

DOI: 10.5846/stxb202110182930

周彦宏, 张芸, 孔昭宸, 杨振京, 延琪瑶. 新疆哈巴河桦木属湿地 3600 年以来的植被变化和人类活动. 生态学报, 2023, 43(3): 1156-1164.

Zhou Y H, Zhang Y, Kong Z C, Yang Z J, Yan Q Y. Vegetation changes and human activities in the *Betula* wetland of Habahe in Xinjiang, China since 3600 cal a BP. Acta Ecologica Sinica, 2023, 43(3): 1156-1164.

# 新疆哈巴河桦木属湿地 3600 年以来的植被变化和人类活动

周彦宏<sup>1, 2</sup>, 张芸<sup>2, \*</sup>, 孔昭宸<sup>2</sup>, 杨振京<sup>3</sup>, 延琪瑶<sup>2, 4</sup>

1 河北地质大学地球科学学院, 石家庄 050031

2 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

3 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 石家庄 050061

4 中国科学院大学生命科学学院, 北京 100049

**摘要:**湿地是水陆相互作用形成的独特自然综合体,对全球气候变化敏感,尤其是干旱半干旱区分布的湿地对自然环境和人类活动的响应更为显著。基于新疆哈巴河地区桦木林湿地人工开挖 130 cm 深的地层剖面,结合较高时间分辨率的<sup>14</sup>C 测年数据和孢粉组合,揭示出该区 3600 年来曾经历 5 个时段的植被变化和人类活动的影响。3540—3430 cal a BP 期间,该区以蒿属(*Artemisia*)等旱生植物为主,湿地尚未形成;3430—2640 cal a BP 期间,局地小环境较湿润,湿生草本和以沼泽蕨(*Thelypteris palustris*)为代表的蕨类植物大量生长,落叶阔叶的桦木属(*Betula*)植物开始出现;至 2640—660 cal a BP 期间,浅水湿地开始形成,桦木属植物迅速扩张,但在大区域仍分布着由藜科(*Chenopodiaceae*)和蒿属等为主要组成的荒漠植被;尤其在 660—210 cal a BP 期间,桦木属成为森林的优势种;值得关注的是,近 200 年以来,该区以藜科为代表的草本植物增多,而桦木林出现萎缩。通过对选取的典型局域湿地不同历史时期环境变化和人类活动影响的研究,揭示了该区 3600 年以来的植被和环境变化,从而加深对当地历史时期植被变化过程的理解,同时也可当地湿地生态建设和湿地生物多样性保护政策的制定提供科学依据。

**关键词:**孢粉组合;植被变化;人类活动;哈巴河;新疆;湿地

## Vegetation changes and human activities in the *Betula* wetland of Habahe in Xinjiang, China since 3600 cal a BP

ZHOU Yanhong<sup>1, 2</sup>, ZHANG Yun<sup>2, \*</sup>, KONG Zhaochen<sup>2</sup>, YANG Zhenjing<sup>3</sup>, YAN Qiyao<sup>2, 4</sup>

1 College of Earth Sciences, Hebei Geological University, Shijiazhuang 050031, China

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

3 Institute of Hydrogeology and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Shijiazhuang 050061, China

4 College of Life Sciences, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China

**Abstract:** Wetlands are uniquely natural complexes that result from the interaction between land and water, which are particularly sensitive to climate change and human activities, especially the different wetlands that are distributed around the arid areas in northwest China. Sediments deposited in natural wetlands provide continuous fossil records with a high time resolution for regional climatic change and the evolution process of local wetlands. Therefore, they have great advantages in revealing changes in regional ecological environment and interaction between human beings and climate and environment. Sporopollen is a reliable high-resolution environmental proxy that is widely used in the reconstruction of paleovegetation,

**基金项目:**国家自然科学基金项目(41971121, 41572331);中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDB31000000);中国地质科学院水文地质环境地质研究所基本科研业务费项目

**收稿日期:**2021-10-18; **网络出版日期:**2022-10-10

\* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: zhangygl@ibcas.ac.cn

paleoclimate, and paleoenvironment. Fossil pollen data from a 130 cm sediment profile collected in the *Betula* wetland of Habahe in Xinjiang of China indicated that the area has experienced five periods of change in terms of vegetation and human activity over the past 3600 years. The results indicate that desert plants such as *Artemisia* dominated the study area during the period 3540—3430 cal a BP and wetlands had not yet formed then. However, the local microclimate became more humid, while herbaceous plants and ferns such as *Thelypteris palustris* became abundant during the time *Betula* first appeared around 3430—2640 cal a BP. The shallow wetland began to develop and *Betula* expanded rapidly during the period 2640—660 cal a BP, however, desert vegetation such as Chenopodiaceae and *Artemisia* still thrived in the area. The area became a full wetland with *Betula* becoming dominant from 660—210 cal a BP. A decline in *Betula* and sharp increases in Chenopodiaceae pollen were evident in the pollen assemblages from the past 200 years, and were not only related to the drying of climate but also affected by the intensification of human activities, resulting in the reduction of birch plants and shrinkage of the wetland area. Moreover, high population growth during the period promoted the rapid development of animal husbandry and agriculture, thus breaking the balance between man and nature and leading to the further deterioration of the natural environment around the wetland. Therefore, by investigating the impact of environmental changes and human activity on typical local wetlands during different historical periods, this study revealed the changes of vegetation and environment in the Habahe region over the past 3600 years. This study contributes to the conservation of wetlands, biodiversity, and local ecological construction. In addition, it increases the knowledge on historical vegetation and human environmental changes that have occurred in this region.

**Key Words:** pollen assemblages; vegetation change; human activities; Habahe; Xinjiang; wetland

湿地是水陆相互作用形成的独特自然生态系统,对气候变化及人类活动的影响十分敏感<sup>[1-2]</sup>,而中国西北干旱区分布的多种类型湿地所受的影响更为显著<sup>[3-5]</sup>。自然湿地发育过程中堆积的各类沉积物以记录连续、信息量丰富、时间分辨率高为特征,可真实地记录区域环境演变与局域湿地发育过程<sup>[6]</sup>,因此在揭示区域生态环境变化和人与气候、环境相互作用等方面具有较大优势<sup>[7-9]</sup>。孢粉作为较可靠的环境代用指标,被广泛用于古植被恢复和古环境重建。俄罗斯东南部 Bolshoe Toko 湖全新世早期的孢粉组合中出现大量桦木属、柳属(*Salix*)等植物花粉,反映当时气候较湿润,而到晚期胡杨(*Populus euphratica*)和桦木属(*Betula*)急剧减少,推测出现了快速降温事件<sup>[10]</sup>;肯尼亚马乌森林区的 Nyabuiyabui 湿地晚全新世时莎草科(Cyperaceae)和香蒲属(*Typha*)等湿生水生植物花粉增加,表明湿地边缘的扩大<sup>[11]</sup>;云南腾冲在距今 4600 年前后,落叶树种桤木属(*Alnus*)花粉成为孢粉组合中的主要成分,喜暖植物大量减少,指示当时气候转为干冷<sup>[12]</sup>。植被更替不仅与火山活动、气候变化、极端天气事件、火灾和海平面波动等因素有关,还与人类活动有关。如位于马达加斯加东部的马斯克林群岛,虽然植被在严重的气候压力下存活下来,但在人类活动开始后逐渐减少<sup>[13]</sup>。加拿大纽芬兰岛大河湿地孢粉数据反映约 18 世纪晚期,伴人植物长叶车前(*Plantago lanceolata*)花粉曾达到峰值,无疑与该时期欧洲人在此地定居有关<sup>[14]</sup>。岗底斯山北侧当惹雍措地层的钾数据表明近 400 年降水增多,但藜科植物花粉有所增加,该花粉高值应被解释为人类活动影响下的植被退化<sup>[15]</sup>。

新疆维吾尔自治区位于亚洲腹地干旱地区,远离海洋,全域的地貌格局显现出阿尔泰山、准噶尔盆地、天山、塔里木盆地、昆仑山相间分布。全区生态环境脆弱,但诸多湿地却是该地区社会发展及生态系统的重要组成部分<sup>[16]</sup>。许多学者通过对新疆一些重要湿地,诸如巴里坤湖<sup>[17-18]</sup>、托勒库勒湖<sup>[19]</sup>、博斯腾湖<sup>[20-21]</sup>、艾比湖<sup>[22-23]</sup>等的研究,探讨该区气候、环境的演变乃至人类活动的影响,尤其提出近 5000 年以来,全球变化加剧了该区环境改变,使天山南北地区一些重要湿地生物多样性受到影响。但这些研究多侧重于天山南北坡地区,对地处新疆最北部额尔齐斯河流域哈巴河地区独特的白桦林湿地却较少涉及。

哈巴河县疆域辽阔,因长期牧业粗放经营、草地超载放牧、耕地利用率不高,导致水土流失严重,沙化和荒漠化面积已从 1960 年的 1.47 万  $\text{hm}^2$  升至 1999 年的 16.7 万  $\text{hm}^2$ <sup>[24]</sup>。由于农牧业发展和水土开发,当地典型

植被白桦受到强烈的人类活动干扰,桦木属湿地分布范围也逐渐萎缩。因此,本文选择白桦林湿地为研究对象,通过野外植被调查和人工挖取剖面取样,并采用多种实验分析手段,从而提取了诸多古环境相关信息。限于资料,本文仅依据该剖面所取得的孢粉数据,初步探讨该地区 3600 年以来的植被变化和人类活动的影响。

## 1 研究区概况

哈巴河县(47°42′—49°02′N, 85°31′—87°19′E, 海拔 440—3248 m; 图 1) 位于新疆维吾尔自治区西北边缘, 地处阿尔泰山脉南麓, 准噶尔盆地北缘。在其境内分布有哈巴河、别列孜河、阿拉克别克河和额尔齐斯河, 其中, 哈巴河南北向贯穿全县, 属额尔齐斯河的支流, 多年平均径流量达 21.53 亿 m<sup>3</sup>, 是该县主要的灌溉水源<sup>[24]</sup>。由于该区纬度偏高, 属大陆性北温带寒带气候区, 夏短炎热, 冬季寒冷, 降雨量少, 蒸发量大, 日照丰富, 温差较大, 随纬度高低垂直地带性气候变化明显。年平均气温 4—5℃, 年均最高气温为 10.87℃, 年均最低气温为 -0.39℃; 年降水量 170—190 mm, 年蒸发量 2020—2070 mm, 全年日照 2837.1 h, 无霜期 144 d<sup>[25—26]</sup>。哈巴河白桦林湿地位于阿尔泰山南麓哈巴河谷与额尔齐斯河交汇处的冲积平原地带, 在县城以西

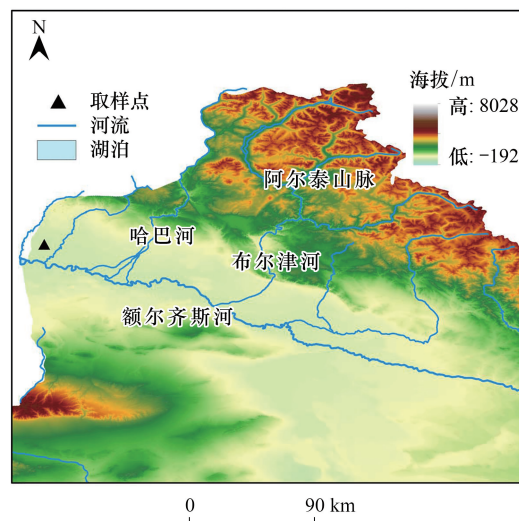


图 1 哈巴河湿地剖面位置

Fig.1 Geographical location of Habahe wetland profile

4 km, 白桦林绵延长约 28 km, 宽约 1.5 km, 被称之为我国西北最大的天然白桦林带<sup>[27]</sup>, 其主要树种为垂枝桦 (*Betula pendula*) 和小叶桦 (*Betula microphylla*)。灌木植物主要有柳属, 林下生长着沼泽蕨 (*Thelypteris palustris*)、芦苇 (*Phragmites australis*)、苔草属 (*Carex*)、木贼属 (*Equisetum*)、问荆 (*Equisetum arvense*)、鬼针草 (*Bidens pilosa*)、蓼属 (*Polygonum*)、千屈菜 (*Lythrum salicaria*)、柳叶菜 (*Epilobium hirsutum*)、伞形科 (*Apiaceae*)、唇形科 (*Labiatae*)、茜草科 (*Rubiaceae*)、菊科 (*Asteraceae*) 等植物, 周围有甘草 (*Glycyrrhiza uralensis*)、盐生车前 (*Plantago maritima*)、补血草 (*Limonium sinense*) 和禾本科 (*Poaceae*) 等植物。

## 2 材料与方法

在哈巴河桦木属湿地人工挖取 130 cm 深的剖面(48°7′1.8″N, 85°41′44.7″E, 海拔 444 m; 图 1)。该剖面沉积岩性自上而下为: 0—36 cm 为灰褐色粘土质砂层; 36—60 cm 为灰黑色砂质粘土层, 夹杂有黑色泥炭层; 60—76 cm 为黄色中砂层, 草根多; 76—130 cm 为青灰色砂层, 含水量较大。整个剖面无沉积间断。

依 2 cm 间距对该剖面深度 0—90 cm 进行连续采样, 共取孢粉样品 45 个, 90—130 cm 因其为砂层且含水量较大, 所采样品无法做孢粉分析。同时在剖面深 34—36、56—58、78—80、128—130 cm 处分别采集 4 个沉积物全样样品进行 AMS<sup>14</sup>C 测年。

采用常规的氢氟酸-过筛法进行孢粉提取, 再对孢粉进行鉴定和统计, 所计算出的乔木、灌木和草本植物花粉百分比均是以陆生植物花粉总量为基数, 而蕨类植物的孢子百分比是以陆生植物花粉和蕨类孢子的总和为基数。通过选取样品中出现的 38 种主要孢粉类型, 应用 Tilia 软件绘制该剖面的孢粉百分比图, 并计算出蒿属花粉和藜科花粉百分含量的比值 (A/C)。

## 3 结果与分析

### 3.1 年代序列的建立

剖面中所取 4 个沉积物全样, 其 AMS<sup>14</sup>C 测定的年龄结果见表 1。利用 R 语言中 Bacon 程序提供的沉积

序列深度—日历年的贝叶斯模型,建立起整个剖面所对应的年代,其模拟的年代深度模型图,结果见图 2。

表 1 哈巴河湿地剖面年代数据  
Table 1 Radiocarbon dates for the Habahe wetland profile

| 实验室编号<br>Laboratory code | 深度<br>Depth/cm | <sup>14</sup> C 年龄<br><sup>14</sup> C age/(a BP) | 校正年龄<br>Calibrated age/(cal a BP) |
|--------------------------|----------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------|
| HBH18                    | 34—36          | 400±20                                           | 475±31                            |
| HBH29                    | 56—58          | 1615±20                                          | 1502±34                           |
| HBH40                    | 78—80          | 3210±25                                          | 3423±48                           |
| HBH65                    | 128—130        | 3620±30                                          | 3915±75                           |

HBH:哈巴河 Habahe

3.2 哈巴河湿地剖面地层孢粉组合特征

哈巴河湿地剖面共鉴定出 63 种孢粉类型,其中,乔木花粉以松属 (*Pinus*)、柏科 (*Cupressaceae*)、云杉属 (*Picea*) 和桦木属为主,草本花粉包括藜科 (*Chenopodiaceae*)、蒿属 (*Artemisia*)、禾本科、菊科、紫菀属 (*Aster*)、蔷薇科 (*Rosaceae*)、旋花科 (*Convolvulaceae*)、葎草属 (*Humulus*)、毛茛科 (*Ranunculaceae*)、百合科 (*Liliaceae*)、黑三棱属 (*Sparganium*)、香蒲属和莎草科等,灌木花粉有麻黄属 (*Ephedra*)、柳属和桤柳科 (*Tamaricaceae*) 等,此外还有沼泽蕨、卷柏属 (*Selaginella*) 等蕨类植物孢子出现。依据孢粉组合特征并参照 CONISS 聚类分析的结果,从下自上可划分成 5 个孢粉带(图 3):

带 I (90—79 cm, 3540—3430 cal a BP):孢粉组合中以乔木植物花粉为主,所占比例为 28.57%—100%,平均值为 68.93%,其中松属(平均值 59.60%)植物和柏科植物的花粉均达到整个剖面的峰值。草本植物花粉以蒿属(14.44%)为主,且该花粉在该带也出现峰值,高达 50.00%,但未见湿生水生植物(莎草科、黑三棱属和香蒲属)。灌木植物花粉含量较少,平均值为 3.33%。蕨类植物也含量不高,平均值为 4.46%。A/C 比值为 0.06。

带 II (79—69 cm, 3430—2640 cal a BP):该带孢粉组合中以蕨类植物孢子为主,平均值为 52.83%,其中又以单缝豆形沼泽蕨孢子(图 4)为主,含量为 39.37%。草本植物花粉含量为 18.10%—44%,平均值 36.48%,其中仍以蒿属植物花粉为主(13.21%),但相较带 I 则有所降低,其次是藜科(11.99%)、菊科(7.33%)和蔷薇科(9.09%)。乔木植物花粉含量大幅降低(13.59%),其中松属植物花粉含量降至 14.07%,桦木属植物花粉在此带开始出现,最多可达 22.22%。灌木植物花粉含量不高,仅为 2.58%,其中麻黄属和柳属植物花粉含量平均值分别为 1.00%和 0.79%。A/C 值升至 0.86,达剖面峰值。

带 III (69—38 cm, 2640—660 cal a BP):孢粉组合中以乔木植物花粉含量占优势(30.00%—64.44%,平均值 44.26%),其中柏科(20.30%)、松属(13.94%)和桦木属(11.19%)植物花粉含量呈明显上升。草本植物花粉含量为 20.00%—53.10%,平均值与带 IV 相比有所上升,占 38.20%,其中藜科(19.18%)相对上升,而蒿属(5.58%)、菊科(2.54%)则相对下降,在本带出现的挺水植物和香蒲属(1.95%)、黑三棱属(3.98%)花粉含量达剖面峰值。灌木植物中的麻黄属(1.16%)、柳属(3.81%)植物花粉含量较带 II 有所增加。沼泽蕨孢子含量为 13.67%,但其含量在不同样品中则有所不同。而 A/C 值下降为 0.30。

带 IV (38—15 cm, 660—210 cal a BP):孢粉组合中仍以乔木植物花粉为主(27.07%—67.90%,平均值 53.08%),较带 III 有所升高,其中以松属为主(29.47%),桦木属植物(11.49%)花粉含量亦成为整个剖面的

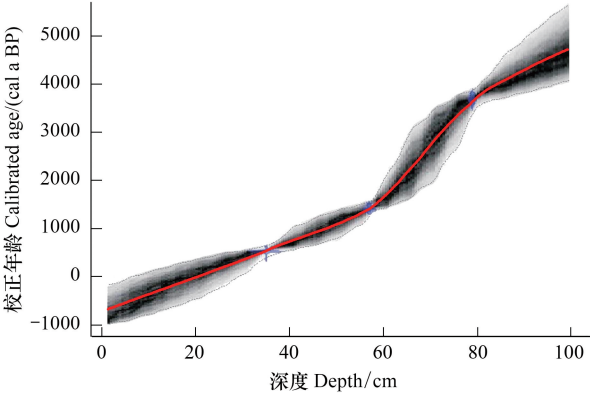


图 2 哈巴河湿地剖面年代-深度曲线图  
Fig.2 Age-depth plots for the Habahe wetland profile

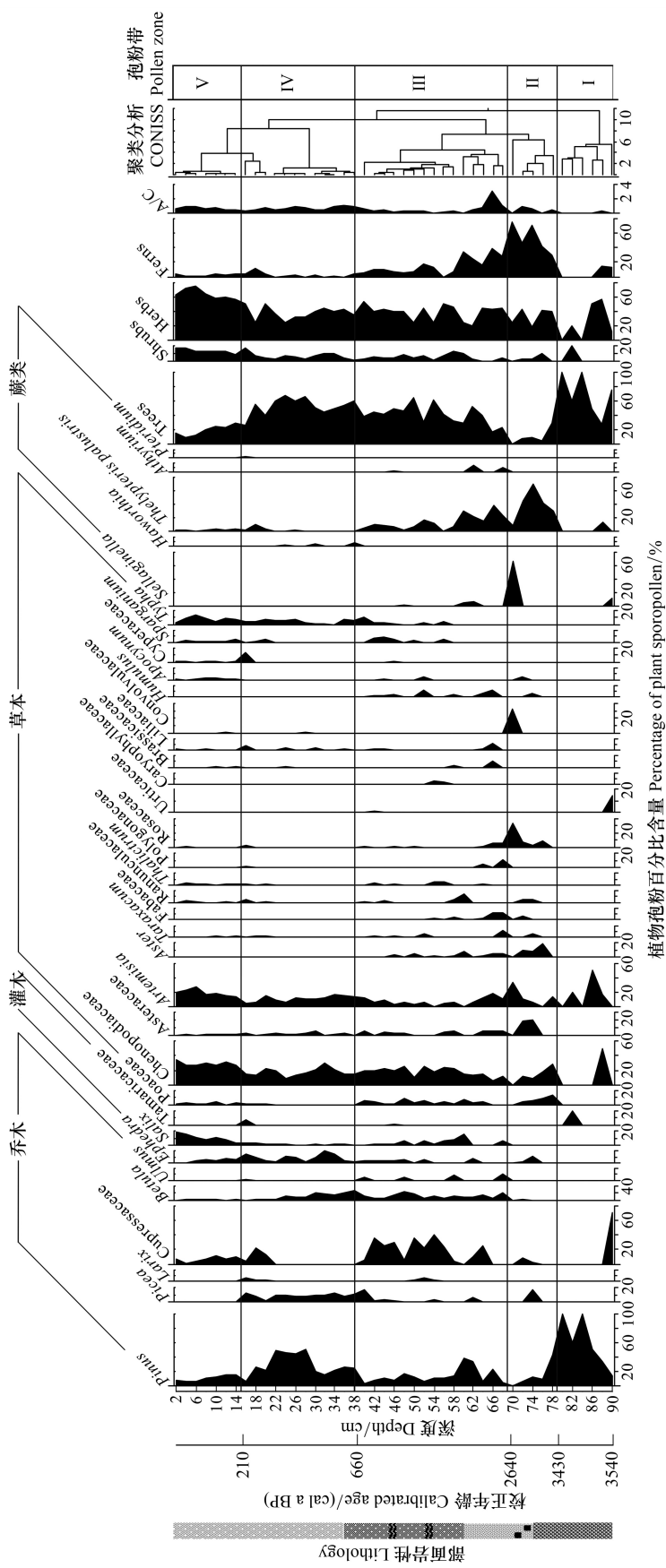


图 3 哈巴河湿地剖面地层孢粉图谱

Pinus: 松属; Picea: 云杉属; Larix: 落叶松属; Cupressaceae: 柏科; Betula: 桦属; Ulmus: 榆属; Ephedra: 麻黄属; Salix: 柳属; Tamaricaceae: 柽柳科; Poaceae: 禾本科; Chenopodiaceae: 藜科; Asteraceae: 菊科; Artemisia: 蒿属; Taraxacum: 蒲公英属; Fabaceae: 豆科; Ranunculaceae: 毛茛科; Thalictrum: 唐松草属; Polygonaceae: 蓼科; Rosaceae: 蔷薇科; Urticaceae: 荨麻科; Caryophyllaceae: 石竹科; Brassicaceae: 十字花科; Liliaceae: 百合科; Convolvulaceae: 旋花科; Humulus: 葎草属; Apocynum: 罗布麻属; Cyperaceae: 莎草科; Sparganium: 黑三棱属; Typha: 香蒲属; Sellaginella: 卷柏属; Haworthia: 瓦韦属; Athyrium: 蹄盖蕨属; Pteridium: 沼泽蕨; Thelypteris palustris: 蕨属; Trees: 乔木; Shrubs: 灌木; Herbs: 草本; Fems: 蕨类

峰值(26.22%),但值得关注的是,云杉属花粉(9.27%)也达剖面最高值,柏科花粉含量最高值为22.69%,但其平均值仅为3.42%。草本植物花粉含量为24.94%—53.10%,平均值38.17%,其中蒿属花粉含量上升(11.09%),而藜科(17.40%)、菊科(2.15%)却有所下降,湿生植物中莎草科植物的花粉含量在本剖面出现峰值(13.27%),而香蒲属植物花粉含量有所上升(4.41%)。而喜干暖的麻黄属(4.14%)植物花粉含量成为剖面峰值(9.90%),柳属植物花粉含量却降低为1.66%。沼泽蕨孢子含量为1.84%。A/C值有所上升,为0.66。

带V(15—0 cm, 210—0 cal a BP):孢粉组合中以草本植物花粉占优势,高达57.61%—74.52%,平均值为64.24%,其中藜科(28.95%)和蒿属(19.08%)植物花粉含量较带IV均有所上升,而挺水植物香蒲属花粉含量亦占7.70%。乔木植物花粉含量为9.28%—29.78%,平均值19.62%,其中松属(10.89%)和桦木属(1.94%)植物花粉则有所下降。灌木植物(8.70%—17.78%,平均值13.68%)花粉含量居多,其中柳属(10.66%)植物花粉含量有所上升,而麻黄属(1.87%)植物花粉含量降低。沼泽蕨孢子含量(2.4%)有所上升。A/C值为0.67。



图4 沼泽蕨孢子

Fig.4 *Thelypteris palustris*

## 4 讨论

### 4.1 局域植被和区域环境演变特征

在3540—3430 cal a BP期间(带I),孢粉组合中是以松属和柏树花粉为主,蒿属在草本植物花粉中占优势。反映此时研究区范围内蒿属植物生长较多,并有些匍地的柏树,当时湿地未发育。植被调查结果表明在白桦林附近的白沙湖沿岸就分布有低矮的欧亚圆柏(*Sabina vulgaris*)。阿尔泰山位于研究地点以北约100 km处,其迎风坡和部分河谷地带带有松属、云杉、落叶松等<sup>[28—29]</sup>组成的寒温性针叶林分布。基于松属花粉具有典型的双气囊结构,宜于远距离传播,推测其花粉可随着山谷风从山区吹向平原地区<sup>[30]</sup>。哈巴河县地势北高南低,发源于阿尔泰山脉南麓的哈巴河,自北向南汇入额尔齐斯河过程中<sup>[31]</sup>,也易携带这些花粉沉积至研究点。

在3430—2640 cal a BP期间(带II),草本植物和蕨类植物开始大量增加并出现桦木属植物,A/C比值则从0.06迅速上升至0.86,这也许说明局地环境较湿润。据前人研究表明,乌伦古湖地区在距今约3400年出现过湿润事件,降水变多<sup>[32—33]</sup>;博斯腾湖的研究结果表示,在距今3100—2700年期间,随着温度回升,植被覆盖率增高,周围环境表现为温湿<sup>[20]</sup>;距今2900—2700年,艾比湖地区较为湿润,湖面有所回升<sup>[34]</sup>。说明此时区域生态环境逐渐好转,草原植被开始恢复,但是湿地还未发育。

在2640—660 cal a BP期间(带III),乔木植物花粉有所上升,而在该带上部黑三棱属和香蒲属等的花粉较带II有所增加。基于黑三棱属和香蒲属植物挺出水面,表明在990 a BP时期有湿地发育,但水位较浅。尽管桦木花粉在该带含量有所增高,但因早生的藜科植物花粉含量增高,表明研究区周围仍是由藜科和蒿属等荒漠草原植被为主。

在660—210 cal a BP期间(带IV),松属、桦木属花粉较带III有所上升,尤其至660 cal a BP时,桦木属花粉高达26.22%,并成为剖面最高值,此时松属和云杉属花粉含量亦偏高,这也许是受风力或者流水的搬运作用所致<sup>[35]</sup>。值得讨论的是,云杉花粉此时含量最高达9.27%,尽管依其含量并不能代表当地有云杉生长,但有关文献<sup>[36]</sup>支持在相距1—5 km处有云杉林的分布。阿尔泰山河谷阶地上有云杉群系的分布,且盖度较高<sup>[28]</sup>。在IV带中香蒲属和莎草科等水生植物花粉的含量亦较高,说明当时淡水湿地较为发育。乌伦古湖的

研究结果显示,在距今 460 年时降水有所增加,环境湿润,从而缓解了当时的干旱程度<sup>[37]</sup>。赛里木湖沉积物中的孢粉数据表明,在距今 500 年气温回升,有效湿度较高,气候环境较为适宜植物的生长<sup>[38]</sup>,因此大区域性环境的湿润化也有助于研究区湿地的发育。

在 210—0 cal a BP 期间(带 V),该带的孢粉组合以藜科植物花粉为主,桦木属花粉却大幅度减少。表明近 200 年来该区白桦林的分布范围急剧缩小,以藜科为主要组成的荒漠植被增加,但仍存在一定的湿地。因人类的过度放牧、毁林开荒和过度采樵等使得河谷林木的大量消亡,限制了森林资源的发展<sup>[39]</sup>。与此同时,对树木集中砍伐也使林木密度小,阳光充足,温度和湿度增加,所以草本植物生长茂盛<sup>[26]</sup>。

#### 4.2 哈巴河桦木属湿地和艾比湖小叶桦湿地环境演变情况比较

研究资料<sup>[40]</sup>表明,艾比湖桦木属于 2640—1200 cal a BP 开始出现,1200—660 cal a BP 期间数量增加,至 660—340 cal a BP 期间生长旺盛并达峰值,而之后则呈减少的趋势。值得注意的是两地湿地的桦木属植物几乎都是在距今约 2000 年左右出现,约 1200 年左右开始增加,意味着局地环境均变得较湿润,从而有助于两地湿地的发育和桦木林的生长。桦木属花粉在哈巴河距今约 660 年出现峰值,实际植被调查中发现小叶桦和垂枝桦在该地均有生长,而在艾比湖是距今约 440 年达该花粉峰值,植被调查结果显示目前小叶桦更是成为优势种,因此说明艾比湖地区的生态环境更利于小叶桦的生长。至近三百年来,两地的桦木林都趋向减少,推测近期都是受到人口增加和经济活动的影响。

通过对具有时间序列予以支持的哈巴河桦木属湿地和艾比湖小叶桦湿地的孢粉数据进行对比,从而看出两地区桦木林的变化趋势大致一致,只不过艾比湖的植被变化更为明显,这说明该区受到人类经济活动影响更大。

#### 4.3 人类活动因素分析

由于植被能较好地反映环境演变信息,除了自然因素,同样会受到人文因素的强烈影响。新疆作为中国西北干旱地区的敏感地带,植被带在时空上分布格局能极好地反映出环境变化情况。

事实上花粉百分比含量与实际植被组成成分之间存在的差异受到植物自身花粉产量、传播和搬运等诸多因素影响。青海表土花粉研究中显示,桦木林中的桦木属花粉占比较高,说明该花粉在其分布及周边临近范围内代表性较为适宜<sup>[41]</sup>。王力<sup>[42]</sup>根据新疆北部小叶桦与非小叶桦分布区表土、空气以及地层孢粉数据中桦木属花粉百分含量的对比结果,提出艾比湖地区桦木属花粉具有较适宜的代表性,可以反映出实际植被的情况。日本东北部的表土花粉分析结果也表明该花粉百分含量在高于 50% 时,结合植被调查结果,可以考虑桦木属植物是研究区的建群植物<sup>[43]</sup>。因此,哈巴河桦木属湿地孢粉组合中出现高含量的桦木属花粉含量也可以较好地反映桦木的生长变化情况。

在该研究区的孢粉组合中,桦木属花粉的百分比含量在近两百年以来明显偏低,可能受当地人口的增加以及经济活动的影响。历史文献指出早在 4200 年前,该地区就有了人类活动<sup>[44]</sup>,据统计<sup>[31, 45]</sup>,18 世纪左右,人口数量已增至数万人,只不过当地以游牧民族为主;经过不断的收编、移牧等,至 19 世纪初期外地移民人数大增;20 世纪初期社会稳定发展,人口增长速度更快。尤其是中华人民共和国建国以来,人口逐年增多,人类经济活动也随之增强,无疑也会对该区域植被和自然环境造成一定的影响。资料显示,哈巴河县在 1972—1980 年期间,由杨树(*Populus*)、柳树和桦树组成的河谷林减少了 2140hm<sup>2</sup>,损失率高达 25.4%,因人口的增加导致对建筑用材和燃料的需求增长,对河谷林进行没有节制的砍伐<sup>[31, 46—47]</sup>。尽管该地区经济活动是以畜牧业为主,但在储备冬草时亦会将树木幼苗连同牧草一起被收割,即使幼林能保存下来,其枝叶也会被牲畜啃食,从而使桦木林地难以更新和恢复<sup>[31]</sup>。

蒿属和藜科植物是荒漠草原和荒漠植被的优势种群,因其多数为草本和低矮的灌木植物所组成,其花粉主要降落在植物体周围,因此它们的花粉比值可用来指示花粉和荒漠植被的关系<sup>[48]</sup>。大量孢粉研究表明,A/C 比值可作为干旱、半干旱区环境变化的重要指标,草原区的 A/C 值一般大于 1,荒漠草原为 0.5—1.2,荒漠区则低于 0.5<sup>[49]</sup>。而哈巴河桦木林区剖面 A/C 比值都低于 1,说明该局地周围一直处于荒漠草原和荒漠植被

景观。当然人类活动的增加也有可能导致藜科植物在孢粉组合中占优势<sup>[50-51]</sup>。在本研究区内,带 V 中的藜科花粉含量较带 IV 显著增加,最高值可达 34.25%,从而可以指示人类活动对植被的干扰程度,进而说明近两百年以来由于人类活动对哈巴河地区的生态环境造成了一定程度的破坏。

## 5 结论

由垂枝桦为主要组成的哈巴河桦木属湿地地层剖面的孢粉组合特征较好地揭示出大约 3600 年以来该地植被和环境的演变历史。在 3540—3430 cal a BP 期间,该区生长着蒿属和甸地的柏树植物,湿地尚未发育;到了 3430—2640 cal a BP 期间,区域环境逐渐好转,局地小环境比较湿润,草本和蕨类植物多样性增加;至 2640—660 cal a BP 期间,湿地开始发育,但水位较浅,桦木植物开始生长,且其周围仍以藜科和蒿属等荒漠植被为主要组成;在 660—210 cal a BP 期间,淡水湿地较为发育,桦木生长旺盛,受风力或者流水的搬运导致沉积物中的松属和云杉属花粉含量增高。210 cal a BP 以来,藜科植物花粉含量明显增高,既与气候变干有关,也受到人类活动加剧的影响,使桦木属植物大量减少,湿地面积也在萎缩。由此可见,近两百年以来人口增长,促使畜牧业和农业的快速发展,从而打破了人与自然的平衡,导致湿地周围自然环境进一步恶化。

本文仅通过哈巴河桦木属湿地人工开挖的剖面揭示出近 3600 年的植被历史和环境演变,难以代表整个哈巴河地区的环境变化,具有一定局限性。但从近两百年的环境变化也许会对人们有所启迪,人们只有在尊重和爱护自然环境的前提下,哈巴河地区经济建设和文化建设才能得到可持续性的发展。该区湿地的孢粉学研究也许会对作为新疆森林中重要组成的桦木林及其物种的保护以及我国西部地区的生态文明建设提供重要参考。

**致谢:**感谢新疆阿勒泰地区林业科学研究所王健教授级高工在野外调查中给予的帮助。

## 参考文献 (References):

- [ 1 ] Kingsford R T, Basset A, Jackson L. Wetlands: conservation's poor cousins. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2016, 26 (5): 892-916.
- [ 2 ] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 湿地景观变化过程与累积环境效应研究进展. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 60-70.
- [ 3 ] Costanza R, d'Arge R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill R V, Paruelo J, Raskin R G, Sutton P, van den Belt M. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 1997, 387(6630): 253-260.
- [ 4 ] Al-Obaid S, Samraoui B, Thomas J, El-Serehy H A, Alfarhan A H, Schneider W, O'Connell M. An overview of wetlands of Saudi Arabia: Values, threats, and perspectives. *Ambio*, 2017, 46(1): 98-108.
- [ 5 ] Minckley T A, Turner D S, Weinstein S R. The relevance of wetland conservation in arid regions: a re-examination of vanishing communities in the American Southwest. *Journal of Arid Environments*, 2013, 88: 213-221.
- [ 6 ] Muller S D, Miramont C, Bruneton H, Carré M, Sottocornola M, Court-Picon M, de Beaulieu J L, Nakagawa T, Schevin P. A palaeoecological perspective for the conservation and restoration of wetland plant communities in the central French Alps, with particular emphasis on alder carr vegetation. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2012, 171: 124-139.
- [ 7 ] 殷书柏, 李冰, 沈方. 湿地定义研究进展. *湿地科学*, 2014, 12(4): 504-514.
- [ 8 ] Florenzano A, Mercuri A M, Altunoz M, Garcea E A A. Palynological evidence of cultural and environmental connections in Sudanese Nubia during the Early and Middle Holocene. *Quaternary International*, 2016, 412: 65-80.
- [ 9 ] Cheung M C, Zong Y Q, Zheng Z, Huang K Y, Aitchison J C. A stable mid-late Holocene monsoon climate of the central Tibetan Plateau indicated by a pollen record. *Quaternary International*, 2014, 333: 40-48.
- [ 10 ] Courtin J, Andreev A A, Raschke E, Bala S, Biskaborn B K, Liu S S, Zimmermann H, Diekmann B, Stoof-Leichsenring K R, Pestryakova L A, Herzschuh U. Vegetation changes in southeastern Siberia during the late Pleistocene and the Holocene. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 2021, 9: 625096.
- [ 11 ] Githumbi E N, Courtney Mustaphi C J, Marchant R. Late Pleistocene and Holocene Afromontane vegetation and headwater wetland dynamics within the Eastern Mau Forest, Kenya. *Journal of Quaternary Science*, 2021, 36(2): 239-254.
- [ 12 ] 谢宇龙, 吴福利, 方小敏. 云南新生代孢粉组合与气候环境演变. *海洋地质与第四纪地质*, 2019, 39(2): 164-176.
- [ 13 ] Nogué S, Santos A M C, Birks H J B, Björck S, Castilla-Beltrán A, Connor S, de Boer E J, de Nascimento L, Felde V A, Fernández-Palacios J M, Froyd C A, Haberle S G, Hooghiemstra H, Ljung K, Norder S J, Peñuelas J, Prebble M, Stevenson J, Whittaker R J, Willis K J, Wilmshurst

- J M, Steinbauer M J. The human dimension of biodiversity changes on Islands. *Science*, 2021, 372(6541): 488-491.
- [14] Selby K A, Roe H M, Wright A J, Plassche O, Derrett S R. Saltmarsh archives of vegetation and land use change from Big River Marsh, SW Newfoundland, Canada. *Vegetation History and Archaeobotany*, 2022, 31(2): 137-154.
- [15] Ma Q F, Zhu L P, Wang J B, Ju J T, Wang Y, Lü X, Kasper T, Haberzettl T. Late Holocene vegetation responses to climate change and human impact on the central Tibetan Plateau. *Science of the Total Environment*, 2020, 708: 135370.
- [16] 汤奇成, 张捷斌. 西北干旱地区水资源与生态环境保护. *地理科学进展*, 2001, 20(3): 226-232.
- [17] 陶士臣, 安成邦, 陈发虎, 唐领余, 王宗礼, 吕雁斌, 李志飞, 郑同明, 赵家驹. 孢粉记录的新疆巴里坤湖 16.7 ka BP 以来的植被与环境. *科学通报*, 2010, 55(11): 1026-1035.
- [18] An C B, Lu Y B, Zhao J J, Tao S C, Dong W M, Li H, Jin M, Wang Z L. A high-resolution record of Holocene environmental and climatic changes from Lake Balikun (Xinjiang, China): implications for central Asia. *The Holocene*, 2012, 22(1): 43-52.
- [19] 陶士臣, 安成邦, 陈发虎, Kam-biu Liu, 唐领余. 新疆托勒库勒湖孢粉记录的 4.2 ka BP 气候事件. *古生物学报*, 2013, 52(2): 234-242.
- [20] 黄小忠. 新疆博斯腾湖记录的亚洲中部干旱区全新世气候变化研究[D]. 兰州: 兰州大学, 2006.
- [21] Huang X Z, Zhou G, Ma Y L, Xu Q H, Chen F H. Pollen distribution in large freshwater lake of arid region: a case study on the surface sediments from Bosten Lake, Xinjiang, China. *Frontiers of Earth Science in China*, 2010, 4(2): 174-180.
- [22] 宋姝瑶. 新疆艾比湖湿地全新世以来环境演变研究[D]. 石家庄: 河北地质大学, 2016.
- [23] 张月, 张飞, 王娟, 任岩, Abduwasit Ghulam, Hsiang-te KUNG, 陈芸. 近 40 年艾比湖湿地自然保护区生态干扰度时空动态及景观格局变化. *生态学报*, 2017, 37(21): 7082-7097.
- [24] 祁林卫. 浅谈新疆哈巴河县生态环境综合治理. *西北水资源与水工程*, 2003, 14(2): 60-62.
- [25] 鞠彬, 张帅挺, 胡丹. 额尔齐斯河流域气候变化特征分析. *长江科学院院报*, 2015, 32(9): 21-25, 31.
- [26] 王宁. 新疆额尔齐斯河流域生态承载力研究[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2005.
- [27] 柳生辉, 赵群智. 新疆哈巴河天然林保护工程建设思考. *防护林科技*, 2013(5): 70-71.
- [28] 曹秋梅. 新疆阿尔泰山植物多样性全球突出普遍价值[D]. 乌鲁木齐: 新疆农业大学, 2015.
- [29] 李媛媛, 张芸, 孔昭宸, 杨振京. 新疆阿尔泰山红山嘴地区的表土孢粉与现代植被. *植物生态学报*, 2021, 45(2): 174-186.
- [30] 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.
- [31] 哈巴河县地方志编纂委员会. 哈巴河县志. 乌鲁木齐: 新疆人民出版社, 2004.
- [32] 蒋庆丰, 沈吉, 刘兴起, 张恩楼, 肖霞云. 西凤区全新世以来湖泊沉积记录的高分辨率古气候演化. *科学通报*, 2007, 52(9): 1042-1049.
- [33] 蒋庆丰, 刘兴起, 沈吉. 乌伦古湖沉积物粒度特征及其古气候环境意义. *沉积学报*, 2006, 24(6): 877-882.
- [34] 吴敬禄. 新疆艾比湖全新世沉积特征及古环境演化. *地理科学*, 1995, 15(1): 39-46, 99.
- [35] 叶玮. 北疆地区全新世气候波动与水热组合特点. *中国沙漠*, 2000, 20(2): 185-191.
- [36] 阎顺, 孔昭宸, 杨振京, 张芸, 倪健. 新疆表土中云杉花粉与植被的关系. *生态学报*, 2004, 24(9): 2017-2023.
- [37] 肖霞云, 蒋庆丰, 刘兴起, 肖海丰, 沈吉. 新疆乌伦古湖全新世以来高分辨率的孢粉记录与环境变迁. *微体古生物学报*, 2006, 23(1): 77-86.
- [38] 蒋庆丰, 季峻峰, 沈吉, Matsumoto RYO, 童国榜, 钱鹏, 任雪梅, 闫德智. 赛里木湖孢粉记录的亚洲内陆西凤区全新世植被与气候变化. *中国科学: 地球科学*, 2013, 43(2): 243-255.
- [39] 樊自立. 人类活动影响下新疆生态环境的一些变化. *生态学报*, 1985, 5(4): 291-299.
- [40] 延琪瑶, 王力, 张芸, 孔昭宸, 陈立欣, 杨振京. 新疆艾比湖小叶桦湿地 3900 年以来的植被及环境演变. *应用生态学报*, 2021, 32(2): 486-494.
- [41] 魏海成, 郑卓, 马海州, 潘安定, 黄康有, 罗传秀, 郑艳伟, 王志英. 青海表土花粉分布规律及其与植被的关系. *干旱区地理*, 2009, 32(6): 932-940.
- [42] 王力. 全新世新疆北部小叶桦湿地植被演变及环境因素分析[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [43] Nakamura T, Takahara H, Ohno K. Pollen-vegetation relationship of surface pollen assemblages and objective vegetation reconstruction in the Hakkoda Mountains, northeastern Japan. *Quaternary International*, 2012, 254: 138-151.
- [44] 于建军, 胡兴军, 于英俊, 阿比什, 托乎什, 阿依登, 阿里甫, 何晓, 张杰. 新疆哈巴河托干拜 2 号墓地发掘简报. *文物*, 2014(12): 18-28.
- [45] 房若愚. 新疆哈萨克族人口规模变迁及分布. *新疆大学学报: 哲学社会科学版*, 2005, 33(4): 74-80.
- [46] 樊自立, 宋郁东, 木沙, 李疆, 顾国安. 新疆阿勒泰地区自然资源保护问题. *自然资源*, 1983, 5(2): 73-79.
- [47] 刘平, 王健. 新疆额尔齐斯河谷林经营现状及保护对策. *林业资源管理*, 2002(1): 35-37.
- [48] 杨振京, 张芸, 孔昭宸, 杨庆华, 阎顺, 王婷, 赵凯华, 冯晓华, 潘艳芳, 张卉, 李玉梅, 王力, 杨云良, 段晓红. 新疆天山地区孢粉学研究: 方法、理论与实践. 北京: 科学出版社, 2020.
- [49] 孙湘君, 杜乃秋, 翁成郁, 林瑞芬, 卫克勤. 新疆玛纳斯湖盆周围近 14000 年以来的古植被古环境. *第四纪研究*, 1994, 14(3): 239-248.
- [50] 王琚瑜, 宋长青, 孙湘君. 内蒙古中部表土花粉研究. *植物学报*, 1996, 38(11): 902-909.
- [51] Zhang Y, Kong Z C, Wang G H, Ni J. Anthropogenic and climatic impacts on surface pollen assemblages along a precipitation gradient in north-eastern China. *Global Ecology and Biogeography*, 2010, 19(5): 621-631.