新疆天山大气桦木花粉与气象因子的相关分析

李媛媛^{1,2}, 张芸^{1,3*}, 倪健⁴, 孔昭宸¹, 王力^{1,5}, 李玉梅⁶, 陈立欣^{1,2}

1. 中国科学院植物研究所, 植被与环境变化国家重点实验室, 北京 100093;

2. 中国科学院大学生命科学学院, 北京 100049;

3. 河北地质大学资源学院, 石家庄 050031;

4. 浙江师范大学化学与生命科学学院, 金华 321004;

5. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100049;

6. 吉林大学地球科学学院, 长春 130061

* 联系人, E-mail: zhangygl@ibcas.ac.cn

2018-12-03 收稿, 2019-04-17 修回, 2019-04-18 接受, 2019-05-31 网络版发表

国家自然科学基金(41572331, 41272386, 90102009)、中国科学院知识创新重大项目(KZCX1-10-05)、中国地质科学院基本科研业务费专项(YW201627)和中国科学院战略性先导科技专项(A类)(XDA19050103)资助

摘要 大气花粉的运移和沉降与各地的气象因子间存在着密切的联系. 通过在新疆中天山地区处于不同植被带的3个研究点(新疆天池气象站、阜康荒漠生态系统定位站及北沙窝草炭试验站)安装花粉收集器, 进行了长达5年(2001年7月~2006年7月)的大气中桦木属花粉的监测, 目的是为了探讨桦木属花粉的数量变化和时空分布动态特征, 以及与各个气象因子之间的响应关系. 研究结果表明: (1) 桦木属花粉组合与植物的花期相对应, 具有季节性变化. 在2003年, 3个研究点的桦木属花粉浓度都最低, 可能与2003年年平均温度降低有关, 低温致使花粉减产. (2) 由桦木属花粉含量与主要气象因子的相关分析得出, 天池研究点和阜康研究点的年平均温度高低直接影响着桦木属花粉浓度大小, 年平均降水和日照时数则在不同地区表现出相反的影响, 风速和风向对桦木属花粉的散布有一定影响. (3) 新疆天池地区大气中桦木属花粉的产量能反映其植物分布情况; 而中天山地区一些表土和全新世地层中的桦木属花粉含量偏高, 应能直接表明其古植被中的植物区系成分的组成, 且与全新世气候变化及人类活动的影响密切相关. 该项研究有助于新疆地区古气候重建、大气环境监测和生态文明建设.

关键词 桦木属, 大气花粉浓度, 年平均温度, 中天山, 新疆

IPCC第五次评估报告中指出, 近百年来全球气候系统的显著变暖, 已经对人类社会和自然生态系统构成了广泛而深刻的影响. 对过去全球变化的研究(Past Global Changes, PAGES)业已成为预测未来气候变化的重要内容. 孢粉是推演第四纪古植被和定量重建古气候最重要的代用指标之一^[1]. 近些年通过数学建模研究孢粉与植被间定量关系的研究日渐增多, 然而模型建立需对大量现代花粉数据进行研究^[2]. 大气花粉

研究作为现代花粉研究的重要组成, 在花粉来源、产量、传播与扩散、搬运与沉积、植被群落动态演变等方面的研究极具优势, 是研究现代花粉样品不可替代的重要载体^[3,4]. 为更好地探究花粉-植被-气候间的关系^[5], 需要进行长期的、大量的大气花粉监测. 很多学者都探讨了大气花粉数量(通量或浓度)与温度间的关系. Li等人^[6]通过对黄土高原中东部空气花粉数据的排序结果分析, 得出平均温度对当地空气花粉组合有一

引用格式: 李媛媛, 张芸, 倪健, 等. 新疆天山大气桦木花粉与气象因子的相关分析. 科学通报, 2019, 64: 1909–1921

Li Y Y, Zhang Y, Ni J, et al. The correlation between airborne *Betula* pollen content and meteorological factors in the Tianshan Mountains, Xinjiang, China (in Chinese). Chin Sci Bull, 2019, 64: 1909–1921, doi: 10.1360/N972018-01181

定的影响; Li等人^[7]根据四季划分, 认为在春季木本植物花粉通量与温度呈正相关关系; Pan等人^[8]根据2001~2006年空气花粉数据得出雪岭云杉(*Picea schrenkiana*)的产量与五六月份的温度有关; Grewling等人^[9]的研究表明在桦木属花粉季开始的第一周, 花粉数量与日均最高温度呈显著正相关. 当然, 花粉数量还与其他气象因子密切相关, 通过排序^[6,7]或相关分析^[9]等不同的研究方法, 可以得出花粉数量(通量或浓度)或者花粉组合与降水^[7]、相对湿度^[6]、风速^[6,8]、水汽压^[10]等之间存在密切联系. 研究区域不同, 研究结论也不尽相同.

新疆地区地处温带干旱区, 属大陆性气候. 天山具完整的山地垂直自然带谱, 是山地生态系统的典型代表, 具有显著的景观多样性^[11], 对气候变化响应尤为敏感^[12]. 桦木属(*Betula*)植物在此形成了一个独特的桦木属区系^[13], 其中的天山桦(*B. tianshanica*)、盐桦(*B. halophila*)和小叶桦(*B. microphylla*)^[13]作为新疆的特有种类, 具有极重要的保护价值. 桦木属花粉在空气中的传播具有怎样的特点, 它与天山当地的气象因子尤其是温度之间又是如何响应的? 另外, 在新疆一些地层剖面样品分析中, 桦木属植物的花粉含量比较高, 如何解释地层孢粉数据中的该花粉类型的代表性则显得尤为重要, 而弄清大气中桦木属花粉与气象因子及植被间的关系是探究该花粉类型在古气候重建中的指示作用的重要研究基础.

因此, 本文通过选取新疆天山中段北坡的天池、阜康、北沙窝3个研究点大气中的桦木属花粉进行连续5年(2001年7月~2006年7月)的监测和统计分析, 以期获得局域和区域性桦木属花粉数量变化的信息, 及其时空分布动态特征, 从而分析桦木属相对体积花粉浓度对主要气象因子的响应, 以及花粉传播受环境因子的影响, 进而探讨桦木属花粉与植被生态学上的意义, 确定桦木属植物响应气候变化的类型和机制. 此项研究有助于预测气候变化对该植物的影响, 进而对新疆古植被、古气候和古生态学的研究提供可靠参考.

1 材料与方法

1.1 研究区概况

取样地点选择在新疆天山中段北部的天池气象观测站(43°53'58.38"N, 88°07'15.75"E, 海拔1942.5 m, 花

粉收集器距离地面约2 m)、中国科学院阜康荒漠生态系统定位站(44°17'27.41"N, 87°55'52.65"E, 海拔477 m, 距地面约8 m)和地处准噶尔盆地古尔班通古特沙漠南缘的北沙窝草炭试验站(44°22'40.74"N, 87°55'9.74"E, 海拔443 m, 距地面约2 m), 研究点跨度天山北坡的森林草原植被带至低海拔的典型荒漠植被带(图1).

气象观测站数据, 天池气象站6年的年平均温度范围1.93~3.39°C, 平均降水352.9~835.0 mm, 年平均风速2.3~3.1 m/s, 相对湿度58%~63%; 阜康地区6年的年平均温度6.98~8.36°C, 平均降水191~253.3 mm, 年平均风速1.5~2.2 m/s, 相对湿度60%~63%. 天池与阜康取样地点的气候差异明显. 其中天池年平均温度差异大, 其温度较阜康低; 降水多集中在夏季前后, 降水量较阜康丰富; 平均风速呈现垂直海拔梯度的变化(表1).

桦木科(*Betulaceae*)中的桦木属植物, 属落叶阔叶乔木或灌木. 花为单性, 雌雄同株, 属风媒传粉植物. 现主要分布于北半球温带. 我国产29种6变种. 全国均有分布. 天池地区主要分布有天山桦、垂枝桦(*B. pendula*), 生于海拔1300~2500 m, 主要伴生于云杉(*Picea*)林, 是形成山地针阔叶混交林的主要树种^[14].

1.2 实验材料和实验设计

2000年, 在中天山地区按照植被带的划分共设置3个研究点(天池、阜康和北沙窝). 大气花粉的收集采用COUR风标式花粉收集器, 在风标的前方装有2个与风标垂直的滤网框, 可定时更换框内滤网, 风标可随风向而转动, 但滤网则始终处于迎风位置. 滤网由6层浸透硅油的纱布组成, 当空气通过时, 空气中携带的花粉等颗粒则被黏附在滤网上, 每个滤网的面积为20 cm×20 cm. 收集器的纱网在5~10月每周更换一次, 11月至次年4月, 每2周更换一次(仅更换其中一个滤网框中的纱网, 另一个用以取全年样品), 一周一年一套花粉收集器可收集38个大气花粉样品, 以观察空气中花粉的变化情况. 从2001年7月~2006年7月, 5年3个采样点共收集570个样品.

1.3 实验处理

实验处理的目的是将滤网上截获的花粉提取出来, 以备显微镜下鉴定分析. 具体方法是: (1) 取滤网1/2进行处理, 另外1/2保留以备检验; (2) 将1/2滤网放入烧杯中, 加入50 mL浓H₂SO₄浸泡4 h, 至滤网完全分解; (3) 用蒸馏水洗至中性, 将沉淀物倒入塑料杯中, 加20 mL

图 1 桦木属花粉研究点位置分布. (a) 桦木属花粉研究点在新疆地区的位置; (b) 桦木属花粉研究点的海拔高低变化; (c) 桦木属花粉研究点的植被覆盖率大小变化

Figure 1 Location showing *Betula* pollen research sites. (a) *Betula* pollen research sites in Xinjiang; (b) altitude variation of *Betula* pollen research sites; (c) vegetation coverage variation of *Betula* pollen research sites

表 1 天池和阜康地区2001~2006年气象数据^{a)}

Table 1 Meteorological data of Tianchi and Fukang areas from 2001 to 2006

研究点	年份	平均温度(°C)	最高温度(°C)	最低温度(°C)	降水量(mm)	湿度(%)	风速(m/s)	年日照时数(h)
天池	2001	2.87	28.4	-28.2	352.9	60	2.9	2548.5
	2002	2.94	28.0	-25.9	544.9	63	3.0	2571.8
	2003	1.93	24.1	-24.5	835.0	63	2.3	2534.5
	2004	2.66	30.2	-25.6	542.9	61	2.6	2519.2
	2005	2.39	27.6	-27.6	596.9	62	3.1	2553.3
	2006	3.39	31.0	-30.6	542.1	58	3.0	2717.7
阜康	2001	8.26	39.6	-29.6	221.8	61	2.2	2855.6
	2002	8.28	40.4	-27.9	217.4	62	2.0	2569.4
	2003	6.98	36.8	-26.8	249.1	62	1.5	2433.3
	2004	8.02	40.3	-27.6	253.3	63	1.9	2602.8
	2005	7.68	39.4	-30.0	218.3	60	1.9	2565.2
	2006	8.36	40.9	-32.5	191.0	60	1.9	2625.9

a) 毛礼米. 新疆天山中段北部空中花粉数量的时空变化及其气候与植被指示意义. 中国科学院植物研究所博士后研究工作报告. 2008

HF. 放置通风橱中过夜, 再水洗至中性; (4) 加20% HCl 100 mL, 煮沸5 min, 水洗至中性; (5) 加10% NaOH 150 mL, 煮沸5 min, 水洗至中性; (6) 用1:9配比的硫酸酐与醋酸酐混合液处理, 离心、水洗、加定量甘油, 以

备镜鉴.

1.4 数据的统计

花粉数量与浓度计算方法根据容积法进行定量分

析, 步骤如下: (1) 精确测量每个样品的总体积(甘油滴数). (2) 定量抽取微量样品进行镜鉴(每滴甘油理论上可以制10个20 mm×20 mm 薄片), 鉴定花粉多数到属, 少数至科. (3) 观察的基本粒数为250~350粒. (4) 观察的基本行数为2~3行. (5) 每个样品观察的基本片数为2~3片. (6) 计算每个滤网所收集孢粉总数的公式为 $Q=(S/N) \times N_0 \times 10d \times 2$, Q 为孢粉总数; S 为镜鉴统计的孢粉数; N 为镜鉴总行数; N_0 为镜鉴总行数/玻片; d 为制样甘油滴数. (7) 计算大气中孢粉浓度的公式为 $C=100 \times Q/(V \times T \times S_0)$, C 为孢粉浓度(粒/100 m³空气); Q 是每个滤网的孢粉总数(粒); V 是该滤网收集期内的平均风速(m s⁻¹); T 为该滤网收集时间(s); S_0 为滤网截面积(m²). (8) 计算大气中花粉百分比的公式为 $W=n/N \times 100\%$, W 为该花粉在该样品中的百分含量(%); n 为该花粉在鉴定中的统计数量(粒); N 为该样品中鉴定统计的孢粉总数量(粒). 因蕨类与真菌孢子数量极少, 未列入计算.

2 结果分析

2.1 桦木属花粉数量变化

图2显示的是桦木属花粉在3个研究点的时间序列上的花粉浓度变化特征, 从季节角度上看, 一年四季中(春季为2~4月, 夏季为5~7月, 秋季为8~10月, 冬季为11~1月(翌年)(公历)), 空气中花粉数量春末夏初最高, 秋季次之, 冬季最低. 天池5年样品的时间序列(取样时间间隔, 5~10月每周, 11月至翌年4月, 每2周)平均桦木属花粉浓度峰值为12.147粒/100 m³, 阜康为2.047粒/100 m³, 北沙窝为2.271粒/100 m³. 天池研究点的桦木属花粉于4月下旬出现, 持续两周后在5月初达到峰值, 随后急速下降; 阜康点该花粉峰值也在5月初, 随后缓

慢降低; 北沙窝点于5月中旬至峰值, 仅持续一周后减少.

图3是桦木属花粉数量、桦木属花粉百分比、桦木属花粉浓度在3个研究点5年间的变化特征, 从年际角度看, 天池5年里收集鉴定的桦木属大气花粉数量为2557~44502 粒, 占鉴定花粉总数的百分比为0.45%~2.60%, 桦木属花粉浓度为0.12~1.65粒/100 m³; 阜康桦木属花粉数量为323~5532粒, 占百分比为0.10%~0.71%, 花粉浓度为0.03~0.39粒/100 m³; 北沙窝桦木属花粉数量为268~9252粒, 占百分比为0.1%~0.42%, 花粉浓度为0.02~0.62粒/100 m³.

2.2 桦木属大气花粉含量与气象因子之间的响应

2.2.1 两个研究点桦木属花粉浓度与气象因子之间的相关关系

花粉浓度与气象因子(最高温度、最低温度、平均温度、降水量、平均风速、相对湿度、日照射时数)的时间变化模式(均为5年相同取样期间的平均值)上保持一致. 由于阜康生态站与北沙窝试验地相隔水平距离仅10 km, 同处于荒漠植被带, 生态型适应相似, 故仅研究天池与阜康两个研究点的桦木属花粉浓度与气象因子间的相关分析(Pearson correlation), 结果见表2. 其相关性在两个研究点不尽相同, 但天池点的桦木属花粉与气象因子之间的相关性较高.

天池点桦木属花粉浓度与年平均温度、年平均降水及年日照时数之间的线性拟合结果表明(图4), 它与温度呈正相关($R^2=0.819$), 与降水($R^2=0.954$)和年日照时数($R^2=0.813$)呈负相关. 阜康点的线性拟合结果为该花粉浓度与温度($R^2=0.233$)、降水($R^2=0.634$)及年日照时数($R^2=0.099$)皆呈正相关.

图2 桦木属花粉在3个研究点的时间序列上的花粉浓度变化

Figure 2 Concentration changes of *Betula* pollen in time series at three research sites

图 3 桦木属花粉数量(a)、桦木属花粉百分比(b)和桦木属花粉浓度(c)在三个研究点5年间的变化
Figure 3 Changes in the number (a), percentage (b) and the concentration (c) of *Betula* pollen at three research sites during five years

表 2 天池和阜康研究点的桦木属花粉浓度与气象因子间的相关分析结果

Table 2 Relevant analysis of *Betula* pollen concentration and meteorological factors at Tianchi and Fukang research sites

研究点	相关分析	年平均温度 T_{mean}	7月均温 T_{Jul}	1月均温 T_{Jan}	年平均降水	年日照时数	年平均风速	相对湿度 RH
天池	皮尔森相关 ^{a)}	0.905*	0.198	0.546	-0.977**	-0.901*	0.13	0.832
	显著性(双侧)	0.035	0.749	0.341	0.004	0.037	0.835	0.08
阜康	皮尔森相关 ^{a)}	0.482	0.36	0.006	0.796	0.315	0.233	0.516
	显著性(双侧)	0.411	0.552	0.992	0.107	0.605	0.706	0.374

a) 皮尔森相关, $N=5$; **, 在0.01水平上显著相关(两侧); *, 在0.05水平上显著相关(两侧)

2.2.2 桦木属花粉与风速、风向之间的联系

天池地区的风速大于阜康地区, 两地的风速皆与花粉浓度呈正相关关系. 天池与阜康两地主导风向差别明显, 天池风向以西北与东南为绝对主导, 且没有明显的季节性变化, 夏季的西北风向最大频率可达33.3%. 而阜康地区的风向有明显变化, 但以西风为主, 其次为东北风和西南风向, 冬季的西风向最大频率为15.6% (图5).

3 讨论

3.1 桦木属花粉浓度与植物开花期

由于植物开花期不同, 每个时期大气中花粉的种类和数量不尽相同. 花粉组合与植物的花期相对应, 具有季节变化^[10]. 春夏之交, 正是桦木属植物的开花时节,

由图2可见桦木属花粉浓度高峰期主要出现在5月初和中旬, 在数量上天池>阜康>北沙窝. 2010年4月~2011年8月的小叶桦物候期连续观测试验也表明, 花序5月初进入了散粉盛期, 散粉持续约13 d时间, 与这3个研究点的桦木属该花粉浓度高峰期基本吻合^[15]. 开花时间上, 天池早于阜康, 阜康早于北沙窝, 这与天池所处的纬度较其他两个研究点低, 而海拔高度又较高有一定的关系.

杨振京¹⁾曾计算过桦木属花粉2001年8月~2002年8月的具体数值变化情况, 天池点的桦木属植物花粉浓度集中在夏季达到峰值, 阜康点的该花粉浓度峰值也主要是在夏季, 北沙窝的主要是在春末. 与5年整体花粉浓度变化相比, 天池点的桦木属花粉浓度明显提前到4月底开始出现, 阜康点该花粉的变化不大, 北沙窝点则延迟到5月中旬达到高峰. 造成天池和阜康地区桦

1) 杨振京. 新疆天山中段北坡地区现代孢粉学研究. 中国科学院植物研究所博士后研究工作报告. 2004

图4 天池(a)和阜康(b)研究点的桦木属花粉浓度与年平均温度、年平均降水、年日照时数的线性拟合结果

Figure 4 Linear fitting results of *Betula* pollen concentration with annual mean temperature, annual average precipitation and annual sunshine hours at Tianchi (a) and Fukang (b) research sites

图5 天池(a)和阜康(b)地区风向频率图

Figure 5 Wind direction frequency maps at Tianchi (a) and Fukang (b) areas

木属植物花期提前的可能原因是气候状况变化(比如春季增温)的生物短期响应问题^[16]。2006年春季最高温比2001年高5.4℃, 春季温度升高使植物花期提前、开花时间延长^[8,17]。在全球变暖的大背景下, Robichaud等人^[18]对加拿大桦树的花粉时间序列和物候预测进行了分析, 表明花粉季正以每10年增加2.6天的规律在延长。通过近50年新疆气温精细化时空变化分析, 得出新疆整体上有明显的升温^[19]。处于较为干旱的荒漠植被带的北沙窝试验地, 研究点周围未见桦木属植物, 该花粉可能来源于风力搬运^[6,20], 因此该花粉浓度峰值出现时间延迟。而天池点有天山桦植物生长, 花粉浓度可直接体现该种植物开花期, 当花粉浓度达到最高值时, 植物则处于盛花期, 因此同样反映植物花期开花物候的

变动。

3.2 三个研究点大气中桦木属花粉的年际变化

桦木属花粉粒的鉴定数量在3个研究点相差甚大, 有几百至上万粒不等; 3个研究点大气中的桦木属花粉百分比皆很低, 即使占比例最高的天池也不超过3%, 样方调查结果也表明桦木属植物在该地植被中占比例较小, 而是以其他类型的植物占优势; 尽管3个研究点中桦木属花粉浓度年际变化可相差数倍, 但总体上偏低, 不超过2粒/100 m³。桦木属花粉数量、桦木属花粉百分比及桦木属花粉浓度, 3个值的大小都明显表现出, 天池>阜康>北沙窝。这与天池点处于森林植被带, 其间伴生桦木属植物有关, 大气花粉主要来源于周围的植

被^[10,17]。

尽管3个值皆呈现波动的状态,然而却都在2003年时降至最低,这与当年的气象因子间的关系密不可分。2003年是一个特殊年份,在5年间其年平均温度呈最低,但年平均降水量却显著增多(表1)。这可能是2004年年平均气温较前上升了1.5℃,从而发生“突变性”升温的原因^[19]。研究点附近的米泉市(现米东区)2003年因春季低温多雨,水稻播种和插秧推迟,致使生育进程相应延迟,花粉败育^[21]。全球增温使得植物花粉产量增加、高峰期延长^[22],低温致使花粉产量减少。天池点中的桦木属花粉浓度最低值与潘艳芳等^[17]研究雪岭云杉的结果相似,可认为年平均温度是影响雪岭云杉和桦木属植物开花的一个重要气象因子。这也许表明在同一个地区,不同木本树种间有着相似的气候响应^[23]。除气象因子外,还应与桦木属植物自身的生理活动、生命周期变化等有关,甚至还与花粉收集器的设置高度^[24]等相关,是否如此,尚需更加具体的研究结果进行证实。

3.3 桦木属花粉浓度与几个重要的气象因子之间的联系

温度是一个极其重要的气象因子,直接影响到植物的开花时间、花粉产量^[6-9]。相关分析及线性拟合结果表明,天池点的桦木属花粉与年平均温度呈显著正相关,在阜康点两者呈正相关关系。与阜康相比,天池年平均温度都表现出“冬暖夏凉”,这也许是天池较阜康表现更为显著正相关的原因。Grewling等人^[9]得出桦木花粉数量与平均最高温度呈现显著正相关。李英等人^[10]提出桦木属花粉通量亦与春季气温呈正相关。Tseng等人^[25]通过日均最高温和近5年的太阳辐射量等气象数据再结合历年收集的大气花粉数据,计算出模型来预测桦木花粉的产量。

相关分析及线性拟合结果还表明,天池点桦木属花粉浓度与年平均降水量呈极显著负相关,而阜康点两者之间关系则呈正相关。天池地区的年平均降水量约为阜康地区的2.5倍之多。天池位居较为湿润的山地森林植被带,而阜康则位于较干旱的荒漠植被带,水分在荒漠地区可作为植物生长的限制因子。表土孢粉组合与气候参数的判别分析表明该花粉浓度与年平均降水呈现显著正相关^[5],李杨等人^[26]曾通过天山北坡气候因子对植被影响的空间分异性的研究提出,在沿博格达山-乌鲁木齐-石河子一线以南区域,植被的降水偏相关性较强。桦木属植物生态幅度宽^[13],所以在两地呈

现不同的生态适应性。天池地区降水多致使花粉增多不利于扩散,使空气中的花粉较快地沉降入地面,从而降低了大气花粉浓度,其他研究也证实桦木属花粉数量与日降雨量呈负相关^[9]。而在阜康和北沙窝地区,受到降水的限制,不利于桦木的生长和分布,但北疆的一些湿地和沼泽地区该植物却会大量出现^[27]。

木本植物花粉的日照时数是高花粉量的重要风险因素^[28],日照的增加会引起花粉干结,从而不利于花粉的传播扩散,导致花粉数量减少^[29],这与天池点相关分析的结果相同。而徐景先等人^[30]通过对北京大气花粉的研究得出,花粉浓度与日照呈正相关关系;谢水祥等人^[31]的研究却证实花粉含量却与日照之间没有相关性。近50年来新疆日照时数除春季外,呈显著减少趋势,这也许会对花粉量产生较大影响^[32]。桦木属花粉浓度在两地的相关性表现完全相反,这应与地形、其他环境因子等因素密切相连,需结合更多的研究成果进行讨论。

风作为风媒植物花粉传播的重要媒介,其大小及方向都极其重要。天池地区的年平均风速约为阜康地区的1.5倍,风向风速影响花粉的散布。阜康及北沙窝位于天池的北偏西方向。而天池距阜康的直线距离为40~50 km,阜康距北沙窝平行距离10 km左右。新疆受到西风气流的控制,4~6月风力最为强盛,山地河谷和荒漠平原地带则更为明显。Yang等人^[20]通过表土花粉分析提出,新疆中部地区的山谷上升气流具十分可观的搬运能力,是花粉“爬坡”现象的主要原因,在研究点周围,风对花粉的搬运极其重要。分析结果表明,桦木属花粉浓度皆与年平均风速呈现极低的正相关关系,相关性并不高。其主要原因可能是桦木属花粉粒扁球形,具3或4~5孔,外壁光滑,并不像云杉花粉具有双气囊,适于远距离传播^[33,34],还有可能是因为荒漠植被带桦木属植物数量少、分布较稀疏,其花粉总的产量极低,从而使该花粉与风速间的关系不容易测定。

3.4 桦木属花粉的植被生态学意义与古气候、古植被重建

新疆的桦木属植物种类丰富,且空间分布差异明显。天山的天山桦、艾比湖的小叶桦^[35]、阿勒泰县(市)的盐桦^[36]、以及阿尔泰山圆叶桦(*B. rotundifolia*)^[37]等,多为小乔木,其植株花粉产量较高^[38]。大气花粉组合反映当地植被类型^[10]。在一条垂直带上,按照植被带不同设置研究点,能更好地反映其变化规律。天山天池

点,处于森林草原植被带,主要是雪岭云杉群系,其间主要伴生的阔叶树有欧洲山杨(*Populus tremula*)、天山桦和垂枝桦等.对天山中段114个大气花粉样品分析结果表明,可依据建群种植物花粉含量峰值的位置划分植物群落^[1],然而天池地区5年桦木属平均花粉浓度仅0.49粒/100 m³,这表明其植株数量分布并不多,样方调查结果显示,桦属植物含量最高不超过8.1%.阜康及北沙窝点,处于荒漠植被带,主要生长着灌木状沙拐枣群系(Form *Calligonum Kuerlese*)、小半乔木的梭梭柴群系(Form *Haloxylon ammodendron*)等,5年间桦木属花粉平均浓度仅有0.22粒/100 m³,数量极少,主要来源于风的近距离搬运.3个研究点之间有天山北坡山前蒿类荒漠植被带,主要生长藜科及蒿属植物,遗憾的是,未在此处设置研究点.值得一提的是,在此垂直带上,桦木属植物花粉与海拔高度呈现正相关性,海拔较高的天池,桦木属花粉数量也多.桦木属植物对生长环境、立地类型要求不严,能耐贫瘠干旱、耐寒抗风,生态适应性好,可作为水土保持林的优选树种,起到涵养水源的作用^[13],亦可作为荒山荒地的先锋树种,维持其山地植被和荒漠植被^[15],其生态效应显著.桦木属花粉具致敏性,了解其出现日、持续时长、产量、传播等尤为重要

要^[18,25].本文目前的研究结果可为本地区大气环境监测提供有价值的参考资料.

现代花粉中桦木属花粉的植被代表性,是一个比较有争议的课题.在新疆阿勒泰和干旱地区,表土中的桦木属花粉具超代表性^[39],在兴隆山自然保护区,其代表性适中^[40],但在四川若尔盖高原地区,其不具超代表性^[41].李文漪^[42]认为,桦木属花粉数量规律存在不稳定性,如果该花粉百分比含量较高,可以表征母体植物在当地的生长^[43].天山中段北坡云杉林带中,大气中的桦木属花粉的植被代表性较好^[1].2010~2016年期间我们在昭苏74团、喀纳斯-道弯、吉木乃吐满德、乌苏古尔图、艾比湖东大桥、和布克赛尔哈尔萨拉等地的小叶桦林下取表土样品进行花粉分析,其桦木属花粉含量都大于20%,最高可达91%.而在非小叶桦分布的阿勒泰青河县查干郭勒乡、博尔塔拉温泉县哈夏草原、阿勒泰阿勒泰市西等地,表土中该花粉含量极低,大多数都不超过5%(图6).2012年9月~2013年8月我们在艾比湖小叶桦分布区收集的空气花粉中桦木属花粉含量也高达95%,而小叶桦林地中桦木属植物盖度高达70%,表土花粉中该花粉含量也达70%,空气花粉、表土花粉分析结果和植被样方数据均较吻合.而桦木属

图6 (网络版彩色)小叶桦分布区与非小叶桦分布区桦木属表土花粉百分比

Figure 6 (Color online) Pollen percentage of *Betula* from surface soil samples in *Betula microphylla* and non *Betula microphylla* distribution areas

植物含量最高不超过8.1%的天池地区的空气花粉中, 5年平均桦木属花粉浓度仅0.49粒/100 m³, 没有桦木属植物分布的阜康和北沙窝地区的空气花粉中该花粉浓度则更低. 可见, 新疆一些研究点的桦木属花粉的植被代表性还是比较好的, 其代表性应与桦木属植物是否为建群树种, 是否在桦木森林范围或其分布区有关^[44].

花粉与植被的数量关系一直很难定量测定, 而它又是孢粉学研究中恢复古植被景观时必须考虑的基本问题之一. 因此正确把握花粉与植被间的数量关系, 应是孢粉学研究者能否正确利用化石花粉数据来重建古植被与古气候“真实面貌”的关键. 图7展示3个地层剖面中桦木属花粉百分比. 艾比湖小叶桦湿地保护区地层剖面揭示360 cal a BP至今, 桦木属花粉百分比最高值为16.99%, 这与历史时期该区被称作“桦木村”有一定关系^[45]. 吉木萨尔县泉子街乡桦树窝子村的自然剖面, 揭示出450 a BP以来, 桦木属花粉百分比最高达13.2%, 其村名也可能因此而来^[33]. 取自石河子市草滩湖地层剖面中揭示出900~50 cal a BP间桦木属花粉百

分比含量高达58.13%^[46], 综合其他指标反映当时小叶桦分布较广, 而现今因受自然, 尤其是人类活动影响的加剧, 其分布正濒临消失. 根据以上桦木属花粉代表性的讨论结果可以看出, 这3个地层剖面的桦木属花粉数量能表明该植物的存在, 其值越高, 盖度愈大, 分布则越广. 大量剖面的孢粉数据表明, 新疆天山中段北坡湿地、沼泽地或者湖泊的存在都明显影响着桦木属植物的分布^[33,45,46], 但这些地区的古植被和古气候的重建仍需更多的研究成果加以证实. 该研究结果将对新疆地区的大气环境监测、生态建设和湿地保护提供参考依据.

4 结论

(1) 天池研究点平均5年中的桦木属花粉都于4月下旬出现, 在持续两周后至5月初达到峰值, 随后急速下降; 阜康峰值也在5月初, 随后缓慢降低; 而北沙窝于5月中旬至峰值, 仅持续一周后减少. 秋季也许会有残留树上或地面土壤表皮少许被吹扬起来的桦木属花粉

图7 草滩湖剖面、桦树窝子剖面及艾比湖小叶桦湿地剖面中桦木属花粉含量变化^[33,45,46]

Figure 7 The change of *Betula* pollen percentage in *Betula microphylla* profiles from Caotanh, Huashuwozi and Ebinur wetlands^[33,45,46]

出现. 但冬季的花粉浓度极低, 数量甚微. 连续5年中, 3个研究点的桦木属花粉浓度皆在2003年降至最低, 这可能与当年年平均温度低密切相关, 低温致使花粉产量降低. 2006年桦木属花粉的高峰期提前, 这很可能因年平均温度升高从而导致桦木属植物开花物候提前.

(2) 桦木属花粉在天池研究点与气象因子之间的关系显著, 而阜康却不显著, 这与桦木属植物分布、生态习性等因素密切相关. 在中天山地区, 温度与桦木属花粉呈显著正相关, 表明温度的高低直接影响着大气中桦木属花粉浓度大小; 天池地区与阜康、北沙窝地区的降水与桦木属花粉浓度却呈现相反的相关关系,

这表明桦木属植物的生态适应性不同, 降水在阜康地区是桦木属植物生长的限制因子; 日照时数对桦木属植物的影响, 在不同区域表现不同; 风速、风向在一定程度上也影响着桦木属植物花粉的传播.

(3) 在有桦木属植物分布的天池地区, 桦木属花粉产量多少, 能直接反映桦木属植株数量的多寡和生态环境. 中天山北部地层中高含量的桦木属花粉亦可反映桦木属植物的分布及生长. 因此根据中天山地区大气、表土和地层中桦木属花粉的研究结果, 甚至在新疆地区开展对现代桦木属植物的分子生物学研究, 将有助于新疆地区的生态建设和环境保护.

致谢 本论文在写作过程中参考了杨振京和毛利米博士后出站报告. 感谢河北师范大学许青海教授指导安装花粉收集器; 感谢中国科学院新疆生态与地理研究所阎顺教授多年来的指导和帮助.

参考文献

- Kong Z C, Zhang Y, Wang L, et al. The past, present and future of palynology in China—Concentrate on Quaternary palynology (in Chinese). *Chin Sci Bull*, 2018, 63: 164–171 [孔昭宸, 张芸, 王力, 等. 中国孢粉学的过去、现在及未来——侧重第四纪孢粉学. 科学通报, 2018, 63:164–171]
- Chen Y, Ni J, Herzschuh U. Quantifying modern biomes based on surface pollen data in China. *Glob Planet Change*, 2010, 74: 114–131
- Xu Q, Tian F, Bunting M J, et al. Pollen source areas of lakes with inflowing rivers: Modern pollen influx data from Lake Baiyangdian, China. *Quat Sci Rev*, 2012, 37: 81–91
- Xu Q, Zhang S, Gaillard M, et al. Studies of modern pollen assemblages for pollen dispersal-deposition-preservation process understanding and for pollen-based reconstructions of past vegetation, climate, and human impact: A review based on case studies in China. *Quat Sci Rev*, 2016, 149: 151–166
- Li Y. Pollen-vegetation-climate relationship in some desert and steppe communities in Northern China. *Quatern Int*, 2011, 6: 279–280
- Li Y, Ge Y, Xu Q, et al. Airborne pollen assemblages and weather regime in the central-eastern Loess Plateau, China. *Atmos Environ*, 2015, 106: 92–99
- Li J, Li Y C, Zhang Z, et al. The dispersion characteristics of airborne pollen in the Shijiazhuang (China) urban area and its relationship with meteorological factors. *Aerobiologia*, 2017, 34: 89–104
- Pan Y, Yan S, Behling H, et al. Transport of airborne *Picea schrenkiana* pollen on the northern slope of Tianshan Mountains (Xinjiang, China) and its implication for paleoenvironmental reconstruction. *Aerobiologia*, 2013, 29: 161–173
- Grewling L, Jackowiak B, Nowak M, et al. Variations and trends of birch pollen seasons during 15 years (1996–2010) in relation to weather conditions in Poznań (western Poland). *Grana*, 1996, 51: 280–292
- Li Y, Li Y C, Lü S Q, et al. The dispersion of airborne pollen and its relationship with major climatic parameters in Shijiazhuang (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2014, 34: 1575–1586 [李英, 李月丛, 吕素青, 等. 石家庄市空气花粉散布规律及与气候因子的关系. 生态学报, 2014, 34: 1575–1586]
- Xue X L. Research on value system of mountain natural heritage—A case study of Xinjiang Tianshan (in Chinese). Doctor Dissertation. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2012 [徐晓亮. 山地自然遗产价值体系研究——以新疆天山为例. 博士学位论文. 北京: 中国科学院大学, 2012]
- Chen J G, Yang Y, Sun H. Advances in the studies of responses of alpine plants to global warming (in Chinese). *Chin J Appl Environ Biol*, 2011, 17: 435–446 [陈建国, 杨扬, 孙航. 高山植物对全球气候变暖的响应研究进展. 应用与环境生物学报, 2011, 17: 435–446]
- Jiang J M. The study of the geographical distribution of the *Betula* in China (in Chinese). *For Res*, 1990, 3: 55–62 [姜景民. 中国桦木属植物地理分布的研究. 林业科学研究, 1990, 3: 55–62]
- Fang J Y, Wang Z H, Tang Z Y. Atlas of Woody Plants in China. Beijing: Higher Education Press, 2011. 124–130
- Huang G, Yan P, Du Z Z, et al. Inflorescence growth phenology and ecological adaptation of *Betula microphylla* (in Chinese). *Acta Bot Bor-Occid Sin*, 2014, 34: 2569–2575 [黄刚, 阎平, 杜珍珠, 等. 小叶桦花序生长物候及其生态适应意义. 西北植物学报, 2014, 34: 2569–2575]
- Jean E, John M, Julie C, et al. The trend to earlier birch pollen seasons in the U.K.: A biotic response to changes in weather conditions? *Grana*,

- 1997, 36: 29–33
- 17 Pan Y F, Yan S, Mu G J, et al. Changes in the concentrations of airborne *Picea schrenkiana* pollen in response to temperature changes in the Tianshan Mountain area (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2011, 31: 6999–7006 [潘燕芳, 阎顺, 穆桂金, 等. 天山雪岭云杉大气花粉含量对气温变化的响应. *生态学报*, 2011, 31: 6999–7006]
- 18 Robichaud A, Comtois P. Statistical modeling, forecasting and time series analysis of birch phenology in Montreal, Canada. *Aerobiologia*, 2017, 33: 1–26
- 19 Li J L, Zhang S Q, Pu Z C, et al. Spatial-temporal variation of seasonal and annual air temperature in Xinjiang during 1961–2010 (in Chinese). *Arid Land Geogr*, 2013, 36: 228–237 [李景林, 张山清, 普宗朝, 等. 近50 a新疆气温精细化时空变化分析. *干旱区地理*, 2013, 36: 228–237]
- 20 Yang Z, Zhang Y, Ren H, et al. Altitudinal changes of surface pollen and vegetation on the north slope of the Middle Tianshan Mountains, China. *J Arid Land*, 2016, 8: 799–810
- 21 Liang N T, Fan K M, Wei Y B, et al. Analysis on low-temperature cold injury of rice in Miquan City in 2003 (in Chinese). *Xinjiang Agric Sci*, 2004, 41: 237–239 [梁乃亭, 樊康美, 魏玉波, 等. 2003年米泉市水稻低温冷害原因分析. *新疆农业科学*, 2004, 41: 237–239]
- 22 Sigmar B, Inez B. Altering airborne pollen concentrations due to the global warming: A comparative analysis of airborne pollen records from Innsbruck and Oberurgl (Austria) for the period 1980–2001. *Grana*, 2005, 44: 172–180
- 23 Lu P L. Study of the response of main woody plant phenology to climate change in China (in Chinese). Doctor Dissertation. Beijing: Beijing Forestry University, 2006 [陆佩玲. 中国木本植物物候对气候变化的响应研究. 博士学位论文. 北京: 北京林业大学, 2006]
- 24 Zhang S, Xu Q, Gaillard M J, et al. Characteristic pollen source area and vertical pollen dispersal and deposition in a mixed coniferous and deciduous broad-leaved woodland in the Changbai mountains, northeast China. *Veget Hist Archaeobot*, 2016, 25: 29–43
- 25 Tseng Y T, Kawashima S, Kobayashi S, et al. Algorithm for forecasting the total amount of airborne birch pollen from meteorological conditions of previous years. *Agric For Meteorol*, 2018, 249: 35–43
- 26 Li Y, Liu Y, Ma L Y, et al. Spatial variation of the vegetation effected by climatic factors in the north slope of Tianshan Mountains (in Chinese). *J Arid Land Resour Environ*, 2011, 25: 91–95 [李杨, 刘艳, 马丽云, 等. 天山北坡气候因子对植被影响的空间分异性研究. *干旱区资源与环境*, 2011, 25: 91–95]
- 27 Huang G, Cao T, Yan P. Investigation on the survival status of *Betula microphylla* in the Moguhu Wetland of Shihezi city (in Chinese). *Shihezi Sci Technol*, 2012, 6: 3–4 [黄刚, 曹婷, 阎平. 石河子蘑菇湖湿地小叶桦生存现状调查研究. *石河子科技*, 2012, 6: 3–4]
- 28 Kizilpınar I, Civelek E, Tuncer A, et al. Pollen counts and their relationship to meteorological factors in Ankara, Turkey during 2005–2008. *Int J Biometeorol*, 2005, 55: 623–631
- 29 Liu Y, Sun L, Lu Y H, et al. Correlation between airborne pollen dispersal and weather elements in urban district of Chengdu (in Chinese). *Pract J Clin Med*, 2014, 11: 235–238 [刘艳, 孙磊, 路永红, 等. 成都市城区气传花粉飘散与气象要素的相关性研究. *实用医院临床杂志*, 2014, 11: 235–238]
- 30 Xu J X, Li Y N, Zhang D S. Advances in the variation of atmospheric pollen and its forecasting study (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2009, 29: 3854–3863 [徐景先, 李耀宁, 张德山. 空气花粉变化规律和预测预报研究进展. *生态学报*, 2009, 29: 3854–3863]
- 31 Xie S X, Ma L L, Liu Z G, et al. Correlation between airborne pollen dispersal and seven weather factors (in Chinese). *J Clin Rehabil Tis Eng Res*, 2006, 10: 56–58 [谢水祥, 马廉兰, 刘志刚, 等. 气传致敏花粉飘散与气象七要素的相关性. *中国组织工程研究*, 2006, 10: 56–58]
- 32 Zhang S, Pu Z C, Li J. The spatial-temporal variation of sunshine duration in Xinjiang during 1961–2010 (in Chinese). *Acta Geogr Sin*, 2013, 68: 1481–1492 [张山清, 普宗朝, 李景林. 近50年新疆日照时数时空变化分析. *地理学报*, 2013, 68: 1481–1492]
- 33 Zhang Y, Kong Z, Yan S, et al. Fluctuation of *Picea* timber-line and paleo-environment on the northern slope of Tianshan Mountains during the late Holocene. *Chin Sci Bull*, 2006, 51: 1747–1756
- 34 Yan S, Kong Z C, Yang Z J, et al. Seeking relationship between vegetation and *Picea* pollen in surface soils of Xinjiang, northwestern China (in Chinese). *Acta Ecol Sin*, 2004, 24: 2017–2023 [阎顺, 孔昭宸, 杨振京, 等. 新疆表土中云杉花粉与植被的关系. *生态学报*, 2004, 24: 2017–2023]
- 35 Chou Y. Research on genetic diversity and taxonomic status of *Betula microphylla* Bunge var. *Ebinurica* natural populations (in Chinese). Master Dissertation. Urumqi: Xinjiang University, 2015 [仇瑶. 艾比湖桦自然居群遗传多样性及其分类地位研究. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2015]
- 36 Mei X T. Tissue culture and evolutionary system analysis of endangered plant species—*Betula halophila* in Xingjiang (in Chinese). Master Dissertation. Urumqi: Xinjiang University, 2005 [梅新娣. 新疆濒危植物盐桦组织培养的研究与系统发育分析. 硕士学位论文. 乌鲁木齐: 新疆大学, 2005]
- 37 Jia X, Huang T C, Liang Y, et al. Response of spatial distribution of *Betula rotundifolia* to temperature change in the Altai Mountains, Xinjiang (in Chinese). *J Glaciol Geocryol*, 2016, 38: 1411–1416 [贾翔, 黄铁成, 梁艳, 等. 新疆阿尔泰山圆叶桦空间分布对温度变化的响应. *冰川冻土*, 2016, 38: 1411–1416]
- 38 Li Y, Nielsen A B, Zhao X, et al. Pollen production estimates (PPEs) and fall speeds for major tree taxa and relevant source areas of pollen (RSAP)

- in Changbai Mountain, northeastern China. *Rev Palaeobot Palynol*, 2015, 216: 92–100
- 39 Luo C X, Zheng Z, Pan A D, et al. Spatial distribution of modern pollen in Xinjiang region (in Chinese). *Sci Geogr Sin*, 2008, 28: 272–275 [罗传秀, 郑卓, 潘安定, 等. 新疆地区表土孢粉空间分布规律研究. 地理科学, 2008, 28: 272–275]
- 40 Wu J, Ma Y Z, Sang Y L, et al. Quantitative reconstruction of paleovegetation and development R-value model: An application of R-value and ERV model in Xinglong Mountain natural protection region (in Chinese). *Quat Sci*, 2013, 33: 554–564 [伍婧, 马玉贞, 桑艳礼, 等. 古植被定量重建与R值模型的发展——R值和ERV模型在兴隆山地区的应用. 第四纪研究, 2013, 33: 554–564]
- 41 Cai Y, Wang Y, Jiang F C, et al. Relationship between the surface pollen and modern vegetation in Zoigê Plateau, northern Sichuan, China (in Chinese). *Geol Bull China*, 2010, 29: 707–712 [蔡遥, 王燕, 蒋复初, 等. 川北若尔盖高原表土孢粉的特征及其与现代植被的关系. 地质通报, 2010, 29: 707–712]
- 42 Li W Y. Quaternary Vegetation and Environment in China (in Chinese). Beijing: Science Press, 1998. 2–30 [李文漪. 中国第四纪植被与环境. 北京: 科学出版社, 1998. 2–30]
- 43 Wu J, Ma Y Z, Sang Y L, et al. Representation of major pollen taxa from surface samples of Daluoshan Mountain, Ningxia (in Chinese). *Acta Palaeontol Sin*, 2013, 52: 57–67 [伍婧, 马玉贞, 桑艳礼, 等. 宁夏大罗山表土样品中主要花粉类型的代表性. 古生物学报, 2013, 52: 57–67]
- 44 Wang K F, Wang X Z. Introduction of Palynology (in Chinese). Beijing: Peking University Press, 1983. 19–20 [王开发, 王宪曾. 孢粉学概论. 北京: 北京大学出版社, 1983. 19–20]
- 45 Li Y M. Pollen Assemblages and palaeoenvironment change in the typical wetland of north Xinjiang, China (in Chinese). Master Dissertation. Shijiazhuang: Shijiazhuang University of Economics, 2015 [李玉梅. 新疆北部地区典型湿地孢粉组合与古环境研究. 硕士学位论文. 石家庄: 石家庄经济学院, 2015]
- 46 Zhang H. Late Holocene climate change and anthropogenic activities in north Xinjiang—Evidence from the Caotianhu wetland in Shihezi city (in Chinese). Master Dissertation. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2014 [张卉. 晚全新世以来新疆北部气候变化和人类活动的证据——以石河子草滩湖湿地为例. 硕士学位论文. 北京: 中国科学院大学, 2014]

Summary for “新疆天山大气桦木花粉与气象因子的相关分析”

The correlation between airborne *Betula* pollen content and meteorological factors in the Tianshan Mountains, Xinjiang, China

Yuanyuan Li^{1,2}, Yun Zhang^{1,3*}, Jian Ni⁴, Zhaochen Kong¹, Li Wang^{1,5}, Yumei Li⁶ & Lixin Chen^{1,2}

¹ State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China;

² College of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

³ College of Resources, Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, China;

⁴ College of Chemistry and Life Sciences, Zhejiang Normal University, Jinhua 321004, China;

⁵ College of Resource and Environment, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

⁶ College of Earth Sciences, Jilin University, Changchun 130061, China

* Corresponding author, E-mail: zhangygl@ibcas.ac.cn

Studies have shown that there is a close relationship between the transport and deposition of airborne pollen and meteorological factors. The aim of this study was to investigate quantitative changes in airborne *Betula* pollen, its spatial and temporal distribution dynamics, and its response to meteorological factors. In order to do this, we installed three sets of Cour airborne pollen traps at Xinjiang Tianchi Meteorological Station, Fukang Ecological Positioning Station, and Beishawo Experimental Station, which are located in areas of different vegetation types in the central Tianshan Mountains in northern Xinjiang of China, to monitor airborne *Betula* pollen data for approximately 5 years (July 2001 to July 2006).

Our results showed that: (1) The 5-year average airborne pollen dataset showed variation in the dynamics of *Betula* pollen at different sites. At the Tianchi research site *Betula* pollen appeared in late April and reached its peak after 2 weeks, in early May, then decreased rapidly. The peak value of *Betula* pollen at Fukang research site also occurred in early May, and then slowly decreased. At Beishawo research site, it reached its peak value in mid-May, and slowly fell after a week. In autumn, some *Betula* pollen may remain on trees or on the soil surface, having been blown there by the wind. However, the pollen concentration in winter was extremely low, almost zero. The diversity and abundance of different *Betula* species present in the pollen dataset corresponded to the flowering periods of different species and varied with season. Over these 5 years, the peak period of *Betula* pollen has advanced year by year. The flowering phenology of birch plants has also advanced year by year during these 5 years, likely owing to the increasing annual average temperature. Across the three research sites, the concentration of airborne *Betula* pollen decreased to its lowest level in 2003, which had the lowest annual average temperature. This suggests that airborne *Betula* pollen production decreased because of lower temperatures. (2) According to the results of a Pearson correlation analysis, the relationship between the airborne *Betula* pollen content and meteorological factors was significant in Tianchi, but not in Fukang. It was closely related to the distribution and ecological habits of *Betula* trees. The average annual temperature of Tianchi and Fukang research sites directly affected the pollen concentration of airborne *Betula* pollen. However, the average annual precipitation showed an opposite correlation with *Betula* pollen concentration, which indicated that birch plants had different ecological adaptability. Precipitation was a limiting factor for birch plant growth in the Fukang area. Additionally, wind speed and direction also affected *Betula* pollen transportation to a certain extent. (3) In the Tianchi area, where birch trees are distributed, *Betula* pollen production can directly reflect the number of birch trees and the ecological environment. The high *Betula* content in some fossil pollen records from the central Tianshan Mountains in northern Xinjiang of China also reflects the growth and distribution of birch plants, and is closely connected to Holocene climate change and human activities.

Therefore, this research on 5-year average airborne pollen dataset from Xinjiang Tianchi Meteorological Station, Fukang Ecological Positioning Station, and Beishawo Experimental Station in the central Tianshan Mountains in northern Xinjiang of China is helpful for the study of fossil and topsoil *Betula* pollen in the central Tianshan Mountains, and the construction of an ecological civilization in Xinjiang.

***Betula*, airborne pollen concentration, annual average temperature, central Tianshan Mountains, Xinjiang**

doi: [10.1360/N972018-01181](https://doi.org/10.1360/N972018-01181)