

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第34卷 第7期 Vol.34 No.7 **2014**

中国生态学学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 34 卷 第 7 期

2014 年 4 月 (半月刊)

目 次

前沿理论与学科综述

- 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展 何奕忻, 吴 宁, 朱求安, 等 (1615)
- 天山云杉森林土壤有机碳沿海拔的分布规律及其影响因素 阿米娜木·艾力, 常顺利, 张毓涛, 等 (1626)

个体与基础生态

- 小兴安岭红松日径向变化及其对气象因子的响应 李兴欢, 刘瑞鹏, 毛子军, 等 (1635)
- 采伐剩余物对林地表层土壤生化特性和酶活性的影响 吴波波, 郭剑芬, 吴君君, 等 (1645)
- 庞泉沟自然保护区典型森林土壤大团聚体特征 白秀梅, 韩有志, 郭汉清 (1654)
- 思茅松天然林树冠结构模型 欧光龙, 肖义发, 王俊峰, 等 (1663)
- 镁缺乏和过量胁迫对纽荷尔脐橙叶绿素荧光特性的影响 凌丽俐, 黄 翼, 彭良志, 等 (1672)
- 斑块生境中食果鸟类对南方红豆杉种子的取食和传播 李 宁, 王 征, 鲁长虎, 等 (1681)
- 重金属铅与两种淡水藻的相互作用 刘 璐, 闫 浩, 李 诚, 等 (1690)
- 刺参养殖池塘初级生产力及其粒级结构周年变化 姜森颖, 周一兵, 唐伯平, 等 (1698)
- 控(微囊)藻鲢、鳙排泄物光能与生长活性 王银平, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等 (1707)
- 五爪金龙中香豆素类物质含量及其对福寿螺、水稻和稗草的影响 犹昌艳, 杨 宇, 胡 飞, 等 (1716)

种群、群落和生态系统

- 西双版纳国家级自然保护区勐腊子保护区亚洲象种群和栖息地评价 林 柳, 金延飞, 陈德坤, 等 (1725)
- 莱州湾鱼类群落同功能种团的季节变化 李 凡, 徐炳庆, 马元庆, 等 (1736)
- 长期不同施肥方式对麦田杂草群落的影响 蒋 敏, 沈明星, 沈新平, 等 (1746)
- 极端干旱条件下燕麦垄沟覆盖系统水生态过程 周 宏, 张恒嘉, 莫 非, 等 (1757)

景观、区域和全球生态

- 流域景观格局变化对洪枯径流影响的 SWAT 模型模拟分析 林炳青, 陈兴伟, 陈 莹, 等 (1772)
- 近 20 年青藏高原东北部禾本科牧草生育期变化特征 徐维新, 辛元春, 张 娟, 等 (1781)
- 丽江城市不同区域景观美学 郭先华, 赵千钧, 崔胜辉, 等 (1794)
- 珠三角河网水域栅藻的时空分布特征 王 超, 李新辉, 赖子尼, 等 (1800)
- 博斯腾湖细菌丰度时空分布及其与环境因子的关系 王博雯, 汤祥明, 高 光, 等 (1812)
- 遗传算法支持下土地利用空间分形特征尺度域的识别 吴 浩, 李 岩, 史文中, 等 (1822)
- 川西亚高山不同海拔岷江冷杉树轮碳稳定同位素对气候的响应 靳 翔, 徐 庆, 刘世荣, 等 (1831)

基于 ESDA 的西北太平洋柔鱼资源空间热点区域及其变动研究 冯永玖,陈新军,杨铭霞,等 (1841)

城乡与社会生态

基于居民生态认知的非使用价值支付意愿空间分异研究——以三江平原湿地为例.....

..... 高 琴,敖长林,陈红光,等 (1851)

浑河河水及其沿岸地下水污染特征 崔 健,都基众,王晓光 (1860)

社会生态系统及脆弱性驱动机制分析 余中元,李 波,张新时 (1870)

研究简报

等渗 NaCl 和 Ca(NO₃)₂胁迫对黄瓜幼苗生长和生理特性的影响 周 珩,郭世荣,邵慧娟,等 (1880)

专家观点

关于“生态保护和建设”名称和内涵的探讨 沈国舫 (1891)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 282 * zh * P * ¥90.00 * 1510 * 29 * 2014-04



封面图说: 红豆杉人工林——红豆杉为常绿针叶乔木,树高可达 25m,属国家一级保护植物。红豆杉中含有的紫杉醇,具有独特的抗癌机制和较高的抗癌活性,能阻止癌细胞的繁殖、抑制肿瘤细胞的迁移,是世界公认的抗癌药。红豆杉在我国共有 4 个种和 1 个变种,即云南红豆杉、西藏红豆杉、东北红豆杉、中国红豆杉和南方红豆杉(变种)。由于天然红豆杉稀缺,国家严禁采伐利用,因而我国南方很多地方都采取人工种植的方法生产利用。人工种植的南方红豆杉在南方山区多呈斑块状分布,斑块生境中鸟类对红豆杉种子的传播有重要的影响。

彩图及图说提供: 陈建伟教授 北京林业大学 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201308052023

何奕忻, 吴宁, 朱求安, 陈槐, 朱单, 彭长辉, 杨刚, 高永恒, 赵川. 青藏高原东北部 5000 年来气候变化与若尔盖湿地历史生态学研究进展. 生态学报, 2014, 34(7): 1615-1625.

He Y X, Wu N, Zhu Q A, Chen H, Zhu D, Peng C H, Yang G, Gao Y H, Zhao C. The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands. Acta Ecologica Sinica, 2014, 34(7): 1615-1625.

青藏高原东北部 5000 年来气候变化与 若尔盖湿地历史生态学研究进展

何奕忻^{1,2}, 吴宁^{1,2,3}, 朱求安^{2,4}, 陈槐^{1,2,*}, 朱单^{1,2,3},
彭长辉^{4,5}, 杨刚^{2,4}, 高永恒⁶, 赵川^{1,2}

(1. 中国科学院成都生物研究所, 成都 610041; 2. 中国科学院若尔盖泥炭与全球变化研究站, 红原 624400;

3. 国际山地综合发展中心, 加德满都, 尼泊尔 GPO Box 3226; 4. 西北农林科技大学, 杨凌 712100;

5. 魁北克大学蒙特利尔分校, 蒙特利尔, 加拿大 H3C3P8; 6. 中国科学院成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

摘要: 全球变化背景下古气候学的研究越来越受到关注。利用多年来的文献记载和自然证据, 对青藏高原东北部气候变化进行重建。并以若尔盖湿地为例, 梳理了区域 5000 a 来气候变化对湿地植被类型、泥炭沼泽发育和文化发展产生的影响, 探讨了气候变化、文化发展、沼泽发育三者之间可能具有的相互关系。指出青藏高原东北部 5000—3000 a B.P. 之间气候较为暖湿, 其平均温度要高出现在 2 °C 左右; 3000 a B.P. 至今为气候干冷期, 其中 1000 a B.P. 左右是过去 5000 a 中最寒冷时期, 近 1000 a 来气温呈缓慢回升趋势。区域的气候变化决定了植被类型, 对泥炭沼泽的形成和发育发挥了重要作用, 对文明进程的影响主要体现在气候变化通过影响沼泽的演替, 从而改变人类活动的范围与早期文明的形成, 同时人类的过度活动也在一定程度上影响了沼泽的分布格局及动态。但气候变化、沼泽发育和文化发展三者之间的关系有赖于多因素耦合, 其具体机理有待更深入的研究。

关键词: 青藏高原; 气候变化; 若尔盖湿地; 植被; 泥炭地; 文化

The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands

HE Yixin^{1,2}, WU Ning^{1,2,3}, ZHU Qiu'an^{2,4}, CHEN Huai^{1,2,*}, ZHU Dan^{1,2,3}, PENG Changhui^{4,5}, YANG Gang^{2,4},
GAO Yongheng⁶, ZHAO Chuan^{1,2}

1 Chengdu Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

2 Zoige Peatland and Global Change Research Station, Chinese Academy of Sciences, Hongyuan 624400, China

3 International Centre for Integrated Mountain Development, GPO Box 3226, Kathmandu, Nepal

4 Northwest Agriculture & Forest University, Yangling 712100, China

5 University of Quebec at Montreal, Montreal C3H 3P8, Canada

6 Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China

Abstract: Paleoclimatology is attached more and more importance by climate and ecological scientists. As the strengthening of the monsoon activity, the middle Holocene (6.0—5.0ka B.P.) became an important reference era of Paleoclimate Modeling Intercomparison Project (PMIP). In addition, the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau was focused by its climatic sensibility and ecological vulnerability. In this paper, we used the data from Qinghai Lake, Zoige plateau and the

基金项目: 国际科技合作项目 (S2013GI0408); 国家青年自然科学基金 (31100348); 教育部新世纪优秀人才支持计划 (NCET-12-0477); 教育部高等学校博士学科点专项科研基金 (20120204110011)

收稿日期: 2013-08-05; **修订日期:** 2013-11-19

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: chenhuai@cib.ac.cn

source area of Yellow River to present the trends of 5000-year climate change on northeastern Qinghai-Tibetan Plateau. Then taking Zoige wetlands as an example, we reviewed studies about the impact of climate change on vegetation types, peat development and civilization evolution, and discussed the possible interaction among them. According to our analyses, the climate on the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau was warm and humid from 5.0 to 3.0 ka B.P., with an average temperature 2°C higher than the present. In this period, the dominant macrophanerophyte was mainly coniferous tree and the major herbage type was sedge. Moreover, thick peat accumulation was found due to the warm and humid climate. However, the climate turned into dry and cold since then to 1.0 ka B.P., with an extremely cold event around 1ka B.P.. The coniferous forest had been shrinking from highland to lowland because of fading Indian monsoon, wetlands developed very slowly and the civilization was also influenced. Meanwhile, human activities also slightly limited the development of wetlands due to the increasing population of Di-Qiang ancient people. We deduced that there existed a roughly synchronous resonance between climate change and the phenomenon of nomad migrated southward or eastward periodically. It is worth mentioning that Medieval Warm Period was observed in this era, following the prosperity of The tea-horse trade and the appearance of agricultural production by Uigur in Gansu Corridor. In recent 1000 years, due to the relatively warming climate, though not very steady, the coniferous forest and the wetland developed slightly again. In recent 100 years, the abrupt warming was introduced by increasing GHGs, the precipitation was decreased relatively. The area of Zoige wetlands decreased by a half due to drainage from 60s to the early 80s, then the shrinkage of wetlands was mainly due to climate warming, especially the abrupt warming of recent ten years. In short, the regional climate change determined vegetation types and affected the formation and development of wetlands. Climate change also impacted civilization, which altered the scope of human activity and early establishment of civilization. Meanwhile, human activities also affected the distribution and dynamics of wetlands. The interaction among climate change, wetland development and civilization course, however, depend on coupling of different factors. Furthermore, it is urgent to carry out researches about integrated adaptation and related technology on alpine's ecosystem to mitigate the climate change, as well as establishing a sustainable management system of Qinghai-Tibetan Plateau.

Key Words: Qinghai-Tibetan Plateau; climate change; zoige wetland; vegetation; peatland; civilization

工业革命后,温室气体的辐射强迫增长率在近万年时间内是空前的,特别是近 50 年来气候变暖已由古气候信息证实是至少近 1300 多年来最为异常的^[1]。在全球气候异常变化的今天,古气候学研究已成为全球气候变化研究不可或缺的一部分,越来越受到学界的关注^[2-9]。季风活动的加强,使中全新世(6000—5000 a B.P.)成为全球古气候模拟对比研究计划(PMIP)的一个主要基准点^[2]。利用考古发现以及古籍中物候学和气象学的记载,竺可桢^[3]首次描述了我国近 5000 年来气候变迁的主要趋势。近些年来,大量学者利用孢粉、石笋、湖泊沉淀、泥炭、冰芯和树木年轮等代用证据,构建了中国诸多地区 5000 a 来的气候变化^[4-8]。进一步研究表明,气候变化对文明进程可能在许多方面产生影响^[9]。

青藏高原东北部处在我国地势第一、二阶梯的交界地带,大部分海拔高度在 2000—4000 m,印度西

南季风带来的暖湿气流使得青藏高原形成大面积湿地^[10],是全球气候变化最敏感的地区之一^[11]。随着全球化的蔓延,其独特的文化形式也引起了广泛关注。因此,认识该区域 5000 a 来的气候变化趋势,梳理区域气候变化与若尔盖湿地植被类型、沼泽发育的关系,探究气候变化与当地文明进程的联系,对于全面认识青藏高原东北部气候变化对生态系统结构、功能与演化分异以及其对人类活动的影响具有重要意义。同时亦为相关学者日后深入探究其过程与机理提供了参考依据。

1 青藏高原东北部 5000 a 来气候变化概述

位于青藏高原东北部区域的青海湖是我国最大的内陆咸水湖,若尔盖湿地是全世界面积最大的高原湿地分布区,黄河源区沉积物发育保存良好^[12],因此,以上述 3 个区域为分析对象,比邻高原东北边

缘区的祁连山敦德冰川冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录、柴达木盆地 3585 a 树轮气候变化记录^[13],对揭示青藏高原东北部 5000 a 来气候变化具有重要参考价值。

1.1 青海湖湖区 5000 a 来气候变化研究

20 世纪 80 年代以来,国内学者从不同角度和不同时间尺度多方面研究了青海湖湖泊沉积,基本完成了全新世青海湖地区气候环境变化序列的构建^[14-24]。

基于 QH85- ^{14}C 孢粉分析认为,5000—3500 a B.P. 青海湖处于其气候高温期,夏季平均温度高出现代 2 °C,3500 a B.P. 至今为降温期,包括 3 次气候波动,其中有 3 次显著的降温事件,它们分别发生在距今 3400 a B.P.、2000 a B.P. 年及 1000—500 a B.P. 内^[15]。青海湖湖泊演化研究也印证了 5000—3500 a B.P. 处于该区的高温期^[16]。

多项研究同时表明了青海湖区域气候变化趋势的一致性,略有不同的是气候由暖转凉的时间节点。张彭熹等^[17]利用同位素分析方法得出,5000—2500 a B.P. 期间青海湖总的气候特征为早期凉偏湿,而晚期转变为暖干;2500 a B.P. 至今特征为冷干。刘兴起等^[25]通过对青海湖沉积物碳酸盐-文石含量的研究指出,区内全新世大暖期鼎盛期(6700 a B.P.) 到 4000 a B.P.,文石和碳酸盐含量波动下降,反映了大暖期鼎盛期过后气候在转型过程中的冷暖和干湿的快速波动。4000—2100 a B.P. 气候逐步向冷干化方向发展。沈吉等^[24]通过湖泊沉积物多指标分析,建立了青海湖高分辨率的古气候变迁,其中 5000—2100 a B.P. 气候由温凉偏湿经凉偏干向冷干化方向发展;2100 a B.P. 至今,气候冷干,且各指标剧烈波动可能与近代人类活动有关。

1.2 若尔盖高原 5000 a 来气候变化研究

对若尔盖盆地 RM 钻孔^[26-31]、RH 钻孔沉积学的大量研究^[32-34],以及若尔盖盆地兴措湖沉积物的研究^[35-37],获取了若尔盖盆地不同时间段的气候环境变迁数据。

通过若尔盖黑河牧场 DC 剖面系统的孢粉分析结合 $\delta^{14}\text{C}$ 测年指出,5000—3000 a B.P. 是若尔盖全新世大暖期后期,气候温湿;3000 a B.P. 以来,植被逐渐演化为今日之格局,代表全新世的降温期^[38]。若尔盖 RM 孔孢粉研究从更高分辨率解析了该区域气候变化的趋势:5000—3000 a B.P. 处在若尔盖全

新世大暖期后期,气温可能要高出现在数度,湿度也较大^[30];3300—1900 a B.P. 气温逐渐下降,湿度也逐渐降低;1900—1400 a B.P. 气温较前期有所下降,湿度较前期增大;1400—1000 a B.P. 气温较前期有所上升,湿度又复下降^[27]。对若尔盖湿地其他区域-红原县泥炭腐殖化度的研究表明,1050 a B.P. 达到 5000 a 来干冷的最低纪录^[39-40]。依据主要孢粉类型的百分比关系以及加速器质谱(AMS) ^{14}C 测年数据,郭春晓等^[8]定量重建了若尔盖唐克区域古气候变化规律,结果也表明与中国的气候大环境是相一致的,并与周卫建等^[41]对若尔盖高原泥炭沉积的可靠加速器测年和分辨率达 15—30 a 夏季风气候代用指标序列揭示的青藏高原 8000 a 以来的干冷事件中的 3 次大致相符,分别是 6400 a B.P.,4400 a B.P. 和 2800 a B.P.。

1.3 黄河源区 5000 a 气候变化

通过对黄河源区阿涌哇玛错^[42]、希门错沉积物^[43-44]、鄂陵湖^[45]的研究,对黄河源区全新世大暖期的气候环境变化有了初步了解。

黄河源区孢粉、有机碳和粘土矿物的分析,认为 5000—2300 a B.P. 为全新世大暖期后期,气候较为暖湿,但波动较大,尤其是 5000 a B.P. 前后有剧烈降温事件的记录^[42]。张玉芳等^[46]认为,黄河源区自 3500 a B.P. 以来,气温呈逐渐降低、湿度呈逐渐变干的趋势,大暖期则出现在 3500 a B.P. 之前。黄河源区 1000 a 年来的环境变化分为三大阶段,1000 a 以前和 360 a 以来气候相对比较干旱,1000—360 a B.P. 期间气候相对比较湿润,显示出一个较大的干冷-温湿-干冷气候变化旋回。而且,在后两大阶段中又可进一步划分出 4 个相对温湿的气候段和 3 个相对干冷的气候段,形成 3 个温湿-干冷-温湿的气候变化旋回^[45]。

综上所述,青藏高原东北部由于其特殊的地理区域及其复杂的环流模式,近 5000 a 来气候变化具有明显的突发性^[47],对气候序列的划分大多以干冷气候事件作为划分标志。比邻青藏高原东北部的祁连山敦德冰芯 $\delta^{18}\text{O}$ 记录,距今 3000 a 左右是过去 5000 a 中该地区气候变化的一个界限:在此之前,以温暖气候为主,在此以后,气候趋于变冷^[5]。这与竺可桢温度曲线,施雅风等关于中国全新世大暖期的论述具有广泛的一致性^[3,48]。SHAO 等^[13]通过对青

藏高原东北部 3585 a 来树轮气候变化记录的研究印证了该区域气候干湿变化的趋势。基于以上论述,青藏高原东北部不同环境代用证据证明明显的干冷气候事件有 7 次,发生在:5000 a B.P.左右,4600—4500 a B.P.,4100—3900 a B.P.,3300—2900 a B.P.,2400—2100 a B.P.,1700—1500 a B.P.以及 1000—950 a B.P.。5000 a B.P.左右的干冷事件作为早全新世温暖期与晚全新世干冷期的分界^[49],认为 5000 年来气候大幅波动,总体干冷。综合高原东北部各种环境代用证据,尽管 5000—3000 a B.P.之间有多次干冷事件发生,但其平均温度要高出现在 2℃ 左右^[3,5,15],因此作者认为 5000 a B.P.左右的降温事件到 3000 a B.P.升温事件之间是区域内全新世暖湿期到干冷期的过渡时期,5000—4000 a B.P.是夏季风主导的亚暖湿期,4000—3000 a B.P.是冬季风逐渐增强的前干冷期。3000a B.P.至今为气候干冷期,其中 1000 a B.P.左右是过去 5000 a 中最寒冷时期。

2 若尔盖湿地植被类型对气候变迁的响应

森林、草原的分布以及乔木、草本类型的变化与气候冷暖干湿的波动密切相关^[9]。若尔盖湿地位于青藏高原东部,地处四川、青海和甘肃三省交界,行政区域主要包括四川省若尔盖县、红原县、阿坝县以及甘肃省西南部的碌曲县、玛曲县和青海省东南部的久治县等的大部或部分地区,面积约 3 万 km²,平均海拔 3400—3600 m,东向接壤横断山脉。以该区域作为研究对象,对于揭示青藏高原东北部气候变化对区域植被演替特征具有一定代表意义。

前人对若尔盖地区进行了孢粉学、沉积学等方面的研究,获得了大量该地区孢粉和植被序列与气候波动的信息^[8,41,50-55]。以中国 5000 a 来气候变化^[3]、若尔盖 5000 a 来气候变化趋势^[50]为参照,图 1 列举了部分学者的研究结论。

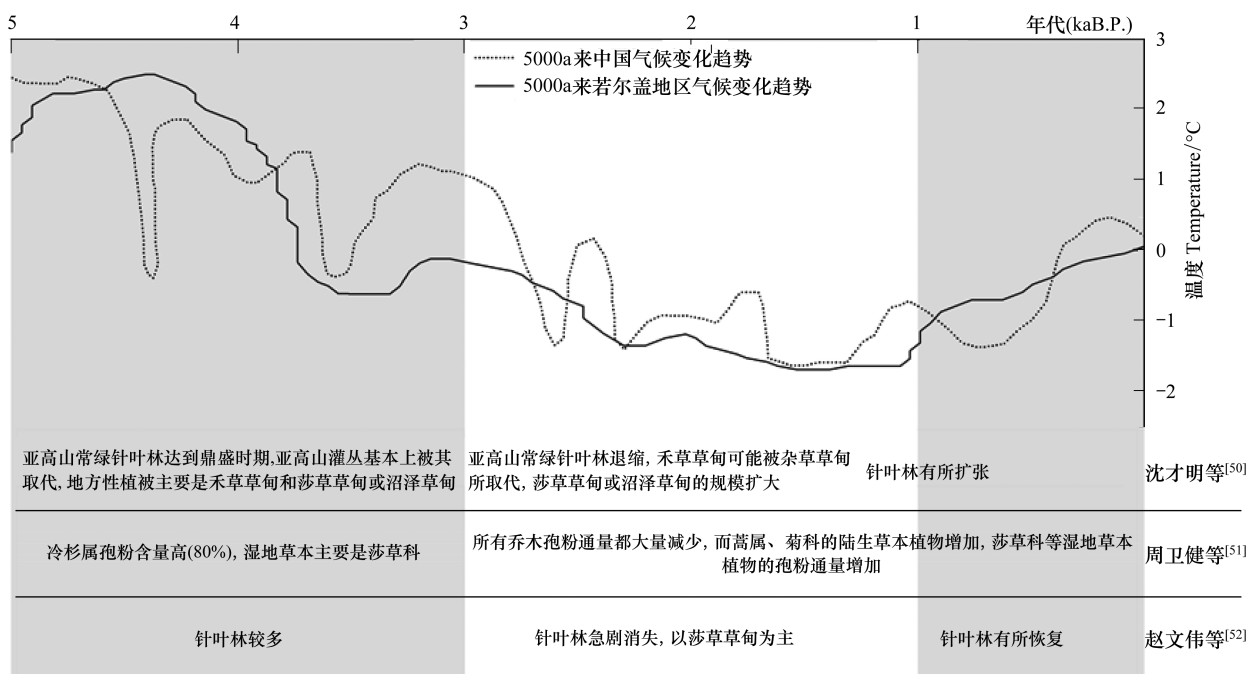


图 1 不同学者对若尔盖区域 5000 a 来气候变化背景下植被类型演化分析
Fig.1 Analysis of vegetation types evolution in 5000 years of Zoige Plateau

图 1 所反映的植被演替状况呈大体一致趋势,共同反映出若尔盖地区在 5000—3000 a B.P.左右,常绿针叶林占据优势地位,草本植物以莎草科为主,从这些植被类型的现代生境来看,亚高山常绿针叶林需要相对温暖湿润的环境,而高山、亚高山草甸要求的气温条件较低,因此,认为在 5000—3000 a B.P.

期间,若尔盖区域气候暖湿;3000—1000 a B.P.左右,针叶林不断向低地退缩,气候变得干冷,可能反映西南季风在此阶段减弱;近 1000 a 来,针叶林开始扩张,气温逐步上升。这充分印证了上述关于青藏高原东北部气候变化的结论。此外,莎草科是莎草草甸和莎草沼泽草甸的主要成分,相对喜湿,它的孢

粉含量也反映了若尔盖地区的沼泽化程度^[50]。

高寒区域植被的基本特征是种类比较单一,更高尺度分辨率的孢粉记录也有研究^[8,53],但由于研究点及采用方法的不一致,很难在低时间尺度上交叉印证气候变化的共同规律,主要从稍长时间尺度交叉印证了若尔盖区域植被经历的 3 个主要阶段,并认为:该区域植被变化主要受控于气候的变化。这与周卫健通过放射性碳测年^[51]、Hong 等基于植物纤维素的 $\delta^{13}\text{C}$ 方法^[56]得出的结论一致。

3 气候变化对若尔盖高原泥炭沼泽发育的影响

泥炭主要是由植物残体、腐殖质和矿物质组成,是植物残体在无氧的环境下沉积下来的。若尔盖区域海拔高,该地区是一个多环流交汇地带,受东亚季风、印度洋季风、西风急流以及高原季风的影响。因为冬夏季风分别受控于不同的环流,或者有时同时受控于多种环流的作用,所以它们表现出不同的冬夏季风组合特点,在不同时间尺度上又相互嵌套,反映了复杂的气候系统特点^[26]。

表 1 列举了部分学者在若尔盖不同地区测定的泥炭年代数据。从表 1 可以看出,有稳定泥炭沉积的沼泽湿地形成于全新世早期,时期大约在 13500—9000 a B.P.。这是因为伴随晚冰期的结束,气候开始暖湿,为沼泽的发育提供了良好条件。大量研究表明,泥炭的积累和分布与气候、地质、地貌、水文和植被等多种因素有关,在这些相互联系的因素中,气候因素是制约泥炭积累和分布的最基本因素之一,气候因素的变化表现在不同的水热组合条件,直接影响构成泥炭的有机质的来源、植物残体的数量和性质^[39]。孙广友等^[54]用泥炭纹泥计年与¹⁴C 测年相结合的新方法,建立了若尔盖高原高分辨率的更新世末及全新世泥炭沉积年代谱,认为距今 9500—2000 a 是泥炭沉积高速期。这一变化趋势与于雪峰等^[26]在若尔盖区域高分辨率的泥炭记录较为一致,后者认为,5900—4100 a cal B.P.期间,冬季风开始减退,夏季风变化幅度大于冬季风,气候较为温和,4100 a cal B.P.至今,冬季风在大幅振荡中开始加强,气候变得干冷。

表 1 若尔盖高原不同地区泥炭年代数据

Table 1 The data of peat ages in different area of Zoige Plateau

研究区 Study area	剖面名称 Profile	样品深度/m Depth/m	泥炭开始发育年代/ka B.P. Age/ka B.P.	资料来源 Reference
若尔盖 Zoige	RH 孔	120.46	8.86±0.2	陈发虎等 ^[57]
	DC 剖面	4.5	约 10.2	刘光秀等 ^[38]
	H25 剖面	4.86	13.65±0.7	孙广友等 ^[54]
	唐克剖面	6.4	8.9	赵文伟 ^[52]
红原 Hongyuan	泥炭 2 矿剖面	7.95	约 10	王燕等 ^[55]
	泥炭 2 矿剖面	4.5	11.62±0.38	王富葆等 ^[59]
	西南剖面	4.5	13.5 至 11.5	周卫健等 ^[51]
	无	6	9.6	David J.Large ^[58]

由此可以认为,从全新世早期到 3000 a B.P.左右,在印度洋西南季风以及太平洋东南季风的共同作用下,若尔盖高原降水量较为充沛,草甸植被发育十分繁茂。由于土壤沉积层粘重,渗水不良(潜水位一般小于 1 m),构成了湿地形成和维持所需要的隔水层;同时高原气温较低(年均温-1—3℃,冻土时间长达半年)、土壤通气性差,植物枯立物及草根层的分解十分缓慢,加之不等量的地质下沉以及冰川作用所形成的冰蚀谷地和季节性冻土为本区沼泽发育提供了有利地貌^[60],由此为泥炭沼泽化过程创造了良好条件。

4 若尔盖区域文化发展与气候变化

尽管上述关于青藏高原东北部气候变化的结论认为,近 3000 a 来气候较之于 5000—3000 a B.P.更加干冷,但放在较低时间尺度上来看,近 3000 a 年期间气候冷暖波动也颇为频繁^[49,61]。通过将秦汉以来中国东中部地区气候冷暖波动曲线^[62]和中国北方民族政权疆域南界的纬度变化^[63]进行叠加对比,发现游牧民族阶段性南下以及向西迁移与气候冷暖周期性变化存在着大体同步的共振关系。若尔盖历史上一直是游牧民族的栖息地,属于传统上的康区和

部分安多藏区,在历史、文化等方面与传统的卫藏以及青海等地的安多地区相比存在差异,由于史料的限制,本节将从若尔盖及其附近区域文化的演变来洞观气候变化与文化发展之间的联系。

秦汉时期(公元前3世纪到公元1世纪左右),气候较为温暖,氐羌民族就广泛分布于甘青高原及横断山区^[64]。东汉末至魏晋南北朝期间,气候寒冷,据《齐名要术》记载,仅在6世纪便有19次异常严寒寒冬^[65],该物候资料印证了气候寒冷的说法。这一时期氐羌族系部落、匈奴、鲜卑等游牧民族向东部大规模迁徙,旧称为“五胡”。之后,高原东部主要为氐羌族系,其部落有:吐谷浑、党项羌、白兰羌和东女国等。公元7世纪开始,气候条件温暖,不仅出现中原唐王朝的兴盛,同时青藏高原南部的吐蕃王朝更是在公元670 a 灭吐谷浑部落,将整个青藏高原东部划入其版图,并通过唐蕃“清水会盟”确定^[66]。中世纪暖期(宋元)过后,气候较中世纪暖期之前更为寒冷,其中16世纪初到19世纪晚期的寒冷期(小冰期)为各种高分辨率的代用证据所证实,这与竺可桢^[3]和张德二^[67]基于历史文献记载,对中国小冰期的论述颇为一致。这一时期由于疆域的统一,战事减少,民族之间增加了交流,有效促进了民族融合。

除此之外,若尔盖周边区域的史料记载也为该区域的气候变化趋势提供了佐证。有资料显示,在1300—1100 a B.P.(中世纪暖期)期间,河西走廊早期游牧生活的维吾尔族人开始在绿洲定居并从事农业生产^[68]。在1000 a B.P.左右,甘肃河西走廊石羊河流域定居的人口达到其历史高峰^[69]。这一时期川西地区宋代大规模“茶马互市”的兴起,除政治原因,也可管窥其间气候的适应性^[66,70]。综上所述,气候变化对若尔盖区域的文化发展有着重要影响。即在寒冷期,由于游牧民族面临生存危机,容易导致游牧民族东进,造成民族关系的紧张,而在温暖期则相反。随着疆域的统一与文化的逐渐融合,气候变化对民族关系的影响逐渐减小。由于研究方法的局限,气候变化对文化发展的影响程度还有待进一步研究。

5 讨论

一方面,气候变化通过温度变化、降水量变化直接影响沼泽的发育。如前所述,沼泽的发育除了与

低平的地势相关,还与季节性冻土层、湿润的气候相关。例如5000—3000 a B.P.期间,气候较为暖湿,充沛的降雨和适宜的温度为植被在夏季生长提供了充足的水分,提高了地表生物总量,利于沼泽的形成,且冻土层的存在不仅有效阻止了地表水和土壤水分的下渗迁移,使植被根系层维持较多的水分,而且使活动层淋溶的多种营养成分在此层聚集,为积累大量的有机质提供了条件^[71]。

另一方面,气候变化通过影响作物产量、栖息地环境来影响人类活动,进而影响着沼泽的发育。例如2000 a B.P.前后,气候以干冷为主,大片森林被草甸所代替(栖息地环境改变),区内氐羌族系以游牧为主的生产方式得到很大发展,体现在犏牛、骡子等杂交牲畜和储存干草等新畜牧技术的出现^[72]。由于资料的限制,我们还不能确切地说这一时期内人类活动对沼泽湿地的影响有多大,但放牧活动对于处于逐渐疏干的退化沼泽以及发育初期的沼泽等脆弱湿地生态系统有着极强的破坏性。之后,伴随吐谷浑的壮大以及随后迁入并取代吐谷浑的吐蕃王朝版图东扩,区域气候逐渐湿润温暖,其间沼泽湿地可能再次向宽谷和坡麓发展。然而公元七世纪到八世纪由于唐蕃战争而迁入的数十万军队、移民和随军奴隶就地屯留^[73],造成该地区第二次大规模的人口迁入,从而使牲畜量增加,对草场和耕地的需求也增加^[66],由于气候湿润而再次发育的沼泽由于人类活动受到抑制。据敦德冰芯孢粉证据,明清年间(600—100 a B.P.)是一个干湿波动变化较大的湿润期间^[74]。气候的寒冷湿润同样有利于沼泽的发展,但其发展速度较为缓慢,且伴随气候的寒冷,人类和牲畜在海拔梯度上的活动范围降低,人类对冬草场的开发和耕地的开垦会更向低海拔延伸,以确保在寒冷的冬季有足够利用期的冬草场以及作物有更长的生长期^[66],因此这一寒冷期是沼泽湿地缓慢发展的时期。

除此之外,主动的人为干扰也能够对沼泽发育带来重大的影响。20世纪中叶后,人类活动加剧,道路修建,有计划的草场焚烧及挖渠排水等,导致沼泽附近地下水位的降低,沼泽湿地严重萎缩^[75]。受20世纪70年代沼泽湿地排水疏干扩大放牧草地活动的影响,沼泽湿地急剧萎缩了大约52%,湖泊湿地更是减少了将近80%^[71,76]。此外,沼泽周边山坡上暗

针叶林遭到滥砍乱伐,森林面积急剧下降,其涵养沼泽的功能减弱,这也是沼泽湿地退化的原因之一^[77]。

6 展望

青藏高原东北部特殊的大气环流以及地理特征,使其成为中国三大自然区域的交错地带,是生态脆弱地带,是对全球气候变化最敏感的区域之一。围绕气候变化和人类活动辨识等问题,开展高海拔生态系统对气候变化的适应及其相关技术集成示范,加强区域生态系统可持续管理体系研究,对于建立高原生态安全屏障与综合评估体系,服务青藏高原经济社会可持续发展将具有重大意义。

References:

- [1] Solomon S, Qin D, Manning M, Chen Z, Marquis M, Averyt K B, Tignor M, Miller H L. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [2] Jansen E, Overpeck J, Briffa K R. Palaeoclimate // Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2007.
- [3] Zhu K Z. A preliminary study on the climatic fluctuations during the last 5000 years in China. Science in China, 1973, 16(2): 226-256.
- [4] Mou Z X. Further Exploration on the Climatic Change During Last 5000 Years in China. Beijing: Meteorological Press, 1996.
- [5] Yao T D, Thompson L G. Dunde icecore recording the temperature changes in the last 5 ka. Science in China (Series B), 1992, (10): 1089-1093.
- [6] Xu H, Tang H Y, Lin Q H, Hong B, Jiang H B, Zhu Y X. Peat cellulose oxygen isotope indicating the temperature change during the last 6 ka in Hongyuan region. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(15): 1181-1186.
- [7] Zhang M L, Yuan D X, Lin Y S, Qin J M, Bin L, Cheng H, Edwards R L. A 6000-year high-resolution climatic record from a stalagmite in Xiangshui Cave, Guilin, China. The Holocene, 2004, 14(5): 697-702.
- [8] Guo C X, Luo F, Luo C X, Feng S, Sun Q, Yang Z R, Zhang J. Holocene pollen record in the Tangke peat profile of Sichuan and its palaeoclimatic significance. Acta Palaeontologica Sinica, 2012, 51(3): 351-358.
- [9] Ge S Q. The Climate Change of Past Dynasties in China. Beijing: Science Press, 2011.
- [10] Sun H L. Formation and Evolvement of Qinghai-Tibetan Plateau. Shanghai: Shanghai Science and Technology Press, 1996.
- [11] Zheng D, Li B Y. Progress in studies on geographical environments of the Qinghai-Tibetan Plateau. Scientia Geographica Sinica, 1999, 19(4): 295-302.
- [12] Cheng J, Jiang M Z, Zan L H, Liu X Q, Xu X, Lu P, Zhang X J, Tian M Z. Progress in research on the quaternary geology in the source area of the Yellow River. Geoscience, 2005, 19(2): 239-246.
- [13] Shao X, Xu Y, Yin Z Y, Liang E, Zhu H, Wang S. Climatic implications of a 3585-year tree-ring width chronology from the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau. Quaternary Science Reviews, 2010, 29(17/18): 2111-2122.
- [14] Du N Q, Sun Z C, Shan F S. A preliminary study on paleoclimate and paleoenvironment of Qinghai Lake based on palynology in core QH85-14C. Acta Botanica Sinica, 1989, 31(10): 803-814.
- [15] Sun Z C, Du N Q, Shan F S, Tong G B, Luo S J, Fan S X. Vegetational and climatic changes in the last 11, 000 years in Qinghai lake-numerical analysis based on palynology in core QH85-14C. Marine Geology and Quaternary Geology, 1990, 10(3): 79-90.
- [16] Wang S M, Shi Y F. Review and discussion on the late Quaternary evolution of Qinghai lake. Journal of Lake Sciences, 1992, 4(3): 1-9.
- [17] Zhang P X, Zhang B Z, Qian G M, Li H J, Xu L M. The study of paleoclimatic parameter of Qinghai Lake since Holocene. Quaternary Sciences, 1994, (3): 225-228.
- [18] Feng S, Tang M C, Zhou L S. Level fluctuation in Qinghai Lake during the last 600 years. Journal of Lake Sciences, 2000, 12(3): 205-210.
- [19] Shen J, Zhang E L, Xia W L. Records from lake sediments of the Qinghai Lake to mirror climatic and environmental changes of the last about 1000 years. Quaternary Sciences, 2001, 21(6): 508-513.
- [20] Guo X L, Wang Q, Shi A J, Zhang X B, Zeng F G, Deng J H. Characters of the total organic carbon and organic carbon isotope and grain size and paleoclimate significance in Qinghai Lake sediments. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(3): 99-103.
- [21] Liu X Q, Shen J, Wang S M, Yang X D, Zhang E L, Tong G B. A 16 000-year pollen record of Qinghai Lake and its paleoclimatic and paleoenvironmental evolution. Chinese Science Bulletin, 2002, 47(17): 1351-1355.
- [22] Zhang E L, Shen J, Xia W L, Zhu Y X, Wang S M. Environmental records from organic carbon and its isotope of Qinghai Lake sediment. Marine Geology and Quaternary Geology, 2002, 22(2): 105-108.
- [23] Zhang E L, Shen J, Wang S M, Xia W L, Jin Z D. Climate and

- environment change during the past 900 years in Qinghai Lake. *Journal of Lake Sciences*, 2002, 14(1): 32-38.
- [24] Shen J, Liu X Q, Matsumoto R, Wang S M, Yang X D. Poly-index and more precise information from Qinghai Lake sediments since the Lake Glacial Age. *Science in China (Series D)*, 2004, 34(6): 582-589.
- [25] Liu X Q, Shen J, Wang S M, Zhang E L, Cai Y F. A 16000-year paleoclimatic record derived from authigenetic carbonate of lacustrine sediment in Qinghai Lake. *Geological Journal of China Universities*, 2003, 9(1): 38-46.
- [26] Yu X F, Zhou W J, Franzen L G, Xian F, Cheng P, Tim A J. Changes of the summer-winter monsoon during the Holocene; from the precise peat records of eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Science in China (Series D)*, 2006, 36(2): 182-187.
- [27] Shen C M, Tang L Y, Wang S M. Vegetation and climate during the last 250000 years in Zoige region. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1996, 13(4): 373-385.
- [28] Wu J L, Wang S M. Paleoclimate of Eastern Qinghai-Tibetan Plateau since Last interglaciation inferred from RM core oxygen isotope of carbonate. *Chinese Science Bulletin*, 1996, 41(17): 1601-1604.
- [29] Wu J L, Wang S M, Pan H X, Xia W L. Characters of paleoclimate in Eastern Qinghai-Tibetan Plateau recorded by carbonate isotope in RM core since the last 140, 000 years. *Science in China (Series D)*, 1997, 27(3): 255-259.
- [30] Xue B, Wang S M, Wu J L, Qian J L. Palaeoclimate of northeastern Qinghai-Xizang (Tibetan) Plateau since last interglaciation-a case study from core RM of the Zoige basin. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 1999, 30(3): 327-332.
- [31] Wu J L, Wang S M, Shi Y F, Ji L. A paleo-temperature quantitative study recorded by oxygen isotope since 200, 000 years in Zoige basin. *Science in China (Series D)*, 2000, 30(1): 73-80.
- [32] Zhang P Z, Wang X B, Chen J F, Li C Y, Wang S M. Organic $\delta^{13}\text{C}$ and hydrogen index records in RH core sediment in Zoige basin on Qinghai-Tibetan Plateau. *Science in China (Series B)*, 1995, 25(6): 631-638.
- [33] Wang S M, Xue B. A comparable research on environment evolution of Zoige basin and Loess Plateau since mid-Pleistocene. *Science in China (Series D)*, 1996, 26(4): 323-328.
- [34] Wu J L. $\delta^{13}\text{C}$ frequency spectrum analyses on climatic characteristics of Zoige basin since 800, 000 years. *Journal of Lake Sciences*, 1997, 9(3): 211-216.
- [35] Wu J L, Schleser G H, Xia W L, Andreas L, Li S J, Wang S M. Climatic signals recorded in stable isotope and trace elements of shells in Xincuo Lake, Eastern Tibetan Plateau. *Journal of Lake Sciences*, 2001, 13(3): 220-226.
- [36] Wu J L, Wang S M, Li S J, Xia W L, Shi Y F, Schleser G H, Lücke A. 0.2 ka quantitative climatic reconstruction of Xingcuo Lake on Eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Science in China (Series D)*, 2001, 31(12): 1024-1030.
- [37] Wu J L. Modern climatic signals deduced from stable isotope proxies of shells in Xingcuo Lake sediments, eastern Tibetan Plateau, China. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2001, 21(4): 19-23.
- [38] Liu G X, Shen Y P, Wang S M. The vegetation and climate of Holocene Megathermal in Zoige, Northwestern Sichuan, China. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 1995, 17(3): 247-249.
- [39] Wang H, Hong Y T, Zhu Y Y, Hong B, Lin Q H, Xu H, Leng X T, Mao X M. Paleoclimatic implications of Qinghai-Tibetan Plateau from peat humification records. *Chinese Science Bulletin*, 2004, 49(7): 686-691.
- [40] Wang H, Hong Y T, Zhu Y Y, Lin Q H, Leng X T, Mao X M. The peat humification records of Holocene climate change in Hongyuan region. *Geology-Geochemistry*, 2003, 31(2): 51-56.
- [41] Zhou W J, Lu X F, Wu Z C, Deng L, Jull A J T, Donahue D, Beck W. Climate change of Zoige Plateau since Holocene and AMS radiocarbon. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(12): 1040-1044.
- [42] Cheng J, Zhang X J, Tian M Z, Tang D X, Yu W Y, Yu J K, Qiao G B, Zan L H. Climate of the Holocene Megathermal in the source area of the Yellow River, Northeast Tibet. *Geological Review*, 2004, 50(3): 330-337.
- [43] Xue B, Pan H X, Xia W L, Wang S M. Paleoenvironmental reconstruction of Ximencuo in historical period inferred from pigment records. *Journal of Lake Sciences*, 1997, 9(4): 295-299.
- [44] Wang S M, Xue B, Xia W L. Lake record of climatic change in the past 2000 years of Ximen Cuo (lake). *Quaternary Sciences*, 1997, (1): 62-69.
- [45] Ma Y S, Shi W, Wu M L, Zhao Z Z, Zhang C S. Environmental evolution in the Yellow River source area in the past 1000 years. *Geological Bulletin of China*, 2004, 23(9): 1012-1017.
- [46] Zhang Y F, Zhang J P, Xu J M, Lin F. Paleoclimate evolution of the Yellow River source areas since Holocene epoch. *Earth Science*, 1995, 20(4): 445-449.
- [47] Chen F H, Zhu Y, Li J J, Shi Q, Jin L Y, Wunemann B. Century and millenary abrupt changes of summer monsoon derived from lake sediment records of Mingqing Basin. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46(17): 1414-1415.
- [48] Shi Y F, Kong Z C, Wang S M, Tang L Y, Wang F B, Yao T D, Zhao X T, Zhang P Y, Shi S H. Climatic fluctuations and important events during Holocene Megathermal. *Science in China (Series B)*, 1992, 22(12): 1300-1308.
- [49] Xian F, Zhou W J, Yu X F, Lu X F, Jull A J T, Lars G F. Evidence for abrupt changes of the Asian monsoon during the Holocene; from the peat records of Tibetan Plateau. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 2006, 26(1): 41-45.

- [50] Shen C M, Tang L Y, Wang S M. Vegetation and climate during the last 22000 years in Zoige region. *Acta Micropalaeontologica Sinica*, 1996, 13(4): 401-406.
- [51] Zhou W J, Liu Z, Wang H, Yu S Y. The pollen record from the Hongyuan peatland in the Tibetan Plateau since 13500 year. *Journal of Earth Environment*, 2011, 2(5): 605-612.
- [52] Zhao W W. Holocene Environmental Change Inferred by Pollen and Charcoal Records From the Zoige Basin [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2012.
- [53] Cai Y. Study on Environmental Change in Zoige Plateau: Evidence From the Vegetation Record Since 24, 000 a B P [D]. Beijing: Chinese Academy of Geological Sciences, 2008.
- [54] Sun G Y, Luo X Z, Turner R E. A Study on peat deposition chronology of Holocene of Zoige Plateau in the Northeast Qinghai-Tibetan Plateau. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2001, 19(2): 177-181.
- [55] Wang Y, Zhao Z Z, Qiao Y S, Wang S B, Li C Z, Song L F. Paleoclimatic and paleoenvironmental evolution since the late glacial epoch as recorded by sporopollen from the Hongyuan peat section on the Zoige Plateau, northern Sichuan, China. *Geological Bulletin of China*, 2006, 25(7): 827-832.
- [56] Hong Y T, Hong B, Lin Q H, Shibaya Y, Hirota M, Uchida M, Leng X T, Jiang H B, Xu H, Wang H, Yi L. Correlation between Indian Ocean summer monsoon and North Atlantic climate during the Holocene. *Earth and Planetary Science Letters*, 2003, 211(3/4): 371-380.
- [57] Chen F H, Wang S M, Li J J, Shi Y F, Li S J, Cao J X, Zhang Y T, Wang Y F, Kelts K. Research on Zoige Lake core magnetostratigraphy of Qinghai Tibet Plateau. *Science in China (Series B)*, 1995, 25(7): 772-777.
- [58] David J L, Baruch S, Marion F, Michaela S, Malin K, Kerry G, Li X D, Shen C D, Possnert G, Zhang G, Darling W G, Weiss D. The influence of climate, hydrology and permafrost on Holocene peat accumulation at 3500 m on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Quaternary Science Reviews*, 2009, 28(27/28): 3303-3314.
- [59] Wang F B, Yan G, Lin B H. Preliminary study of peat $\delta^{13}\text{C}$ on Zoige Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 1993, 38(1): 65-67.
- [60] Zhu K Z. *Natural Geography in China*. Beijing: Science Press, 1979.
- [61] Huang L, Shao X M, Liang E Y, Wang L L. Characteristics of millennial tree-ring width variations of Qilian juniper in Shalike Mountain, Qinghai. *Geographical Research*, 2004, 23(3): 365-373.
- [62] Ge Q S, Zheng J Y, Fang X Q. Winter half-year temperature reconstruction for the middle and lower reaches of the Yellow River and Yangtze River, China, during the past 2000 years. *The Holocene*, 2003, 13(6): 933-940.
- [63] Wang H C. The relationship between the migrating south of the nomadic nationalities in north China and the climatic changes. *Scientia Geographica Sinica*, 1996, 16(3): 274-279.
- [64] Tong E Z. A preliminary study of the new archaeological finds in Southwest China. *Acta Archaeologica Sinica*, 1980, (4): 417-442.
- [65] Wang Y M, Cai J L. Researches on impacts of environmental changes on human civilization. *Journal of Xinyang Normal University*, 2006, 19(4): 494-498.
- [66] Wu N, Liu Z G. Probing into the causes of geographical pattern of subalpine vegetation on the eastern Qinghai-Tibetan Plateau. *Chinese Journal of Applied and Environment Biology*, 1998, 4(3): 290-297.
- [67] Zhang D E. The little ice age in China and its correlations with global change. *Quaternary Sciences*, 1991, (2): 104-112.
- [68] Twitchett D. *The Cambridge History of China (Vol. 1)*. New York: Cambridge University Press, 1997: 586-906.
- [69] Sheppard P R, Tarasov P E, Graumlich L J, Heussner K U, Wagner M, Österle H, Thompson L G. Annual precipitation since 515 BC reconstructed from living and fossil juniper growth of northeastern Qinghai Province, China. *Climate Dynamics*, 2004, 23(7/8): 869-881.
- [70] Shi S. The ancient tea route and its historical and cultural value. *Tibetan Studies*, 2002, (4): 49-57.
- [71] Wang Y, Zhao Z Z, Qiao Y S, Li C Z. Characteristics of the climatic variation in Zoige in the past 45 years and its effects on the eco-environment in the area. *Journal of Geomechanics*, 2005, 11(4): 328-332, 340-340.
- [72] Shi S. *Eastern Development History of Tibet Civilization*. Chengdu: Sichuan People Press, 1994.
- [73] Brief History of Tibetan People Writing Team. *Brief History of Tibetan People*. Lasa: Tibetan People Press, 1985.
- [74] Liu K B, Yao Z, Thompson L G. A pollen record of Holocene climatic changes from the Dunde ice cap, Qinghai-Tibetan Plateau. *Geology*, 1998, 26(2): 135-138.
- [75] Cai Y. *Mires of Zoige Plateau*. Beijing: Science Press, 1965.
- [76] Zhao K Y, He C Q. Influence of human activities on the mire in Zoige Plateau and countermeasure. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(5): 444-449.
- [77] Yang Y X. Ecological environment deterioration, mire degeneration and their formation mechanism in the Zoige Plateau. *Journal of Mountain Science*, 1999, 17(4): 318-323.

参考文献:

- [3] 竺可桢. 中国近五千年来气候变迁的初步研究. *中国科学*, 1973, 16(2): 226-256.
- [4] 牟重行. 中国五千年气候变化的再考证. 北京: 气象出版社, 1996.
- [5] 姚檀栋, Thompson L G. 敦德冰芯记录与过去 5ka 温度变化. *中国科学 B 辑*, 1992, (10): 1089-1093.

- [6] 徐海, 汤洪业, 林庆华, 洪冰, 姜洪波, 朱泳煊. 红原泥炭纤维素氧同位素指示的距今 6ka 温度变化. 科学通报, 2002, 47(15): 1181-1186.
- [8] 郭春晓, 罗璠, 罗传秀, 冯甦, 孙群, 杨志荣, 张杰. 基于若尔盖高原湿地唐克剖面孢粉记录的古气候重建. 古生物学报, 2012, 51(3): 351-358.
- [9] 葛胜全. 中国历朝气候变化. 北京: 科学出版社, 2011.
- [10] 孙鸿烈. 青藏高原的形成演化. 上海: 上海科学技术出版社, 1996.
- [11] 郑度, 李炳元. 青藏高原地理环境研究进展. 地理科学, 1999, 19(4): 295-302.
- [12] 程捷, 姜美珠, 咎立宏, 刘学清, 续晓, 陆平, 张绪教, 田明中. 黄河源区第四纪地质研究的新进展. 现代地质, 2005, 19(2): 239-246.
- [14] 杜乃秋, 孔昭宸, 山发寿. 青海湖 QH85-14C 钻孔孢粉分析及其古气候古环境的初步探讨. 植物学报, 1989, 31(10): 803-814.
- [15] 孔昭宸, 杜乃秋, 山发寿, 童国榜, 罗绍杰, 范淑贤. 青海湖全新世植被演变及气候变迁- QH85-14C 孢粉数值分析. 海洋地质与第四纪地质, 1990, 10(3): 79-90.
- [16] 王苏民, 施雅风. 晚第四纪青海湖演化研究析视与讨论. 湖泊科学, 1992, 4(3): 1-9.
- [17] 张彭熹, 张保珍, 钱桂敏, 李海军, 徐黎明. 青海湖全新世以来古环境参数的研究. 第四纪研究, 1994, (3): 225-228.
- [18] 冯松, 汤懋苍, 周路生. 青海湖近 600 年的水位变化. 湖泊科学, 2000, 12(3): 205-210.
- [19] 沈吉, 张恩楼, 夏威夷. 青海湖近千年来气候环境变化的湖泊沉积记录. 第四纪研究, 2001, 21(6): 508-513.
- [20] 郭雪莲, 王琪, 史基安, 张晓宝, 曾凡刚, 邓津辉. 青海湖沉积物有机碳含量与同位素和粒度特征及其古气候意义. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(3): 99-103.
- [21] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 羊向东, 张恩楼, 童国榜. 青海湖 16ka 以来的花粉记录及其古气候古环境演化. 科学通报, 2002, 47(17): 1351-1355.
- [22] 张恩楼, 沈吉, 夏威夷, 朱育新, 王苏民. 青海湖沉积物有机碳及其同位素的气候环境信息. 海洋地质与第四纪地质, 2002, 22(2): 105-108.
- [23] 张恩楼, 沈吉, 王苏民, 夏威夷, 金章东. 青海湖近 900 年来气候环境演化的湖泊沉积记录. 湖泊科学, 2002, 14(1): 32-38.
- [24] 沈吉, 刘兴起, Matsumoto R, 王苏民, 羊向东. 晚冰期以来青海湖沉积物多指标高分辨率的古气候演化. 中国科学 D 辑, 2004, 34(6): 582-589.
- [25] 刘兴起, 沈吉, 王苏民, 张恩楼, 蔡元峰. 16 ka 以来青海湖湖相自生碳酸盐沉积记录的古气候. 高校地质学报, 2003, 9(1): 38-46.
- [26] 于学峰, 周卫健, Franzen L G, 鲜锋, 程鹏, Tim A J. 青藏高原东部全新世夏季风变化的高分辨率泥炭记录. 中国科学 D 辑, 2006, 36(2): 182-187.
- [27] 沈才明, 唐领余, 王苏民. 若尔盖地区 25 万年以来的植被与气候. 微体古生物学报, 1996, 13(4): 373-385.
- [28] 吴敬禄, 王苏民. 青藏高原东部 RM 孔碳酸盐氧同位素揭示的末次间冰期气候特征. 科学通报, 1996, 41(17): 1601-1604.
- [29] 吴敬禄, 王苏民, 潘红玺, 夏威夷. 青藏高原东部 RM 孔 140ka 以来湖泊碳酸盐同位素记录的古气候特征. 中国科学 D 辑, 1997, 27(3): 255-259.
- [30] 薛滨, 王苏民, 吴敬禄, 钱君龙. 青藏高原东北部末次间冰期以来的古气候: 以若尔盖盆地 RM 孔分析为例. 海洋与湖沼, 1999, 30(3): 327-332.
- [31] 吴敬禄, 王苏民, 施雅风, 吉磊. 若尔盖盆地 200ka 以来氧同位素记录的古温度定量研究. 中国科学 D 辑, 2000, 30(1): 73-80.
- [32] 张平中, 王先彬, 陈践发, 李春园, 王苏民. 青藏高原若尔盖盆地 RH 孔沉积有机质的 $\delta^{13}\text{C}$ 值和氢指数记录. 中国科学 B 辑, 1995, 25(6): 631-638.
- [33] 王苏民, 薛滨. 中更新世以来若尔盖盆地环境演化与黄土高原比较研究. 中国科学 D 辑, 1996, 26(4): 323-328.
- [34] 吴敬禄. 若尔盖盆地 RH 孔近 80 万年来 $\delta^{13}\text{C}$ 气候特征的频谱分析. 湖泊科学, 1997, 9(3): 211-216.
- [35] 吴敬禄, Schleser G H, 夏威夷, Andreas L, 李世杰, 王苏民. 青藏高原东部兴措湖生物壳体元素及同位素记录的气候环境信息. 湖泊科学, 2001, 13(3): 220-226.
- [36] 吴敬禄, 王苏民, 李世杰, 夏威夷, 施雅风, Schleser G H, Lücke A. 青藏高原东部兴措湖近 0.2 ka 来的气候定量复原. 中国科学 D 辑, 2001, 31(12): 1024-1030.
- [37] 吴敬禄. 青藏高原东部兴措湖壳体同位素记录的气候环境信息. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(4): 19-23.
- [38] 刘光秀, 沈永平, 王苏民. 全新世大暖期若尔盖的植被与气候. 冰川冻土, 1995, 17(3): 247-249.
- [39] 王华, 洪业汤, 朱咏煊, 洪冰, 林庆华, 徐海, 冷雪天, 毛绪美. 青藏高原泥炭腐殖化度的古气候意义. 科学通报, 2004, 49(7): 686-691.
- [40] 王华, 洪业汤, 朱咏煊, 林庆华, 冷雪天, 毛绪美. 红原泥炭腐殖化度记录的全新世气候变化. 地质地球化学, 2003, 31(2): 51-56.
- [41] 周卫健, 卢雪峰, 武振冲, 邓林, Jull A J T, Donahue D, Beck W. 若尔盖高原全新世气候变化的泥炭记录与加速器放射性碳测年. 科学通报, 2001, 46(12): 1040-1044.
- [42] 程捷, 张绪教, 田明中, 唐德翔, 于文洋, 余江宽, 乔耿飏, 咎立宏. 青藏高原东北部黄河源区大暖期气候特征. 地质评论, 2004, 50(3): 330-337.
- [43] 薛滨, 潘红玺, 夏威夷, 王苏民. 历史时期希门错湖泊沉积色素记录的古环境变化. 湖泊科学, 1997, 9(4): 295-299.
- [44] 王苏民, 薛滨, 夏威夷. 希门错 2000 多年来气候变化的湖泊记录. 第四纪研究, 1997, (1): 62-69.
- [45] 马寅生, 施炜, 吴满路, 赵志中, 张春山. 黄河源区 1000 年以来的环境演化. 地质通报, 2004, 23(9): 1012-1017.

- [46] 张玉芳, 张俊牌, 徐建明, 林防. 黄河源区全新世以来的古气候演化. 地球科学, 1995, 20(4): 445-449.
- [47] 陈发虎, 朱艳, 李吉均, 施祺, 靳立亚, Wunemann B. 民勤盆地湖泊沉积记录的全新世千百年尺度夏季风快速变化. 科学通报, 2001, 46(17): 1414-1415.
- [48] 施雅风, 孔昭宸, 王苏民, 唐领余, 王富葆, 姚檀栋, 赵希涛, 张丕远, 施少华. 中国全新世大暖期的气候波动与重要事件. 中国科学 B 辑, 1992, 22(12): 1300-1308.
- [49] 鲜锋, 周卫健, 于学峰, 卢雪峰, Jull A J T, Lars G F. 高原泥炭记录揭示的全新世季风快速变化. 海洋地质与第四纪地质, 2006, 26(1): 41-45.
- [50] 沈才明, 唐领余, 王苏民. 若尔盖地区 22000 年以来的植被与气候. 微体古生物学报, 1996, 13(4): 401-406.
- [51] 周卫健, 刘钊, 王浩, 于世永. 13500 年以来青藏高原红原泥炭沉积的孢粉记录. 地球环境学报, 2011, 2(5): 605-612.
- [52] 赵文伟. 若尔盖泥炭地孢粉和炭屑记录的全新世环境变化 [D]. 兰州: 兰州大学, 2012.
- [53] 蔡遥. 若尔盖地区 24000 年以来植被记录的环境变化研究 [D]. 北京: 中国地质科学院, 2008.
- [54] 孙广友, 罗新正, Turner R E. 青藏东北部若尔盖高原全新世泥炭沉积年代学研究. 沉积学报, 2001, 19(2): 177-181.
- [55] 王燕, 赵志中, 乔彦松, 王书兵, 李朝柱, 宋利峰. 川北若尔盖高原红原泥炭剖面孢粉记录的晚冰期以来古气候古环境的演变. 地质通报, 2006, 25(7): 827-832.
- [57] 陈发虎, 王苏民, 李吉均, 施雅风, 李世杰, 曹继秀, 张宇田, 王云飞, Kelts K. 青藏高原若尔盖湖芯磁性地层研究. 中国科学 B 辑, 1995, 25(7): 772-777.
- [59] 王富葆, 阎革, 林本海. 若尔盖高原泥炭 $\delta^{13}C$ 的初步研究. 科学通报, 1993, 38(1): 65-67.
- [60] 竺可桢. 中国自然地理. 北京: 科学出版社, 1979.
- [61] 黄磊, 邵雪梅, 梁尔源, 王丽丽. 青海沙利克山祁连圆柏千年树轮宽度序列的变化特征. 地理研究, 2004, 23(3): 365-373.
- [63] 王会昌. 2000 年来中国北方游牧民族南迁与气候变化. 地理科学, 1996, 16(3): 274-279.
- [64] 童恩正. 近年来中国西南民族地区战国秦汉时代的考古发现及其研究. 考古学报, 1980, (4): 417-442.
- [65] 王义民, 柴军领. 论自然环境演变对人类文明进程的影响. 信阳师范学院学报, 2006, 19(4): 494-498.
- [66] 吴宁, 刘照光. 青藏高原东部亚高山森林草甸植被地理格局的成因探讨. 应用与环境生物学报, 1998, 4(3): 290-297.
- [67] 张德二. 中国的小冰期气候及其与全球变化的关系. 第四纪研究, 1991, (2): 104-112.
- [70] 石硕. 茶马古道及其历史文化价值. 西藏研究, 2002, (4): 49-57.
- [71] 王燕, 赵志中, 乔彦松, 李朝柱. 若尔盖 45 年来的气候变化特征及其对当地生态环境的影响. 地质力学学报, 2005, 11(4): 328-332, 340-340.
- [72] 石硕. 西藏文明东向发展史. 成都: 四川人民出版社, 1994.
- [73] 藏族简史编写组. 藏族简史. 拉萨: 西藏人民出版社, 1985.
- [75] 柴岫. 若尔盖的沼泽. 北京: 科学出版社, 1965.
- [76] 赵魁义, 何池全. 人类活动对若尔盖高原沼泽的影响与对策. 地理科学, 2000, 20(5): 444-449.
- [77] 杨永兴. 若尔盖高原生态环境恶化与沼泽退化及其形成机制. 山地学报, 1999, 17(4): 318-323.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.34, No.7 Apr., 2014 (Semimonthly)

CONTENTS

Frontiers and Comprehensive Review

- The 5000-year climate change of northeastern Qinghai-Tibetan Plateau and historical ecology of Zoige wetlands HE Yixin, WU Ning, ZHU Qiu'an, et al (1615)
- Altitudinal distribution rule of *Picea schrenkiana* forest's soil organic carbon and its influencing factors Aminem ELI, CHANG Shunli, ZHANG Yutao, et al (1626)

Autecology & Fundamentals

- Daily stem radial variation of *Pinus koraiensis* and its response to meteorological parameters in Xiaoxing'an mountain LI Xinghuan, LIU Ruipeng, MAO Zijun, et al (1635)
- Effects of logging residues on surface soil biochemical properties and enzymatic activity WU Bobo, GUO Jianfen, WU Junjun, et al (1645)
- Characteristics of soil macroaggregates under typical forests in Pangquangou Nature Reserve BAI Xiumei, HAN Youzhi, GUO Hanqing (1654)
- Modeling tree crown structure of Simao pine (*Pinus kesiya* var. *langbianensis*) natural forest OU Guanglong, XIAO Yifa, WANG Junfeng, et al (1663)
- Influence of magnesium deficiency and excess on chlorophyll fluorescence characteristics of Newhall navel orange leaves LING Lili, HUANG Yi, PENG Liangzhi, et al (1672)
- Seed foraging and dispersal of Chinese yew (*Taxus chinensis* var. *mairei*) by frugivorous birds within patchy habitats LI Ning, WANG Zheng, LU Changhu, et al (1681)
- Interactions between heavy metal lead and two freshwater algae LIU Lu, YAN Hao, LI Cheng, et al (1690)
- Annual variations of the primary productivity and its size-fractioned structure in culture ponds of *Apostichopus japonicus* Selenka JIANG Senhao, ZHOU Yibing, TANG Boping, et al (1698)
- Growth and photosynthetic activity of *Microcystis* colonies after gut passage through silver carp and bighead carp WANG Yinping, GU Xiaohong, ZENG Qingfei, et al (1707)
- Contents of two coumarins in *Ipomoea cairica* and their effects on *Pomacea canaliculata*, *Orzya sativa*, and *Echinochloa crusgalli* YOU Changyan, YANG Yu, HU Fei, et al (1716)

Population, Community and Ecosystem

- Population and habitat status of Asian elephants (*Elephas maximus*) in Mengla Sub-reserve of Xishuangbanna National Nature Reserve, Yunnan of China LIN Liu, JIN Yanfei, CHEN Dekun, et al (1725)
- Seasonal changes of functional guilds of fish community in Laizhou Bay, East China LI Fan, XU Bingqing, MA Yuanqing, et al (1736)
- Effect of long-term fertilization pattern on weed community diversity in wheat field JIANG Min, SHEN Mingxing, SHEN Xinpeng, et al (1746)
- Ecological process of water transformation in furrow and ridge mulching system in oat field under extreme drought scenario ZHOU Hong, ZHANG Hengjia, MO Fei, et al (1757)

Landscape, Regional and Global Ecology

- Simulations and analysis on the effects of landscape pattern change on flood and low flow based on SWAT model LIN Bingqing, CHEN Xingwei, CHEN Ying, et al (1772)
- Phenological variation of alpine grasses (Gramineae) in the northeastern Qinghai-Tibetan Plateau, China during the last 20 years XU Weixin, XIN Yuanchun, ZHANG Juan, et al (1781)
- Landscape aesthetics in different areas of Lijiang City GUO Xianhua, ZHAO Qianjun, CUI Shenghui, et al (1794)
- Temporal and spatial pattern of *Scenedesmus* in the river web of the Pearl River Delta, China WANG Chao, LI Xinhui, LAI Zini, et al (1800)

- Spatiotemporal dynamics of bacterial abundance and related environmental parameters in Lake Bosten WANG Bowen, TANG Xiangming, GAO Guang, et al (1812)
- Scale domain recognition for land use spatial fractal feature based on genetic algorithm WU Hao, LI Yan, SHI Wenzhong, et al (1822)
- Relationships of stable carbon isotope of *Abies faxoniana* tree-rings to climate in sub-alpine forest in Western Sichuan JIN Xiang, XU Qing, LIU Shirong, et al (1831)
- An exploratory spatial data analysis-based investigation of the hot spots and variability of *Ommastrephes bartramii* fishery resources in the northwestern Pacific Ocean FENG Yongjiu, CHEN Xinjun, YANG Mingxia, et al (1841)
- Urban, Rural and Social Ecology**
- Spatial differentiation research of non-use value WTP based on the residents' ecological cognition: taking the sanjiang plain as a case GAO Qin, AO Changlin, CHEN Hongguang, et al (1851)
- Contamination characteristics in surface water and coastal groundwater of Hunhe River CUI Jian, DU Jizhong, WANG Xiaoguang (1860)
- Social ecological system and vulnerability driving mechanism analysis YU Zhongyuan, LI Bo, ZHANG Xinshi (1870)
- Research Notes**
- Effects of iso-osmotic $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ and NaCl stress on growth and physiological characteristics of cucumber seedlings ZHOU Heng, GUO Shirong, SHAO Huijuan, et al (1880)
- View Point**
- The discussion about the designation and content of ecological conservation and construction SHEN Guofang (1891)

《生态学报》2014 年征订启事

《生态学报》是由中国科学技术协会主管,中国生态学学会、中国科学院生态环境研究中心主办的生态学高级专业学术期刊,创刊于 1981 年,报道生态学领域前沿理论和原始创新性研究成果。坚持“百花齐放,百家争鸣”的方针,依靠和团结广大生态学科工作者,探索生态学奥秘,为生态学基础理论研究搭建交流平台,促进生态学研究深入发展,为我国培养和造就生态学科人才和知识创新服务、为国民经济建设和发展服务。

《生态学报》主要报道生态学及各分支学科的重要基础理论和应用研究的原始创新性科研成果。特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评价和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 90 元/册,全年定价 2160 元。

国内邮发代号:82-7,国外邮发代号:M670

标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

本期责任副主编 魏辅文

编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报

(SHENGTAI XUEBAO)

(半月刊 1981 年 3 月创刊)

第 34 卷 第 7 期 (2014 年 4 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA

(Semimonthly, Started in 1981)

Vol. 34 No. 7 (April, 2014)

编 辑	《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn	Edited by	Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn
主 编	王如松	Editor-in-chief	WANG Rusong
主 管	中国科学技术协会	Supervised by	China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085	Sponsored by	Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717	Published by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by	Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail: journal@cspg.net	Distributed by	Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010)64034563 E-mail: journal@cspg.net
订 购	全国各地邮局	Domestic	All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044	Foreign	China International Book Trading Corporation Add: P.O.Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号		



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发刊

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 90.00 元