

青海共和盆地达连海湖泊流域 表土花粉-气候响应面分析

陈英玉^{1,2)}, QING Hai-ruo²⁾, VELEZ M I²⁾, LIU Meng³⁾, 魏豆豆¹⁾, 蔡遥⁴⁾

1)青海大学地质工程系, 青海西宁 810016;

2)加拿大里贾纳大学地质系, 加拿大萨斯科彻温省里贾纳 S4S 0A2;

3)加拿大里贾纳大学数理统计系, 加拿大萨斯科彻温省里贾纳 S4S 0A2;

4)国土资源部新构造运动与地质灾害重点实验室, 北京 100081

摘要: 孢粉分析是研究过去全球变化的一种重要方法, 而研究花粉与现代气候之间的相互关系是古气候定量重建研究中的前沿课题。要预测未来气候的中长期变化, 必须从花粉记录中定量提取古气候信息, 建立多种孢粉-气候数学模型必须经过不同边界条件下的古气候数据检验校正才能应用到实际当中。花粉-气候响应面方法是考虑了花粉与气候间的非线性关系上, 提出的将现代花粉丰度在地理空间的分布转换为气候空间的分布, 并以提供定量的古气候数据, 已被广泛应用于 COHMAP 等各种重要古气候研究项目。本文就是利用该方法, 以青藏高原东北部共和盆地达连海湖泊流域 54 个表土样品中的花粉丰度及采样点的气候参数为基础数据, 通过主成分分析选择了特征值高且指示意义明显的 4 种花粉类型, 对其丰度与 7 月平均温度及年平均降水量两个气候参数进行多项式回归分析, 其结果显示模型对数据拟合较好, 为定量重建该区古气候变化提出了较为准确的数量指标。

关键词: 达连海湖泊流域; 表土花粉; 气候; 响应面

中图分类号: Q913.84; P532 文献标志码: A doi: 10.3975/cagsb.2014.01.11

Climatic Response of Vegetation Inferred from Surface Pollen from Dalianhai Lake, Gonghe Basin, Northeastern Tibetan Plateau

CHEN Ying-yu^{1,2)}, QING Hai-ruo²⁾, VELEZ M I²⁾, LIU Meng³⁾, WEI Dou-dou¹⁾, CAI Yao⁴⁾

1) Department of Geological and Engineering, Qinghai University, Xining, Qinghai 810016;

2) Department of Geology, University of Regina, Regina, Saskatchewan S4S 0A2, Canada;

3) Department of Mathematics and Statistics, University of Regina, Regina, Saskatchewan S4S 0A2, Canada;

4) Key Laboratory of Neotectonic Movement & Geohazard, Ministry of Land and Resources, Beijing 100081

Abstract: Records from terrestrial ecosystems play a key role in the understanding of the history and the mechanisms of the past global changes. Pollen analysis is one of the best proxies for past changes in the environment. However, due to the complicated relationship between pollen dispersal process and their final accumulation in the sediment, the relationship between fossil pollen assemblages, vegetation reconstructions and climate is not linear. This is why research on surface pollen assemblages and their relationships with modern vegetation and climate provide a foundation for reconstructing paleoenvironments based on fossil pollen. In order to investigate the relationship between the surface pollen and modern vegetation, the authors analyzed a total of 54 surface pollen samples from Dalianhai Lake catchment, a typical small basin in the transition area from arid to semi-arid region, northwest China. The pollen spectra from this region serve as the direct source contributed by wind, and the corresponding relationship between the pollen assemblages of surface samples and main vegetation

本文由国家自然科学基金项目(编号: 41062003)和青海大学科研启动基金项目(编号: 20100912)联合资助。

收稿日期: 2013-09-12; 改回日期: 2013-11-10。责任编辑: 魏乐军。

第一作者简介: 陈英玉, 女, 1965年生。教授, 硕士生导师。主要从事全新世以来的环境变化研究。通讯地址: 810016, 青海省西宁市城北区宁大路 251 号。电话: 0971-5311860。E-mail: xhrm654321@126.com。

types is better. Hierarchical Cluster Analysis (HCA) and the RDA ordination analysis of the main herbs and shrubs pollen assemblages stored in surface samples indicate a good correspondance relationship between pollen in the sediment and main vegetation from the region. Temperature and moisture are the main factors identified to influence plant distribution. Pollen response surfaces are non-linear function describing the way in which the abundances of taxa depend on the joint effects of two or more environmental variables, which has been broadly used for studying all kinds of palaeoclimatic projects such as COHMAP. In this paper the authors also used this non-linear method to generate pollen climate-response surface models from 54 surface -pollen samples from Dalianhai Lake catchment and associated climatic parameters at sites; Four different kinds of herbs were selected by the Principle Components Analysis (PCA) with high Eigenvalue and clear indicative significance, which abundance and mean July temperature and annual precipitation were used to obtain second or third degree multiple regressions by various non-linear variable transformations to allow flexibility shapes. The abundance of each species is represented by the height (Z) of surface coordinates (X, Y) corresponding to the values of precipitation (Y) and mean July temperature (X). The results indicate that the response surface pollen typically has at least one peak, and each fitted surface is unique for estimating past climate. In this study, *Artemisia-Chenopodiaceae* assemblage reflects the relative wetness, while *Chenopodiaceae-Artemisia* reflects relatively dry conditions, Increases *Cyperaceae* indicates cold-wet weather, and in *Poaceae* reflects either cold-wet and/or warm-wet conditions, which is consistent with other research work from North China. This is the first trial to use the pollen climate response surface model to quantitative reconstruct palaeoclimate in the northeastern Tibetan Plateau. Because of the insufficient pollen data of the surface earth samples, this research work is only considered as an attempt for a quantitative reconstruction of the palaeoclimate and palaeoenvironmen.

Key words: Dalianhai Lake catchment; surface pollen; climate; response surfaces

现代土花粉是研究古植物区系、古植物种属、解释和重建古植物群落和古植被、探讨古生态和古气候变化的基础,也是植被模拟和气候模拟的验证手段(冯晓华等,2011)。为了减少地层中的化石孢粉重建古植被的误差,需要对现代植被与关系开展深入的研究,孢粉学家们为此做了大量的研究(阎顺等,1993,2004;李月丛等,2005,2007;罗传秀等,2008;倪健,2000;潘安定,1993;于革等,2002;吴敬禄等,2003;董明星等,2006;高联达,2008;许清海等,2000;杨振京等,2011;童国榜等,1996)。国内外专家一致认为:植被是自然界中对气候变化反应最灵敏的指示物,其分布可以在相当大的程度上反映气候的状况,孢粉反映当地的植被环境,对植被有指示性,且与气候之间也存在着统计学上某种相对稳定的数量关系,提取出这种关系就可以利用孢粉的数据直接恢复古气候,这种方法省略了植被这个中间环节,可以提高精确度,在实际工作中由于植被类型难以量化,对定量恢复古气候是不方便的,而孢粉记录和气候指标都很容易用数量来表示,它们之间较易建立起数量关系(孙湘君等,1996;Emberlin,2002;Chauhan,2010)。花粉-气候响应面方法(Pollen-climate response surface)是Bartlein等在考虑了花粉与气候间的非线性关系上,提出的将现代花粉丰度在地理空间的分布转换为气候空间的分布,并以提供定量的古气候数据(Patrik,1986)。我国孢粉学家孙湘君等(1996)、王琚瑜等(1997,1998)、许清海等(2003,2004)、万和文等(2008)利用这个方

法对中国北方、内蒙古、柴达木盆地等地区进行了探讨,但不同范围、不同地区花粉-气候响应面研究有待广泛开展。本文作者在达连海湖泊周围的表土花粉研究中发现主要植被花粉来源于整个流域,花粉具有较好的植被和气候指示性,所以利用该湖泊流域的表土花粉数据结合53年来的实测气象资料,采用前人的研究方法,尝试建立达连海湖泊流域主要表土花粉-气候响应面模型。

1 资料与方法

1.1 研究区概况

达连海位于青藏高原东北缘的共和盆地之中,与青海湖盆地以青海南山相隔,是现代夏季风的边缘区,受东南季风、西南季风和西风环流三大气候系统的共同影响。气候是以干燥寒冷为特点的高寒干旱半干旱大陆性气候,温度较低,年均温在 $0\sim 5^{\circ}\text{C}$ 之间;年降水量较少,一般在 $200\sim 400\text{mm}$ 之间,夏季降水占全年降水量的80%左右,其中7—8月份占全年降水的50%;而年蒸发量却很大,达 $1500\sim 1900\text{mm}$,是年降水量的6倍左右。受水热条件限制,与纬度相近的东部草原相比,盆地内现代植被种类较少,植被类型也相对简单,周围山地现代基本没有森林生长,主要是蒿草草甸和落叶灌丛,主要分布在沙珠玉河中、下游两岸,一、二、三塔拉滩台地边缘,在青海南山最西段有小片森林,分布零散,主要是祁连圆柏(*Sabinaprzewalskii*)疏林和是青海云杉(*Piceacrassifolia*)疏林(中国科学

院中国植被图编辑委员会, 2001); 盆地中为强烈切割的冲击平原, 由于水源短缺, 发育着草原、荒漠草原和荒漠植被。达连海是共和盆地中最大的内流河——沙珠玉河的终间湖泊, 分为南北两个湖泊, 自 20 世纪 50 年代以来, 沙珠玉河中上游相继有 14 座水库建成蓄水, 几乎断绝了下游水源补给, 北达连海于 1973 年完全干涸, 湖底已为流沙掩埋; 1994 年南达连海完全干涸, 现为干湖盆, 本研究区选在南达连海(见图 1)。

1.2 方法

1.2.1 花粉选取

主成分分析: 其基本原理是, 对原始数据资料进行一系列的线性组合转换, 并使转换后的数据仍能很好地反映原数据样本各指标之间的关系, 综合获得的新指标就是原来指标的主成分。这种对多个样品进行多指标测度的分析, 可以保证尽可能完整地获取与原始数据资料有关的信息; 主成分分析的计算步骤为: 1)计算相关系数矩阵; 2)计算特征值与特征向量; 3)计算主成分贡献率与累计贡献率; 4)计算主成分载荷量。本研究用 CANOCO 软件对在多数样品中含量大于零的各科属进行了主成分分析, 结果显示有 6 种特征值高的植被, 有藜科(Chenopodiaceae)、蒿属(*Artemisia*)、麻黄科(Ephedraceae)、禾本科(Gramineae)、莎草科(Cyperaceae)和白刺(*Nitraria*), 其中 4 种, 即蒿属、藜科、禾本科和莎草科花粉对植被有明显的指示意义(达连海湖泊流域表土花粉来源和表土花粉与现代植被的关系另文讨论, 这里不再赘述), 特征值分别是 2.124、1.931、1.864 和 1.192, 贡献率各为 15.17%、13.79%、13.32%和 8.52%, 选择这 4 种植被花粉样本作为建模数据。

1.2.2 数据处理

数据由两部分组成: 表土 4 种主要植被花粉类型的丰度和采样点的气候参数。

1)表土花粉样品来源于达连海湖泊流域, 包括了湖区荒漠区、流沙珠玉河流沿岸的荒漠草原和灌丛植被, 二塔拉和三塔拉滩的草地(图 1), 共 54 个表土样品鉴定出 34 个科属, 蕨类孢子在样品统计过程中没有出现, 孢粉组合较为单调。主要花粉类型有云杉属(*Picea*)、松属(*Pinus*)、圆柏属(*Sabina*)、桦木属(*Betula*)、桤木属(*Alnus*)、杨属(*Populus*)、柳属(*salix*)、藜科(Chenopodiaceae)、蒿属(*Artemisia*)、蔷薇科(Rosaceae)、豆科(Leguminosae)、禾本科(Gramineae)、菊科(Compositae)、蓼属(*Polygonaceae*)、莎草科(Cyperaceae)、十字花科(Cruciferae)、毛茛科(Ranunculaceae)、唐松草属(*Thalictrum*)、石竹科(Caryophyllaceae)、龙胆科(Gentianaceae)、香蒲科(Typhaceae)、蓝雪科(Plumbaginaceae)、白刺属(*Nitraria*)、沙拐枣属(*Calligonum*)、麻黄科(Ephedraceae)、胡颓子科(Elaeagnaceae)、柽柳科(Tamariaceae)、榛属(*Corylus*)、木犀科(Oleaceae)等(见图 2)。

2)气候参数采用共和县共和气象站 1953—2006 年的气象资料, 在气候指标中选取了 7 月均温和年降水量两个要素, 建模数据做如下转换:

$$X=x, x^2, \ln(x);$$

$$Y=y, y/10, y^2/100, \ln(y);$$

$$Z=z, \arcsin(z^{0.5});$$

其中, x 、 y 、 z 分别为原始的 7 月平均温度、年降水量和花粉百分比; X 、 Y 、 Z 分别为转换后的 7 月平均温度、年降水量和花粉百分比。依据王琰瑜等(1997, 1998)对花粉-气候响应面的应用, 将选取的

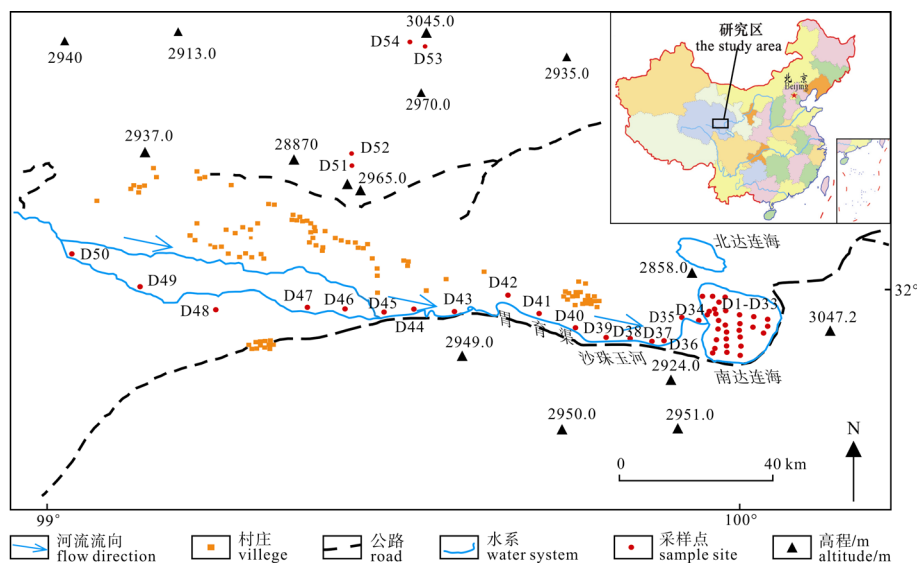


图 1 达连海湖泊位置及其流域表土花粉采样点
Fig. 1 Location of sampling sites of surface pollen in Dalianhai Lake catchment

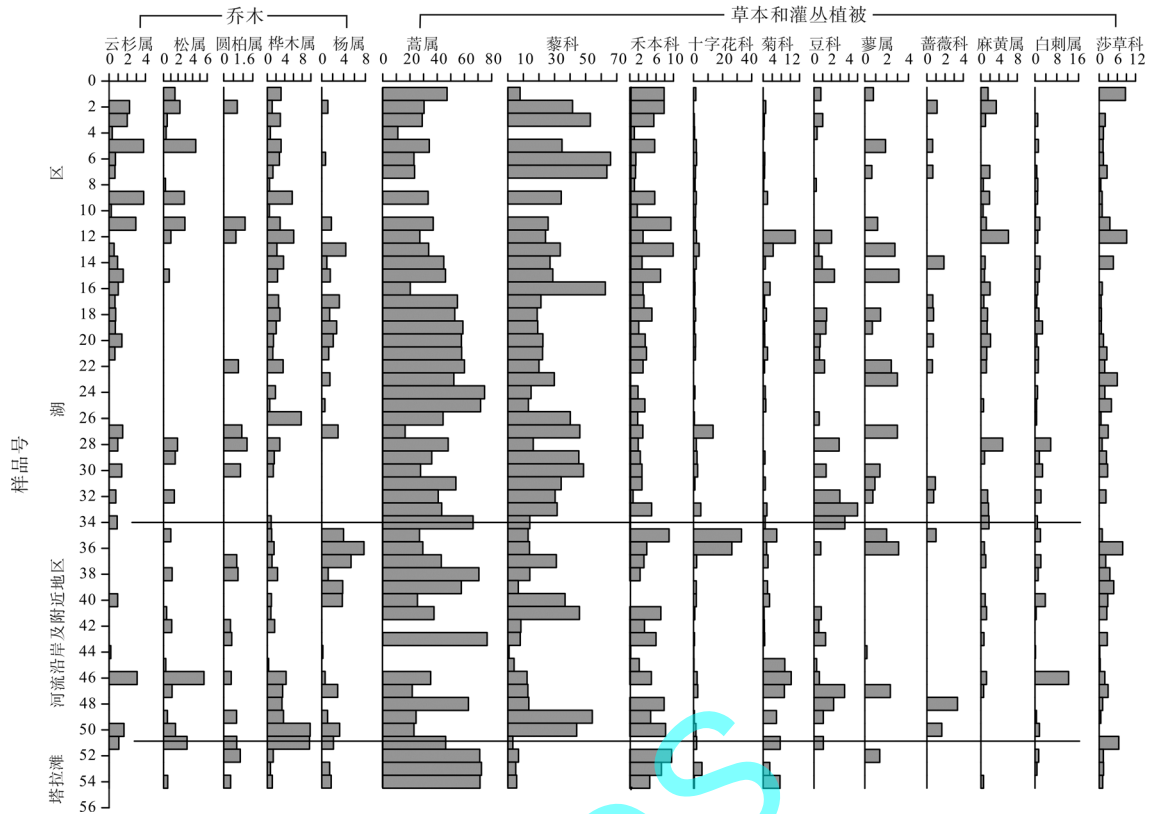


图 2 达连海湖泊流域表土主要花粉的百分含量花粉谱(单位: %)

Fig. 2 Main pollen taxa percentage spectra in Dalianhai Lake catchment (unit: %)

4 种花粉类型逐类地将花粉丰度在地理空间的分布转换为气候空间的分布, 然后用 2 次或 3 次响应面函数的方法求出各类花粉分布的最佳气候条件与极端条件。2 次或 3 次响应面模型的计算公式为:

$$Z = \beta_0 + \beta_1 X + \beta_2 Y + \beta_3 X^2 + \beta_4 XY + \beta_5 Y^2 + \beta_6 X^3 + \beta_7 X^2 Y + \beta_8 XY^2 + \beta_9 Y^3 + \varepsilon$$

其中, Z 为花粉类型百分比转换值, X 和 Y 分别为 7 月平均气温和年均降水量转换值, β_0 至 β_9 为待定系数, ε 为误差项。根据国外经验(Chauhan, 2010; Emberlin, 2002)和中国孢粉专家(王琚瑜等, 1997, 1998; 孙湘君等, 1996)在我国北方建模实践, 本次建模试验结合达连海湖泊流域的自然环境特点, 将响应面的次数选定为 2~3 次。评价具体响应面方程的质量时, 同样采用回归方程的 F 值、拟合度(C)和剩余均方值(S^2_p)等 3 个指标与其临界值进行比较, 结合三维图形进行直接判别, 响应面方程分析结果质量等级划分均参照孙湘君等(1996)的“中国北方部分科属花粉-气候响应面分析”进行。步骤为: (1) x 、 y 、 z 变量的各种转换进行组合, n 为数据点; (2) 对每个科属的花粉进行 22 种多项式函数的拟合实验, 选出满意或较满意的方案做为最终结果(见表 1)。可以看出花粉百分比经过反正弦变换、气候和降水经过对数和其它形式变换后拟合效果最好, 方程以 2~3 次函数为主。

2 花粉-气候响应面的生态解释

2.1 蒿属(*Artemisia*)

由图 3a 可以看出, 蒿属花粉存在两个高值区: 低温高湿区和半干旱高温区。在 7 月均温 13~16°C、年降水量在 200~400 mm 之间, 蒿属花粉丰度对降水变化比较敏感, 与降水呈正相关, 反映出喜冷湿的种类占主导地位, 花粉含量一般达 45% 以上, 最高达 60% 以上; 在 7 月均温 17~20°C, 即随着降水减少其含量缓慢增加, 反映喜干暖的蒿属类型, 蒿属的百分含量一般 35%~45%。其花粉响应面与孙湘君等(1996)和王琚瑜等(1998)的响应面完全一致。

2.2 藜科(*Chenopodiaceae*)

由图 3b 曲面上看, 藜科花粉对湿度敏感。在温度 12~20, 年均降水量 200~400 mm 的区域内, 其花粉丰度值随湿度降低而温度升高而增加, 显示藜科花粉充分反映耐旱喜干的特点。其花粉响应面与孙湘君等(1996)和王琚瑜等(1998)的响应面一致。

2.3 莎草科(*Cyperaceae*)

图 3c 莎草科花粉丰度的高值分别位于低温高湿区和高温干旱半干旱区, 受温度和湿度的共同影响, 在 7 月均温 10~16°C, 花粉丰度值随温度降低湿度增加而明显增加; 在 7 月均温 16~20°C, 花粉的丰度值受温度升高湿度降低稍有增加。

表 1 4种植物花粉的建模方案、方程回归系数和质量评价参数
Table 1 Response surface regression results, plan of model building and evaluation parameter of 4 taxa

花粉种类	转换方式			β_0	β_1	β_2	β_3	β_4	β_5	β_6	β_7
	x	y	z								
蒿属	lnx	lny	arcsin(z ^{0.5})	-66.52	29.30	16.09	-0.7478	-7.443	0.6223	0	0
麻黄科	x ³	(y/10) ²	arcsin(z ^{0.5})	-1.212	1.629	-1.451	-6.367	-1.273	2.979	7.437	7.475
禾本科	x ³	lny	arcsin(z ^{0.5})	-4.940	-0.0013	1.883	0.0494	0.0002	-0.1717	0	0
莎草科	lnx	lny	arcsin(z ^{0.5})	9.276	-9.887	-1.595	3.245	0.3697	-0.0606	-0.3203	-10.975

花粉种类	转换方式			β_8	β_9	n	F	C/%	S ² p	质量评价
	x	y	z							
蒿属	lnx	lny	arcsin(z ^{0.5})	0	0	45	5.728	32.343	0.0089	满意
麻黄科	x ³	(y/10) ²	arcsin(z ^{0.5})	-1.100	-1.450	51	2.869	43.60	0.01752	满意
禾本科	x ³	lny	arcsin(z ^{0.5})	0	0	53	2.759	15.63	0.0163	满意
莎草科	lnx	lny	arcsin(z ^{0.5})	1.9679	0.0478	30	2.5259	25.22	0.0361	满意

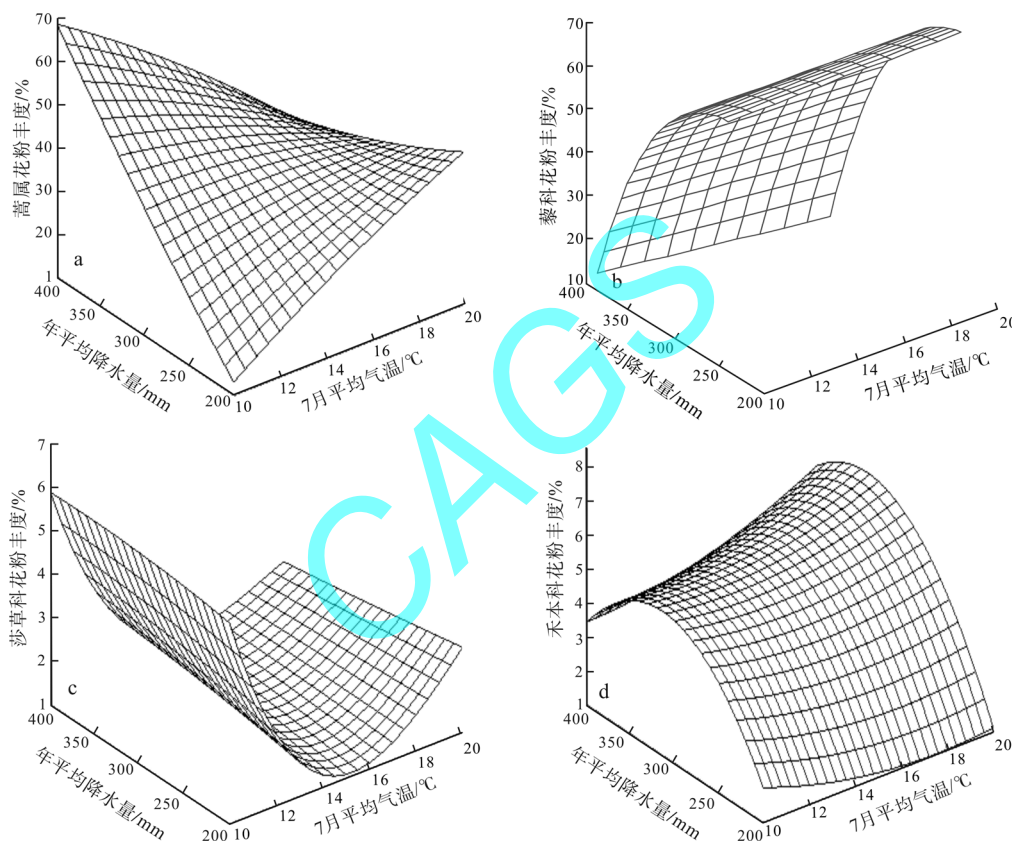


图 3 花粉丰度与气候变化(7月均温与年降水量)三维响应面
Fig. 3 Three-dimensional response surface of pollen abundances and climatic changes (mean July temperature and annual precipitation)

a-蒿属; b-藜科; c-莎草科; d-禾本科

a-Artemisia; b-Chenopodiaceae; c-Cyperaceae; d-Gramineae

2.4 禾本科(Gramineae)

图 3d 响应面为一鞍形曲面。在低温高湿区和高温高湿区各有一个高峰, 说明禾本科花粉丰度对湿度最敏感, 在 7 月均温 10~20 左右, 年降水量在 200~350 mm 的环境下, 禾本科植物明显受到湿度的影响, 随着湿度的增加而增加; 年降水量在 350~400 mm 的环境下, 随着湿度的增加而减少, 在 7 月均温 10~14 之间, 随着温度的升高而逐渐减少; 在 7 月均温 14~20 之间, 随着温度的升高

而增加。响应面与孙湘君等(1996)和王琚瑜等(1998)的响应面有所区别。

3 讨论

1)达连海湖泊流域, 表土花粉组合中草本花粉占优势, 蒿属、藜科、禾本科、麻黄科、莎草科和白刺占主要成分, 其中蒿属和藜科的花粉在所有样品中的比例都很高。在干旱半干旱区表土及地层孢粉组合中, 蒿属和藜科是孢粉组合的重要成分, 被

广泛用于半定量研究区域降水量和定性研究区域植被特征,这就使共和盆地的演化历史中可能出现的植被类型的样本中都能找到类比;该区表土花粉组合的变化反映出蒿-藜组合反映相对偏湿,藜-蒿组合反映相对干燥的特征。麻黄科和白刺植被分布较少,相应的花粉含量较低,生态意义不很明显。

2)达连海湖泊流域是降雨量低和温度上升快的区域,海拔高度相对较小,影响植物生长和植被分布的生态因子主要是湿度,植物生长和植被分布对湿度的变化极为敏感,湿度增加,流域植被生长条件得到改善,物种多样性增加,地表植被覆盖度大;湿度降低,喜湿物种减少,整个流域植被覆盖度大幅度降低。据作者对共和盆地 53 年来的气候变化的环境响应分析(陈英玉, 2009; 陈英玉等, 2009), 该区温度上升很快,以每 10 年约 0.28°C 的倾向率增高,各季节气温和降水变化趋势不一致,春季和夏季气温上升不明显,但秋季和冬季两季上升明显;年降水量呈现微弱的增加趋势,年内分配不均,夏季和秋季降水减少,春季和冬季降水量增加,导致蒸发量增加有效湿度减低,且季节差异明显,造成整个流域植被组成的差异。

3)达连海湖泊流域表土花粉组合中总体上蒿属含量高于藜科,但不同的生态区域蒿属和藜科花粉的丰度有明显差异。塔拉滩海拔相对较高,温度较低,有效湿度较大,蒿属花粉含量最高,湖区温度高蒸发量大而有效湿度较低,地下水位较高,蒿属花粉含量也较高,响应面拟合显示有冷湿和暖干的生态特性;而藜科花粉丰度大多正好相反,从湖区荒漠草原到塔拉滩温度降低,蒸发量小,有效湿度大,与野外调查现代植被分布完全相符,主要在湖区荒漠化严重的区域,其生存环境更为干旱,藜科花粉充分反映耐旱喜干的特点。

4)莎草科花粉含量高的表明冷湿的气候条件;高含量的禾本科花粉具有两种不同生态特征,反映两种气候状况,一种是冷湿,一种为暖湿,野外调查也发现禾本科植物多出现于湖区和塔拉滩偏湿的赖草或芨芨草群落中,高比例的禾本科花粉指示偏湿的气候条件。

5)这项研究的样品来自青藏高原东北部共和盆地达连海湖泊流域,植被类型较为单一,从荒漠草原、灌丛到草原,均来自显域生境的天然植被下,因此所得到的花粉丰度符合实际,与气候参数建立的数学关系更为准确。由于上述基础数据可靠,并采用多项式回归分析,从而所建立的花粉与气候要素的非线性函数关系,探讨了该区 4 种花粉类型对气候意义的认识,正确的定量解释化石花粉组合所代表

的气候,还要考虑到组合中主要花粉类型与气候参数的综合结果。

6)当前的研究结果是达连海湖泊流域较小的范围内,有样品数据过少及采样点不均问题,导致拟合出的曲面与花粉类型的实际状况在解释上有些出入。要使定量重建古气候参数误差减到最小,进一步提高花粉-气候响应面分析的精度,还须增加表土样本数量,结合剖面孢粉的深入研究来进一步探讨。

4 结论

1)通过主成分分析选择对特征值高且指示意义明显的 4 种花粉类型,对其百分比与平均 7 月平均温度及年平均降水量两个气候参数进行多项式回归分析,其结果显示花粉-气候响应面模型的数据拟合较好,为定量重建该区古气候变化提供了较为准确的数量指标。

2)该区表土花粉组合的变化反映出蒿-藜组合反映相对湿润,藜-蒿组合反映相对干燥的特征。莎草科花粉含量高的表明冷湿的气候条件;高含量的禾本科花粉具有冷湿和暖湿两种不同生态特征。

致谢:衷心感谢中国地质科学院地质力学研究所蒋复初研究员在论文撰写过程中给予的指导。

参考文献:

- 陈英玉, 蒋复初. 2009. 共和盆地气候变化及其环境响应[J]. 地理研究, 28(2): 363-370.
- 陈英玉. 2009. 共和盆地达连海中全新世以来的环境变化研究[D]. 北京: 中国地质科学院博士论文.
- 董明星, 李凤麟, 高德臻, 耿明山, 李龙吟. 2006. 内蒙古苏尼特左旗中新世晚期孢粉记录干旱事件[J]. 地球学报, 27(3): 207-212.
- 冯晓华, 阎顺, 倪健. 2011. 新疆表土孢粉的植被定量重建[J]. 地理科学, 31(6): 702-707.
- 高联达. 2008. 山西晚二叠世微古植物--孢子花粉组合基本特征[J]. 地球学报, 29(1): 18-30.
- 李月丛, 许清海, 肖举乐, 阳小兰, 郑振华. 2007. 中国北方几种灌丛群落表土花粉与植被关系研究[J]. 地理科学, 27(2): 205-210.
- 李月丛, 许清海, 阳小兰, 郑振华. 2005. 中国草原区主要群落类型花粉组合特征研究[J]. 生态学报, 25(3): 555-564.
- 罗传秀, 郑卓, 潘安定, 安放舟, BEAUDOUIN C, 黄康有. 2008. 新疆地区表土孢粉空间分布规律研究[J]. 地理科学, 28(2): 272-275.
- 倪健. 2000. BIOME 6000: 模拟重建古生物群区的最新进展[J]. 应用生态学, 11(3): 458-458.
- 潘安定. 1993. 天山北坡不同植被类型的表土孢粉组合研究[J].

地理科学, 13(3): 227-233.

孙湘君, 王琇瑜, 宋长青. 1996. 中国北方部分科属花粉-气候响应面分析[J]. 中国科学(D 辑), 26(5): 431-436.

童国榜, 羊向东, 王苏民, 夏良华. 1996. 满洲里-大杨树一带表土孢粉的散布规律及数量特征[J]. 植物学报, 38(10): 814-821.

万和文, 唐领余, 张虎才, 李春海, 庞有智. 2008. 柴达木盆地东部 36~18 ka B. P. 期间的孢粉记录及其气候环境[J]. 第四纪研究, 28(1): 112-119.

王琇瑜, 宋长青, 程全国, 孙湘君. 1998. 利用花粉-气候响应面恢复察素齐泥炭剖面全新世古气候的尝试[J]. 植物学报, 40(11): 1067-1074.

王琇瑜, 宋长青, 孙湘君, 程全国. 1997. 中国北方 4 个乔木属花粉-气候响应面模型研究[J]. 植物学报, 39(3): 272-281.

吴敬禄, 沈吉, 王苏民, 金章东, 羊向东. 2003. 新疆艾比湖地区湖泊沉积记录的全全新世气候环境特征[J]. 中国科学(D 辑), 33(6): 569-575.

许清海, 肖举乐, 中村俊夫, 阳小兰, 杨振京, 梁文栋, 井内美郎, 杨素叶. 2003. 孢粉资料定量重建全新世以来岱海盆地的古气候[J]. 海洋地质与第四纪地质, 23(4): 99-108.

许清海, 阳小兰, 梁文栋. 2000. 燕山地区花粉散布特征研究[J]. 地理学与国土研究, 16(4): 54-62.

许清海, 阳小兰, 杨振京, 梁文栋, 孙黎明. 2004. 孢粉分析定量重建燕山地区 5000 年来的气候变化[J]. 地理科学, 24(3): 339-345.

阎顺, 孔昭宸, 杨振京, 张芸, 倪健. 2004. 新疆表土中云杉孢粉与植被的关系[J]. 生态学报, 24: 2017-2023.

阎顺. 1993. 新疆表土松科花粉分布的探讨[J]. 干旱区地理, 16(3): 1-9.

杨振京, 张芸, 毕志伟, 杨庆华, 孔昭宸, 阎顺, 严明. 2011. 新疆天山南坡表土花粉的初步研究[J]. 干旱区地理, 34(6): 880-889.

于革, 刘平妹, 薛滨, 李政益. 2002. 台湾中部和北部山地植被垂直带表土花粉和植被重建[J]. 科学通报, 47(21): 1663-1666.

中国科学院中国植被图编辑委员会. 2001. 中国植被图集(1:100000)[M]. 北京: 科学出版社: 129-132.

References:

CHAUHAN M S, QUAMAR M F. 2010. Vegetation and Climate Change in Southeastern Madhya Pradesh during Late Holocene, Based on evidence[J]. Journal Geological Society of India, 76(2): 143-150.

CHEN Ying-yu, JIANG Fu-chu. 2009. Responses of the Environment to Climate Variations in Gonghe basin[J]. Geographical Research, 28(2): 363-370(in Chinese with English abstract).

CHEN Ying-yu. 2009. Study on Environmental Change of Dalianhai Lake in Gonghe Basin since the Mid-Holocene[D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences(in Chinese with English abstract).

DONG Ming-xing, LI Feng-lin, GAO De-zhen, GENG Ming-shan, LI Long-yin. 2006. A Study of the Late Miocene Dry Event Based on Sporo-Pollen Variations in Sunitezuoqi, Inner Mongolia[J]. Acta Geoscientica Sinica, 27(3): 207-212(in Chinese with English abstract).

Editorial Board For Chinese Vegetation Map. 2001. Chinese Academy of Sciences. Vegetation Atlas of China(1:100 000) [M]. Beijing: Science Press: 129-132(in Chinese).

EMBERLIN J, DETANDT M, GEHRIG R, JAEGER S, NOLARD N, RANTIO-LEHTIMAKI A. 2002. Responses in the start of *Betula* (birch)Pollen Seasons to Recent Changes in Spring Temperatures across Europe[J]. International Journal of Biometeorol, 46: 159-170.

FENG Xiao-hua, YAN Shun, NI Jian. 2011. Pollen-based and Quantitative Reconstruction of Holocene Palaeovegetation of Surface Soil of Xinjiang[J]. Scientia Geographica Sinica, 31(6): 702-707(in Chinese with English abstract).

GAO Lian-da. 2008. Characteristics of the Late Permian Palynoflora Spore and Pollen from Shanxi[J]. Acta Geoscientica Sinica, 29(1): 18-30(in Chinese with English abstract).

LI Yue-cong, XU Qing-hai, YANG Xiao-lan, ZHENG Zhen-hua. 2005. Pollen assemblages of major steppe communities in China[J]. Acta Ecologica Sinica, 25(3): 555-564(in Chinese with English abstract).

LI Yue-cong, XU Qing-hai, XIAO Ju-le, YANG Xiang-lan, ZHENG Zhen-hua. 2007. Relationship Between Surface Pollen and Vegetation in Some Shrub Communities of Northern China[J]. Scientia Geographica Sinica, 27(2): 205-210(in Chinese with English abstract).

LUO Chuan-xiu, ZHENG zhuo, PAN An-ding. 2008. Spatial Distribution of Modern Pollen in Xinjiang Region[J]. Scientia Geographica Sinica, 28(2): 272-275(in Chinese with English abstract).

NI Jian. 2000. BIOME 6000: Latest Advances of Reconstructing Palaeobiome[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 11(3): 465-471(in Chinese with English abstract).

PAN An-ding. 1993. Research on Sporo-pollen Assemblages in Surface Soil of Various Vegetation in Northern Slope of the Tianshan Mountain[J]. Scientia Geographica Sinica, 13(3): 227-233(in Chinese with English abstract).

PATRIC J. BARTLEIN I C, THOMPSON WEBB III. 1986. Climatic Response Surfaces from Pollen Data for Some Eastern North American Taxa[J]. Journal of Biogeography, 13: 35-57.

SUN Xiang-jun, WANG Feng-yu, SONG Chang-qing. 1996. Pollen-Climatic Response Surfaces of Selected Taxa from Northern China[J]. Science in China(Series D). 26(5): 486-493(in Chinese).

TONG Guo-bang, YANG Xiang-dong, WANG Su-min, XIA Liang-hua. 1996. Sporo-pollen dissemination and quantitative character of surface sample of Manzhouli-Dayangshu region[J]. Acta Botanica Sinica, 38(10): 814-821(in Chinese with English abstract).

WAN He-wen, TANG Ling-yu, ZHANG Hu-cai, LI Chun-mei, PANG You-zhi. 2008. Pollen Record Reflects Climate Changes in Eastern Qaidam Basin during 36~18 ka BP[J]. Quaternary Sciences, 28(1): 112-119(in Chinese with English abstract).

WANG Feng-yu, SONG Chang-qing, SUN Xiang-jun, CHENG Quan-guo. 1997. Climatic Response Surface from Pollen Data for Four Arboreal Taxa in North China[J]. Acta Botanica Sinica,

- 39(3): 272-281(in Chinese with English abstract).
- WANG Feng-Yu, SONG Chang-qing, CHEN Quan-guo, SUN Xiang-jun. 1998. Palaeoclimate Reconstruction by Adopting the Pollen-Climate Response Surface Model to Analysis the Chasuqi Deposition Section[J]. *Acta Botanica Sinica*, 39: 272-281(in Chinese with English abstract).
- WU Jing-lu, SHEN Ji, WANG Su-min. JIN Zhang-dong, YANG Xiang-dong. 2003. Characters of the evolution of climate and environment of Early Holocene in Aibi Lake Basin in Xinjiang[J]. *Science in China(Series D)*, 33(6): 569-575(in Chinese).
- XU Qing-hai, XIAO Ju-le, NAKAMURA Toshio, YANG Xiao-lan, YANG Zhen-jing, LIANG Wen-dong, IUCHI Biro, YANG Su-ye. 2003. Quantitative Reconstructed Climatic Changes of Daihai Basin by Pollen Data[J]. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 23(4): 99-108(in Chinese with English abstract).
- XU Qing-hai, YANG Xiao-lan, LIANG Wen-dong. 2000. Modern Pollen Dispersions in the South Yanshan Mountains[J]. *Geography and Territorial Research*, 16(4): 54-62(in Chinese with English abstract).
- XU Qing-hai, YANG Xiao-lan, YANG Zhen-jing, LIANG Wen-dong, SUN Li-ming. 2004. Reconstruction of Climatic Changes of Yanshan Mountain Area since 5000 a B.P. Inferred from Pollen Data[J]. *Scientia Geographica Sinica*, 24(3): 339-345(in Chinese with English abstract).
- YAN Shun, KONG Zhao-chen, YANG Zhen-jing, ZHANG Yun, NI Jian. 2004. Seeking Relationship Between Vegetation and Picea Pollen in Surface Soils of Xinjiang, Northwestern China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 24(9): 2017-2023(in Chinese with English abstract).
- YAN Shun. 1993. The Discussion on the Pollen of Pine Family in Surface Soils in Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*, 16(3): 1-9(in Chinese with English abstract).
- YANG Zhen-jing, ZHANG Yun, BI Zhi-wei, YANG Qing-hua, KONG Zhao-chen, YAN Shun, YAN Ming. 2011. Surface pollen distribution in the southern slope of Tianshan Mountains, Xinjiang[J]. *Arid Land Geography*, 34(6): 880-889(in Chinese with English abstract).
- YU Ge, LIU Ping-mei, XUE Bin, LI Zheng-yi. 2002. Surface Pollen and Vegetation Reconstruction from Central and Northern Mountains of Taiwan[J]. *Chinese Science Bulletin*, 48(3): 291-295(in Chinese with English abstract).

联合国教科文组织完成对国际岩溶研究中心 首个六年工作的评估

UNESCO Completes the Assessment of the First Six Years' Work of the International Research Center on Karst

2013年11月25—26日,由联合国教科文组织聘请的专家评估组,对国际岩溶研究中心第一个六年工作进行评估。专家评估组认为,国际岩溶研究中心“已经成为一个高效的二类研究中心;作为一个桥梁,促进了岩溶知识的交流与应用,扩大了岩溶知识在全球范围的影响;用突出的成绩完成了协议规定的任务”。

评估组由美国国立洞穴与岩溶研究所常务所长乔治·维尼(George Veni)、联合国教科文组织北京办事处自然科学项目专家汉斯·图尔斯特鲁普(Hans Thulstrup)、贝尔格莱德大学矿产与地质系岩溶水文地质研究中心主任佐恩·史蒂芬诺维奇(Zoran Stevanovic)、联合国教科文组织国际自然与文化遗产空间技术中心副主任兼秘书长洪天华、国际泥沙研究培训中心副主任宁堆虎组成。评估通过汇报、答辩、材料审阅、现场考察、网站查看等进行,最终评估组向联合国教科文组织提交评估报告,向国际岩溶研究中心、中国政府、联合国教科文组织提出建议。

经过认真讨论,评估组形成了最终的评估结果。认为“中心逐渐发展形成一个高效的组织管理机制”;“岩溶区域遍布全球,尤其在非洲和东南亚更多,国际岩溶研究中心为他们提供了一个系统的培训和咨询来促进当地的经济和社会发展的可持续发展”;“作为联合国教科文组织赞助设立的第一个地学二类研究中心,国际岩溶研究中心按照联合国教科文组织自然科学部的期望那样,有效得履行它的宗旨”;“已经成为一个高效的二类研究中心;作为一个桥梁,促进了岩溶知识的交流与应用,扩大了岩溶知识在全球范围的影响;用突出的成绩完成了协议规定的任务”。并建议中心“继续发展岩溶研究,努力促进和支持岩溶地区的可持续发展”;“促进岩溶碳循环和气候变化的国际合作以加快全球碳汇检测网的建设。”