

陕西红碱淖近百年来的孢粉记录及环境变化^{*}

肖霞云^{1,2}, 羊向东¹, 沈吉¹, 汪勇^{1,2}

(1: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

(2: 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘要: 通过孢粉分析, 对陕西红碱淖地区近百年来的环境演化进行了探讨, 对比钻孔岩性特征、历史记载和器测资料, 验证了孢粉记录在短尺度的高分辨率环境变化研究中的有效性。研究表明, 1927 年以前, 红碱淖地区气候非常干旱, 不具备成湖条件, 植被类型为典型荒漠; 1927–1938 年, 干旱程度有所缓和, 湖盆洼地开始积水成湖, 植被类型为小灌木荒漠草原植被; 1938–1960 年, 气候相对好转, 环境开始变湿, 红碱淖在此相对较好的气候条件下, 积蓄了一定的水量, 形成比第二阶段更深些的湖泊, 植被类型为灌丛草原; 1960 年前后环境有较大的变化, 孢粉图谱很好地反映了 1960 年前后人类活动与降水增加叠加后对环境及湖泊的影响。在 1960–2000 年期间, 气候比前几阶段有明显改善, 环境湿润, 湖泊面积在 1960 年前后迅速扩大后维持较高湖面。植被为典型草原植被; 近几年来, 湖区环境又开始相对转干, 植被发育为以藜科为主的草原植被。

关键词: 红碱淖; 孢粉记录; 环境变化

Sporopollen Record and Environmental Evolution Since ~100 years in Lake Hongjiannao, Shaanxi Province

XIAO Xiayun^{1,2}, YANG Xiangdong¹, SHEN Ji¹ & WANG Yong^{1,2}

(1: *Nanjing Institute of Geography and Limnology, CAS, Nanjing 210008, P. R. China*)

(2: *Graduate School, CAS, Beijing 100039, P. R. China*)

Abstract: Environment evolution is revealed since about 100 years in Lake Hongjiannao, Shaanxi Province according to sporopollen analysis, after comparing with lithological character, historical records and instrumental data. The results show that before 1927 the regional climate was very dry in Lake Hongjiannao with typical hungriness vegetation, and the lake did not come into being. Between 1927 and 1938, the dryness degree of climate gradually eased up, lake basin depression began to collect water and lake formed. The vegetation type turned to be hungriness and brushwood-shrubbery vegetation between 1938 and 1960 as the regional climate relatively got better and local environment began to become wet. Under the relative better climate condition Lake Hongjiannao received more amount of water and became a deeper lake than 1927–1938; the vegetation type was grassland and brushwood-shrub vegetation. Around 1960 the local environment had the greatest change, as indicated by sporopollen diagram, which showed the superimposed influence of the human activities and precipitation increase in the region. Between 1960 and 2000, climate evidently improved than that of former several stages. The continuous wet environment led to the steady high-stage lake level after short-time widening in about 1960; the corresponding vegetation was typical, with more flourish grassland and brushwood-brush. In recent years, the lake area began to turn relative dry again. The vegetation type was meadow and grassland vegetation dominated by Chenopodiaceae.

Keywords: Lake Hongjiannao; sporopollen record; environmental evolution

沉积物中孢粉是地质历史时期植被的表征, 植被的分布与类型受气候因素的制约, 因此, 通过孢粉记录可以重建气候的变化历史。短尺度的气候、环境变化研究是衔接地质记录与器测资料, 预测未来气候变化趋势的关键环节^[1–3], 由于湖泊沉积具有连续性好、沉积速率大、分辨率高、信息量丰富的特点, 利用其对气候、环境变化的敏感性可以在较短的尺度内高分辨率地恢复过去气候、环境变化的过程^[4–6]。陕西红碱淖

^{*} 中国科学院西部创新项目(KZCX1–10)资助。

2004–02–17 收稿; 2004–04–12 收修改稿。肖霞云, 女, 1977 年生, 博士研究生; E-mail: xyxiao@niglas.ac.cn

地处沙漠－黄土边界带,生态环境脆弱,对气候、环境变化及人类活动具有敏感响应,而且在沙漠－黄土交界处具有一定规模的湖泊较少,前人在这一带基本没有开展过湖泊沉积方面的研究,故本文选择红碱淖,通过湖泊沉积孢粉分析,结合历史记载和器测资料,主要对红碱淖近百年来的植被与环境演化进行恢复,以此实证孢粉在短尺度的高分辨率环境变化研究中的有效性.

1 研究区概况

红碱淖(39°04′－39°08′ N,109°50′－109°56′ E)跨陕西省神木县和内蒙古伊金霍洛旗,为陕蒙两省界湖. 成湖前是一块低洼湿地,1929 年洼地中始有积水,至 50 年代中后期,疏导周围湿地,入湖水量增加,湖泊方不断扩大形成今日之规模^[7]. 据记载,1929 年湖泊形成初期水面积仅 1.3 km²,至 1947 年,逐步扩大到 20 km². 1958 年,由于人为疏导,湖面积猛增到 40 km²,60 年代初期,随着降水的增多,湖泊水位已接近现在水平^①. 现湖面积 60.3 km²,最大水深 10.5 m,平均水深 8.2 m,水位(海拔)1225－1227 m^[8],蓄水量 4.9 × 10⁸ m³. 湖水依赖时令河、降水和地下水补给,入湖主要河流 4 条,无出流,系内陆封闭湖盆.

湖区处在东亚季风区西北边缘的沙漠－黄土边界带,属温带大陆性半干旱气候,年均气温 8.5℃,1 月平均气温－10.2℃,极端最低气温－28.1℃,7 月平均气温 24.1℃,极端最高气温 38.9℃. 年降水量 400 mm,其中 7－9 月降水占年降水量的 60% 以上,多年平均蒸发能力为 1200 mm 左右.

红碱淖植被在陕西省植被区划中属于窟野河西沙地沙生草甸草原植被小区. 该小区自然条件优于其它各小区,故植被较为繁盛,结构也较复杂,其分布受基质、土壤发育程度和小地形的影响. 在固定、半固定沙丘上,代表性的群落以黑沙蒿、沙柳、柠条、白沙蒿等为优势种所组成的群落为主,其中又以黑沙蒿群落为主,其次为白沙蒿、沙柳和柠条群落以及它们组成的共优种群落. 在半流动性沙丘上,主要分布有白沙蒿、黑沙蒿、牛心朴等组成的群落. 在丘间洼地中,主要分布的是沙柳群系. 至于滩地植被主要有香蒲群落,其伴生种有泽泻、芦苇、慈姑、飘拂草、灯心草等. 村落附近或渠岸、地边分布有零星的人工旱柳、小叶杨、榆树等乔木树种^[9].

2 样品采集和实验方法

用 Kajak 重力采样器在红碱淖中部水深 7.5 m 处(图 1),获得 71.5 cm 长的柱状岩芯用于粒度、磁化率等的测定,用另一平行孔岩芯进行孢粉分析. 野外现场以 0.5 cm 间距进行分样,样品密封于塑料袋内运回实验室. 粒度、磁化率等指标的研究和年代已另有文章发表^[10]. 沉积剖面的年代序列是根据¹³⁷Cs 测年数据建立的,根据沉积岩芯垂直剖面上¹³⁷Cs 峰值位置所对应的时标,算出钻孔不同时标段内的平均沉积速率,通过内插和外推法确定整个钻孔的年代序列[10]. 孢粉分析采用常规的酸碱法,并用外加花粉法求算孢粉浓度(重量法). 用于孢粉分析的样品共 103 个,每样品统计量平均达 254 粒,其中湖相沉积物样品中一般统计 300 粒以上,最多统计 518 粒,最下部位层中



图 1 红碱淖及采样点位置

Fig. 1 Location of sampling site in Lake Hongjiannao

① 红碱淖风景名胜区红石岛和东部码头区详细规划说明书,1998.

的几个样品由于岩性较粗,孢粉统计量偏低.

3 孢粉分析结果

在鉴定的 103 个样品中,共鉴别出了 39 科、属孢粉,其中以草本花粉占绝对优势,其含量在样品中最高可达 96.3%,最低为 43.3%;灌木花粉次之,含量最高可达 51.5%;乔木花粉较少,最高仅为 20.8%;蕨类孢子偶尔出现. 草本花粉以蒿属(*Artemisia*)、藜科(*Chenopodiaceae*)、禾本科(*Gramineae*)和毛茛科(*Ranunculaceae*)等为主,荨麻科(*Urticaceae*)、百合科(*Liliaceae*)、莎草科(*Cyperaceae*)和眼子菜科(*Potamogetonaceae*)等也有一定数量,还偶尔出现菊科(*Compositae*)、黑三棱(*Sparganiaceae*)、车前属(*Plantago*)、茄属(*Solanum*)以及唇形科(*Labiatae*)等. 灌木花粉以怪柳(*Tamarix*)为主,桑科(*Moraceae*)、麻黄(*Ephedra*)、榛属(*Corylus*)、白刺(*Nitraria*)和蔷薇(*Rosa*)也常出现. 乔木花粉以松属(*Pinus*)为主,有少量落叶阔叶花粉如栎属(*Quercus*)、榆属(*Ulmus*)、枫杨属(*Pterocarya*)、胡桃属(*Juglans*)、桦属(*Betula*)等. 蕨类主要是鳞盖蕨(*Microlepia*).

根据鉴定出的孢粉种类及其数量变化,参考聚类分析的结果,将本剖面孢粉组合分为 5 个带(见图 2、图 3). 各带的孢粉组合特征按由老到新的顺序简述如下:

带 I, 65 cm 以下, 1927 年以前. 本带各样品统计的孢粉总数不超过 30 粒,孢粉浓度极低,总浓度平均不到 14 粒/g,种属很少. 在百分比图中,禾本科和毛茛科的百分含量较高. A/C 比值小,都低于 0.5.

带 II, 65–57.5 cm, 1927–1938 年. 本带各样品统计的孢粉总数仍然不足 100 粒,孢粉浓度偏低,但与带 I 相比有所增加,种属也相对增多. 孢粉以草本的毛茛科、百合科、荨麻科、藜、蒿和禾本科以及属于灌木的怪柳为主,有少量松属、落叶阔叶花粉、桑科和麻黄. A/C 比值增大,一般不低于 1.

带 III, 57.5–42 cm, 1938–1960 年. 从本带开始,各样品统计的孢粉总数已达到要求. 孢粉浓度相对前两带增加较快,孢粉总浓度平均已达 127 粒/g,最高为 333 粒/g. 该带怪柳和蒿的百分含量进一步增加;禾本科和藜科从下部到上部也有增加的趋势,到本带顶部增加较多;麻黄以及水生草本黑三棱和眼子菜科也有一定含量;毛茛科、荨麻科和百合科的百分含量由下部至上部逐渐减少,百合科到本带顶部已基本消失. A/C 比值继续增大,平均达 4.4.

带 IV, 42–3.5 cm, 1960–2000 年. 孢粉浓度在 1960 年左右急剧增高,随后维持着本剖面最高的孢粉浓度水平,孢粉总浓度平均达 44212 粒/g,最低为 2821 粒/g,最高为 115333 粒/g. 蒿的含量由 26.5% 迅速增加到 65.5%,平均含量达 51.7%;怪柳和藜科的百分含量也有增加,但幅度不及蒿属;禾本科、毛茛科百分比含量降低到一定程度后基本保持不变;荨麻在此带迅速减少,到中上部基本不出现. A/C 比值大,平均达 5.1. 所有孢粉的百分比含量在带内波动较小.

带 V, 3.5 cm 以上, 2000–2002 年. 本带孢粉浓度稍有降低,孢粉总浓度平均为 31025 粒/g. 乔木花粉含量有所增加,可达 15.4%,出现一定量的落叶阔叶花粉. 蒿百分比含量下降到 20.3%,藜含量上升到 34.0%,桑科、禾本科和毛茛科有一定增加. A/C 比值减小,一般在 1 左右.

4 孢粉特征揭示的湖区近百年来环境变化

本钻孔岩芯中鉴定的孢粉中,怪柳、麻黄、白刺、藜科是代表性耐旱植物花粉^[11];蒿所反映的环境一般也比较干旱,但在干旱、半干旱地区,蒿含量高反映气候较湿;毛茛科、荨麻和百合科属于广域性植物^[12],适于生长在多种不同的环境条件下. 在西北干旱半干旱地区衡量气候干旱的相对程度通常可用蒿/藜(即 A/C 比值)间接表示,其比值越小,反映气候干旱程度越强^[11,13,14]. A/C 比值能够用来区分草原和荒漠植被,比值小于 0.5,反映的是典型荒漠植被;A/C 比值大于 1,反映的是草原植被^[15,16].

根据孢粉组合和植物的生态特征,结合本剖面的岩性、以及历史记载和器测资料,将红碱淖百年来的环境变化分成以下五个阶段:

第一阶段:1927 年以前. 沉积物岩性为绛红色细砂,表明在 1927 年以前红碱淖尚未成湖,沉积物应属于成湖前的盆底沉积. 由于本阶段各样品的孢粉贫乏,其较高的禾本科与毛茛科含量也仅是因为孢粉补偿律的影响而造成的假象,不足以利用它们来说明环境特点,低于 0.5 的 A/C 比值在此阶段反映的气候特征

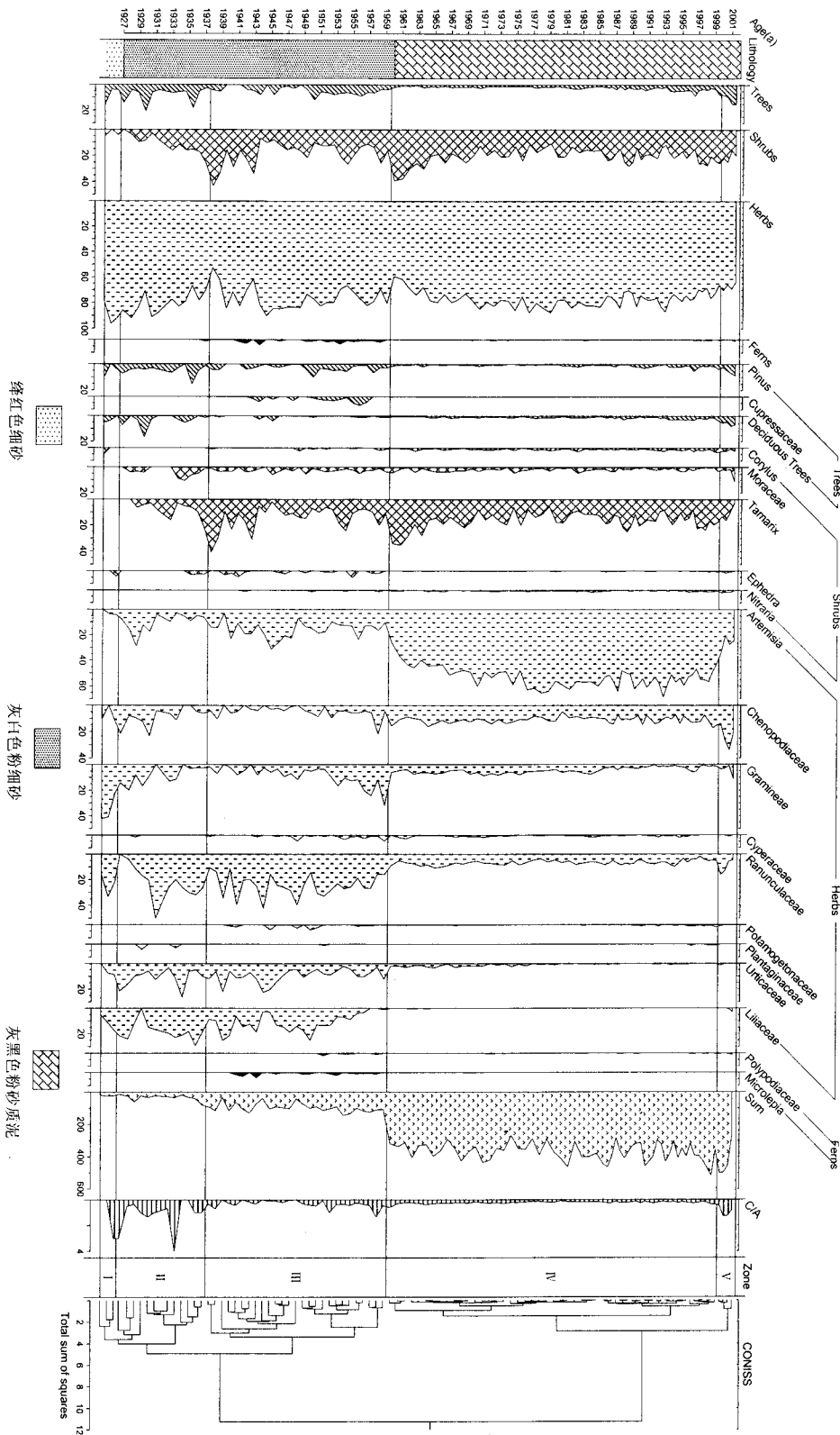


图 2 陕西红碱滩孢粉百分比
Fig.2 Pollen percentage diagram in Lake Hongliannao, Shaanxi Province

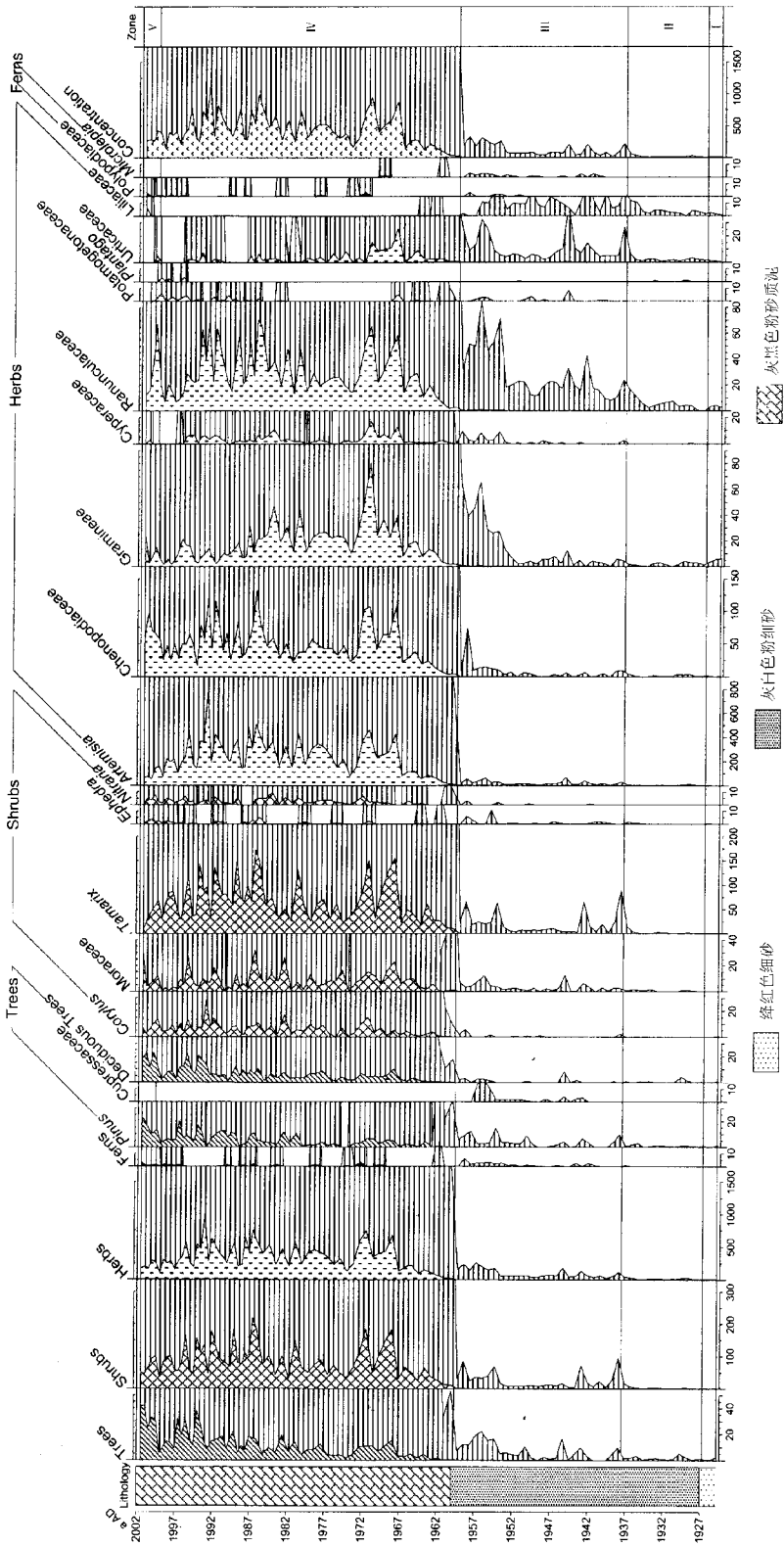


图 3 陕西红碱淖花粉浓度 (粒/g)
Fig.3 Pollen concentration diagram in Lake Hongjiannao, Shaanxi Province

也不完全可信。但孢粉浓度极低,种属少,说明此期环境干旱,不具备成湖条件,为典型荒漠植被。

第二阶段:1927–1938年。沉积物岩性为灰白色粉细砂,指示了初期积水浅湖相特征。本阶段各样品的孢粉总数仍较低,各孢粉谱还不能真实地反映环境特点。但孢粉浓度比带I有所增加,孢粉种属也增多,出现灌木花粉桤柳和桑科等,说明此期干旱程度有所缓和,洼地开始积水成湖,这与文献记载相符^[7]。植被属小灌木荒漠草原。

第三阶段:1938–1960年。沉积物岩性与第二阶段相同,仍然指示浅湖相特征。本阶段统计的各样品的孢粉总数都超过100粒,孢粉浓度比前两带增加较多,以桤柳为主的灌木花粉含量以及蒿的含量也有增加,A/C比值平均达4.4,并存在一定量的水生草本黑三棱和眼子菜。说明此期气候已相对好转,环境开始变湿。红碱淖在此期相对较好的气候条件下,积蓄了一定的水量,形成比第二阶段更深些的湖泊。本阶段为灌木草原植被。

第四阶段:1960–2000年。沉积物岩性为灰黑色粉砂质泥,沉积物颗粒明显变细,发育湖相泥沉积,表明湖泊维持较高湖面。本阶段孢粉浓度在1960年前后急剧增高,随后维持本剖面最高的孢粉浓度水平;蒿的含量也迅速增加到本剖面的最高水平后稳定下来;A/C比值大,平均达5.1。说明红碱淖地区在1960年前后环境有较大的变化,以蒿为主的草原植被发育,湖泊扩张,随后湖泊在较高的湖面上稳定下来。此阶段气候比前几阶段有明显改善,环境湿润。据历史记载^[7],红碱淖在1958年经过人为疏通周围湿地进行了湿地改造。器测资料^[17]也表明,几个大的降水年出现在20世纪50年代后期到60年代,如1958、1961、1964和1967年。本文的孢粉图谱很好地反映出了1960年前后人类活动和降水增加叠加后对环境与湖泊的影响,但难以将人类活动和气候变化区分出来。植被为茂盛的典型草原。

第五阶段:2000年以后,孢粉浓度有所降低,乔木花粉、藜和桑科含量增加,蒿和桤柳含量减少,禾本科与毛茛科含量也有一定的增加,A/C比值又减小,一般在1左右。指示近几年气候又开始变干,这是与榆林气象站(38°14'N,109°42'E)资料相应的。出现这种情况可能与近年来全球变暖有关。木本花粉与禾本科花粉的增加一定程度反映人工造林和种植业的影响,可以推测人类活动对该地区近年来的气候变干也有一定的贡献。植被为以藜科为主的草原。

从红碱淖的孢粉组合特征推测红碱淖自1927年成湖以来,湖泊先是不断扩张,然后稳定在较高的湖面,气候相对好转,环境逐渐变湿。在红碱淖地区蒸发能力大于降水量,如果降水全部用于蒸发,湖泊不可能不断加深。事实上,红碱淖盆地周围,砂壤发育,渗透能力强,降水形成的地表水被快速渗透到地下,实际蒸发量并不太大,随着降水增加,地下水也增加,这为红碱淖提供了充足的地下水源,由此可判断红碱淖的湖水补给除了降水这一重要因素外,地下水的补给显然也是红碱淖扩张的主要因素。人类的合理疏导,为地下水作为红碱淖的主要补给来源提供了条件。

5 结论

根据陕西红碱淖钻孔的孢粉分析,推测红碱淖地区近百年来的环境变化分成五个阶段:1927年以前,红碱淖地区环境非常干旱,不具备成湖条件,为典型荒漠植被;1927–1938年,干旱程度有所缓和,洼地开始积水成湖,为小灌木荒漠草原植被;1938–1960年,气候已相对好转,环境开始变湿,红碱淖在此期相对较好的气候条件下,积蓄了一定的水量,形成比第二阶段更深些的湖泊,湖区为灌木草原植被;1960年前后环境有较大的变化,孢粉图谱很好地反映了1960年前后人类活动与降水增加叠加后对环境及湖泊的影响;在1960–2000年期间,气候比前几阶段有明显改善,环境湿润,湖泊面积在1960年前后迅速扩大后维持在较高的湖面。植被为茂盛的典型草原;近几年来,湖区气候又开始相对转干,以藜科为主的草原植被发育。

红碱淖的湖水补给除了降水这一重要因素外,地下水也是其补给的主要因素,地下水的增加与降水增加存在直接的关系。

孢粉分析所揭示的环境变化与岩性特征相对应,与历史记载和器测资料相符合,反映出孢粉分析在短尺度的高分辨率环境变化研究中也是一种行之有效的方法。

致谢 在孢粉鉴定和成文过程中,得到南师大萧家仪教授的指导,在此表示感谢!同样感谢王苏民研究员提供通过交流获得的榆林气象站的气象资料和夏威夷高级工程师提供的¹³⁷Cs测年数据。

6 参考文献

- [1] Hegerl G. The past as guide to the future. *Nature*, 1998, **392**: 758 – 759.
- [2] 汪品先, 翦知谔. 寻求高分辨率的古环境记录. 第四纪研究, 1999, (1): 1 – 17.
- [3] 王苏民, 薛 滨, 张振克. 研究季风区历史时期湖泊环境演化的意义. 湖泊科学, 1998, **10**(2): 1 – 4.
- [4] Steven M Colman. Continental drilling for paleoclimate records. In: PAGES Workshop Report. 1996, Series 96 – 4.
- [5] 王苏民, 李建仁. 湖泊沉积——研究历史气候的有效手段. 科学通报, 1990, **36**(1): 54 – 56.
- [6] 张振克, 王苏民. 中国湖泊沉积记录的环境演变: 研究进展与展望. 地球科学进展, 1999, **14**(4): 417 – 421.
- [7] 王苏民, 窦鸿身主编. 中国湖泊志. 北京: 科学出版社, 1998: 339 – 340.
- [8] 雷明德等编著. 陕西植被. 北京: 科学出版社. 1999: 446 – 454.
- [9] 汪 勇, 羊向东, 沈 吉等. 陕西红碱淖近百年以来环境变化的湖泊沉积记录. 湖泊科学, 2004, **16**(2): 105 – 112.
- [10] 杨振京, 刘志明, 张俊牌等. 银川盆地中更新世以来的孢粉记录及古气候研究. 海洋地质与第四纪地质, 2001, **21**(3): 43 – 49.
- [11] 于 革. 根据花粉模拟的中国植被及 6000 a BP 植被制图的初步探讨. 植物学报, 1998, **40**(7): 665 – 674.
- [12] Campo E V, Gasse F. Pollen and diatom inferred climatic and hydrological changes in Sumxi Co Basin (Western Tibet) since 13 000 yr B P. *Quaternary Res*, 1993, **39**: 300 – 313.
- [13] 阎 顺, 李文漪, 梁玉莲等. 新疆柴窝堡盆地更新世孢粉组合与环境. 干旱区地理集刊, 1991, (2).
- [14] 阎 顺, 许英勤. 新疆阿勒泰地区表土孢粉组合. 干旱区研究, 1989, **6**(1): 26 – 33.
- [15] 阎 顺. 新疆第四纪孢粉组合特征及植被演替. 干旱区地理, 1991, **14**(2): 1 – 9.
- [16] 孙湘君, 杜乃秋, 翁成郁等. 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, **3**: 239 – 248.
- [17] 王伏雄, 钱南芬, 张玉龙等著. 中国植物花粉形态. 北京: 科学出版社, 1995: 256 – 264, 328 – 340, 428.
- [18] El-Monslinmany A. The ecological significance of common nonarboreal pollen: example from dryland of the Middle East. *Rev Palaeobot and Palyn*, 1990, **64**: 343 – 350.
- [19] 丁一汇, 王守荣主编. 中国西北地区气候与生态环境概论. 北京: 气象出版社, 2001: 56.