

# 全球变暖对青藏高原腹地草地资源的影响

王 谋<sup>1</sup>,李 勇<sup>1</sup>,白宪洲<sup>1</sup>,黄润秋<sup>2</sup>

(1.成都理工大学 地球科学学院,四川 成都 610059; 2.成都理工大学 环境与土木工程学院,四川 成都 610059)

**摘要:** 全球变化导致青藏高原腹地气候的暖干化趋势,也引起该区高寒草甸植被向高寒草原植被的退化。研究区内为高寒草甸—高寒草原过渡区,高寒草甸植被的退化速率为14.2km/10a,而相应地在退化区内生物总量亦呈下降趋势。气候暖干化是引起高原腹地植被退化的原因。而植被退化与区域生物总量的下降将成为影响该区环境自调能力和牧业经济发展的消极因素。

**关键词:** 全球变暖;青藏高原腹地;暖干化;草地资源

**中图分类号:** X16;S812.8

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-3037(2004)03-0331-06

全球气温自20世纪70年代以来呈持续增加的趋势。位于亚洲腹地的青藏高原也同样表现出与全球变化一致的增温过程。青藏高原被称为全球的“气象灶”和全球气候变化的预警区<sup>[1]</sup>,不仅反映在青藏高原是同纬度带中气温平均变率突出的高值区<sup>[2]</sup>,更是因为青藏高原脆弱而具有敏感性的生态系统能对气候变化做出迅速的响应。有研究指出随着温度上升2~3℃以及降水量下降,在亚洲干旱和半干旱区域的草地生物量将下降40%~90%(Smith,et al,1996)<sup>[3]</sup>。高原腹地在地理区划上多属干旱和半干旱区,研究该区植被生态系统对气候变化的适应,不仅可以对长江源地区环境变化进行解释,也为研究草地生态系统在气温上升过程中的变化趋势提供信息。

## 1 研究区概况

研究区位于青藏高原腹地羌塘盆地东部33°00'~34°00'N, 91°30'~93°00'E(图1)。区内平均海拔高度5000m,由山地、宽谷、盆地和冰原等地貌景观组成,山体走向向东南方向偏转,高原面由西北部的平坦型向东南部的切割型转化。该区空气十分稀薄,含氧量只及沿海地区的45%~55%。年平均气温为-4.1~-10℃,昼夜温差大。降水量呈现由南东往北西方

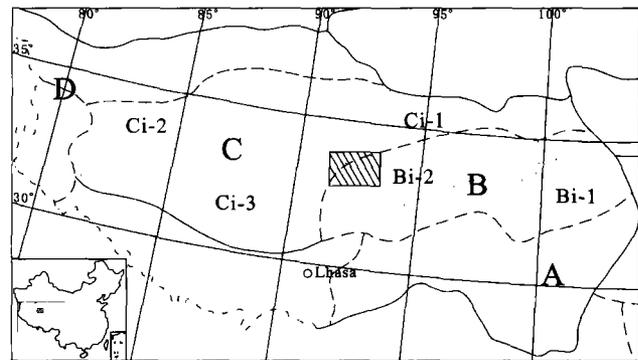


图1 研究区位置及主要植被类型 (据吴征镒,1980)

Fig.1 Location of the study area and its major vegetation types

收稿日期:2003-10-13;修订日期:2004-01-27。

基金项目:自然科学基金“西部生态与环境”重大研究计划(90102002);国土资源部“温泉兵站”幅1:25万国土资源调查项目(200213000002)资助。

第一作者简介:王谋(1975~),男,博士生,从事生态环境及环境变化的研究。E-mail:cdlgwm@21cn.com

致谢:中国科学院西北高原生物研究所彭敏教授帮助鉴定研究区部分样品。本文在写作过程中还得到了中国科学院成都生物研究所潘开文研究员的指导与热情帮助,在此一并致谢。

向递减的趋势,年降水量平均为 350mm,降水主要集中在夏季。区域植被由高寒草原和高寒草甸为主构成。在海拔 5 300m 以上山体,则主要为高山垫状植被及流石坡稀疏植被控制。受降水因素影响,研究区植被呈现由南东往北西方向的逆演趋势,即由南东方向较湿润的草甸植被逐渐过渡到西北部较干燥的高寒草原带。

## 2 气候变化对高原植被的影响

19 世纪晚期至今,全球地表温度上升了 0.4~0.8℃,自 1976 年以来,全球更是以超过 0.15℃/10a 的速度在变暖<sup>[4]</sup>。位于亚洲腹地的青藏高原,受全球气候变化的影响,出现了暖干

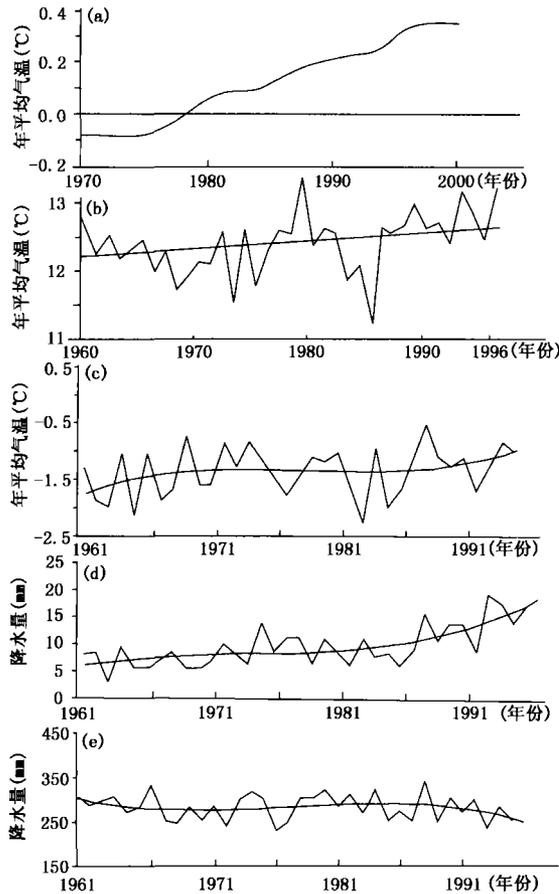


图2 全球(a)及我国(b)气温变化趋势和青南高原近 40 年来温度(c)与冬(d)、夏(e)季降水量变化

Fig.2 Global (a)<sup>[9]</sup> and China's (b) temperature changing trends as well as variations in temperature (c), winter precipitation (d) and summer precipitation (e)<sup>[6]</sup> in the southern part of the Qinghai-Tibet Plateau in the last 40 years

## 3 研究区植被变化特征

研究区位于高原植被的一条重要的分界带,即高寒草原—高寒草甸分界带(图 1,图 3)。该线南东方向为湿润的草甸、灌丛及森林植被,以北及北西方向则由较干旱的高寒草原带逐步过渡为高寒荒漠。

化的趋势(图 2)。近 40 年来,长江黄河源区的年平均气温呈显著变暖趋势,研究区所处的长江源区平均增幅约为 0.06℃/10a<sup>[5]</sup>。图 2c 为研究区所处的青南高原自 20 世纪 70 年代以来温度变化的曲线。这种与全球变化一致的增温过程,在研究区,以至高原面上导致了一些环境因素的变异,生态适应随之而起。气象资料显示,高原在增温过程中,伴随着冬季降水量增长(图 2d),夏季降水量呈减少趋势(图 2e),年降水总量亦呈下降的趋势<sup>[12]</sup>。同时,研究区春秋季节气温明显下降,春季气温回升速度减慢,4 月份平均气温回升每 10a 下降 1℃左右。而秋季气温下降明显加快,平均每 10a 递增 0.5℃左右<sup>[5]</sup>。然而这些气候因素的变异,对高原腹地的草地资源并没有积极意义。冬季降水增加,没能促进草场的发育,反而加重了雪灾的威胁;春季气温回升减慢、秋季气温降幅加快,使牧草返青期推迟,枯黄期提前,缩短了高原植被的生长期<sup>[6]</sup>;夏季正值高原植被发育和繁殖的旺盛期,气候暖干化却导致高原夏季降水量减少,成为植被发育不充分乃至退化的原因。

随着全球变暖,高原腹地气候呈现出暖干化趋势。气候因素的变异,成为诱发生态变异的动力。反映在研究区内的生态演化模式为表征干旱气候系统的高寒草原植被带的扩张。而扩张的方向则是逆高原夏季风传输方向,平面上表现为高寒草原带向南扩张。

“植物群落在气候变化情景下,将迁向与它们现在的生活环境相似的地区”<sup>[4]</sup>。Jackson 和 Weng(1999)<sup>[7]</sup>的研究也指出,环境变化将导致群落中一些种丰度下降,甚至绝灭,而另一些种繁盛,其结果是生态类型与如今的类型完全不同。研究区内高寒草原—高寒草甸过渡区植被变化趋势,也印证了这两种观点。高寒草原带的南扩标志了干旱区的南向扩张,也展示了在气候变化情景下,群落的演化趋势。在高寒草原—高寒草甸过渡带样方统计资料中,反映出随气候变化,群落组成成分在多样性、丰富度、均匀度及种的重要值方面的变化(图 4)。A 区样方指示了典型高寒草原群落的植被生态学特征;B 区样方指示经图面对比后(图 3a,b 线)草

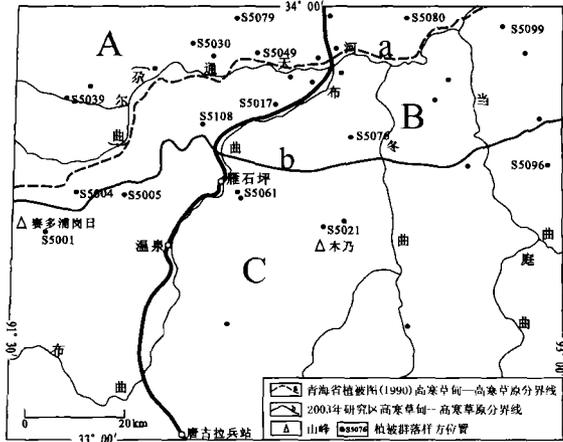


图 3 八十年代中期(a)与 2003 年(b)高寒草原—高寒草甸(干—湿)分界线及取样样方位置

Fig.3 Division of alpine steppe-alpine meadow(dry-wet) in the mid 1980's(a) and 2003 (b),and the locations of sampling sites

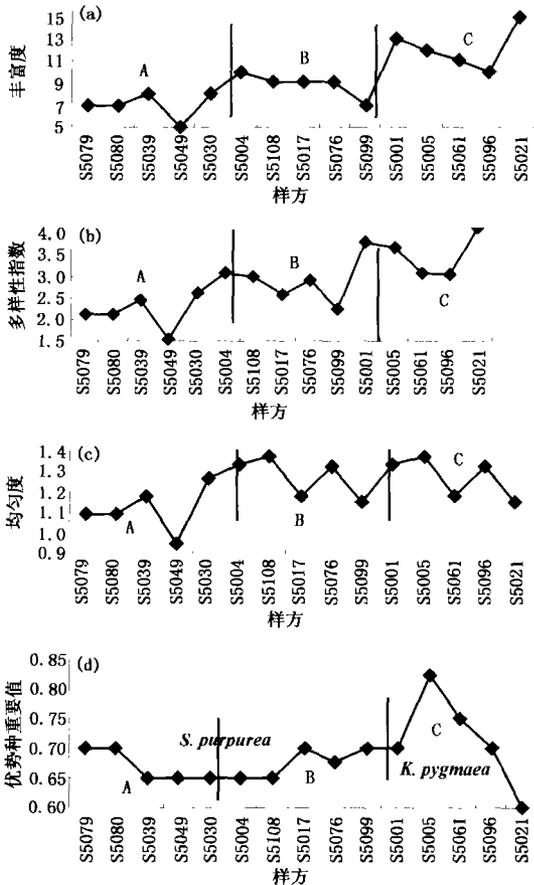


图 4 研究区样方丰富度、多样性、均匀度及优势种重要值指数

Fig.4 Contrast of richness,biodiversity,evenness and IV indexes of sampling sites in the study area

原带南扩区域内的植被信息,可以发现 B 区植被在优势种及优势种的重要值上与 A 区植被较一致;C 区植被以高寒草甸群落为主构成,与 A、B 区植被差异较大。差异不仅反映在优势种的变化,丰富度及多样性指数亦有明显的增加(图 4a,图 4b),指示了更为积极的环境质量。总的来看,B 区植被的部分生态学参数介于 A、C 区植被之间,也正好吻合其过渡带植被类型的特征。因其群落优势种、群落组成成分及群落总盖度与 A 区植被相似,笔者认为 Jackson 和 Weng(1999)的研究成果可以解释该区植被在暖干化环境下群落特征由高寒草甸向 A 区高寒草原转化的原因。同时,这也是本文将高寒草原—高寒草甸(干湿)界限,由图 3 中 a 线南移至 b 线的原因(图 3 中 a 线为 20 世纪 80 年代由中国科学院西北高原生物研究所填制的青海省植被图在研究区所划定的高寒草原和高寒草甸的分界线,B 区为高山嵩草、紫花针茅草原化草甸;b 线为成都理工大学唐古拉科研队于 2002~2003 年完成国土资源部 1:25 万温泉兵站幅区调查任务中,生态资源部分的研究成果,B 区已大部分退化为以针茅属、早熟禾属等禾本科植株为优势种的高寒草原群落,局部为高寒草甸化草原群落控制)。

这些反映在植被生态学上的适应,表征了该区气候变化——暖干化的事实。而暖干

化所导致的后果是,高原植被在高原面上向南东方向逆演,与许吟隆<sup>[8]</sup>所作的高原干旱带在气候变暖模式下将出现南向扩张趋势的模拟可进行对比。

### 4 气候变化对高原草地资源的影响

全球变暖导致研究区的干旱草原带扩张的速率,可以通过对比图3中a,b两条曲线的差异计算,约为14.2km/10a(青海省植被图以填图时间1985年<sup>①</sup>计算至2003年,a,b线距离以平均值计,约25.5km)。高寒草原带的扩张不仅导致扩张区域内植被盖度降低,同时引起该区地表生物总量下降。与研究区草原、草甸带大致呈连续分布的沱沱河草原群落和那曲草甸群落生物量的研究表明,研究区内草原群落的地表生物量只及草甸群落的77%<sup>[9]</sup>。地表生物量的减少会直接影响当地牧业经济等政策的修改与制定。

随着牧业人口的增加,草场载畜量上升,高原腹地草场退化的原因也不可避免地会加入人为的因素。王绍令等认为人为因素起到的是加速退化的作用,“因为人为因素只有在自然因素已经具备了沙漠化的条件时才起作用”<sup>[10]</sup>,而一项对青南高原高寒草甸牧草生长的研究中,选择封育草场为研究对象,排除了人为的干扰,也发现在纯自然状态下,气候暖干化导致了草场退化<sup>[11]</sup>。对比本研究区南部(高寒草甸区,降水条件较好)和北部(高寒草原区),南部的牧业压力更重一些,但植被退化的迹象并不及北部区明显。综合以上原因,认为研究区高寒草原带的扩张,应以自然因素为主,所以对高寒植被未来变化趋势的分析中,主要是针对气候变化因素进行模拟。

一项对海北高寒草甸的研究表明,气温上升,即便是不考虑降水量的下降,牧草产量也将有所下降。气温上升2℃以后的模拟指出,理论载畜量将降低至1.04个羊单位,比现实状况减少1.50个羊单位。这些结果表明,在不考虑降水变化的情景下,未来气温增加是对高寒草甸草地畜牧业持续发展很不利的因素<sup>[12]</sup>。对比青藏公路124道班华扁穗草群落在1975、1996两年的调查结果表明,该群落在气候变暖过程中,受冻土环境退化的影响,群落呈现显著的退化趋势。湿中生的华扁穗草群落,由中生型的矮嵩草群落替代,矮嵩草群落为高山嵩草群落取代,高山嵩草则进一步干旱化演变为沙生苔草群落<sup>[13]</sup>。而在本研究区内则是反映出高山嵩草草甸群落向紫花针茅草原群落退化。气候暖干化导致的植被退化现象很明显,并由此带来生物总量减少,草场载畜能力降低。

在近40年来增温和降水趋势保持不变的情况下,对研究区高寒草原带将来的扩张速率进行模拟(图5)。

$$y_{\text{气温}} = 0.0158x - 1.3258^{[14]}$$

$$y_{\text{降水量}} = -0.1458x + 411.72^{[14]}$$

以对植被发育最相关的温度及降水因素,建立未来年代与高寒草原带扩张距离的趋势方程:

$$S_{(a-b)} = K(a-b)(\Delta M + \Delta N)$$

$$\Delta M = 0.0158(a-b)$$

$$\Delta N = -0.1458(a-b)$$

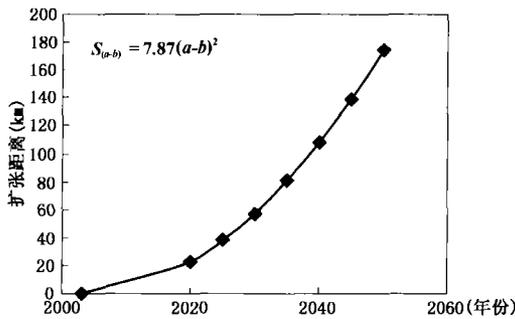


图5 持续增温模式下研究区干旱带南扩趋势

Fig.5 Southward extending trend of arid zone under area-averaged annual mean temperature increase in the study area

式中,a,b为年代值,且a>b;ΔM,ΔN分别为年代间变化的气温值和降水值;K为系数;S为a,b年代间高寒草原带的扩张距离。以研究区20世纪80和90年代平均温度、两个年代平均降水量<sup>[14]</sup>以及测量所得的草原带的扩张距离25.5km代入方程式求得

$$K = -60.54131$$

则趋势方程可表达为:

① 参考《青海省植被图(1:1 000 000)说明书》。

$$S_{(a-b)}=7.87(a-b)^2$$

如果年均降水量与年均温度依然保持负相关,研究区内干旱带(高寒草原带)向南的扩张速率将会加快。伴随着高寒草甸植被向高寒草原植被群落的退化,区域植被的生物量也会出现明显减少。这种减少不仅来自于植被生态系统短期内对降水减少、生长期缩短而导致的发育不良,更主要的是长期的气候暖干化模式导致区域植被群落逆行演替,湿润半湿润的植被系统被干旱半干旱的植被系统替代。暖干化与增温在一定气温范围内形成恶性循环。

一项对青藏高原荒漠化的研究指出,“荒漠化的原因是脆弱的环境、气候的干旱化和近 50 年来的增温。”<sup>[15]</sup>也正是因为气候变化和与之相关的土壤条件的变化,导致了高原腹地植被系统的适应,或者说是退化。全球气候变暖在众多的未来气候模拟中,取得了几乎是一致性的认同<sup>[16]</sup>。“照此趋势,降水在未来 10 年内依然会低于正常值。气温上升和降水减少将共同加剧高原的干旱。植被在此间不会有所改善,而自然的荒漠化过程也不会扭转”<sup>[15]</sup>。

### 参考文献(References):

- [1] 吴玉虎,等.黄河源区植物资源及其环境[M].西宁:青海人民出版社,2001.28.[WU Yü-hu,*et al.*The Plant Resources in Source Area of Yellow River and Its Environment.Xining:Qinghai People's Publishing House,2001.28.]
- [2] 气候变化对青藏高原的影响[EB/OL].<http://www.ami.ac.cn/climatechange2/85/natural/ntrlbt.html>2003.9.10/2004.1.16 [Influences of climate change on Tibetan Plateau.[EB/OL].<http://www.ami.ac.cn/climatechange2/85/natural/ntrlbt.html>, 2003.9.10/2004.1.16]
- [3] IPCC Third Assessment Report.Climate Change 2001:Impacts,Adaptation and Vulnerability (11.2.1.3)[EB/OL].<http://www.ipcc.ch>.2003.8.27/2004.1.16
- [4] IPCC Third Assessment Report.Climate Change 2001:The Scientific Basis (2.2.7)[EB/OL].<http://www.ipcc.ch>,2003.8.27/2004.1.16
- [5] 三江源自然保护区编委会.三江源自然保护区生态环境[M].西宁:青海人民出版社,2002.184.[Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region Compilation Committee.Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region.Xining:Qinghai People's Publishing House,2002.184.]
- [6] 邱丹,张国胜.青藏高原气候变化对青南地区高寒草地生态系统的影响[J].青海科技,2000,(6):23~25.[QIU Dan,ZHANG Guo-sheng.Influence of Qinghai-Tibet Plateau climate variation on alpine grassland eco-system in southern Qinghai Area. *Qinghai Science and Technology*,2000,(6):23~25.]
- [7] IPCC Third Assessment Report.Climate Change 2001:Impacts,Adaptation and Vulnerability(5.2.2) [EB/OL].<http://www.ipcc.ch>,2003.8.27/2004.1.16.
- [8] 许吟隆. 全球变暖后我国自然地理分布变化示意图 [EB/OL].<http://www.ami.ac.cn/climatechange2/85/natural/zone/>2003.8.27. [XU Yin-long.Sketch map of physical geography of China after global warming.<http://www.ami.ac.cn/climatechange2/85/natural/zone/>2003.8.27.]
- [9] LUO Tian-xiang.Distribution patterns of aboveground biomass in Tibetan alpine vegetation transects[J].*Acta Phytocologica Sinica*,2002,26(6):668~676.
- [10] 王绍令,赵林,李述训,等.青藏高原沙漠化与冻土相互作用的研究[J].中国沙漠,2002,(3):33~39.[WANG Shao-ling,ZHAO Lin,LI Shu-xun,*et al.*Interaction between permafrost and desertification on the Qinghai-Tibet Plateau.*Journal of Desert Research*,2002,(3):33~39.]
- [11] 张国胜,李林,汪青春,等.青南高原气候变化及其对高寒草甸牧草生长影响的研究[J].草业学报,1999,(9):1~10.[ZHANG Guo-sheng,LI ling,WANG Qing-chun,*et al.*Effects of climate change of southern Qinghai-Tibet Plateau on the alpine meadow.*Acta Prataculturae Sinica*,1999,(9): 1~10.]
- [12] 李英年.高寒草甸牧草产量和草场载畜量模拟研究及对气候变暖的响应[J].草业学报,2000,(6):77~82.[LI Ying-nian. Simulation of forage yield and stocking rate on alpine grassland in response to warming trend of climate.*Acta Prataculturae Sinica*,2000,(6):77~82.]

- [13] 三江源自然保护区编委会.三江源自然保护区生态环境[M].西宁:青海人民出版社,2002.191.[ Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region Compilation Committee.Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region. Xining: Qinghai People's Publishing House,2002.191.]
- [14] 三江源自然保护区编委会.三江源自然保护区生态环境[M].西宁:青海人民出版社,2002.60.[ Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region Compilation Committee.Ecology and Environment of Three Rivers' Source Region.Xining: Qinghai People's Publishing House,2002.60~63.]
- [15] ZOU Xue-yong,*et al.*Desertification and control plan in the Tibet Autonomous Region of China[J].*Journal of Arid Environments*,2002,51:183~198.
- [16] IPCC Third Assessment Report.Climate Change 2001:Impacts,Adaptation and Vulnerability[EB/OL].<http://www.ipcc.ch>, 2003.8.27/2004.1.16.

## The impact of global warming on vegetation resources in the hinterland of the Qinghai-Tibet Plateau

WANG Mou<sup>1</sup>, LI Yong<sup>1</sup>, BAI Xian-zhou<sup>1</sup>, HUANG Run-qiu<sup>2</sup>

(1.College of Earth Sciences, Chengdu University of Technology,Chengdu 610059,China; 2.College of Environment and Civil Engineering, Chengdu University of Technology,Chengdu 610059,China)

**Abstract:** Global warming caused a dryer and warmer climate in the hinterland of the Qinghai-Tibet Plateau.Does it cause any responses from the plants ecology,and how?Based on field works and statistical data collected in 2002 and 2003,we basically concluded warming trend of the climate is the major reason for the succession devolution of alpine plants in the central part of the plateau.In the study area,it is specially causing a devolution from alpine *Kobresia* meadow to Alpine *Stipa* steppe at a rate of 14.2km/10a.Accordingly,the total biomass of the area is declining.With contrast to some relative researches,we basically concluded a dryer and warmer climate should take the responsibility for vegetation devolution accompanied with biomass decline in the area.Changes of the surface vegetation will be the negative factors influencing the capability of the environment self-adjustment and the development of the local economy.

**Key words:** global warming; hinterland of Qinghai-Tibet Plateau; warming trend; grassland resources