

胡杨径向生长与气候环境响应分析

杨银科,王文科,杨泽元

长安大学环境科学与工程学院;旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室,西安 710054

摘要 胡杨作为内陆干旱荒漠地区树龄较长的阔叶树种,是开展过去气候环境变化研究的宝贵材料。为了探讨胡杨树轮生长指标与气候环境之间的相关关系,本文在综述胡杨树种概况和生长区域气候环境特征的基础上,以新疆艾比湖流域胡杨为研究材料,利用树木年轮气候学分析方法,建立了艾比湖地区 181 年来的胡杨宽度年表。对宽度年表与精河、蔡家湖气象站的温度、降水序列进行了相关分析,结果表明,树轮宽度指标与冬半年降水呈正相关关系,相关系数最大为 0.408,两个气象站中,精河站与年表相关系数高于蔡家湖站。通过与其他学者在该地区的研究成果对比分析,发现艾比湖胡杨树轮宽度指数高低时段与艾比湖湖面变化有很好的一致性,这与艾比湖地区地下水和湖面变化有密切关系,与胡杨生长受地下水变化影响的研究结论一致。

关键词 胡杨;树木年轮方法;艾比湖;气候环境

中图分类号 X141

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.16.007

Response Analysis of Radial Growths of *Populus euphratica* Oliv. and Related Climatic-environment Factors

YANG Yinke, WANG Wenke, YANG Zeyuan

Key Laboratory of Arid Region Hydrology and Ecological Effect of Ministry of Education, School of Environmental Science and Engineering, Chang'an University, Xi'an 710054, China

Abstract The *Populus euphratica* Oliv, a type of large tall broad-leaved trees in arid and semi-arid areas, has long life and plays an important role in the study of the paleo-environment because it is sensitive to climatic and environmental changes. This paper discusses the relationship between the tree-ring growths of *Populus euphratica* and the climate environmental conditions. Starting with a review of its general features and the geographic distribution, the conditions of climate, water resource, groundwater and soil in the distributional regions of *Populus euphratica* are analyzed. Two sets of tree-ring samples of *Populus euphratica* are collected from the eastern region of Aibi Lake basin in Xinjiang Province. By using the methods of dendrochronology, the tree-ring width chronologies of Guertu sampling sites are established, and the chronologies are 181 years long. The correlation analysis between the tree-ring width chronologies and the temperature and the precipitation of Jinghe and Caijiahu meteorological stations indicate that the tree-ring width chronologies and the precipitation are positively correlated in winter months. The comparison of two meteorological stations shows that the correlation coefficient of the Jinghe station is higher than that of the Caijiahu Station and the largest is 0.408. A qualitative analysis shows that the tree-ring width chronologies of Guertu and the level changes of Aibi Lake have a good consistency at the same time. These findings are consistent with the conclusions of other scholars in this area. The results show that tree ring width variation is sensitive to the groundwater level.

Keywords *Populus euphratica* Oliv; methods of dendrochronology; Aibi Lake; climatic-environment

0 引言

气候环境变化越来越受到各国政府、科学家和社会公众的高度关注。树木年轮做为气候环境变化研究的代用指标,以其定年准确、连续性好、分辨率高、样本分布广泛等特点,

被广泛应用于气候环境变化研究中^[1]。树木年轮分析选用的树种以针叶树为主,阔叶树较少。胡杨作为内陆干旱荒漠地区唯一的建群树种,属于阔叶树种,树干高大,树龄较长,是开展过去气候与环境变化研究的宝贵材料,研究潜力巨大。

收稿日期:2012-04-19;修回日期:2012-05-25

基金项目:国家自然科学基金青年基金项目(41102107);中国科学院黄土与第四纪地质国家重点实验室开放基金项目(SKLLQG0904,SKLLQG1017)

作者简介:杨银科,博士研究生,研究方向为树木年轮学与环境科学,电子信箱:yangyink@chd.edu.cn

新疆艾比湖流域生态环境的恶化已经成为困扰新疆的第二大生态环境问题,艾比湖湖面干缩导致的地下水位下降,使流域及其周边地区荒漠化大大加快^[2]。在该地区开展树木年轮气候环境研究,不仅是中国西北地区树木年轮资料网络构成不可缺少的一部分,而且对于该地区生态环境建设具有现实意义。

1 胡杨及其生长区域气候环境特征

1.1 胡杨树种概况及地理分布

胡杨(*Populus euphratica*, Oliv.)是落叶中型乔木,高度一般为10—20m,树龄最长可达300年。胡杨叶型多变,有披针形叶和卵圆形叶两种。披针形叶着生于幼树和成年树下部萌枝上,卵圆形叶是成年胡杨的主要叶形,由于叶形变异大,又被称为异叶杨^[3]。胡杨是干旱大陆性气候环境条件下的树种,喜光、喜温暖、耐寒冷、抗干旱、抗盐碱、抗风沙,为荒漠区河岸林主要建群种。胡杨对温度大幅度变化的适应能力很强,在其分布区内,极端最高温45℃,极端最低温-40℃^[4]。胡杨生长的水分供应完全或主要依靠地下水或地表河流泛滥水,因而在降水不足100mm,甚至终年无雨的沙漠内部的河岸附近仍能茂盛生长^[5]。

胡杨在全球的分布具有明显的地理特征,主要分布在北纬30—50°之间的亚洲中西部、地中海、北非和欧洲南端的荒漠河流沿岸及湖滨地带^[3,6]。在中国西北、蒙古、哈萨克斯坦、吉尔吉斯斯坦、乌兹别克斯坦、土库曼斯坦、印度、巴基斯坦、伊朗、阿富汗、叙利亚、伊拉克、以色列、埃及、土耳其、阿尔及利亚和高加索等地区均有胡杨的分布^[6-8]。位于赤道上的肯尼亚也有胡杨分布,但属于相对孤立的地域^[6]。由于人为干扰,许多国家的胡杨林已经遭到严重破坏,仅有零散分布^[6,9]。中国的胡杨林,主要分布于新疆、甘肃、内蒙、宁夏、青海等五省(自治区)。新疆胡杨分布于北纬36°30′—47°,东经82°30′—96°之间的广大地区,分布面积占全国的91.1%,其中89.1%的胡杨分布于塔里木盆地,是目前全世界最大的一片天然胡杨林,面积为35.2万hm²^[6]。

1.2 胡杨分布区域的气候环境因子

胡杨生长区域多属于典型的干旱大陆性荒漠气候条件,年降水高度集中,多集中在夏季,6—8月的降水量可占年总量的50%—65%。降水变率较大,年降水变率在0.3—0.5之间,形成有效降水的频率很少,多是零星的小阵雨^[9-11]。温度空间分布受地形影响,地域性不及降水强,年温差和日温差较大。新疆塔里木河胡杨分布区内平均温度年较差为28.5—44.1℃,日较差20—27.5℃,极端最高40.6℃,极端最低-25.5℃^[10]。内蒙古黑河流域额济纳胡杨分布区多年平均气温8.3℃,极端最高气温42.2℃,极端最低气温-37.6℃。空气干燥,平均相对湿度为35%左右,潜在蒸发量高达3706mm,是降水量的近100倍^[4-5]。温差大、变化多、水量少、干燥、频繁的干热风和大风、蒸发量高,冬季严寒、夏季酷热是胡杨生长区域总的气候特征^[11]。

胡杨生长区域内高的蒸发量和低的降水量,使得胡杨生

长主要依赖于河流径流,以及受河流径流影响的地下水。内陆河流因其补给排泄方式途径的不同,径流量在不同季节洪枯悬殊的特征非常明显。在荒漠干旱气候条件下,地下潜水位,或者有无地表径流是影响胡杨生长的直接的的决定性因素。地下水位过高,会因强烈蒸发耗散大量水分,导致土壤严重盐渍化,对胡杨生长形成盐胁迫。地下水位过低,土壤极度缺水,会对胡杨生长造成水分胁迫^[5,9]。当地下水埋藏深度在胡杨适宜生长范围内时,地下水的水化学特征,特别是矿化度高又会胡杨的生长产生显著影响^[5,12]。地下水矿化度比较低时,胡杨普遍生长较好。另外,土壤有机质含量也是决定胡杨生长的主要因素。在地下水水位与矿化度、土壤含水量、含盐量等指标均适宜于胡杨生长时,土壤中有有机质含量的高低与胡杨分布盖度和长势有一定的相关关系,有机质含量高,胡杨分布密集,长势较好,反之盖度低、长势差^[13-14]。

2 胡杨树木年轮学研究进展

树木年轮特征与环境因子之间存在着密切的关系,外界气候环境因子的变化在树木生长过程中塑造出不同的年轮形态,利用树轮资料反演重建过去长期的气候环境变化过程是树木年轮学研究的根本所在。树轮学研究选用的树种以针叶树为主,阔叶树较少。胡杨作为内陆干旱荒漠地区树龄较长的阔叶树种,是开展过去气候环境变化研究的宝贵材料。同胡杨的地理分布特征一样,全球胡杨树轮学研究在中国开展地最早、最多,其中以新疆地区的研究最为集中。在新疆,较早开展的胡杨树轮研究均是地表河流水文过程的历史重建与分析,学者们先后采集胡杨样本55组,建立胡杨树轮年表33个^[5]。进入21世纪,新疆的胡杨树轮研究工作不仅涉及气候因子、水文序列的重建,而且还包括胡杨径向生长日变化特征分析^[4],不同胸径胡杨径向生长的合理生态水位研究^[16],以及生态输水对胡杨主干径向生长量的影响分析等方面^[17]。建立了长度超过200年的胡杨树轮年表,分析了胡杨年轮生长与温度、降水、湖面变化、地下水水位、沙尘暴日数等气候环境变化因素之间的相关关系,为区域气候环境变化研究提供了丰富的基础资料^[12,18]。

内蒙古黑河流域额济纳地区分布着中国第二大天然胡杨林,国内外学者先后在这里开展了一系列胡杨树轮研究工作。刘普幸等^[19-20]以内蒙额济纳旗河岸胡杨林为研究对象,应用树轮水文气候学理论和方法,研究了额济纳旗树木年轮的水文-气候响应模式与机制。Liu,孙军艳等^[21-22]通过胡杨树轮宽度的分析,建立了内蒙古额济纳地区过去233年来的标准年表(STD),差值年表(RES)和自回归标准化年表(ARS);并将树轮STD年表与额济纳气象站的气温、降雨量以及狼心山水文站的地下水水位等记录进行了相关分析。结果表明,在额济纳地区显著影响该地胡杨生长的主要限制因子是地下水水位。肖春生等^[4]利用树木径向生长测量仪、自动气象站和土壤水分自动监测仪,在黑河下游胡杨河岸林内,同步监测了胡杨径向生长日变化和太阳辐射、气温、空气相对湿度及

主要根系层土壤水分动态等环境因子。结果表明,胡杨径向生长日变化呈抛物线形,每日 16:00—20:00 时达到最低值点,随后逐步上升至翌日 06:00—09:00 时达到最高值点,完成一个由收缩期、膨胀恢复期和生长期 3 阶段构成的日变化周期;不同季节,胡杨径向生长变动幅度存在较大差异。对各环境因子统计表明,胡杨径向生长日变化与太阳总辐射、温度和土壤体积含水率呈负相关关系,与空气相对湿度呈正相关关系。各环境因子对胡杨径向生长影响存在延时滞后作用,特别是土壤水分条件。

3 艾比湖流域胡杨树轮分析数据与方法

艾比湖处于欧亚大陆腹地,位于准噶尔盆地西南,是该区域的汇水中心,其北部是天山最北支阿拉套南坡,南侧是北天山西段北坡,流域面积 50621km²。该地区年降水 100mm 左右,蒸发量 3790mm 以上,极端最高气温 44℃,极端最低气温 -33℃,气候极端干燥,降水稀少,属典型温带大陆性气候^[11,18]。

3.1 树轮样本的采集

研究采样区域位于艾比湖流域东部地区,新疆甘家湖梭梭林国家级自然保护区内。保护区跨新疆的乌苏、精河、托里三县市,北连乌苏、托里交界的玛依勒山,南接 312 国道,东临四棵树河,西接艾比湖西北缘,在地形单元上属于艾比湖盆地。保护区由南北两面向中央和西部倾斜,奎屯河、四棵树河、古尔图河在此汇集,最终注入艾比湖。野外共采集两组胡杨树轮样本,第一组采样地点(44°42'52.3"N,83°50'14.3"E)位于甘家湖林场的也可夏保护区护管站附近,属古尔图河谷胡杨林地,处于古尔图河谷地带,谷地南北延伸,原来河流流向由南向北,古河床位于谷地西侧。该点共采集树木 26 棵,样芯 54 个,样本编号为 YKX01 组。第二组采样地点(44°36'25.2"N,83°51'57.6"E)位于古尔图镇北二队村后的台地上,地势平坦,受微地形控制,低处地表盐碱化明显,表土层呈干燥硬壳,可见白色盐渍、盐霜。表土为亚黏土夹杂砾石,干燥时结壳坚硬。该点共采集树木 27 棵,样芯 57 个,样本编号为 GRT01 组。

3.2 年表的建立及其统计特征

样本带回实验室后,按照处理程序,进行固定、打磨,进行年轮辨认和标记,采用 Skeleton 法进行逐步交叉定年,采用 COFECHA 程序控制定年质量,确定每一生长轮准确的生长

年份^[23]。胡杨木质部能够贮存大量水分,很多胡杨内部木质部腐朽严重,采集的第一组 YKX01 样本在实验室处理过程中样品大量断裂,破损严重,绝大部分样本无法通过交叉定年程序确定生长轮年份,后续的研究中舍弃了 YKX01 组样品。GRT01 组年轮宽度的测量是在 Lintab 树轮宽度测量仪上完成的,测量精度为 0.01mm。COFECHA 检验结果表明,GRT01 组样本各序列间相关系数为 0.529,平均敏感度为 0.276,说明该组每个样本和主序列之间有很好的相关性,胡杨生长受当地气候环境因素控制较为强烈,能够反映出气候环境信息。该组树轮序列基本统计指标见表 1。

表 1 树轮序列基本统计指标

Table 1 Basic statistic features of the tree-ring series

统计指标	GRT01
主序列时段	1824—2004 年(181a)
所有序列总轮数	2996
被检验总轮数	2976
序列间相关系数	0.529
平均敏感度	0.276
一阶自相关系数	0.574

按照树轮分析基本方法,利用 ARSTAN 程序完成了年表的建立^[23-24]。经过标准化处理,去除生长趋势,将实测的树轮宽度指标转换成无量纲的序列,得到 STD、RES 和 ARS,如图 1 所示。各年表统计特征见表 2。

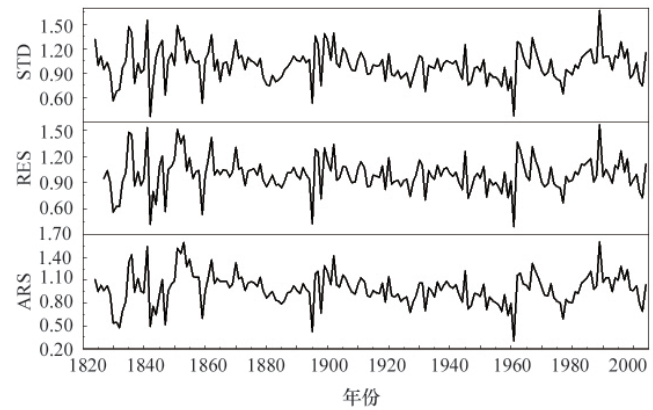


图 1 古尔图树轮宽度年表

Fig. 1 Three kinds of the width chronology from Gurtu

表 2 STD、RES 和 ARS 年表的统计特征

Table 2 Statistical characteristics of STD, RES and ARS chronologies

年表类型	年表平均值	平均敏感度	年表均方差	偏度	峰度	一阶自相关系数
STD	1.0005	0.1829	0.2013	0.0640	1.3428	0.1642
RES	0.9850	0.1669	0.1649	-0.0415	2.3386	-0.0049
ARS	0.9862	0.1744	0.2116	-0.0113	1.2844	0.3574

3.3 气象资料

采样点周围有阿克苏、蔡家湖、精河、乌苏、阿拉山口、石河子等气象站点。考虑到距离采样点远近,依据研究所做的相关分析对比,本文选用精河(44°37'N、82°54'E,海拔高度 320.1m,记录时段为 1953—2000 年)和蔡家湖(44°12'N、87°32'E,海拔高度 440.5m,记录时段为 1958—2000 年)气象站的气象记录

资料进行树轮气候响应分析。采用标准方法对气候资料进行均一性和非随机变化检验,表明两站温度、降水记录无随机突变和明显分布不均匀情况,资料可以用来分析研究^[25]。图 2 和图 3 分别为气象站累年月平均降水量与温度分布图。比较精河、蔡家湖多年月平均温度与降水量,两站各月的温度与降水虽然大小稍有不同,但分布趋势基本一致。

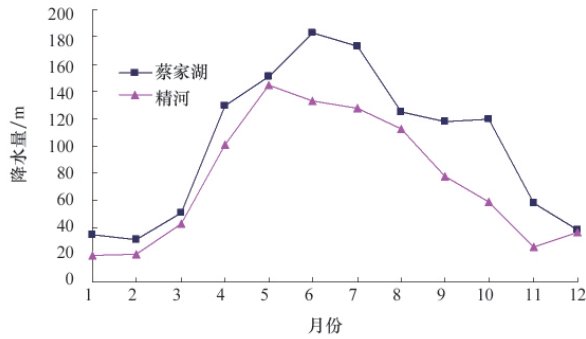


图 2 气象站累年月平均降水量分布

Fig. 2 Monthly mean precipitation over years of Gurtu region

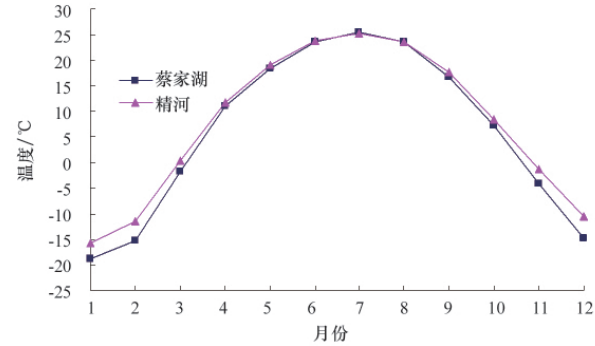


图 3 气象站累年月平均温度分布

Fig. 3 Monthly mean temperature over years of Gurtu region

4 艾比湖流域胡杨树轮年表分析与讨论

4.1 树轮年表与气象资料的相关分析

树轮宽度对气候的响应,主要依据年表和气象资料之间的相关分析。表 3 是古尔图树轮宽度年表与蔡家湖、精河气象站降水量之间的相关分析结果。从表中可看出,虽然整体相关系数不高,但仍表现出一定的规律性,而且两个气象站也有一致的特征规律。研究区地处欧亚大陆腹地,具有冬(上年 10 月至当年 3 月)、夏(4—9 月)半年的气候特征。研究区

年均降水量约为 100mm,降水变率较大,年日照时数 2700h,多年平均温度约为 6.0°C,大于 10°C 的积温约为 3600°C,年日照百分率为 60%,蒸发量在 2500—3500mm,是降水量的 7—35 倍。夏半年蒸发量占年蒸发量的 86.7%—87.8%,可见夏半年的降水对胡杨树树木生长不会有显著影响,不是树木生长的限制条件。古尔图树轮宽度指标与蔡家湖、精河气象站夏半年降水量之间相关系数很低,甚至是负相关的分析结果可得到合理解释。相对夏半年,冬半年的降水量与树轮宽度指标

表 3 树轮宽度年表与降水量间的相关分析

Table 3 Correlation analysis between tree-ring chronologies and the observed precipitation

蔡家湖	STD	RES	ARS	精河	STD	RES	ARS
PP10	0.155	0.137	0.112	PP10	-0.128	-0.160	-0.117
PP11	0.299	0.236	0.370*	PP11	0.234	0.180	0.266
PP12	0.252	0.159	0.338*	PP12	0.310*	0.198	0.360*
P1	0.190	0.125	0.247	P1	0.360*	0.293*	0.407*
P2	0.217	0.120	0.235	P2	0.276	0.194	0.301
P3	0.216	0.196	0.211	P3	0.030	0.008	-0.023
P4	0.152	0.102	0.146	P4	0.001	-0.050	0.019
P5	-0.096	-0.092	-0.021	P5	0.043	0.039	0.084
P6	0.037	0.044	0.014	P6	-0.010	-0.032	0.003
P7	-0.017	-0.112	0.029	P7	-0.125	-0.115	-0.117
P8	-0.013	0.006	0.055	P8	-0.113	-0.104	-0.057
P9	0.297	0.261	0.251	P9	0.077	0.044	0.034
PS10-3	0.293*	0.211	0.325*	PS10-3	0.235	0.136	0.258
PS11-2	0.287*	0.190	0.360*	PS11-2	0.359*	0.257	0.408*
PS10-9	0.213	0.133	0.265	PS10-9	0.103	0.045	0.149

注:PP,上年月降水量;P,当年月降水量;PS,上年到当年月降水量;*,相关系数超过了 95%置信水平检验。

Notes: PP is the monthly mean precipitation of the last year; P is the monthly mean precipitation of January; PS is the monthly mean precipitation from the last October to the current March; * represents the value above 95% confidence level.

间有较好的相关关系,相关系数最高是精河上年11月至当年2月的降水与树轮指标之间,达到0.408,蔡家湖气象站同期的相关系数是0.360,这也是两站所有相关系数中最高的。比较两个气象站可看出,相关系数高低分布的月份时段是一致的,精河气象站的降水量资料与树轮宽度指标的相关性高

于蔡家湖气象站,这与精河站离采样地直线距离较近,地理环境更加相似对应。

树轮宽度指标年表与蔡家湖、精河气象站温度间相关分析结果如表4所示。与降水对比,树轮宽度指标对温度的响应更不明显,树木生长的温度限制因子不显著,这可能与研

表4 树轮宽度年表与温度资料间相关分析

Table 4 Correlation analysis between tree-ring chronologies and the observed temperature

蔡家湖	STD	RES	ARS	精河	STD	RES	ARS
TT10	0.129	0.119	0.178	TT10	0.135	0.141	0.174
TT11	0.266	0.251	0.270	TT11	0.239	0.247	0.220
TT12	0.105	0.015	0.105	TT12	0.115	0.062	0.090
T1	0.097	0.040	0.132	T1	0.142	0.060	0.164
T2	-0.065	-0.088	-0.030	T2	-0.014	-0.031	0.011
T3	0.172	0.163	0.172	T3	0.189	0.198	0.162
T4	-0.302	-0.326	-0.260	T4	-0.208	-0.240	-0.152
T5	0.227	0.240	0.243	T5	0.186	0.181	0.217
T6	-0.083	-0.075	-0.075	T6	0.059	0.048	0.094
T7	0.267	0.317	0.255	T7	0.180	0.202	0.209
T8	0.012	0.052	-0.011	T8	-0.056	-0.016	-0.054
T9	-0.198	-0.182	-0.232	T9	-0.316	-0.292	-0.343

注:TT,上年月平均温度;T,当年月平均温度。

Notes: TT is the mean monthly temperature of the last year; T is the mean monthly temperature of the current year.

究区光热条件充足,完全满足树木生长的需求有关。

4.2 树轮年表与气候环境的讨论

基于树轮年表与气候因子的相关分析,可以讨论研究区胡杨生长过程中记载的气候环境变化信息。图4是古尔图胡杨STD年表序列(细线)及其11年滑动序列(粗线)。可以看出,树轮年表指数较高的极端年份有1841、1851、1989年;指数较低的极端年份有1842、1859、1895、1961;指数较高的时段有1840—1880年、1895—1920年、1967—1976年、1987—2004年;指数较低的时段有1880—1895年、1920—1967年、1976—1987年。指数较高时段是胡杨生长外界气候环境条件较好的时期,较低的指数时段对应气候环境条件相对较差的时期。王前进等^[26]通过研究艾比湖水面面积变化情况表明,近50年艾比湖水面经历了迅速缩小、基本稳定、逐步增大3个

阶段,1950—1977年间,湖水面积由1070km²迅速缩小到522km²,80年代稳定在500km²,进入90年代,河流正处于多年变化周期的丰水期,入湖水量比80年代有明显增加。这与古尔图胡杨年表指数高低时段有很好的—致性,符合胡杨生长受地下水变化的影响,艾比湖地区地下水又与湖面变化有密切联系的研究结果相—致。钱亦兵等^[27]研究表明,20世纪80年代后期至2002年,艾比湖湖面扩大,80年代中期以来,新疆北部的气候由暖干向暖湿转变,这种气候变化趋势在艾比湖地区也明显存在。这与古尔图胡杨年表1987—2004年指数较高时段十分吻合,1988年是丰水年,其6月至1989年5月入湖水量增加了1.83×10⁸m³,湖水面扩大了109km²,这与古尔图年表中最高的树轮指数1.677(1989年)相对应。吴敬禄等^[28]分析了艾比湖湖面波动特征及其原因,艾比湖地区夏半

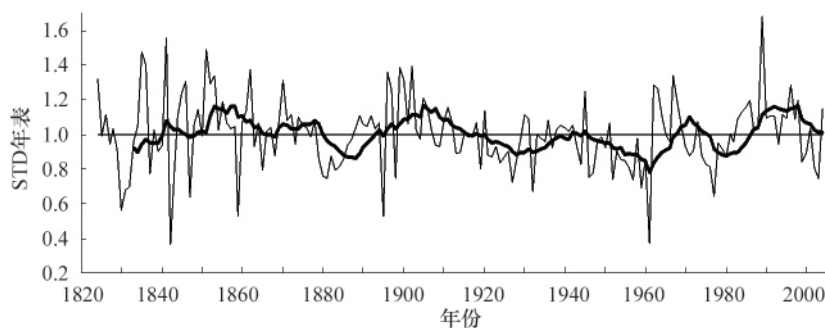


图4 古尔图胡杨STD年表序列(细线)及其11年滑动序列(粗线)

Fig. 4 STD chronology of Gurtu (the thin line is the annual value, the smoothed line is the 11-year moving average)

年气候干燥,蒸发量远远大于降水量,湖水量的增加主要源于水资源形成区冬季降雪在春夏季消融后,经由季节性河流的径流补给。而研究区地下水水位受艾比湖湖面变化影响较大,胡杨生长主要依赖地下水,所以胡杨林生长状况与艾比湖湖面变化以及水资源形成区冬季降水之间存在一定的间接响应关系。基于此,古尔图胡杨宽度指标变化反映的气候环境变化,特别是与该地区冬半年降水之间较高的相关关系也就能够被很好地理解。

5 结论

本文建立了新疆艾比湖东部地区古尔图 181 年的胡杨树轮宽度年表,分析了宽度年表的统计特征以及与该地区精河、蔡家湖两个气象站温度、降水的相关关系,探讨了胡杨宽度年表反映的气候环境变化状况。古尔图胡杨宽度年表与该地区温度无显著性相关,与降水有一定的相关性,虽然相关系数整体不是很高,但表现出一定的规律性。年表和气象站冬半年降水的相关关系明显,相关系数最大达到 0.408。两个气象站中,精河站与年表相关关系高于蔡家湖站,这与精河站离采样地直线距离较近,地理环境更加相似对应。讨论了树轮年表与气象和环境之间的对应关系,指数较高时段是胡杨生长外界气候环境条件较好的时期,较低的指数时段对应气候环境条件相对较差的时期。通过与其他学者在艾比湖地区的研究对比,古尔图胡杨树轮指数高低时段与艾比湖湖面变化有很好的一致性,这与艾比湖地区地下水和湖面变化有密切关系,与胡杨生长受地下水变化影响的研究结论一致。进而佐证了古尔图胡杨年表的可靠性,说明基于年表分析讨论的气候环境变化规律是可信的。

参考文献 (References)

- [1] 刘禹, 安芷生, Linderholm H W, 等. 青藏高原中东部过去 2485 年以来温度变化的树轮记录[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学 2009, 39(2): 166-176.
Liu Yu, An Zhisheng, Linderholm H W, et al. *Science in China: Series D Earth Sciences*, 2009, 39(2): 166-176.
- [2] 赵顺阳, 王文科, 乔冈, 等. 艾比湖流域生态环境质量评价 [J]. 干旱区资源与环境, 2007, 21(5): 63-67.
Zhao Shunyang, Wang Wenke, Qiao Gang, et al. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2007, 21(5): 63-67.
- [3] 吴征镒. 中国植被[M]. 北京: 科学出版社, 1980.
Wu Zhengyi, *Vegetation in China*[M]. Beijing: Science Press, 1980.
- [4] 肖春生, 肖洪浪, 司建华, 等. 胡杨(*Populus euphratica*)径向生长日变化特征分析[J]. 冰川冻土, 2010, 32(4): 816-822.
Xiao Chunsheng, Xiao Honglang, Si Jianhua, et al. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2010, 32(4): 816-822.
- [5] 程春龙, 刘松, 廖容苏, 等. 额济纳绿洲胡杨(*Populus euphratica*)酚类物质含量和分布及其与土壤水分的关系 [J]. 生态学报, 2008, 28(1): 69-75.
Cheng Chunlong, Liu Song, Liao Rongsu, et al. *Acta Ecologica Sinica*, 2008, 28(1): 69-75.
- [6] 王世绩. 全球胡杨林的现状及保护和恢复对策 [J]. 世界林业研究,

1996, 9(6): 37-44.

Wang Shiji. *World Forestry Research*, 1996, 9(6): 37-44.

- [7] Francesco R, Guido P, Anastasia P, et al. Trace element distribution and $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ ratios in Euphrates Waters and in soils and tree barks of Dhi Qar province (southern Iraq)[J]. *Science of the Total Environment*, 2011, 409(19): 3829-3838.
- [8] Khamzina A, Sommer R, Lamers J P A, et al. Transpiration and early growth of tree plantations established on degraded cropland over shallow saline groundwater table in northwest Uzbekistan [J]. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2009, 149(11): 1865-1874.
- [9] 于军, 王海珍, 陈加利, 等. 塔里木河流域荒漠河岸林胡杨群落的空间格局研究[J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 913-918.
Yu Jun, Wang Haizhen, Chen Jiali, et al. *Journal of Desert Research*, 2011, 31(4): 913-918.
- [10] Hao X M, Chen Y N, Li W H, et al. Hydraulic lift in *Populus euphratica* Oliv. from the desert riparian vegetation of the Tarim River Basin[J]. *Journal of Arid Environments*, 2010, 74 (8): 905-911.
- [11] Saumel I, Ziche D, Yu R, et al. Grazing as a driver for *Populus euphratica* woodland degradation in the semi-arid Aibi Hu region, northwestern China[J]. *Journal of Arid Environments*, 2011, 75(3): 265-269.
- [12] 崔德宝, 于瑞德, 于洋, 等. 新疆艾比湖自然保护区阿奇克苏河沿岸胡杨年龄结构和生长量状况研究[J]. 干旱区资源与环境, 2012, 26(1): 194-200.
Cui Debao, Yu Ruide, Yu Yang, et al. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2012, 26(1): 194-200.
- [13] 赵枫, 金海龙. 新疆阿奇克苏河沿岸土壤盐分与离子含量关系研究 [J]. 干旱区资源与环境, 2011, 25(6): 109-112.
Zhao Feng, Jin Hailong. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 2011, 25(6): 109-112.
- [14] 徐海量, 宋郁东, 陈亚宁. 生态输水后塔里木河下游合理水位探讨[J]. 水土保持通报, 2003, 23(5): 22-25.
Xu Hailiang, Song Yudong, Chen Yaning. *Bulletin of Soil and Water Conservation*, 2003, 23(5): 22-25.
- [15] 李江风, 袁玉江, 由希尧. 树木年轮水文学研究与应用 [M]. 北京: 科学出版社, 2000, 146-252.
Li Jiangfeng, Yuan Yujiang, You Xirao. *The study on dendro-hydrology and its applications*[M]. Beijing: Science Press, 2000, 146-252.
- [16] 叶茂, 徐海量, 龚君君, 等. 不同胸径胡杨径向生长的合理生态水位研究[J]. 地理科学, 2011, 31(2): 172-177.
Ye Mao, Xu Hailiang, Gong Junjun, et al. *Scientia Geographica Sinica*, 2011, 31(2): 172-177.
- [17] 安红燕, 叶茂, 徐海量, 等. 塔里木河下游胡杨径向生长量对生态输水的响应[J]. 中国沙漠, 2011, 31(4): 957-962
An Hongyan, Ye Mao, Xu Hailiang, et al. *Journal of Desert Research*, 2011, 31(4): 957-962.
- [18] 尚华明, 魏文寿, 袁玉江, 等. 艾比湖胡杨宽度年表建立及其环境意义[J]. 中国沙漠, 2008, 28(5): 815-820.
Shang Huaming, Wei Wenshou, Yuan Yujiang, et al. *Journal of Desert Research*, 2008, 28(5): 815-820.
- [19] 刘普幸, 陈发虎, 勾晓华, 等. 额济纳旗近 100a 来胡杨年表的建立与响应分析[J]. 中国沙漠, 2005, 25(5): 764-768.
Liu Puxing, Chen Fahu, Gou Xiaohua, et al. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(5): 764-768.
- [20] 刘普幸, 陈发虎, 靳立亚, 等. 基于胡杨年轮重建黑河下游近 100 年春季径流量[J]. 干旱区地理, 2007, 30(5): 696-700.
Liu Puxing, Chen Fahu, Jin Liya, et al. *Arid Land Geography*, 2007, 30

- (5): 696-700.
- [21] Liu Y, Sun J Y, Song H M, *et al.* Tree-ring hydrologic reconstructions for the Heihe River watershed, western China since AD 1430 [J]. *Water Research*, 2010, 44(9): 2781-2792.
- [22] 孙军艳, 刘禹, 蔡秋芳, 等. 额济纳 233 年来胡杨树轮年表的建立及其所记录的气象、水文变化[J]. 第四纪研究, 2006, 26(5): 799-807.
Sun Junyan, Liu Yu, Cai Qiufang, *et al.* *Quaternary Sciences*, 2006, 26(5): 799-807.
- [23] Holmes R L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement[J]. *Tree-ring Bulletin*, 1983, 43: 69-78.
- [24] Stokes M A, Smiley T L. An introduction to tree-ring dating [M]. Tucson: University of Arizona Press, 1996: 1-73.
- [25] Liu Y, Bao G, Song H M, *et al.* Precipitation reconstruction from Hailar pine(*Pinus sylvestris* var. *mongolica*) tree rings in the Hailar region, Inner Mongolia, China back to 1865 AD [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2009, 282(1-4): 81-87.
- [26] 王前进, 巴音查汗, 马道典, 等. 艾比湖水面近 50a 变化成因分析[J]. 冰川冻土, 2003, 25(2): 224-228.
Wang Qianjin, Bayinchahan, Ma Daodian, *et al.* *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2003, 25(2): 224-228.
- [27] 钱亦兵, 吴兆宁, 蒋进, 等. 近 50a 来艾比湖流域生态环境演变及其影响因素分析[J]. 冰川冻土, 2004, 26(1): 17-26.
Qian Yibin, Wu Zhaoning, Jiang Jin, *et al.* *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2004, 26(1): 17-26.
- [28] 吴敬禄, 林琳. 新疆艾比湖湖面波动特征及其原因[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2004, 24(1): 57-60.
Wu Jinlu, Lin Lin. *Marine Geology & Quaternary Geology*, 2004, 24(1): 57-60.

(责任编辑 吴晓丽)

·学术动态·



“2012 年电站自动化信息化学术和技术交流会议”征文

“2012 年电站自动化信息化学术和技术交流会议”将于 2012 年 11 月 1 日在南京市召开。本次大会由中国动力工程学会自动控制专委会主办。

征稿范围:(1)电站自动控制技术:国内外电站自动化信息技术发展综述(火电、核电、水电等);新理论新技术在电站自动控制应用;(2)电站信息化技术:数据挖掘技术在电站信息化中的应用;厂级监控信息系统(SIS)和管理信息系统(MIS);电站建模仿真技术发展与应用;智能仪表与智能传感器应用技术;分散控制系统(DCS)和可编程控制器(PLC)应用技术;现场总线与计算机网络技术及其在电站的应用;(3)主辅机性能监测与故障诊断技术和寿命管理:机组状态维修和设备维修管理;火电机组性能监测与故障诊断;寿命管理;(4)机组节能减排与运行优化技术:锅炉燃烧优化技术;节能减排控制技术;运行优化理论与技术;机组向负荷优化分配和调度;电站成本分析与实时报价;(5)新型机组控制技术:循环流化床锅炉控制系统的设计与应用;超临界、超超临界机组控制系统的设计与应用;垃圾炉控制系统的设计与应用;燃气蒸汽联合循环控制系统的设计与应用;天然气热电冷三联供控制系统的设计与应用;可再生能源发电系统控制技术;IGCC 控制系统的设计与应用;环保监控装置与系统;脱硫脱硝监控技术和设备运行。

论文截稿日期:2012 年 8 月 15 日。

联系电话:021-64358710-361。

电子信箱:luwenhua@speri.com.cn。

会议网站:http://www.cpeweb.com.cn/dongli/article.asp?class_id=36&bclass_id=643&art_id=993。