 蒿属 22.2%, 十字花科(*Cruciferae*) 5.7%, 荨麻科 2.5%, 分布热带、亚热带地区的科属有 4 个: 爵床属(*Justicia*)、化香树属(*Platycarya*)、枫杨属(*Pterocarya*)和里白科(表 1)。

表 1 1994 年空气孢粉与表土尘孢粉统计
Tab. 1 Statistics of aerial pollen and surface soil pollen in 1994

地点	北纬	年平均气温 /	年降水 / mm	花粉雨	鉴定的 科属总数	木本植物科属	草本植物科属	蕨类植物科属
北京	40 °	11. 8	650	空气	89	43(48. 4%)	40(44. 9%)	6(6. 7%)
				表土尘	33	15(45. 5%)	17(51. 5%)	1(3. 0%)
禹城	36 57	13. 8	760	空气	93	33(35. 5%)	51(54. 8%)	9(9. 7%)
				表土尘	40	17(42. 5%)	22(55. 0%)	1(2. 5%)
桃源	28 55	16. 4	1 450	空气	188	102(54. 2%)	68(36. 2%)	18(9. 6%)
				表土尘	39	18(46. 2%)	19(48. 7%)	2(5. 1%)

注: 木本植物包括乔木和灌木植物, 不包括木质的草被层植物。孢粉鉴定至科或属, 用以统计。

2 花粉雨比较分析

我国东部的自然植被现代保存下来的极少, 花粉雨调查的三个地点完全是人工植被, 但它们同样受到自然条件的制约, 并具有地带性特征, 其植被—花粉雨—气候带三者之间有着密切的联系。

2. 1 花粉雨与现代植被

花粉雨在多大程度上反映植被的组成? 这是研究花粉雨与现代植被的关键, 根据表 1, 三处孢粉雨中, 同一地区的空气孢粉与表土尘孢粉比较, 无论在孢粉数量或孢粉科、属数上, 前者均多于后者, 如北京的表土尘孢粉科属数是空气孢粉科属数的 37%, 禹城是 43%, 桃源仅 21%, 以桃源为例, 在半径约 10 km 方园范围内, 植物的科、属数约 235 个, 其中农作物约占 20 个科、属^[3], 桃源的空气孢粉有 188 个科、属, 相当于现代植被的科属数 80% 左右, 而桃源表土尘孢粉共 39 个科、属, 仅能反映现代植被科、属的 17%。对北京和禹城两处来说, 也有类似的情况, 而且表土尘中所有的孢粉科属都能在当地空气孢粉谱中找到, 而空气中许多孢粉的科属在当地表土尘孢粉谱中却不见出现, 总而言之, 植物孢粉散播和沉降的结果只能反映植物组成的一部分。

某地区木本植物和草本植物科、属数量的比例也能反映植被和气候, 北京空气孢粉的木本植物科属数略多于草本植物科属数, 而禹城的情况则相反, 两地都处于暖温带半湿润

气候下, 北京较禹城干冷一些, 但北京的城市绿化植树较多, 禹城农田作物较多, 因此北京的空气孢粉谱中, 木本植物花粉所占百分比反而较禹城高。桃源位于亚热带湿润地区, 水热条件丰富, 有利于植物生长, 在空气孢粉谱中, 木本植物科属数占总数 54.2%, 比北京和禹城都高。如上所述, 空气孢粉谱较表土孢粉谱更能反映植被的面貌, 在同一地区, 相同科属花粉在空气和表土孢粉谱各自占的百分比不尽相同, 有的差别较大, 以禹城为例 (表 2), 榆属花粉在空气孢粉谱中占 9.0%, 在表土尘中仅占 0.5%, 桦属花粉在空气中占 2.4%, 而在表土尘中占 0.8%, 在桃源空气孢粉中, 杉木的花粉很多, 全年统计 1 500 多粒 (图 1), 而在表土尘中没有找到, 在离桃源较远的表土尘中也没有找到; 荨麻科花粉在桃源空气孢粉中占首位, 共统计 2 万多粒, 但它们在表土孢粉中仅占 1.7% (图 2), 事实上桃源现代植被中杉木和荨麻科植物数量都很大。可见空气中孢粉更能反映实际情况, 也说明杉木和荨麻科植物花粉都很容易受到破坏, 很难保存在表土中; 此外桃源现代植物中, 樟科 (Lauraceae) 也有不少, 但在空气样品中樟科花粉极少, 仅在 7 月 18~25 日一周内有 0.2%, 其孢粉浓度 269 粒/1 000 m³ 空气。在桃源的表土尘中也找不到樟科花粉, 可能因为樟科的花粉产量并不高, 在空气中又容易破坏, 在表土中就更难保存了。

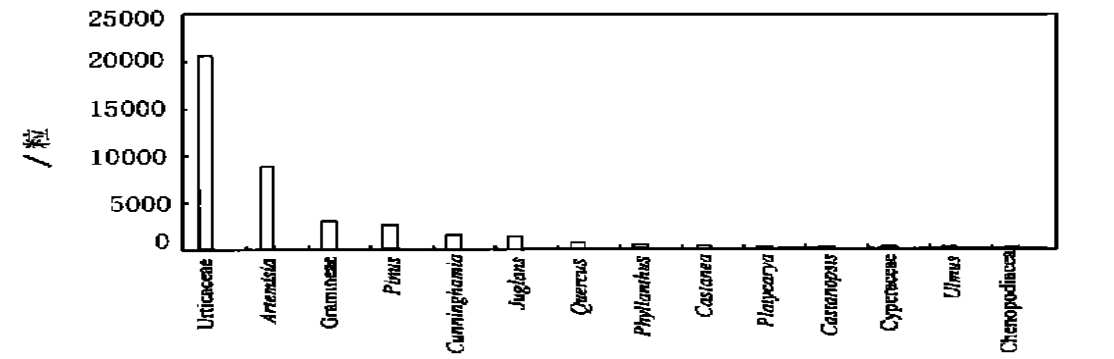


图 1 1994 年桃源主要空气花粉统计
Fig.1 Statistics of principal aerial pollen in Taoyuan in 1994

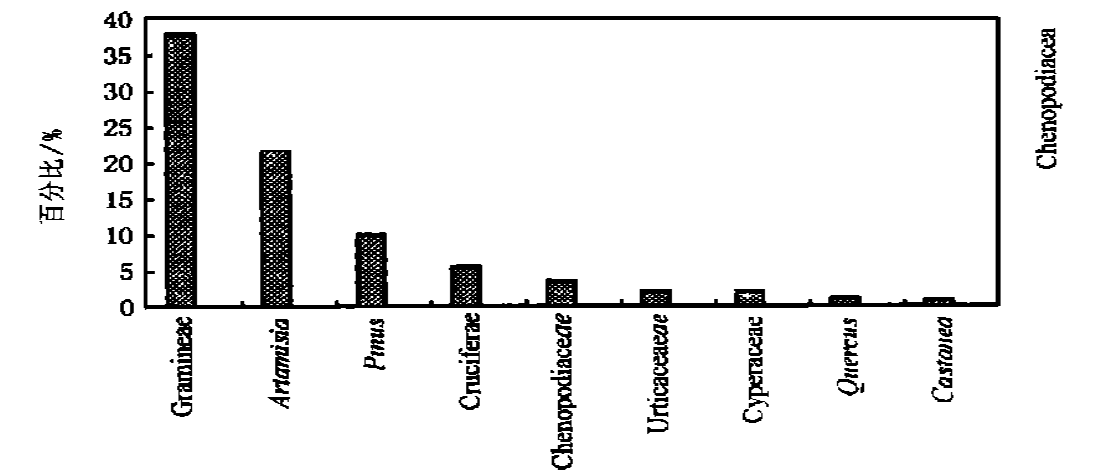


图 2 桃源 X 号表土主要花粉百分比

Fig.2 Percentage of principal pollen in No. X surface soil pollen in Taoyuan

表 2 禹城花粉雨比较

Tab 2 Comparison of pollens in Yucheng

孢粉名称	占全年空气孢粉 / % (1992 年)	占表土尘孢 粉总数 / %	孢粉名称	占全年空气孢粉 / % (1992 年)	占表土尘孢 粉总数 / %
木本植物花粉	17. 4	9. 3	榆 属	9. 0	0. 5
草本植物花粉	80. 8	90. 7	桦 属	2. 4	0. 8
蕨类植物孢子	1. 8	0. 5	榛 属	0. 8	0. 1
蒿 属	39. 2	37. 7	鹅尔枥属	0. 3	0. 1
禾本科	16. 0	14. 6	松 属	1. 3	1. 2
藜 科	14. 7	29. 2	栎 属	0. 5	0. 5

2. 2 花粉雨与气候带

北京和禹城两地现代植被的北温带成分占有绝对优势, 如有桦木科、柏科、槭树科、杨柳科、蔷薇科、松科的一些属, 以及草本植物禾本科、菊科、十字花科、百合科、毛茛科、伞形科等。通过花粉雨调查, 我们发现北京和禹城两地空气孢粉和表土尘孢粉也是以温带成分占优势, 同时发现有一部分热带亲缘成分的植物花粉, 如苦木科的臭椿属, 无患子科的栾树属(*Koelreuteria*)、桑科的构树属(*Broussonetia*)、大戟科的铁苋菜属(*Acalypha*)等, 这些热带亲缘成分也存在于现代华北植被中, 构成华北植被具有南、北植被过渡性特征, 也是反映了典型的东亚季风气候特征。

桃源的花粉雨与北京、禹城的花粉雨有很大的不同, 虽然也有相当数量的上述北温带植物成分, 但含有很多热带、亚热带特有成分, 在空气孢粉中有 54 个科属, 占科属总数 28. 7%, 如除大量的杉木花粉, 还有大戟科的叶下珠属(*Phyllanthus*)、化香树属、栲属(*Castanopsis*)、油杉属(*Keteleeria*)、山矾属(*Symplocos*)、枫香属(*Liquidambar*)、铁杉属、樟科、陆均松属(*Dacrydium*)、夹竹桃科(*Apocynaceae*)等。桃源的表土尘中, 热带、亚热带植被成分的植物花粉数量不多, 但也有 4 个科属, 占表土尘孢粉科属总数 10. 3%。可见花粉雨无论是空气中的孢粉或是表土尘孢粉, 它们都能反映所在气候带的特色, 和北京、禹城相比, 桃源的气温和降水要高得多, 桃源的年平均气温比北京高将近 5℃, 比禹城高近 3℃, 降水高出 700~800 mm, 气候和环境决定了区域植物群的组成 (人类活动引起植被组合变化也是一个参数), 当气候的变化超过一定界限就会引起一部分植物种、属分布面积的改变。桃源与北京、禹城分属于不同的气候带, 相应地区域植被群是不相同的, 它们表现在花粉雨组成的变化上, 无疑区域花粉雨特征可以作为气候带划分的标志。

2. 3 花粉的远距离迁移

在花粉雨调查中, 发现在空气孢粉谱中出现少量本植物分布区之外的植物花粉, 即外来花粉。如禹城: 1994 年 4 月 25~5 月 2 日的一周, 铁杉花粉浓度为 91 粒/1 000 m³ 空气, 1992 年 4 月 20~27 日铁杉花粉为 33 粒/1 000 m³ 空气^[4], 1994 年 5 月 23~30 日, 罗汉松花粉浓度达 280 粒/1 000 m³ 空气, 它们分别占一周内空气孢粉 0. 3%~0. 7%, 占全年空气孢粉的百分比就更微乎其微。

铁杉和罗汉松是热带、亚热带山地植物, 铁杉距离禹城最近的生长地在河南省伏牛山, 海拔 1 000 m 以上, 铁杉和罗汉松的花期都在 4~5 月, 同期盛行的风向是西南风和南风, 这两个风向在 1992 年 4 月 20~27 日期间各占总风向 23. 8%, 1994 年 4 月 25~5 月 2 日的西

南风占 48%, 平均风速可达 4.4 m/s , 这些松科的花粉容易随风飘移, 在开花期间乘西南风到达禹城, 其路程至少 500 km 。又如桃源 1994 年 6 月 6~13 日的一周, 麻黄属和沙拐枣属在空气中的花粉浓度均约 $496 \text{ 粒}/1\,000 \text{ m}^3$ 空气, 这两属植物都生长在干旱的环境, 其中麻黄花粉最近有可能来自湘西山地的干旱河谷沙地上, 相距约 200 km , 但沙拐枣属在我国共有 18 个种, 全部生长在荒漠、沙漠地区, 如青藏、内蒙、新疆、甘肃的干旱沙地, 距离桃源至少 900 km 。两属植物的花期都在 5~7 月, 桃源县每年 3~5 月, 伴随北风、西北风寒潮南下, 其中 4 月分有 $1/4$ 天数刮大风, 6~8 月常有雷雨大风, 4~8 月间还时有龙卷风^[3], 两属植物花粉有可能随气流多次迁移, 到达桃源。有文献记载, 麻黄花粉可迁移达 $1\,300 \text{ 哩}^{[5]}$, 相当于 $2\,400 \text{ km}$; 1977 年 5 月 19 日, 欧洲的孢粉学家在瑞士苏黎世找到来自非洲撒哈拉沙漠的沙拐枣花粉, 其传送距离达 $1\,900 \text{ km}$, 他们发现在很短的时期内花粉能长距离迁移, 并得到当地气象台的同时研究所证实, 这些花粉是由气团运行传送的^[6]。我国东部是典型的东亚季风气候区, 冬季盛行西北风, 东北风, 夏季盛行东南风和西南风, 冬季风较夏季风更强盛, 花粉的远距离迁移与季风运行关系密切, 无疑外来花粉的迁移路线反映了季风运行的轨迹。

3 现代花粉雨研究意义

通过对我国东部暖温带的华北地区(北京、禹城)和中亚热带的湖南桃源地区花粉雨的初步调查, 比较清楚地了解这些地区全年大气孢粉的变化及降落在地表的花粉尘的组成, 从而认识花粉雨与现代植被和气候的关系。如根据桃源的空气孢粉、表土尘孢粉与周围 10 km 范围内的植被比较得知, 空气中的全年孢粉组合较能反映植被的主要成分(可达 80%), 表土尘孢粉组合反映小部分植被成分(约 17%), 但两者都在不同程度上反映出它们所在的气候带的特征。

孢粉学家很关心湖相沉积物孢粉研究, 然而花粉雨不同于湖相沉积物孢粉, 湖相沉积物中的孢粉是经过不同程度上环境(物理、化学、生物因素)的作用, Pierre COUR 等人研究^[1]表明, 各个种属植物的孢粉对于它们所遭受的原生及次生因素的作用, 反应是不相同的, 孢粉在沉积物中富集度的变化并不能直接和原生植被复盖密度变化相联系, 而且沉积物中孢粉仅仅是组成沉积物极微小的一部分, 例如孢粉浓度若为每克 50 万粒(观察到的浓度最大的样品之一), 它只代表沉积物体积不到 0.4%, 很明显, 沉积物中与孢粉伴随的矿物质或有机质颗粒比例的微小变化, 也能引起观察的孢粉数非常明显的变化, 因此单纯用百分比来解释某种植物在植被中的地位或推测气候变化并不是很可靠的。如何解释沉积物孢粉组合才能客观说明植被和气候始终是个难解决的问题。现代花粉雨研究, 是尽可能排除其他因素的影响, 直接分析孢粉—植被—气候之间联系, 当这些资料积累到一定程度, 例如调查了若干不同气候类型植被带的花粉雨之后, 我们可以在这些现代花粉雨组成中, 选择花期相同的科、属合理配对, 就像一些孢粉学家用蒿属与藜科花粉之比值(粒数或百分数之比)变化来指示环境干、湿度变化, 还可以用菊科和十字花科、禾本科和莎草科、麻黄属和伞形科配对, 这些配对的科、属从孢粉谱中独立出来, 它们不受其他科、属孢粉数量变化的影响, 这些配对科、属的比值, 也就是科、属间的相对频率, 其变化代表自然环境的变化, 在恢复植被和推测气候(温度、湿度)变化时做到量化。这些工作还需要今

后更多的实验、调查和证明。

参考文献:

- [1] Pierre COUR et Daniele DUZER: La Signification climatique, edaphique et Sedimentologique des rapports entre taxons en analyse pollinique[M]. Annales des Mines de Belgique 7^e~8^e Livraison, 1978. 825~834
- [2] Huang Cixuan, Pierre COUR, Chen Zhiqing et al. The Study of airborne Pollen and spores in Taoyuan, Hunan Province of China[J]. *The Journal of Chinese Geography*, 1999, 9(3): 295~300.
- [3] 中国科学院, 湖南省桃源农业现代化综合科学实验基地县考察队 编. 桃源综合考察报告集[C]. 湖南科学出版社, 1980. 150~161, 200~205.
- [4] 黄赐璇, Pierre COUR, 梁玉莲 et al. 华北平原空气孢粉组成的季节变化及其研究意义[J]. 地理科学进展, 1997, 16(增刊): 63~71.
- [5] 摩尔 P D, 韦布 J A 著. 李文漪 等译. 花粉分析指南[M]. 广西人民出版社, 1987. 125.
- [6] 黄赐璇, 陈志清. 法国空气孢粉学的研究及其应用[J]. 植物学通报, 1996, 13: 7~13.

A tentative study of pollen rain in eastern China

HUANG Ci-xuan¹, Pierre COUR²

(1. Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China;

2. Institute of Evolution, CNRS, Montpellier, France)

Abstract: Composition of modern pollen rains representing warm temperate and central Asia tropic zones has been obtained based on analysis of the year round aerial pollen samples and pollen samples in surface soils from Beijing, Yucheng and Taoyuan which are located in different climatic zones. Of them aeropollen assemblage can better reflect regional vegetation composition in contrast to surface soil pollen assemblages, and characteristics of regional pollen rain can be regarded as a mark to classify climatic zones. Analysis of pollen rain from eastern China also indicated that long distance pollen migration is closely related to East Asia monsoon, and pollen migration route reflects the trajectory of monsoon activities. Studies of pollen rain made it possible to further understand the relationships of pollen composition - vegetation - climate which will be helpful to conduct quantitative analysis on rehabilitation of vegetation and climate by means of pollen research.

Key words: Eastern China; pollen rain; implication of study