

雅鲁藏布江源区近 35 年气候变化特征

李海东^{1,2}, 沈渭寿², 余光辉¹, 程建敏³, 孙俊², 孙明²

(1. 南京林业大学 森林资源与环境学院, 南京 210037; 2. 环境保护部南京环境科学研究所, 南京 210042; 3. 江苏省水文水资源勘测局连云港分局, 江苏 连云港 222004)

摘 要: 为揭示雅江源区风沙化土地发育的气候变化背景, 通过对雅江源区周边 4 个基本气象站 1973–2007 年的逐日气象资料进行等权平均取值, 采用气候线性趋势分析法, 研究了气温、降水、日照时数、风速等气象因子近 35 a 的变化特征及趋势。结果表明: (1) 雅江源区多年平均降水量为 206.12 mm, 日平均气温为 2.77℃、最高气温为 10.72℃、最低气温为 -4.81℃, 年日照时数为 3 295.16 h, 年平均风速为 2.92 m/s。 (2) 近 35 a 来, 雅江源区气候变暖趋势明显, 1986 年以后, 平均气温线性升温率为 0.77℃/10 a, 高于近 35 a 来的平均值 0.47℃/10 a 和珠峰地区 5 站平均线性升温率为 0.234℃/10 a。 (3) 年平均降水量的波动较大, 增加趋势不明显, 平均增长率为 0.43 mm/10 a。降水量主要集中于 5–9 月, 占全年降水量的 89.72%。年平均日照时数波动性较大, 上升趋势不显著。以 5 月和 10 月较高, 1 月最低。年平均风速下降趋势明显, 以 3 月最大, 为 3.67 m/s, 11 月最小, 为 2.20 m/s。可见, 雅江源区是中国同期升温最显著的区域。

关键词: 雅鲁藏布江源区; 气候变化; 气温; 降水; 风速; 日照时数

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2010)05-0063-05

Climatic Changes in the Source Region of the Yarlung Zangbo River over Last 35 Years, China

LI Haidong^{1,2}, SHEN Weishou², SHE Guanghui¹, CHENG Jianmin³, SUN Jun², SUN Ming²

(1. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, China; 2. Nanjing Institute of Environmental Sciences, Ministry of Environmental Protection, Nanjing 210042, China; 3. Lianyungang Hydrology & Water Resource Survey Bureau of Jiangsu Province, Lianyungang, Jiangsu 222004, China)

Abstract: The objective of this paper is to reveal the climate background of the aeolian sand landform development in the source region of the Yarlung Zangbo river. Based on air temperature, precipitation, the highest and lowest air temperature, duration of sunshine, and wind speed daily data from 4 meteorological stations around the source region of the Yarlung Zangbo river, the features of climatic change in this region were analyzed comprehensively over the last 35 years from 1973 to 2007 using climatic linear trend methods. The main findings can be summarized as follows: (1) The source region of the Yarlung Zangbo river belongs to the cold and semiarid highland climate zone with the mean annual precipitation of 206.12 mm, daily average air temperature of 2.77℃, maximum air temperature of 10.72℃ and minimum air temperature of -4.81℃, annual average wind speed of 2.92 m/s, annual sunshine hours for the 3 295.16 h from 1973 to 2007. (2) There was an obvious ascending trend for daily average air temperature in recent 35 years, especially after 1986, the average temperature of the linear growth rate was 0.77℃/10 a, it was higher than the average linear growth rate of 0.47℃/10 a in the past 35 years and an average of 5 stations in Mt. Qomolangma region of 0.234℃/10 a. (3) The fluctuation of annual mean precipitation was larger, and its increasing trend was not obvious, with an average growth rate of 0.43 mm/10 a. Precipitation mainly concentrated in May and September, accounting for 89.72% throughout the year. The rising trend of annual average sunshine hour volatile was not significant, with the highest in May and October, and the lowest in January. The declining trend in annual average wind speed was significant, with the largest in March (3.67 m/s), the lowest in November (2.20 m/s). It

收稿日期: 2010-03-11

资助项目: 国家环保公益性行业科研专项(200809010)

作者简介: 李海东(1984–), 男, 博士生, 主要从事水土保持及荒漠化防治、气候变化研究。E-mail: hldli2009@yahoo.com.cn

通信作者: 余光辉(1953–), 男, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为森林资源管理。E-mail: ghshe@njfu.com.cn

can be seen that this region was the most significant heating up region over the same period in China.

Key words: source region of the Yarlung Zangbo River; climate change; temperature; precipitation; wind speed; sunshine duration

近百年来,全球的平均地面气温呈现明显的上升趋势^[1],气候变化对自然生态系统以及社会经济体系产生了深远的影响^[2],是当今全球面临的重大挑战。青藏高原由于具有独特而又复杂的高原气候,是气候变化的敏感区和启动区^[3]。年平均气温从 20 世纪 60 年代以来一直是逐渐升温的,而且气候变暖与海拔高度密切相关,增温率随着海拔高度的升高而增大^[4,5]。青藏高原降水的变化趋势还存在争议^[6,8],如 20 世纪 50 年代至 90 年代初期,在沿雅鲁藏布江一带降水呈减少趋势,而藏东南、藏南、藏北地势较高地区及青海北部降水增加,1971– 2000 年西藏大部分地区年降水量变化为正趋势,而阿里地区呈较为明显的减少趋势。

雅鲁藏布江(简称雅江)发源于喜马拉雅山北麓海拔 5 590 m 的杰马央宗冰川。雅江源区是 2001 年国家环境保护总局确定的 10 个国家级重要生态功能保护区建设试点之一,其生态功能状况关系到中游西藏日喀则、拉萨等经济较发达地区,以及下游大峡谷生物多样性重要地区的生态安全。雅江源区地处西藏西南部,海拔 4 600~ 6 800 m,地势高亢,几乎没有受到来自印度洋的暖湿气流的影响,气候寒冷、干旱,地理位置决定了高原季风环流对气候条件的特殊作用^[3,6]。

雅江源区生态环境极其脆弱,随着高原气候变暖,生态环境的变化显著,表现为雪线上升、冻土退化、湿地干化、湖泊萎缩,导致草地退化、风沙化土地发育和蔓延明显。因此,分析近 35 a 来雅江源区气候变化的特征与趋势对于揭示该区域生态环境演变趋势具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区自然概况

雅江源区位于西藏自治区西南边陲,地理坐标为

北纬 29° 09′ – 30° 58′,东经 81° 57′ – 84° 30′,面积约 26 347.82 km²。雅江源区系指以西起杰马央宗冰川,南北分别至喜马拉雅山和冈底斯山分水岭,东至仲巴县与萨嘎县行政界线,西、南、北均以河流分水岭为界的马泉河流域(又称当却藏布),是世界上最高的江河源,包括日喀则地区仲巴县帕羊区全部、扎东区大部、隆嘎尔区小部分,阿里地区革吉县东南角、普兰县的东缘以及萨嘎县的很小面积,仲巴县占 94.27%^[9]。其中,仲巴县辖 13 个乡镇,2 万余人。据雅江源区周边日喀则站、普兰站、改则站和狮泉河站等 4 个基本站 1973– 2007 年气象资料分析,雅江源区多年平均降水量为 206.12 mm,多年日平均气温为 2.77℃、最高气温为 10.72℃、最低气温为– 4.81℃,年平均风速为 2.92 m/s,年日照时数为 3 295.16 h。

来源于印度洋、孟加拉湾的东南暖湿气流虽能沿雅江谷地西进,但经大拐弯后向西抬升,至源区其势头基本消失。翻越喜马拉雅山脉的暖湿气流,水汽多在迎风坡凝结降落,背风坡受下沉气流的影响,气流干燥,降水稀少。属典型的高原寒冷干旱半干旱气候区,具有光照充足,辐射强度大,干湿季节明显,暖季凉爽,冬季严寒的特点。

1.2 资料与数据处理

由于雅江源区内没有气象观测站点,气候数据缺乏,笔者通过对源区周边日喀则站、普兰站、改则站和狮泉河站等 4 个基本站 1973– 2007 年气象资料进行等权平均取值,采用线性趋势方法,分析雅江源区气象因子的变化特征及趋势。所用资料为国家气象局整编的 1973– 2007 年 4 个标准时次的日资料,包括日平均气温、最高最低气温、降水量、日照时数、日平均风速等。雅江源区周边 4 个站点基本情况见表 1。

表 1 雅江源区周边 4 个气象站点基本情况(1973– 2007 年)

站点	海拔/m	建站时间	经纬度	气温/℃			年平均降水量/mm	年日照时间/h	年平均风速/(m·s ⁻¹)
				日平均	日最高	日最低			
日喀则	3836	1955	29° 15′ N 88° 53′ E	6.66	15.10	– 0.99	429.59	3185.87	1.57
普兰	3890	1973	30° 17′ N 81° 15′ E	3.49	11.05	– 2.86	152.33	3212.76	3.46
改则	4415	1973	32° 09′ N 84° 25′ E	0.16	8.37	– 8.35	172.20	3227.26	3.85
狮泉河	4278	1961	32° 30′ N 80° 05′ E	0.77	8.38	– 7.05	70.35	3554.77	2.81

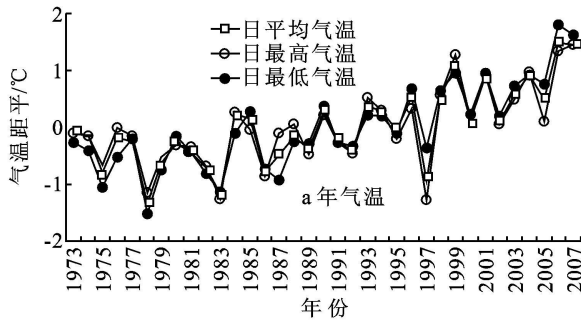
2 结果与分析

2.1 气温变化

气温的分布主要取决于海拔高度和纬度,其次也与局部地形有关^[4,10]。雅江源区位于喜马拉雅山脉

北侧和冈底斯山脉南侧,地势高亢,占据对流层 1/3 ~ 1/2,海拔高,气温较低。雅江源区 1973– 2007 年多年日平均气温为 2.77℃,日最高平均气温为 10.72℃,日最低平均气温为– 4.81℃,远低于我国东部同纬度低海拔地区。日平均气温、最高气温和最低

气温的年变化(见图 1)显示,近 35 a 气温变暖趋势明显,与已有报道^[4,8]的青藏高原从 20 世纪 60 年代以来一直是逐渐升温的态势一致,但升温更显著,日平均气温的线性拟合方程为 $y = 0.0472x - 0.849$, $R^2 = 0.4966$ 。在 1973–1984 年,雅江源区气温较低,小于多年平均温度,以 1978 年日平均气温和最低气温为极端最低值,分别为 1.44℃和-6.32℃,1983 年日最高气温较低,为 9.47℃,略低于 1997 年日平均最高气温 9.47℃。近 35 a 来极端最高气温为 2007 年的 12.18℃。1986 年以后,气温呈波动上升趋势非常明显,4 站日平均气温线性升温率为 0.77℃/10 a,高于近 35 a 来的平均值 0.47℃/10 a 和珠峰地区 5 站平



均线性升温率为 0.234℃/10 a^[2]。有报道指出^[11], 1961–2007 年,西藏地区年平均气温大约以每 0.32℃/10 a 的速率上升,明显高于全国和全球的增温速率,尤其是海拔 4 000 m 以上地区升温最快,可见,雅江源区气温变暖速度高于西藏平均值。

雅江源区气候表现出明显的季风特征,冬半年为西风带所控制,气温较低,夏半年受暖湿气流的影响,气温较高。雅江源区气温的季节变化呈峰值现象,以 7 月份最大,日平均气温、日最高气温和日最低气温最大值分别为 13.76℃、20.91℃、7.59℃。以 1 月份最小,日平均气温、日最高气温和日最低气温最低值分别为-8.81℃、-0.30℃、17.24℃。

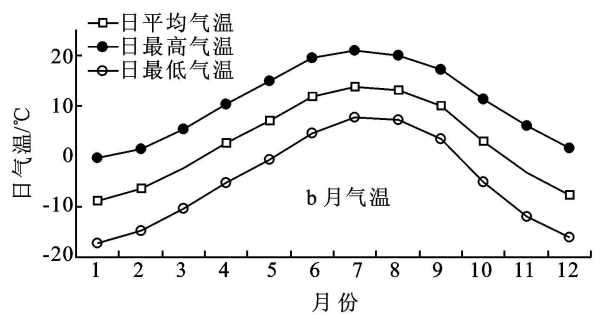


图 1 雅江源区 1973–2007 年气温变化

2.2 降水变化

雅江源区水汽主要来源于印度洋、孟加拉湾,由于喜马拉雅山脉和雅江地形对暖湿气流的屏障、阻挡作用,水汽输送沿途补充很少,至雅江源区其势头基本消失,气候以半干旱型为主。雅江源区周边 4 站以靠近雅江的日喀则最高,近 35 a 平均年降水量为 429.59 mm,大于普兰 152.33 mm、改则 172.20 mm 和狮泉河 70.35 mm。

雅江源区近 35 a 年平均降水量的波动较大,增加趋势不明显(图 2),平均增长率为 0.43 mm/10 a,这与近 30 a 青藏高原降水大体上以增加的趋势为主,但总体显著性水平不高^[7-8]相一致。雅江源区多年平均降水量为 206.12 mm,明显低于雅江中游拉萨站 52 a 平均降水量 427.8 mm 和山南贡嘎站近 30 a 平均降水量为 466.2 mm^[12]。在 1973–1980 年,除 1974 年、1976 年和 1979 年外,降水均较充沛。在 1980–1997 年降水波动较大,以 1982 年和 1989 年最低,分别为 145.45 mm 和 142.30 mm,1988 年较高,为 274.05 mm。在 1998–2004 年降水较充沛,除 2001 年外,均高于多年平均值,2000 年最高达 282.65 mm。2004 年以后降水较小,均低于多年平均值,以 2005 年降水较小,为 169.18 mm。

雅江源区 11 月–翌年 4 月为干季,高空西风占优势,空气干燥,晴而少雨;5–9 月为雨季,暖湿气流

影响显著,多阴雨。降水量变化存在明显的季节差异性,主要集中于 5–9 月,占全年降水量的 89.72%,以 7 月和 8 月较高,分别为 75.73 mm 和 81.42 mm。

2.3 日照时数变化

雅江源区 1973–2007 年日照时数的年变化(见图 3)显示,多年平均日照时数为 3 295.16 h,明显低于雅江中游拉萨站近 10 a 日照时数 2 900 h 和山南贡嘎站近 10 a 日照时数 2 910 h^[12],对于植物生殖生长更有利。近 35 a 来,年平均日照时数波动性较大,上升趋势不显著。在 1986 年前属于日照时间较短期,最低值为 3 148.1 h,仅有 1976 年、1979 年和 1986 年高于多年平均值。1986–1996 年间属于年日照时数较长期,最高值为 3 451.3 h。1997 年后,年日照时数呈下降趋势,仅有 2004 年和 2007 年高于多年平均值,2002 年日照时数低至 3 153.43 h,仅次于 1977 年。

雅江源区日照时数的季节变化差异较大,在 5 月和 10 月出现两个峰值,分别为 356.43 h 和 332.16 h,以 1 月最低,为 241.47 h,随后升高,至 5 月到达最大值。

2.4 风速变化

雅江源区季风特征明显,冬半年为西风带所控制,夏半年受暖湿气流的影响。风是引起土壤侵蚀、风沙化土地发育和大片草场沦为荒漠的最直接动力,

风速越大, 风蚀能力越强。雅江源区 1973–2007 年平均风速变化(见图 4)显示, 多年平均风速为 2.92 m/s, 高于雅江中游河谷贡嘎机场站 1997–2006 年的平均值 2.5 m/s^[12]。近 35 a 来, 年平均风速下降趋势明显, 在 1992 年以前, 除 1978 年、1986–1988 年间外, 均高于多年平均风速 2.92 m/s, 1992 年后除 1996

年外, 均低于多年平均风速。

风速变化存在明显的季节差异性。2 月至 6 月平均风速均大于 3.22 m/s, 以 3 月份风速最大, 为 3.67 m/s。7 月至次年 1 月份平均风速均小于 2.95 m/s, 以 11 月份最小, 为 2.20 m/s。风速月变化趋势表现在 1–3 月增加, 3–12 月逐渐减小。

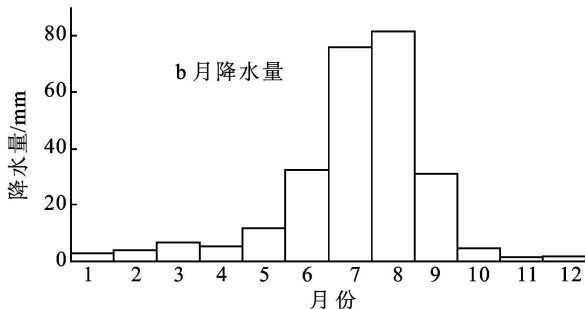
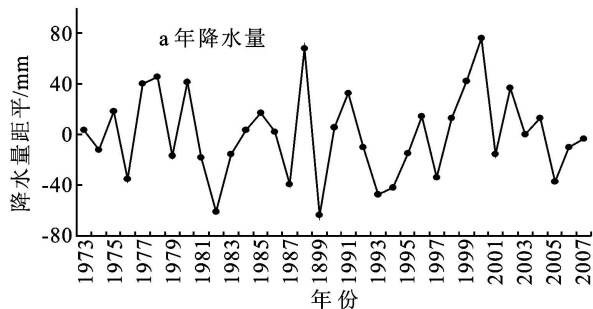


图 2 雅江源区 1973–2007 年降水变化

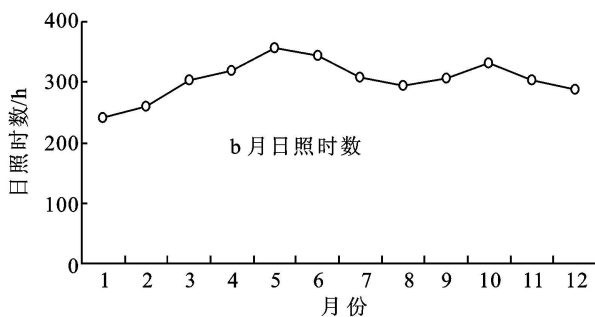
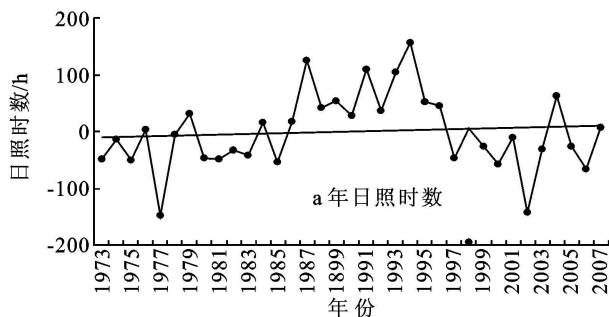


图 3 雅江源区 1973–2007 年日照时数变化

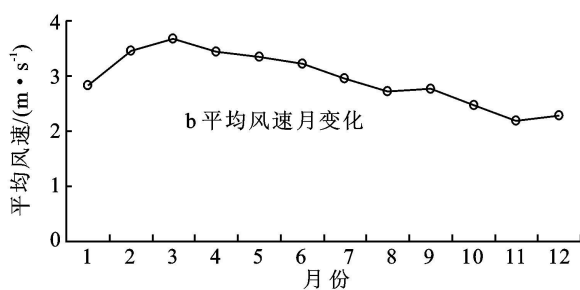
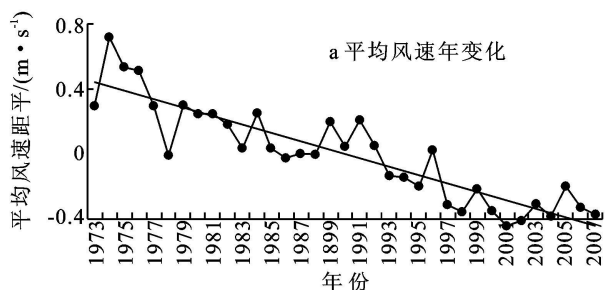


图 4 雅江源区 1973–2007 年平均风速变化

3 结论与讨论

通过分析, 发现雅江源区 1973–2007 年, 多年平均降水量为 206.12 mm, 多年日平均气温为 2.77℃、最高气温为 10.72℃、最低气温为 -4.81℃, 多年平均风速为 2.92 m/s, 多年平均日照时数为 3 295.16 h。气候变化的主要特征为:

(1) 近 35 a 来气温变暖趋势明显。在 1973–1984 年, 雅江源区气温较低, 小于多年平均温度。1986 年以后, 气温呈波动上升趋势非常明显, 平均气温线性升温率为 0.77℃/10 a, 高于近 35 a 来的平均值 0.47℃/10 a 和珠峰地区 5 站平均线性升温率为 0.234℃/10 a。日平均气温、日最高气温和日最低气温均以 7 月份最

大, 分别为 13.76℃、20.91℃、7.59℃, 以 1 月份最小, 分别为 -8.81℃、-0.30℃、17.24℃。

(2) 近 35 a 年平均降水量的波动较大, 增加趋势不明显, 平均增长率为 0.43 mm/10 a。在 1973–1980 年, 降水均较充沛。1980–1997 年降水波动较大, 以 1982 年和 1989 年最低, 分别为 145.45 mm 和 142.30 mm, 1988 年较高, 为 274.05 mm。在 1998–2004 年降水较充沛, 除 2001 年外, 均高于多年平均值。2004 年以后降水较小, 均低于多年平均值。降水量主要集中于 5–9 月, 占全年降水量的 89.72%, 以 7 月和 8 月份较高。

(3) 近 35 a 来, 年平均日照时数波动性较大, 上升趋势不显著。在 1986 年前属于日照时间较短期,

最低值为 3 148.1 h。1986–1996 年属于年日照时数较长时期,最高值为 3 451.3 h。1997 年后,年日照时数呈下降趋势,仅有 2004 年和 2007 年高于多年平均值。以 5 月份和 10 月份较高,分别为 356.43 h 和 332.16 h,1 月份最低,为 241.47 h。

(4) 近 35 a 来,年平均风速下降趋势明显,在 1992 年以前,除 1978 年、1986–1988 年外,均高于多年平均风速 2.92 m/s,1992 年后,除 1996 年外,均低于多年平均风速。风速变化存在明显的季节差异性,以 3 月份风速最大,为 3.67 m/s,11 月份最小,为 2.20 m/s。

在全球变暖的大背景下,认识高海拔的雅江源区气候变化,对协调区域生态环境变化与社会经济发展的关系具有重要的战略意义和现实意义。高海拔地区对全球气候变化反应敏感,变暖的幅度一般随海拔高度升高而增大^[2,13];相关研究表明,1954–2002 年西藏中南部地区是中国升温趋势最为明显的地区之一,珠峰地区 5 站 1971–2004 年气温平均线性增温率为 0.234℃/10 a,升温幅度高于全球平均的升温率 (0.148℃/10 a)^[2]。雅江源区近 35 a 来的平均值 0.47℃/10 a,高于珠峰地区平均线性升温率 (0.234℃/10 a),由此可见,雅江源区是中国同期升温最显著的区域。

参考文献:

- [1] IPCC. Climate Change 2001: The Scientific Basis[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 140–165.

(上接第 62 页)

(2) 主成分分析结果表明,旬邑县耕地面积变化的驱动因素主要是社会经济发展驱动、人口增长驱动及农业科技进步驱动。其中与耕地面积变化关系较为密切的因子包括第三产业总产值、农业总产值、GDP、人均 GDP、果园面积、城镇化水平、农业机械化及人口数量 8 个因子。另外 1998 年以来退耕还林措施也在较大程度上影响了耕地面积的变化。

(3) 研究区属于西北黄土高原干旱区,山地、沟壑较多,生态环境脆弱,土地利用不当会加剧生态环境恶化^[9]。保护有限耕地资源,应该坚持质量与数量并重,切实保护良田,提高其利用效率,不宜耕种土地应坚决退耕;合理规划土地利用,尽量减少建设用地及工矿企业用地,开发土地须审慎,应充分考虑其生产性、保护性、安全性和生态的可行性,以实现土地资源的可持续利用。

参考文献:

- [1] 李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示

- [2] 杨续超, 张锦锂, 张玮, 等. 珠穆朗玛峰地区近 34 年来气候变化[J]. 地理学报, 2006, 61(7): 687–696.
- [3] 冯松, 汤懋苍, 王冬梅. 青藏高原是我国气候变化启动区的新证据[J]. 科学通报, 1998, 43(6): 633–636.
- [4] 刘晓东, 侯萍. 青藏高原及其邻近地区近 30 年气候变暖与海拔高度的关系[J]. 高原气象, 1998, 17(3): 245–249.
- [5] 姚植栋, 刘晓东, 王宁练. 青藏高原地区的气候变化幅度问题[J]. 科学通报, 2000, 45(1): 98–106.
- [6] 林振耀, 赵晰东. 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学(D 辑), 1996, 26(40): 354–358.
- [7] 杜军, 马玉才. 西藏高原降水变化趋势的气候分析[J]. 地理学报, 2004, 59(3): 375–382.
- [8] 吴绍洪, 尹云鹤, 郑度, 等. 青藏高原近 30 年气候变化趋势[J]. 地理学报, 2005, 60(1): 3–11.
- [9] 李海东, 沈渭寿, 邹长新, 等. 雅鲁藏布江源区土壤侵蚀特征[J]. 生态与农村环境学报, 2010, 26(1): 25–30.
- [10] 樊萍, 王得祥, 祁如英. 黄河源区气候特征及其变化分析[J]. 青海大学学报: 自然科学版, 2004, 22(1): 19–25.
- [11] 边巴次仁. 西藏气候变暖趋势将进一步加剧[N]. 西部时报, 2009 09 11(02).
- [12] 沈渭寿, 李海东, 张涛, 等. 西藏高寒风沙化土地飞播可行性分析[J]. 生态与农村环境学报, 2009, 25(1): 106–111.
- [13] Beniston M, Diaz H F, Bradley R S. Climatic change at high elevation sites: an overview[J]. Climatic Change, 1997, 36: 233–251.

[J]. 自然资源学报, 1999, 14(4): 329–333.

- [2] 申海建, 郭荣中. 区域耕地面积变化及驱动机制研究: 以常德市为例[J]. 湖南农业科学, 2008(6): 133–135, 150.
- [3] 边亮, 胡志斌, 宋伟东. 陕西省长武县土地利用变化的生态环境效应评价[J]. 生态学杂志, 2009, 28(9): 1743–1748.
- [4] 陈冬勤, 卢新卫, 屈雅斋. 咸阳市耕地资源动态变化分析[J]. 干旱区研究, 2009, 26(1): 32–38.
- [5] 王书铸, 赵先贵. 陕西省耕地面积变化趋势及其驱动因子研究[J]. 干旱区研究, 2006, 23(1): 139–143.
- [6] 郁光磊, 和玮, 璩向宁. 宁夏耕地面积变化及驱动力分析[J]. 农业科学研究, 2007, 28(4): 1–3.
- [7] 孟敏, 李丁. 甘肃省天水市耕地面积时序变化分析[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(34): 16948–16950, 16999.
- [8] 刘贤赵, 张安定, 李嘉竹. 地理学数学方法[M]. 北京: 科学出版社, 2009: 87–93.
- [9] 傅伯杰, 陈利顶, 邱扬, 等. 黄土丘陵沟壑区土地利用结构与生态过程[M]. 北京: 商务印书馆, 2002: 16–27.