

doi:10.7522/j.issn.1000-0240.2016.0060

Liu Demei, Yang Qian, Chen Zhiguo, *et al.* Pollen record and palaeovegetation and palaeoenvironment in Kobresia tibetica alpine wetland[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2016, 38 (2): 539 – 548. [刘德梅, 杨倩, 陈志国, 等. 藏嵩草高寒湿地中孢粉记录的古植被与古环境状况[J]. 冰川冻土, 2016, 38 (2): 539 – 548.]

藏嵩草高寒湿地中孢粉记录的古植被与古环境状况

刘德梅¹, 杨倩^{1,3}, 陈志国¹, 曾方明², 魏海成²

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810008; 2. 中国科学院青海盐湖研究所, 青海 西宁 810008;
3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘 要: 高寒沼泽湿地是青藏高原重要的水源涵养地, 其沉积物是研究过去环境变化的重要载体. 在三江源区果洛州(GLS)和青海湖北岸(QHHS)选取典型高寒沼泽湿地作为研究样地, 调查其植被群落特征, 并根据湿地沉积剖面的光释光年代和孢粉数据, 分析湿地的古植被和古环境状况. 结果表明: 优势种(藏嵩草)在三江源区湿地群落和青海湖流域湿地群落中所占的优势度分别是 24.43 和 14.74; 从土壤孢粉信息表现出两个沼泽湿地自发育以来植被优势种以莎草科为主. GLS 剖面显示, 0 ~ 50 cm 深和 80 ~ 140 cm 深的孢粉浓度显著高于 50 ~ 80 cm 深处的浓度; 20 cm 以下的沉积物中, 花粉浓度与有机质含量呈正相关趋势, 与 $\delta^{13}\text{C}$ 呈负相关趋势. 高寒沼泽湿地中, 孢粉数据能较好地反映植物群落中莎草科的优势地位, 与现生植物群落具有较好的一致性.

关键词: 青藏高原; 藏嵩草高寒湿地; 三江源; 孢粉

中图分类号: P534.63 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-0240(2016)02-0539-10

0 引言

湿地是自然界最富生物多样性的生态系统, 具有巨大的资源潜力和环境、社会、经济功能^[1]. 青藏高原作为长江、黄河、澜沧江等诸多重要河流的发源地, 是我国重要的湿地分布区. 青藏高原湿地所处的独特的地理位置、环境特点以及目前表现出的一系列生态环境问题, 对周边地区乃至全球气候变化有着重要的影响. 学者们从不同的角度和不同时间尺度对湿地沉积物开展了大量研究, 取得了一系列成果^[2-4]. 近年来江河源区湿地已出现区域性退化, 这是气候变化和冻土冻融过程的具体表现, 反映了江河源区生态环境对全球气候变化的一种响应.

现代环境是由过去环境演变而来, 因此, 研究过去环境演变的规律和机制已成目前研究的热点^[5-7]. 青藏高原湖泊沉积与环境演变研究仍在进一步发展, 定年的准确性、环境代用指标与气

候要素之间的定量关系成为当前和未来研究的重点^[8]. 孢粉作为湿地古生态研究的生物指标, 能够提供几十年到百万年时间尺度的环境变化状况, 为植被演替的驱动机制提供重要依据^[9]. 高分辨率孢粉记录研究是重建古植被及古气候的可靠手段, 唐领余^[10]、杜乃秋等^[11-12]、刘兴起等^[13]先后在青海湖和共和盆地进行了高分辨率孢粉学分析, 重建了全新世以来青藏高原中东部植被与气候演化历史. 但是对于湿地植被与环境演化研究主要集中在若尔盖高原的泥炭沉积^[14-17], 而针对青藏高原典型高寒沼泽湿地高分辨率的孢粉研究还很匮乏. 本文在三江源和青海湖地区剖面光释光(OSL, optically stimulated luminescence)测年技术的基础上, 进行孢粉学研究, 对比前人研究成果, 旨在探讨孢粉作为高寒湿地古环境代用指标的可靠性及孢粉所记录的湿地古植被古环境演化的可比性. 这对于了解青藏高原东北部地区古湿地环境演变特征具有重要意义.

收稿日期: 2015-10-18; 修订日期: 2016-01-26

基金项目: 中国科学院西部之光博士项目(2013年)资助

作者简介: 刘德梅(1983—), 女, 青海贵德人, 助理研究员, 2013年在中国科学院西北高原生物研究所获博士学位, 主要从事高寒植物学研究. E-mail: liudemei83@163.com.

1 研究区概况及研究方法

1.1 取样区概况

青海湖沼泽湿地样地位于青海湖北岸的刚察县境内, 伊克乌兰河上游(图1), 37°23′01.8″ N, 100°14′39″ E, 海拔3 445 m. 青海湖流域气候属典型高寒大陆性气候, 具有气温低、降水少而集中、风大等特点. 年平均气温在-1.3℃(天峻)和0.5℃(江西沟)之间. ≥ 0 ℃的年积温为1 236.6~1 491.5℃(天峻—江西沟). 年均降水量在323.8~384.6 mm(江西沟—天峻)之间, 且集中在6~9月份. 年蒸发量达1 378.7~1 767.7 mm(江西沟—天峻). 全年以西北风和西风为主, 光照充足, 太阳辐射强烈. 主要植被类型有温性草原、高寒草原、高寒灌丛、高寒草甸、高山流石坡植被和沙生植被, 局部地区尚有小面积沼泽植被. 主要的土壤类型有高山寒漠土、高山草甸土、高山草原土、亚高山灌丛草甸土、亚高山草甸土, 此外还有沼泽土、风沙土、灰褐土分布.

三江源区沼泽湿地试验地位于青海省果洛州玛沁县, 地处果洛州东北部(图1), 地理位置为34°27.821′ N, 100°12.367′ E. 研究区地势平坦, 海拔3 760 m. 区内气候寒冷, 年均温-3.9℃. ≥ 5 ℃积温为850.3℃, 最冷月1月的平均气温为-12.6℃, 最热月7月的平均气温为9.7℃, 牧草生长季为156 d, 无绝对无霜期. 年均降水量为513.2 mm, 年蒸发量为2 471.6 mm. 主要植被类型有高山草甸、高山灌丛和沼泽化草甸. 土壤为高山草甸土、高山灌丛草甸土和沼泽土^[18].

1.2 剖面介绍

2010年10月分别在三江源区大武滩藏嵩草湿地和青海湖藏嵩草湿地选取两块样地, 人工挖取

剖面至潜育层, 剖面深度分别为150 cm和80 cm(图2). 三江源区剖面(GLS)岩性特征自上而下为: 0~3 cm为草皮层; 3~55 cm为红壤土层(其中, 8~10 cm和52~55 cm为黄土层); 55~90 cm为砾石层(其中, 60~63 cm为黑色泥炭层; 78~80 cm为黄土层); 90~150 cm为灰褐土层(其中, 104~113 cm为黑色泥炭层), 含水量约为30%~40%. 青海湖区剖面(QHHS)岩性特征自上而下为: 0~3 cm为草皮层; 3~72 cm为红壤土层(其中, 12~14 cm, 20~22 cm和26~28 cm为黄土层), 下部含有砾石; 72~80 cm为砾石层.

以3 cm间隔采样, 分别在两个剖面分别采集到48和27个样品. 根据GLS剖面的土壤表观特征在24 cm、54 cm、85 cm、113 cm和144 cm处采集OSL样品. 因QHHS剖面的土壤表观特征不明显, 分别在20 cm、40 cm、60 cm处采集OSL样品. 具体方法为: 将黑色棉布放入不锈钢钢管(长度为20 cm, 直径为6 cm)的一端, 从另一端顺地层产状打入地层. 取出管子后, 用不透明胶带快速进行避光密封, 并放入黑色塑料袋内. 两个剖面共采得8个OSL样品^[19-20]. 取样编号、深度及测得的年代数据如表1所示.

1.3 孢粉提取方法

取10 g样品, 化学处理前加入一片现代石松孢子(1 1675粒/个样品), 以统计化石孢粉浓度. 孢粉化石的提取采用重液浮选方法^[21], 孢粉化石鉴定统计在日本产Olympus光学生物显微镜下进行. 木本植物花粉多鉴定到属, 草本和灌木多鉴定到属或科一级. 一般每样品统计数超过300粒, 最低不少于200粒^[22]. 分析结果用百分比和浓度表示, 最后在Tilia软件下作出孢粉百分比图式和孢粉浓度图式.

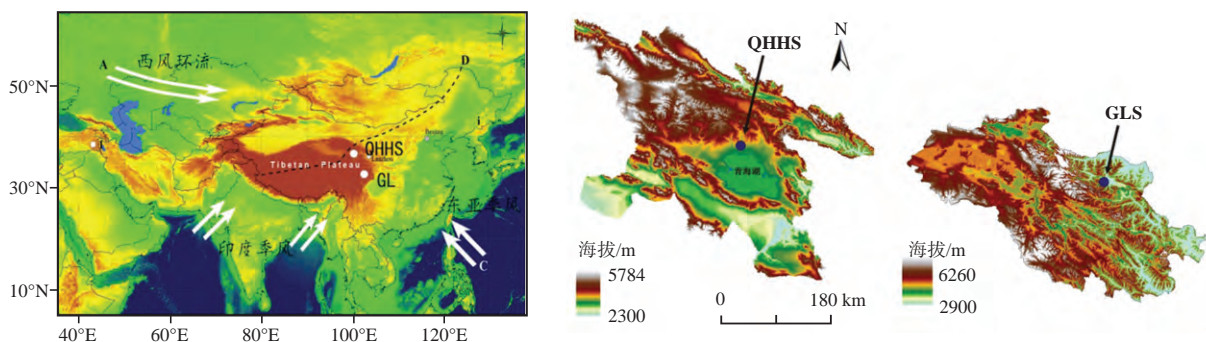


图1 剖面采样点的位置

Fig. 1 Location of the sampling sites

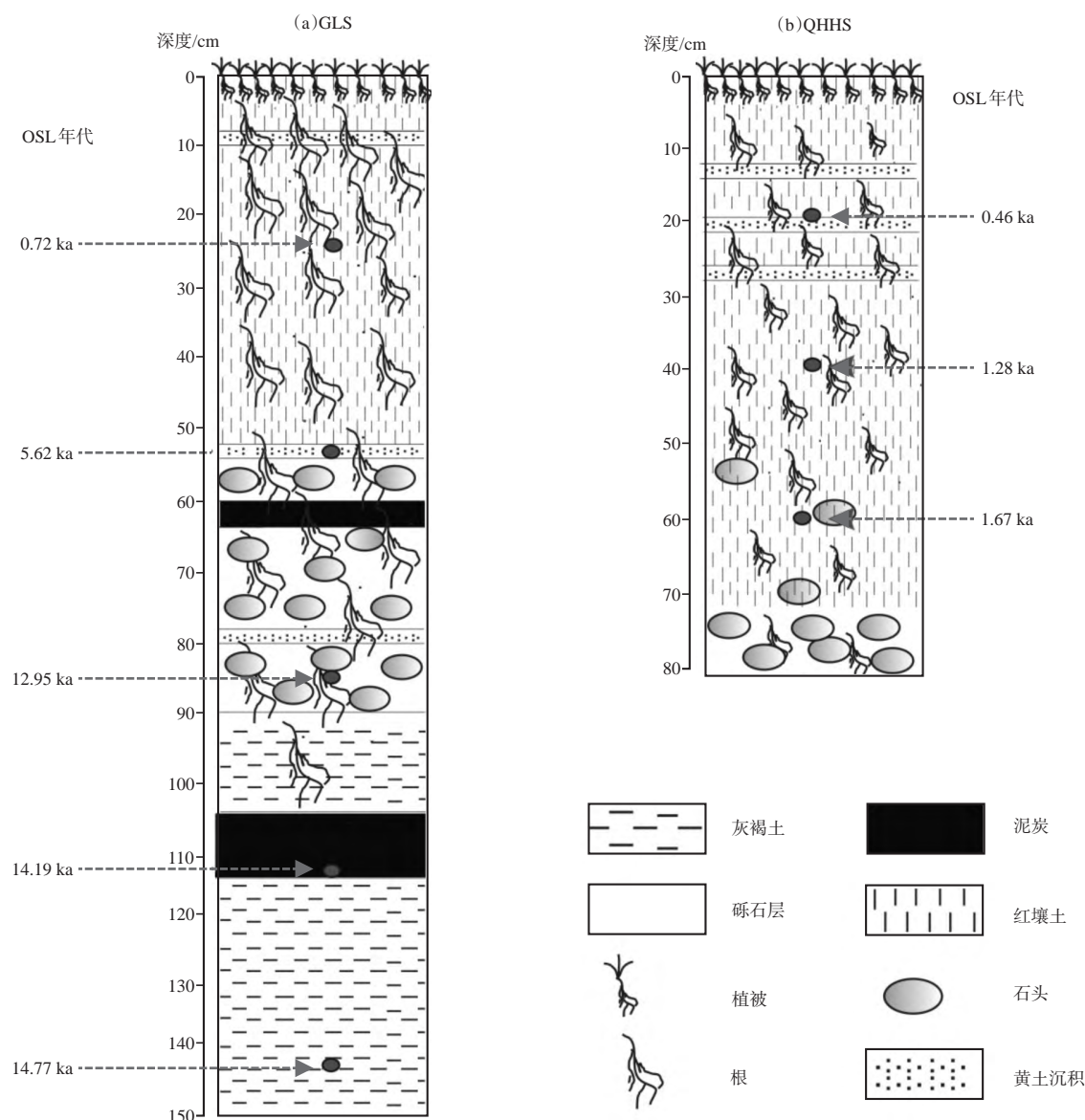


图2 样地剖面柱状图

Fig. 2 Profiles of the GLS and QHHS sections and their OSL ages

表1 高寒沼泽湿地光释光测年结果

Table 1 Results of OSL dating of alpine wetland

编号	样品深度/cm	土壤含水量/%	年代/ka
GLS-1	24	15±0.05	0.72±0.07 ^[19]
GLS-2	54	15±0.05	5.62±0.46 ^[19]
GLS-3	85	15±0.05	12.95±0.96 ^[19]
GLS-4	113	35±0.05	14.19±0.98 ^[19]
GLS-5	144	40±0.05	14.77±1.12 ^[19]
QHHS-1	20	20±0.05	0.46±0.05 ^[19]
QHHS-2	40	20±0.05	1.28±0.01 ^[19]
QHHS-3	60	20±0.05	1.67±0.04 ^[19]

2 结果与讨论

2.1 植被群落物种组成和物种多样性

三江源区藏嵩草草甸群落(GLS)由20种植物组成, 分属9科18属, 优势种为藏嵩草(24.43%), 次优势种为华扁穗草(20.1%)。青海湖流域藏嵩草草甸群落(*Kobresia tibetica*)(QHHS)由23种植物组成, 分属10科21属, 优势种为藏嵩草(14.74%), 次优势种为青藏苔草(8.5%)(表2)。

植物组织的 $\delta^{13}\text{C}$ 值不仅反映了大气 CO_2 的碳同位素比值, 也指示出一段时间内平均 C_i/C_a 的比值(C_i 为叶片细胞胞间 CO_2 浓度, C_a 为大气中 CO_2 浓度)及水分利用效率(WUE)值^[20]。植物 $\delta^{13}\text{C}$ 值受盐

表2 植物群落种类组成、重要值及 $\delta^{13}\text{C}$ 值
Table 2 Species composition, important values and $\delta^{13}\text{C}$ values

物种		GLS		QHHS	
拉丁名	中文名	重要值/%	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$	重要值/%	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$
<i>Elymus nutans</i>	垂穗披碱草	2.26	-26.7		
<i>Poa crymophila</i>	冷地早熟禾			3.3	-26.5
<i>Festuca rubra</i>	紫羊茅	3.71	-24.9	1.56	-26.1
<i>Stipa aliena</i> Keng	异针茅			3.4	-24.8
<i>Deschampsia caspitosa</i>	发草	4.82	-25.4		
<i>Puccinellia distans</i>	华扁穗草	20.1	-26.6		
<i>Carex moorcroftii</i>	青藏苔草	8.16	-27.6	8.507	-27.1
<i>Kobresia tibetica</i>	藏嵩草	24.43	-27.9	14.74	-27.9
<i>Kobresia capillifolia</i>	线叶嵩草			7.91	-25.9
<i>Kobresia humilis</i>	矮嵩草			6.12	-26.5
<i>Scripus distigmaticus</i>	二柱头蘆草	1.6	-25.8	7.77	-25.6
<i>Cremanthodium discoideum</i>	盘花垂头菊	2.56	-25.7		
<i>Cremanthodium ellisii</i>	车前状垂头菊	1.26	-24.8		
<i>Cremanthodium lineare</i>	条叶垂头菊			6.4	-25.3
<i>Leontopodium nanum</i>	矮火绒草			1.99	-25.5
<i>Anaphalis lacteal</i>	美丽凤毛菊	0.935	-25.2	3.3	-25.2
<i>Saussurea stella</i>	星状凤毛菊	0.93	-25.7		
<i>Potentilla anserina</i>	鹅绒委菱菜	6.55	-26.2	1.66	-25.8
<i>Pedicularis longiflora</i>	斑唇马先蒿	1.07	-28.2	3.22	-24.3
<i>Lancea tibetica</i>	肉果草			5.15	-26.7
<i>Juncus effusus</i>	灯心草	1.528	-26.1		
<i>Primula nutans</i> Georgi	天山报春			3.14	-25.9
<i>Glaux maritima</i>	海乳草			2.47	-26.1
<i>Carum carvi</i>	葛缕子	2.02	-25.56		
<i>Chamaesium paradoxum</i>	矮泽芹			3.56	-24.7
<i>Pleurospermum pulszkyi</i>	青藏梭子芹	2.95	-24.7		
<i>Rumex acetosa</i>	酸模			1.88	-24.7
<i>Thalictrum alpinum</i>	直梗唐松草			2.08	-25.6
<i>Caltha palustris</i>	华亭驴蹄草	5.47	-23.7	3.38	-23.7
<i>Trollius chinensis</i>	金莲花	2.53	-25.4	2.08	-26.3
<i>Ranunculus japonicus</i>	毛茛	5.75	-25.3	1.73	-25.4
<i>Gentianopsis paludosa</i>	湿生扁蕾			2.65	-25.7
<i>Gentiana leucomelaena</i>	蓝白龙胆			1.91	-28.9
<i>Allium cyaneum</i> Regel	天蓝韭	1.39	-24.7		

分胁迫影响, 生长于盐度较高的海水中的植物比生长于淡水中的植物具有更高的 $\delta^{13}\text{C}$ 值. QHHS群

落中植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值为 -25.84‰ , 略低于GLS群落中植物的 $\delta^{13}\text{C}$ 平均值(-25.81‰), 可能指示

表3 不同高寒沼泽湿地植物群落多样性
Table 3 Diversity index in different alpine wetland

样地名	植被盖度/%	植被高度/cm	植被丰富度	多样性指数(H')	均匀度指数(J)
GLS	97.67 ± 1.53	20.92 ± 16.7	10 ± 1	2.48 ± 0.05	0.83 ± 0.07
QHHS	89 ± 8	15 ± 9	14.2 ± 2.9	2.97 ± 0.04	0.93 ± 0.01

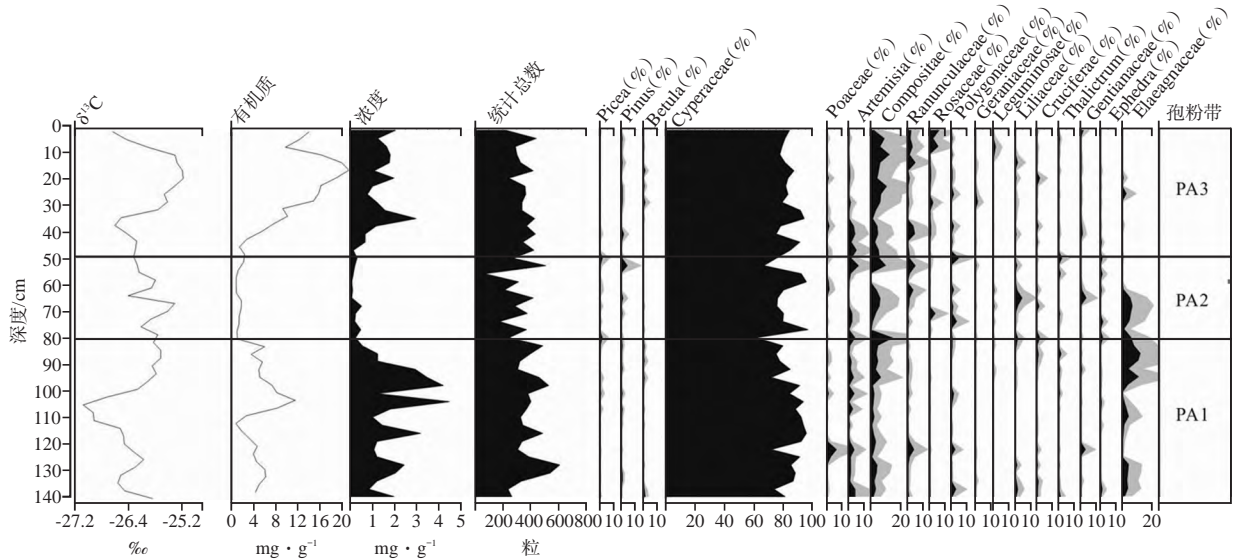


图3 GLS剖面47个样品的孢粉特征

Fig. 3 Pollen percentages of major taxa in the 47 samples collected from GLS core

了GLS群落植物受盐分胁迫较大。

对两种高寒湿地群落的植物特征值测定结果(表3)表明,植物丰富度、多样性指数和均匀度指数均表现为QHHS>GLS;但GLS群落的植被盖度和高度相对较高。此结果反映了不同经纬度地区同一类型草地在植物特征方面存在明显的差异,除气候条件影响外可能与当地草场的放牧利用等人类干扰强度状况密切相关。

2.2 沉积物中孢粉分析

2.2.1 果洛湿地沉积物中孢粉的变化

如图3所示, GLS整个剖面TOC值的范围是6~175 mg·g⁻¹, 平均值是(53.9 ± 46.9) mg·g⁻¹; δ¹³C值的范围在-26.92‰~-25.12‰, 平均值为-25.87‰。剖面分析了47个样品, 总共鉴定了7648粒, 分属21科25属, 其中有3种乔木花粉, 20种草本花粉和2种灌木花粉。乔木花粉低于1%, 主要有松属(*Pinus*)、云杉属(*Picea*)、桦木属(*Betula*)。草本花粉93%, 主要是莎草科(*Cyperaceae*)83%、禾本科(*Gramineae*)0.7%、菊科(*Compositae*)0.4%、藜科(*Chenopodiaceae*)0.7%、蒿属(*Artemisia*)1%、毛茛科(*Ranunculaceae*)

1.5%、蔷薇科(*Rosaceae*)0.6%、蓼科(*Polygonaceae*)0.9%、牻牛儿苗科(*Geraniaceae*)0.1%。灌木花粉3%, 有胡颓子属(*Elaeagnus*)和麻黄属(*Ephedra*)。按照花粉浓度和花粉百分比将此剖面自下而上划分为3个花粉集合, 具体如下:

PA1(140~80 cm深): 这一阶段TOC值趋于减少, 到116 cm处达到最低值, δ¹³C先增加后减小, 呈现“S”变化。总花粉浓度较高, 草本花粉如莎草科、藜科、菊科和蒿属都呈现出较高的百分比。草本类花粉, 如胡颓子科、蒿和菊科呈现较高的比例, 乔木花粉松属和云杉属花粉百分比比较低。

PA2(80~50 cm深): 此阶段TOC含量极少, 峰值出现在59 cm(7028 a)处, 总花粉浓度最低, 更多种类的草本花粉出现在此阶段, 如: 蔷薇科、龙胆科、麻黄属和唐嵩草属。藜科、胡颓子科、蒿属和菊科花粉仍保持较高的比例。

PA3(50~0 cm深): TOC不断增加, 在47 cm处增加到最大值。δ¹³C也显示增加趋势, 总花粉浓度较高, 乔木花粉的比例较少。虽然莎草科仍然占优势中的地位, 但一些花粉如藜科和胡颓子也占据了可观的比例。

2.2.2 青海湖流域湿地沉积物中孢粉的变化

如图4所示, QHHS剖面分析了24个样品, TOC值的范围在 $40 \sim 134 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间; TOC/TN范围在 $13.89\% \sim 56.07\%$ 之间; $\delta^{13}\text{C}$ 值在 $-27.57\% \sim -26.16\%$; 总共鉴定了8260粒, 分属17科20属, 其中有3种乔木孢粉, 15种草本花粉和2种灌木花粉. 乔木花粉占总花粉的1%, 主要是松属、云杉属、桦木属. 草本花粉占97%, 分别为莎草科79%, 禾本科1.4%, 菊科3.2%, 藜科2.6%, 蒿属5.3%, 毛茛科1.5%, 蓼科1.7%, 十字花科0.4%. 主要的灌木花粉<1%主要是胡颓子属和麻黄属. 按照花粉浓度和花粉百分比将此剖面自下而上也划分为3个花粉集合(PA1~PA3), 具体如下:

PA1(72~53 cm深): 此阶段此阶段TOC较低, $\delta^{13}\text{C}$ 值较高, 花粉浓度最低, 莎草科占总花粉粒的75%, 藜科、菊科、蒿属和蓼科花粉浓度较高, 有少量的松属和云杉存在.

PA2(53~23 cm深): 这一阶段TOC迅速增大, $\delta^{13}\text{C}$ 迅速减小, 总花粉浓度较高, 草本花粉如莎草科、藜科、禾本科, 菊科和蒿属都呈现出较高的百分比. 总花粉浓度和莎草科花粉浓度出现两次高峰期, 分别发生在约0.85 ka和1.3~1.4 ka期间, 禾本科花粉在1.3~1.4 ka期间较盛行, 此孢粉集合中几乎没有蔷薇科和龙胆科、牻牛儿苗、麻黄属、豆科的花粉. 乔木花粉松属和云杉属花粉百分比极低, 无桦木属花粉出现.

PA3(23~0 cm深): TOC缓慢减小, $\delta^{13}\text{C}$ 波动性增加, 总花粉浓度较低, 乔木花粉的比例不断

下降, 菊科、豆科、十字花科、龙胆花粉呈现处增加的趋势.

2.3 表土花粉与现代植被的关系

由于不同植物类型的花粉产量、传播能力及在地层中保存能力等存在差异, 花粉与植被关系存在许多不确定性^[23]. 研究表明, 表土花粉浓度与群落种类组成、植被盖度及结构等无明显关系^[24], 植被盖度相近的相似群落, 花粉浓度可相差较大; 而植被盖度相差较大的不同群落, 花粉浓度却相近. 植被盖度较高的群落, 花粉浓度有时却较低, 植被盖度较低的群落, 花粉总浓度有时反而很高. 但许清海等^[25]对青藏高原东北部几种植被类型的研究表明: 花粉在土壤剖面中的运移不明显, 表土花粉较好地代表了当地植被的组成, 区域外花粉多不超过30%.

本研究植被调查结中GLS群落由20种植物组成, 分属9科; QHHS群落由23种植物组成, 分属10科. 而两个样地表土花粉实验结果显示: GLS由9科组成; QHHS由12科组成(表4). 虽然数量上对比看似相近, 但植物种类差异较大, 有些科只出现在现生植物群落中, 例如, 玄参科、灯心草科、伞形花科; 而一些只出现在表土花粉中, 例如, 藜科、松科、十字花科(Cruciferae)、豆科、蓼科、麻黄科、桦木科. 只出现在现生植物群落的植被说明其花粉产量较低, 或花粉粒较小容易被破坏, 不易被保存; 而只出现在表土花粉中的植被说明主要是外源花粉, 其花粉特点是产量较大, 传播较广, 容易保存在沉积物中. 表土花粉与植物群落结构并非呈线性关系, 这主要是由于

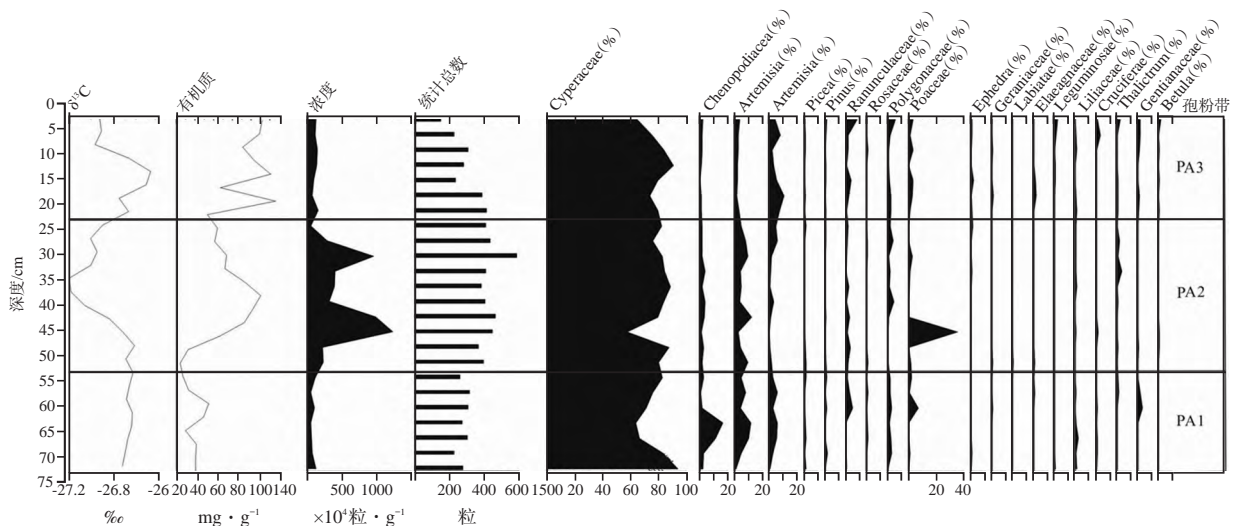


图4 QHHS剖面24个样品的孢粉特征

Fig. 4 Pollen percentages of major taxa in the 24 samples collected from QHHS core

表4 群落种类组成与表土花粉数据中所出现的植物科的比较

Table 4 The data contrast between pollen percentages of major taxa and species composition

拉丁名	GLS		QHHS	
	植物	孢粉	植物	孢粉
<i>Grmineae</i> 禾本科	√		√	√
<i>Cyperaceae</i> 莎草科	√	√	√	√
<i>Compositae</i> 菊科	√	√	√	√
<i>Rosaceae</i> 蔷薇科	√	√	√	
<i>Scrophulariaceae</i> 玄参科	√		√	
<i>Juncaceae</i> 灯心草科	√		√	
<i>Umbelliferae</i> 伞形花	√		√	
<i>Ranunculaceae</i> 毛茛科	√	√	√	√
<i>Gentianaceae</i> 龙胆科		√	√	√
<i>primulaceae</i> 报春花科			√	
<i>Liliaceae</i> 百合科	√			
<i>Chenopodiaceae</i> 藜科		√		√
<i>Pinaceae</i> 松科		√		√
<i>Cruciferae</i> 十字花科		√		√
<i>Leguminosae</i> 豆科		√		√
<i>Polygonaceae</i> 蓼科				√
<i>Ephedra</i> 麻黄科				√
<i>Betula</i> 桦木科				√

表土花粉受花粉产量、传粉方式、传播距离、花粉结构、植被类型、花粉源范围、气候、地形等诸多因素影响,使得依据花粉组合恢复群落结构变得非常困难^[26]。此外,还可能与花粉的鉴定能力有关,在许多孢粉学研究中很难仅根据大小和形态将莎草科等花粉鉴定到属及种,有时不同科的花粉极为相似,很难辨认。

但是从优势种莎草科植被来看,其植物群落中的重要值分别占到52.6%(GLS)和47.3%(QHHS),而花粉分别为84.09%和64.67%。说明以莎草科为优势种的高寒沼泽湿地中,花粉数据能较好地反映植物群落优势种的优势地位。上述结果与许清海等^[26]的研究结果相似,即草本花粉中,莎草科花粉与植被盖度关系最密切,当莎草科占优势时(盖度高于30%),随盖度的增大,花粉百分比增高。

2.4 高寒沼泽湿地过去植被变化

总结前人研究发现,高寒沼泽湿地发育是在

两种环境下形成,一是由于季风性降水总量或有效湿度能充分减小草甸土的蒸发,使得这时期植被呈现沼泽草甸景观,如阿洪错近2000a来由莎草科组成的沼泽草甸^[10];二是因为湖面降低,导致沼泽草甸扩大,例如,唐古拉山垭口湖在2250cal a BP以后以及阿洪错在4000~3500cal a BP(带AC-1)期间都出现大面积沼泽草甸,此阶段在阿洪错出现多层眼子菜植物残体富集层,在唐古拉山垭口湖出现莎草植物残体富集层,而且研究发现沼泽形成期花粉产量减少,显示当时植被盖度明显降低^[10]。

综合三江源与青海湖藏嵩草沼泽湿地的孢粉剖面资料可以看出,不同深度的孢粉记录的植被优势种以莎草科为主,但其优势程度略有不同,可能是对区域气候变化的响应。GLS剖面的孢粉记录显示,140~80cm是莎草科植被最繁荣的时期,是最适合该区域湿地发育期;80~50cm深处,湿地虽然不发育,但从少量的孢粉记录中还能发现其周围环境为莎草科占优势种的沼泽环境;50~0cm深处湿地重新开始发育。

青海湖地区藏嵩草沼泽湿地QHHS剖面的孢粉记录显示,20cm深处(OSL年代约为0.50ka)往上,湿地植被虽然仍然以莎草科植被为主,但外来物种侵入,湿地群落有异质化倾向。共和盆地自10.0cal ka BP气候逐渐暖湿化,但在8.6~7.1cal ka BP气候明显寒冷干燥,7.1~3.8cal ka BP区域暖湿程度达到全新世最佳,对应共和盆地的气候适宜期;但也存在寒冷波动,3.8~0.5cal ka BP气候逐渐向冷干发展,0.5cal ka BP以来气候又趋于暖湿。这与周笃珺等^[27]对青海湖盆地植被及环境的演变的研究结果一致,其研究表明距今500a来,孢粉组合中草原成分快速增加,乔木孢粉减少许多,气候更加趋于冷干。由于受制于剖面年代学的限制,且在研究区选取的剖面较少,未来需要开展沉积物中植物残体与释光年代的对比研究,并在研究区采集更多具有代表性的湿地剖面,进一步研究沉积物孢粉记录与古环境变化的关系。

2.5 沉积物中花粉浓度、土壤TOC和 $\delta^{13}C$ 的关系

在高寒沼泽湿地沉积物中有机质的来源主要是植物残体,所以,TOC和 $\delta^{13}C$ 也是指示植被变化的重要指标,如图5、6分别为GLS和QHHS两个剖面中TOC和 $\delta^{13}C$ 与孢粉浓度的变化趋势。总体上看,TOC与总花粉浓度和莎草科花粉浓度呈

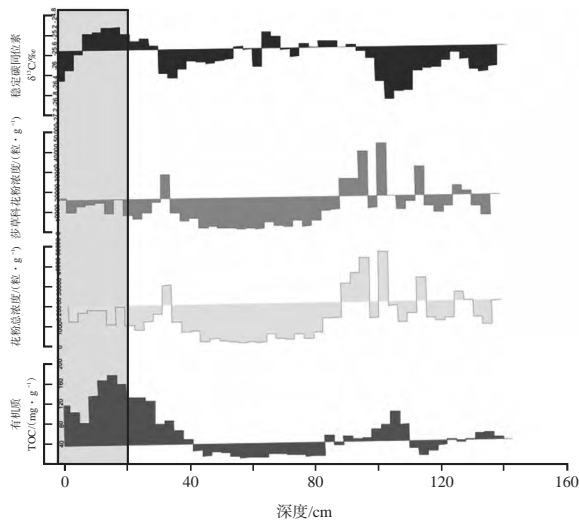


图5 GLS剖面TOC、花粉总浓度、莎草科花粉浓度及 $\delta^{13}\text{C}$ 对比

Fig. 5 The contrast of TOC, pollen concentration, Cyperaceae pollen concentration and $\delta^{13}\text{C}$ from GLS core

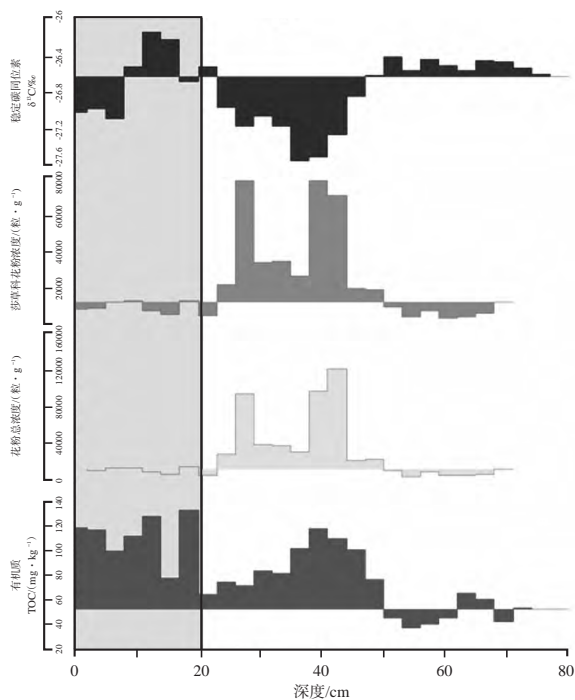


图6 QHHS剖面TOC、花粉总浓度、莎草科花粉浓度及 $\delta^{13}\text{C}$ 对比

Fig. 6 The contrast of TOC, pollen concentration, Cyperaceae pollen concentration and $\delta^{13}\text{C}$ from QHHS core

正比, 而与 $\delta^{13}\text{C}$ 呈反比. 但在土层深度在0~20 cm之间相关性较差, TOC与总花粉浓度、 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关系数分别为 $R^2=0.07$ 和 $R^2=0.17$, 而在20~72 cm之间相关性有所增加, 如TOC与总花粉浓度、 $\delta^{13}\text{C}$ 的相关系数分别为 $R^2=0.42$ 和 $R^2=0.72$. 这个结果说明: 1)高寒沼泽湿地自发育以来其土壤中有机

质的主要来源为植物残体; 2)花粉浓度与20 cm以下的沉积物中的有机质和 $\delta^{13}\text{C}$ 值的变化对应较好, 花粉浓度与有机质含量呈正相关趋势, 与 $\delta^{13}\text{C}$ 呈负相关趋势; 20 cm以上几乎无相关性, 这是由于有机质在土壤中分解的特性有关. 土壤剖面表层接受地表植被枯落物, 并存在大量植物细根, 有机质来源丰富, 成土时间较短, 有机质分解损失量低于有机质加入量, 故有机质含量较高. 表土层因沉积作用逐渐被埋藏, 成为次表层土, 有机质的来源减少, 主要为根系分泌物, 以及上层有机质的淋滤物. 随深度增大, 土层被埋藏的时间增加, 有机质的来源数量不断减少, 而成土时间增加, 因分解导致的有机质含量降低幅度增大, 有机质含量不断减少^[28].

3 结论

本研究以果洛和青海湖地区的湿地土壤剖面为研究对象, 现代植被群落结构调查和沉积物孢粉分析相结合, 综合分析沼泽湿地沉积物中孢粉指示古植被的意义、沼泽湿地植被群落与表层土壤花粉之间的关系、孢粉在湿地环境中的沉积状况. 结果表明:

(1) GLS和QHHS剖面的孢粉记录均以莎草科占绝对优势, 与现代植物群落相一致.

(2) 表土花粉与植物群落结构并非呈线性关系, 孢粉记录不能完全代表当时古植被的群落结构, 但是由于高寒沼泽湿地中优势种莎草科的花粉特征, 花粉数据能较好地反映植物群落优势种的优势地位.

(3) 由于土壤剖面表层接受地表植被枯落物, 并存在大量植物细根, 有机质来源丰富, 成土时间较短, 有机质分解损失量低于有机质加入量等的缘故, 在土层深度在0~20 cm之间TOC与总花粉浓度、 $\delta^{13}\text{C}$ 相关性较差, 而20 cm以下相关性有所增加.

(4) 开展沉积物中植物残体的 ^{14}C 年代与释光年代的对比研究, 并在研究区采集更多具有代表性的湿地剖面, 进一步研究沉积物孢粉记录与古环境变化的关系, 是下一步工作的重点内容.

参考文献 (References):

- [1] Yin Xiaojuan, Song Xiaoyu, Cai Guoying. Valuation of wetland ecosystem services: progress and perspectives [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(3): 759-766. [尹小娟, 宋晓谕, 蔡国英. 湿地生态系统服务估值研究进展[J].

- 冰川冻土, 2014, 36(3): 759-766.]
- [2] Shen Ji, Liu Xingqi, Matsumoto R, *et al.* A high-resolution climatic change since the Late Glacial age inferred from multiproxy of sediments in Qinghai Lake[J]. *Science in China(Series D)*, 2005, 48(6): 742-751. [沈吉, 刘兴起, Matsumoto R, 等. 晚冰期以来青海湖沉积物多指标高分辨率的古气候演化[J]. *中国科学(D辑)*, 2004, 34(6): 582-589.]
- [3] Zhang Pengxi, Zhang Baozhen, Yang Wenbo. On the model of post-glacial palaeoclimatic fluctuation in Qinghai lake region[J]. *Quaternary Sciences*, 1989(1): 66-77+101. [张彭熹, 张保珍, 杨文博. 青海湖冰后期以来古气候波动模式的研究[J]. *第四纪研究*, 1989(1): 66-77+101.]
- [4] Yu Junqing, Kelts K. Climatic change in the northeast Qinghai-Tibet Plateau during the late glacial/Holocene transition[J]. *Quaternary Sciences*, 2002, (5): 413-423. [余俊清, Kelts K. 末次冰消期晚期青藏高原东北部气候变化[J]. *第四纪研究*, 2002, (5): 413-423.]
- [5] Zhang Enlou, Shen Ji, Wang Sumin, *et al.* Climate and environment change during the past 900 years in Qinghai Lake[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2002(1): 32-38. [张恩楼, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖近900年来气候环境演化的湖泊沉积记录[J]. *湖泊科学*, 2002(1): 32-38.]
- [6] Zhu Cheng, Song Jian, You Kunyuan, *et al.* Cultural interruptions since in the diagnostic sediment in the Maqiao site, Shanghai[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(2): 148-152. [朱诚, 宋建, 尤坤元, 等. 上海马桥遗址文化断层成因研究[J]. *科学通报*, 1996, 41(2): 148-152.]
- [7] Zhang Qiang, Zhu Cheng, Jiang Fengqing, *et al.* Environmental Changes Since Late-Pleistocene in North-Bank of Yangtze River, Nanjing[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2001, 21(6): 498-504. [张强, 朱诚, 姜逢清, 于世永. 南京江北地区晚更新世以来环境演变研究[J]. *地理科学*, 2001, 21(6): 498-504.]
- [8] Ban Wuqi. The rise and fall of the Indus valley civilization and its geographical environmental transition[J]. *Geographical Research*, 1998, 17(3): 249-256. [班武奇. 印度河文明兴衰和地理环境变迁[J]. *地理研究*, 1998, 17(3): 249-256.]
- [9] Wang Junbo, Zhu Liping. Environmental change reflected by lake sediments on Tibetan plateau: progress and prospect[J]. *Progress in Geography*, 2005, 5: 3-14. [王君波, 朱立平. 青藏高原湖泊沉积与环境演变研究: 现状与展望[J]. *地理科学进展*, 2005, 5: 3-14.]
- [10] Tang Linyu, Shen Caiming, Li Cunmei. Pollen-inferred vegetation and environmental change in the central Tibetan Plateau since 8200 yr B P[J]. *Science in China(Series D)*, 2009, 39(5): 615-625. [唐领余, 沈才明, 李春海. 花粉记录的青藏高原中部全新世以来植被与环境[J]. *中国科学(D)*, 2009, 39(5): 615-625.]
- [11] Du Naiqiu. A preliminary investigation on the vegetation and climate changes since 11, 000 years in Qinghai Lake: an analysis based on palynology in core QH85-14C[J]. *Acta Botanica Sinica*, 1989, 31(10): 803-814. [杜乃秋. 青海湖 QH85-14C 钻孔孢粉分析及其古气候古环境的初步探讨[J]. *植物学报*, 1989, 31(10): 803-814.]
- [12] Kong Zhaochen, Du Naiqiu, Shan Fashou, *et al.* Vegetation and climate change of Qinghai Lake during Holocene[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 1990, 10(3): 79-88. [孔昭宸, 杜乃秋, 山发寿, 等. 青海湖全新世植被演变及气候变迁[J]. *海洋地质与第四纪地质*, 1990, 10(3): 79-88.]
- [13] Liu Xingqi, Shen Ji, Wang Sumin, *et al.* A 16000-year pollen record of Qinghai Lake and its paleo-climate and paleoenvironment[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 47(22): 1931-1936. [刘兴起, 沈吉, 王苏民, 等. 青海湖 16 ka 以来的花粉记录及其古气候古环境演化[J]. *科学通报*, 2002, 47(17): 1351-1355.]
- [14] Wang Manhua. The spore-pollen groups of peatland or ruergai plateau and paleobotany and paleoclimate[J]. *Scientia geographica sinica*, 1987, 7(2): 147-154. [王曼华. 若尔盖高原区泥炭地的孢粉组合及古植被与古气候[J]. *地理科学*, 1987, 7(2): 147-154.]
- [15] Wang Fubao, Yan Ge, Lin Benhai. The initial study about the carbon isotope of peat in Zoigê Plateau[J]. *Chinese Science Bulletin*, 1993, 38(1): 65-67. [王富葆, 阎革, 林本海. 若尔盖高原泥炭 $\delta^{13}C$ 的初步研究[J]. *科学通报*, 1993, 38(1): 65-67.]
- [16] Wang Fubao, Han Huiyou, Yan Ge. Paleovegetational and paleoclimatic evolution series on northeastern Qinghai-Xizang Plateau in the last 30 ka[J]. *Science in China(Series D)*, 1996, 26(2): 111-117. [王富葆, 韩辉友, 阎革. 青藏高原东北部 30ka 以来的古植被与古气候演变序列[J]. *中国科学(D辑)*, 1996, 26(2): 111-117.]
- [17] Liu Guangxiu, Shen Yongping, Zhang Zhongping. Pollen record and its palaeoclimate significance between 800-150 ka BP from RH-core in Zoige basin in Qinghai-Xizang (Tibet) plateau[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1994, 12(4): 101-109. [刘光秀, 沈永平, 张中平. 青藏高原若尔盖地区 RH 孔 800-150ka. B. P. 的孢粉记录及古气候意义[J]. *沉积学报*, 1994, 12(4): 101-109.]
- [18] Lin Lin, Jin Huijun, Luo Dongliang, *et al.* Preliminary study on major features of alpine vegetation in the source area of the Yellow River(SARYR)[J]. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2014, 36(3): 759-766. [林琳, 金会军, 罗栋梁, 等. 黄河源区高寒植被主要特征初探[J]. *冰川冻土*, 2014, 36(3): 759-766.]
- [19] Liu Demei, Chen Guichen, Lai Zhongping, *et al.* Late Glacial and Holocene Vegetation and Climate History of an Alpine Wetland on the Qinghai-Tibetan Plateau[J]. *Geological Quarterly*, 2013, 57(2): 261-268.
- [20] Liu Demei, Chen Guichen, Lai Zhongping, *et al.* The study of formation and sedimentation rate of three typical wetlands in Qinghai lake watershed using luminescence technique[J]. *Journal of Salt Lake Research*, 2012, 3: 9-12. [刘德梅, 陈桂琛, 赖忠平, 等. 基于光释光测年研究青海湖三种沼泽湿地

- 的发育及沉积速率[J]. 盐湖研究, 2012, 3: 9-12.]
- [21] Faegri K, Iversen J. Text Book of Pollen Analysis[M]. New York: Hafner Press, 1975.
- [22] Li Guorong, Chen Yingyu, Mariavelez, *et al.* A study of surface pollen in Dalianhai Lake catchment, Qinghai[J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2014, 36(3): 599-607[李国荣, 陈英玉, Mariavelez, 等. 青海共和盆地达连海湖泊流域的表土孢粉研究[J]. 冰川冻土, 2014, 36(3): 599-607.]
- [23] Farquhar G, O Leary M, Berry J. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves[J]. Functional Plant biology, 1982, 9: 121-137.
- [24] Xu Qinghai, Li Yuecong, Yang Xiaolan. Relationship between contemporary pollen and vegetation data in major plant communities of northern china [J]. Science in China (Series D), 2007, 37(2): 192-205. [许清海, 李月丛, 阳小兰. 中国北方几种主要花粉类型与植被定量关系[J]. 中国科学(D辑), 2007, 37(2): 192-205.]
- [25] Li Yuecong, Xu Qinghai, Yang Xiaolan, *et al.* Pollen assemblages of major steppe communities in China[J]. Acta ecologica sinica, 2005, 25(3): 555-564. [李月丛, 许清海, 阳小兰, 等. 中国草原区主要群落类型花粉组合特征[J]. 生态学报, 2005, 25(3): 555-564.]
- [26] Xu Qinghai, Li Yuecong, Yang Xiaolan, *et al.* A study of some typical pollen types taphonomy and relationships with vegetation in the northeast of Qinghai-Tibet plateau [J]. Advances in earth science, 2005, 1: 89-98. [许清海, 李月丛, 阳小兰, 等. 青藏高原东北部典型花粉类型埋藏特征及其与植被关系的研究[J]. 地球科学进展, 2005, 1: 89-98.]
- [27] Zhou Dujun, Chen Baohua, Li Shirong. Vegetation and environmental changes since 4200 a B P in Qinghai lake basin [J]. Qinghai Environmental, 1996, 6(3): 109-112. [周笃珺, 陈保华, 李世荣. 4200年来青海湖盆地植被及环境的演变[J]. 青海环境, 1996, 6(3): 109-112.]
- [28] Chen G Q, Niu H G. Studies of Marshes in Sanjiang Plain (Network Series of Studies on Ecosystems in China [M]. Beijing: Science and Technology Press, 1996.

Pollen record and paleovegetation and paleoenvironment in *Kobresia tibetica* alpine wetland

LIU Demei¹, YANG Qian^{1,3}, CHEN Zhiguo¹, ZENG Fangming², WEI Haicheng²

(1. Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 2. Qinghai Institute of Salt Lakes, Chinese Academy of Sciences, Xining 810008, China; 3. University of the China Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Alpine wetland is an important water conservation region in the Qinghai-Tibetan Plateau, and its sediment is a geological carrier to study palaeoenvironment global changes. This study chose two typical alpine wetlands on the Quoluo Tibet Autonomous Prefecture in the three rivers source region (GLS) and north shore of Qinghai Lake (QHHS) as study sites. Pollen analysis and OSL (optically stimulated luminescence) dating have been applied to discuss paleovegetation evolution process since the late Pleistocene on the northeast Qinghai-Tibetan Plateau. The main results are summarized as follows: dominance index of dominant species (*Kobresia tibetica*) are 24.43 and 14.74 in GLS and QHHS sections, respectively. Pollen results show that the dominant vegetation family is Cyperaceae since alpine wetland development; the pollen concentration at the depth of 50-80 cm is obviously lower than at the depth of 0-50 cm and 80-140 cm in the GLS section. Below 20 cm of sediment core, pollen concentration and TOC show positive relationship; but pollen concentration and $\delta^{13}\text{C}$ show negative correlation. Cyperaceae pollen data are well-represented for its dominance degree, according with modern vegetation community.

Key words: Qinghai-Tibetan Plateau; *Kobresia tibetica* alpine wetland; the three rivers source region; pollen