

新疆石河子草滩湖湿地沉积物地球化学特征 及其古环境分析

张 芸¹, 杨振京², 孔昭宸¹, 阎 顺³

(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. 中国地质科学院水文地质环境地质研究所, 河北 正定 050803; 3. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要:以新疆石河子草滩湖湿地作为研究地点,采用化学分析手段,获取该地区4 000 a B.P.以来有机质和总氮TN等数据,并结合孢粉数据,综合探讨古气候变化特征。在500~1 080 a B.P.和2 190~3 800 a B.P.期间,有机质和TN含量较高,此时气候较为湿润,泥炭累积;而在1 080~2 190 a B.P.期间,有机质和TN含量均处于剖面最低值,可能出现一次干旱事件,不利于泥炭堆积。湿地开垦为农田,其有机质和TN含量变化迅速减少,养分大量损失,可见开垦活动是引起湿地退化的原因之一。

关键词:湿地; 沉积物; 有机质; 全氮; 草炭层

中图分类号: P534.63

文献标识码: A

文章编号: 1000-0690(2012)05-0616-05

湿地是地球生态系统的重要组成部分,它在维护区域生态平衡、减缓气候变化的影响和保护人类生存环境等方面具有重要的生态作用^[1]。揭示湿地的自然演变过程、恢复古环境和探讨人为干扰与环境变化之间的响应关系,已成为国内外学者共同关注的焦点^[2]。而湿地沉积记录的区域环境演变与湿地发育过程,常反映到沉积物化学元素的时空分布上^[3,4-7]。国内许多学者利用地球化学指标等数据研究了颐和园昆明湖^[8]、内蒙古岱海^[9]、云南洱海^[10]、内蒙古居延海^[11]、湖北网湖^[4]、吉林向海^[12]、安徽巢湖^[6]等湿地环境演变过程。湿地土壤的碳和氮是湿地生态系统中极其重要的生态因子,天然湿地是一个重要的“碳汇”,同时也是氮的储集库,发挥着氮素的源、汇或转换器的功能^[13]。因此,湿地土壤的有机碳(TOC)和总氮(TN)也是气候变化的敏感指示物,能够用来指示湿地对气候变化的响应,是研究湿地区古气候干湿变化的重要指标^[14,15]。另外,湿地和农田的TOC和TN等含量的对比是探讨湿地退化原因的主要内容^[12,16]。

因此,本研究中选择了位于新疆天山中段北

坡与准噶尔盆地过渡带的石河子草滩湖湿地作为研究对象,通过挖取典型泥炭地层剖面,采用化学分析手段,获得该地区晚全新世期间的地球化学数据,初步探讨湿地开垦后有机质和TN等含量的变化情况,为以绿洲作为人类基本活动场所的新疆地区的湿地保护政策的制定提出参考依据。

1 材料与方法

1.1 取样区概况

研究区位于新疆石河子市北9 km,新疆建设兵团5连石河子总场一分场的北洼地,湿地类型为芦苇沼泽,面积27.6 km²。地貌上属洪积扇缘泉水溢出带;气候为温带大陆性干旱气候,年平均气温6.6℃,年平均降水量201 mm,年蒸发量1 538 mm;未垦沼泽植物群落以芦苇(*Phragmites*)为优势,伴生种有水葱(*Scirpus tabernaemontani*)、茨藻(*Najas* sp.)等,盖度达80%~90%。现在湿地大多已疏干并开垦为农田,种植棉花和大豆,但仍存有大面积苇湖(详见中国科学院中国湿地数据库)。该湿地的泥炭(又称草炭)是新疆草炭资源的集中分布区之

收稿日期: 2011-07-20; **修订日期:** 2011-09-01

基金项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 40972212, 40872116和40601104)、中国科学院植物研究所植被与环境变化国家重点实验室2011年青年人才项目以及教育部留学回国人员科研启动基金资助。

作者简介: 张 芸(1974-),女,安徽黄山人,副研究员,主要研究方向为第四纪孢粉和全球变化研究。E-mail: zhangygl@ibcas.ac.cn

一。泥炭作为一种重要的湿地资源,包含时间分辨率较高的、丰富的环境气候信息,是良好的古环境古气候记载体,如东北的金川泥炭^[17]。中日双方科学家曾于1997年对石河子草炭进行过路线踏勘,估计草炭资源面积有1 km²,厚度为0.3~1 m^[18]。

1.2 剖面特征和采样鉴定

本研究于2002年7月在天山中段北坡与准噶尔盆地过渡带的石河子草滩湖湿地挖取深175 cm的人工剖面1(86°01'16"E, 44°25'4"N, 海拔380 m),2003年8月在剖面1西南500 m处又开挖了深228 cm的剖面2(86°01'16"E, 44°25'2"N, 海拔385 m)。而2007年在剖面1和2的东边开挖了剖面3(86°03'35"E, 44°24'22"N, 海拔385 m)和剖面4(海拔377 m, 86°01'54"E, 44°25'11"N)(图1)。其中剖面4的地层深达268 cm,岩性为黑色泥炭层,而剖面1和2底部深度分别为224~228 cm,岩性为灰色淤泥层,但剖面3在深130 cm处即有地下水出露,之下为河床相砾石层。本文以剖面4为研究对象,对剖面按间距2~4 cm进行连续采样,共获得122个样品。整个剖面上部为黑灰色泥炭层,中部为棕黄色草炭层和灰色泥质粉砂层,下部为厚达1 m左右的棕黄色草炭层。从剖面深38~40、78~80、168~170、218~220和250~252 cm处分别采集5个沉积物全样进行AMS¹⁴C测年(北京大学加速器质谱实验室第四纪年代测定实验室),所测定的年龄分别为现代、905±35 a B.P.(820±80 cal. a B.P.)、2 495±35 a B.P.(2 590±140 cal. a B.P.)、3 210±35 a B.P.(3 420±60 cal. a B.P.)和3 535±35 a B.P.(3 800±100 cal. a B.P.)(图2)。年龄与深度对应基本呈线性相关,采用线性内插方法获得整个剖面的年代序列。

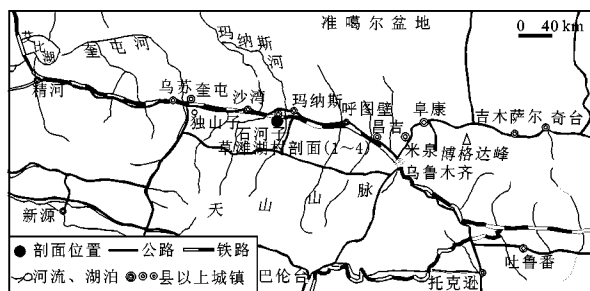


图1 新疆石河子草滩湖湿地剖面地点(1~4)

Fig.1 Caotanhu wetland profiles in Shihezi City of Xinjiang

利用草滩湖剖面4的122个样品进行总有机碳(TOC)和全氮(TN)含量的测定,并采集剖面附

近的农田土壤表层样品按同样方法进行测定。总有机碳采用重铬酸钾氧化-外加加热法测定,全氮采用凯氏半微量定氮法测定。土壤有机质的分析是用测定其有机碳的结果再乘以1.724常数,即为有机质总量。另外,与这些样品同步,同时测定烧失量(LOI)(在中国科学院新疆生态与地理研究所完成)。

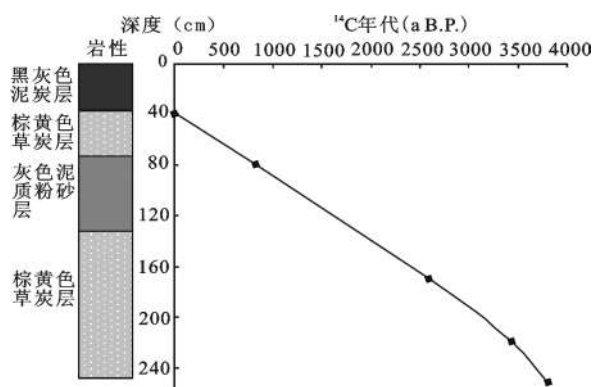


图2 新疆石河子草滩湖剖面4年代深度曲线

Fig.2 The age-depth curve of No.4 Caotanhu wetland profile of Shihezi City in Xinjiang

2 结果和分析

测定结果表明草滩湖剖面4的草炭层有机质和全氮含量均高于农田土壤表层和粉砂层,而粉砂层含量最低(图3)。剖面草炭层有机质含量为30%~50%,平均为41%,全N含量为0.8%~1.4%,平均为1.2%。柴岫^[19]认为植物有机质是泥炭的主体,是泥炭的主要属性,它的含量应占30%以上,该测定结果也与^[18]的研究结果较吻合。石河子地区草炭资源的有机质含量虽较高,但低于四川和吉林草炭^[18],属于低位泥炭。农田表层土壤样品的有机质和TN也远低于草炭层,但高于粉砂层,其有机质平均含量为15.8%,TN为0.8%。

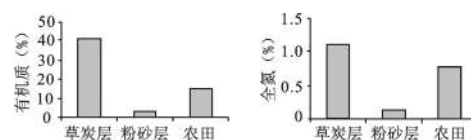


图3 草滩湖剖面4的草炭层、粉砂层和农田样品有机质和全氮含量比较

Fig.3 Soil organic matter and total nitrogen from peat layer and silt layer of No. 4 Caotanhu wetland profile and farmland samples

根据有机质和全氮含量在草滩湖剖面4的变化情况(图4),可划分为4个带。其中,第1和3带

均为草炭层,其有机质和TN含量都较高。其中,上草炭层有机质含量平均为37.4%,最高值为51.7%,TN含量平均为1.19%,最高值为1.79;下草炭层有机质平均含量为41.4%,最高值亦为51.9%,TN含量平均为1.1%,最高值为1.34%;而带2为粘土质粉砂层,两者含量均处于剖面最低值,有机质平均值为3.4%,最低值为1.3%,TN平均值为0.12%,最低值仅为0.01%。一般来说,湖泊沉积物中烧失量与有机碳含量应呈线性关系^[20],可以粗略地代表有机碳的含量,但为了对比探讨泥炭沉积中烧失量与重铬酸钾氧化—外加加热法测得的有机碳的关系,检验实验的精确度,并研究有机碳、氮和C/N比的环境意义。本项目也进行了烧失量的测定。两种方法的实验结果表明,草滩湖剖面4的LOI(550℃烧失量)和有机质含量变化趋势一致,呈很好的正相关,但有细微差别(图4)。

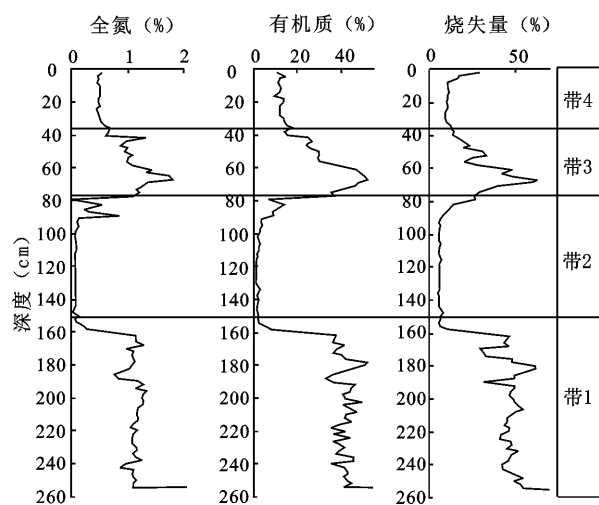


图4 草滩湖剖面4有机质、全氮和烧失量含量变化

Fig.4 Soil organic matter, total nitrogen and LOI of No. 4 Caotanhu wetland profile

3 讨论和结论

3.1 湿地变迁与人类活动

土壤有机质和全氮含量是反映土壤质量或土壤健康的一个重要指标,直接影响土壤肥力和生物的生长^[21]。湿地开垦为农田,其TOC和TN含量变化迅速减少,几乎减少为原来的一半,养分损失达50%,刘景双等研究三江天然沼泽湿地开垦后土壤有机碳损失90%以上^[22],王艳芬等^[23]研究了开垦对于内蒙古锡林郭勒地区草甸草原土壤有机碳的影响,发现草甸草原不同层次土壤有机碳因农

垦而分别损失34%,可见,人类开垦活动是引起湿地退化的原因之一,会使单位土体内的碳储量减少,而减少的碳主要是向大气排放,并可能因此导致大气中以碳为主的温室气体含量的增加。另外,据所取草滩湖4个剖面的岩性变化和不同深度值以及野外调查结果,推测当时古草滩湖的中部位于剖面4附近,而剖面3处于古湖边缘,剖面1和2则介于湖中和湖边缘之间。根据经纬度距离计算,整个草滩湖区范围可能有4.99 km,这比中日双方科学家1997年对石河子草炭资源估计的面积要多^[18],同时,对目前的草炭资源进行了初步调查,由于石河子市地名大多能反映出当时所处的湿地环境,如清泉集、草滩湖村、下潮地村、双泉集、蘑菇湖村、白龙滩村、活海子村、泉水镇、毛蜡湖村、鱼池底村、大泉沟镇和湖中村等,因此根据这些地名进行调查,范围北至毛蜡湖村,西至沙湾县千泉湖湿地,南至石河子总场,东至清泉集一分场十一连,结果表明目前湿地分布零星,草炭只集中分布于草滩湖村,并且以西岸大渠为分界限,之北的土壤主要为黄壤土,之南的草滩湖村为“黑土”即泥炭沼泽土。因此,与目前初步调查范围以及1997年实测面积^[18]对比,可见历史时期草滩湖的面积比现在大得多,另据王周琼等研究^[18],石河子草炭层并不厚,仅为60~100 cm左右,但草滩湖剖面4的下草炭层实际深达268 cm,剖面3的泥炭层也厚达118 cm,可见历史时期不仅草炭分布范围以及厚度都超过现代,这表明目前湿地退化现象非常显著。

研究区内以及邻区的西洪沟遗址、沙乐村遗址、南山墓群和其它墓葬群出土的古代文物大多是战国至西汉时期以畜牧经济生活方式为主体的游牧民族的文化遗存,这有力地证明了石河子早在3 000 a B.P.之前就有了人类的生存,遗址中有较多的植物遗存^[24,25]。史料记载,清朝以前石河子从东到西,遍布林木、芦苇^[26];早在秦朝,就有少量移民在此垦荒耕种,到唐朝开始有戍边驻兵屯田;20世纪50年代初,石河子开始了大规模的土地开发^[27],垦区的生态环境发生了巨大变化。这些考古遗址和历史资料记载和湿地沉积物各指标数据的对比结果反映了该区人类活动加强,森林遭到破坏、湿地退化。

3.2 湿地变迁与古气候变化

根据年代深度模型对该剖面的年代进行回归,结果表明带4的年代为500 a B.P.以来,带3的

年代是 500~1 080 a B.P., 带 2 是 1 080~2 190 a B.P. 期间, 而带 1 的年代则为 2 190~3 800 a B.P.。草滩湖剖面 1 的孢粉研究结果^[28]表明在 2 500~1 810 cal. a B.P.(550 B.C.至 140 A.D.)期间, 气候较今湿润, 大量的芦苇、香蒲和黑三棱等挺水植物和淡水绿藻曾生长在湿地中, 呈现芦苇湿地景观, 而在周边区域上生长的是藜科、蒿属、菊科和唐松草属等为主的荒漠草原植被; 此时相当于历史上的秦汉时期, 当时新疆湖泊发展, 河流水量大, 罗布泊“广轮 400 余里”, 有 14 000 人口的楼兰古国曾在此区域兴起, 楼兰镇林木繁茂, 田园丰饶^[29,30]。在 1 160~650 cal. a B.P.期间(790~1 300 A.D.), 该区中旱生草本植物旺盛, 种类丰富, 重又进入水生植物繁盛的荒漠草原时期; 孢粉组合特征反映湿生植被较多, 草本植物旺盛, 植物多样性丰富, 就大区域性植被看, 应为荒漠草原。根据历史记载, 在永隆元年(939 A.D.), 晋天福时期, 风雪灾害严重。北宋开宝三年(970 A.D.), “高昌(今吐鲁番一带)及雨五寸, 庐舍多坏”(《宋书》)^[29,30]。因此根据诸多历史记载, 至少表明当时的气候较为湿润。与上述孢粉分析结果对比, 图 4 反映出两个草炭层的有机质和全氮含量都较高, 此时年代应为 500~1 080 a B.P.以及 2 190~3 800 a B.P.期间, 钟巍和李丽雅^[31]认为泥炭是在沼泽环境下形成的, 它的存在则作为湿润气候的指示, 因此此时气候较为湿润, 应为沼泽景观, 有机残体积累多, 分解慢, 有机质含量则高。而带 2 粉砂层的年代为 1 080~2 190 a B.P., 有机质和全氮含量均处于剖面最低值, 从剖面看几乎降为 0, 反映气候发生较大的变化, 可能出现一次干旱事件, 有机残体分解快, 不利于泥炭堆积, 而出土的怯卢文书记载了位于罗布泊西北畔的楼兰王国都城约在 4 世纪时, 因用水紧张, 口粮日趋减少并出现了严重干旱^[29,30]。孢粉分析结果也表明在 1 810~1 160 cal. a B.P.期间(140~790 A.D.), 沼泽湿地水体变浅, 尽管其它水生植物种类含量大幅度减少, 但仍有芦苇生长, 周围区域则是以藜科和蒿属为主的荒漠植被景观, 因此, 两者分析结果也较为吻合。另外, 剖面 1 的泥炭层底界在深 96 cm 处, 开始成炭的时间为 3 892±162 cal. a B.P.; 剖面 2 的泥炭层底界深度为 78 cm, 成炭的年龄为 3 835±120 cal. a B.P.; 剖面 3 的泥炭层深 79 cm, 成炭时间为 3 770±30 cal. a B.P.; 剖面 4 的泥炭层深度为 258 cm, 成炭年龄为 3 535±30 cal. a B.P.。虽然

这 4 个剖面泥炭厚度及成炭年龄与剖面所处湿地的位置以及海拔高度的不同, 根据 ¹⁴C 年代推断该区成炭初始时间大都位于 3 500~3 800 a B.P.左右, 因此推测 3 800 a B.P.以来, 至少有一段时期气候是较为湿润的。

参考文献:

- [1] 陈宜瑜. 中国湿地研究[M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995: 1~2.
- [2] Genever M, Grindrod J, Barker B. Holocene palynology of Whitehaven Swamp, Whitsunday Island, Queensland, and implications for the regional archaeological record[J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2003, **201**(1-2): 141-156.
- [3] Mitsch W J, Gosselink J G. *Wetlands*, third ed[M]. New York: John Wiley & Sons, 2000.
- [4] 史小丽, 秦伯强. 长江中游网湖沉积物营养元素变化特征及其影响因素[J]. *地理科学*, 2010, **30**(5): 766~771.
- [5] 张振克, 孟红明, 谢 丽, 等. 海南岛东寨港红树林区岩芯地球化学特征及其古地震指示[J]. *地理科学*, 2010, **30**(5): 777~782.
- [6] 贾铁飞, 张卫国, 俞立中. 近 800 年来巢湖沉积物营养元素富集特点及其环境演变意义[J]. *地理科学*, 2009, **29**(6): 893~899.
- [7] 舒 强, 赵志军, 陈 晔. 江苏兴化 DS 浅孔沉积物地球化学元素与粒度所揭示的古环境意义[J]. *地理科学*, 2009, **29**(6): 923~928.
- [8] 黄成彦, 孔昭宸, 浦庆余, 等. 颐和园昆明湖 3500 余年沉积物研究[M]. 北京: 海洋出版社, 1996: 69~76.
- [9] 张振克, 吴瑞金. 近 300 年来岱海流域气候干湿变化与人类活动的湖泊响应[J]. *首都师范大学学报(自然科学版)*, 2001, **22**(3): 70~76.
- [10] Shen J, Yang L Y, Yang X D, et al. Lake sediment record on climate change and human activities since the Holocene in Erhai catchment, Yunnan Province, China[J]. *Science in China (Series D)*, 2005, **48**(3): 353-363.
- [11] 靳鹤龄, 肖洪浪, 张 洪, 等. 粒度和元素证据指示的居延海 1.5 ka B.P. 来环境演化[J]. *冰川冻土*, 2005, **27**(2): 233~240.
- [12] Wang G P, Liu J S, Tang J. The long-term nutrient accumulation with respect to anthropogenic impacts in the sediments from two freshwater marshes (Xianghai Wetlands, Northeast China) [J]. *Water Research*, 2004, **38**(20): 4462-4474.
- [13] 白军红, 邓 伟, 欧阳华, 等. 吉林向海沼泽湿地土壤氮素的剖面分布[J]. *湖泊科学*, 2004, **16**(4): 377~380.
- [14] 王庆改, 白军红, 高海峰, 等. 洪泛区湿地土壤-植物系统氮含量与气候因子灰色关联分析[J]. *环境科学与管理*, 2010, **35**(4): 155~157.
- [15] 白军红, 王庆改, 黄来斌, 等. 内陆碱化湿地土壤有机质和全磷的时空分布特征[J]. *海洋湖沼通报*, 2010, **4**: 34~40.
- [16] Zhang Y, Lu X G. The Effect of drainage of chemical elements content of marsh[J]. *Chinese Geography Science*, 2001, **11**(1): 76-79.
- [17] Hong Y T, Wang Z G, Jiang H B, et al. A 6000-year record of

- changes in drought and precipitation in northeastern China based on a $\delta^{13}\text{C}$ time series from peat cellulose[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 2001, **185**(1-2): 111-119.
- [18] 王周琼,李述刚,川上敞,等.荒漠化防治丛书——草炭绿化荒漠的实践与机理[M].北京:科学出版社,2001:23~36.
- [19] 柴 岫.泥炭地学[M].北京:地质出版社,1990:1~256.
- [20] Dean W E. Determination of carbonate and organic matter in calcareous sediments and sedimentary rocks by loss of ignition: comparison with other methods[J]. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1974, **44**(1): 242-248.
- [21] 苏永中,赵哈林.土壤有机碳储量、影响因素及其环境效应的研究进展[J]. *中国沙漠*, 2002, **22**(3): 220~228.
- [22] 刘景双,杨继松,于君宝,等.三江平原沼泽湿地土壤有机碳的垂直分布特征研究[J]. *水土保持学报*, 2003, **17**(3): 5~8.
- [23] 王艳芬,陈佐忠, Tieszen L T. 人类活动对锡林郭勒地区主要草原土壤有机碳分布的影响[J]. *植物生态学报*, 1998, **22**(6): 545~551.
- [24] 新疆文物考古研究所,石河子市博物馆.石河子市古墓[J]. *新疆文物*, 1994, **1**: 12~20.
- [25] 新疆文物考古研究所,石河子市军垦博物馆.石河子市文物普查简报[J]. *新疆文物*, 1998, **4**: 54~64.
- [26] 农八师石河子市地方志编纂委员会编(黄登来总纂).农八师垦区石河子市志[M].乌鲁木齐:新疆人民出版社,1994.
- [27] 玛纳斯县地方志编纂委员会(王广荣主编).玛纳斯县志[M].乌鲁木齐:新疆大学出版社,1993.
- [28] Zhang Y, Kong Z C, Yan S, et al. "Medieval Warm Period" on the northern slope of central Tianshan Mountains, Xinjiang, NW China[J]. *Geophysical Research Letters*, 2009, **36**, L11702, doi: 10.1029/2009GL037375.
- [29] 李江风.新疆年轮气候年轮水文研究[M].北京:气象出版社, 1990.
- [30] 李江风.新疆气候[M].北京:气象出版社,1991.
- [31] 钟 巍,李丽雅.新疆全新世自然环境演变的几个重要时间界线[J]. *新疆大学学报(自然科学版)*, 1996, **13**(2): 78~84.

Geochemical Characteristics and Its Paleoenvironment of Wetland Sediment in Caotanhui Wetland, Shihezi City in Xinjiang Province of China

ZHANG Yun¹, YANG Zhen-jing², KONG Zhao-chen¹, YAN Shun³

(1. State Key Laboratory of Vegetation and Environmental Change, Institute of Botany, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100093, China; 2. Institute of Hydrologic and Environmental Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Zhengding, Hebei 050803, China; 3. Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi, Xinjiang 830011, China)

Abstract: Soil organic matter, total organic carbon (TOC) and total nitrogen (TN) are the important indexes to research the change of dry-moist palaeoclimate change and analyze the reason of the wetland degeneration. The Caotanhui wetland in Shihezi, which is located at the transitional zone between the middle section of Tianshan Mountains and the Junggar Basin in Xinjiang, is selected as the research area. Using the chemical analysis methods, the high resolution record of soil organic matter, TOC and TN data since 4 000 a B.P. was obtained. Combined with pollen data, the information of paleoclimate change was extracted. The results revealed during 500-1080 a B.P. and 2190-3800 a B.P., soil organic matter and TN were at their higher values, suggesting that the climate became humid and the wetland developed with abundant freshwater aquatic plants, which contributed to the peat accumulation. But during 1080-2190 a B.P., the lowest values of soil organic matter and TN indicated that a dry climatic condition was not favorable for the accumulation of peat. Once the wetland has been converted into farmland, the great loss in soil organic matter and TN happened, which indicates that human reclamation is one of reasons of the degradation of wetlands.

Key words: wetland; sediment; soil organic matter; total nitrogen; peat