

长江源头湿地消长对气候变化的响应

李凤霞¹, 伏 洋¹, 肖建设¹, 时兴合², 刘宝康¹

(1. 青海省气象科学研究所, 西宁 810001; 2. 青海省气候中心, 西宁 810001)

摘 要:位于青藏高原腹地唐古拉山以北的长江源头区域,由于受直接人类活动的影响程度较小,因此,从气候变化与湿地消长关系的强弱程度上可以看出其中的关键信息,能更真实地反映气候变化对长江源头湿地的影响。据灰色系统理论分析发现,蒸发量对湿地总面积的消长相对其他气候因子更具主导作用,其次为降水量的影响,且夏季各气候因子对湿地面积消长的影响较其他季节更为显著;1990年以来长江源头呈现出气温升高、降水量增加和蒸发量减少的暖湿化趋势,但进入21世纪以来年降水量呈下降以及年蒸发量呈增加的趋势,对于湿地的消长具有明显驱动作用;利用遥感技术分析,1990-2000年长江源头的湿地总面积共增加353.22 km²,年平均增加速率为35.32 km²/a,而2000-2004年减少20.57 km²,这两个阶段湿地的消长与相应的气候变化特征有着很好的响应规律。

关 键 词:湿地;消长;气候变化;响应;长江源头

1 引 言

湿地生态系统位于水域生态系统和陆地生态系统之间的过渡区域,特定的水文条件是湿地形成与维持的驱动力^[1],水文特征的微小变化会导致湿地生态系统的变化。湿地具有独特的水文过程与效应、物质源汇过程与效应、生物生产过程与效应等特征,在维护区域/流域生态平衡和环境稳定方面发挥巨大作用^[2-3]。发生在湿地能量转换中的大气、植被和土壤表面之间的辐射过程、感热和潜热交换、土壤中热传导和土壤孔隙的热量传输;发生在水文过程中的大气降水和地表地下径流的输入,湿地表面的水气蒸发,植被的蒸腾,水汽在地表和近地面大气的凝结,液态水的流动与渗透,冰雪的融化和冻结等,都直接或间接地受到气候与环境的影响,也直接、间接地影响气候与环境^[4-5]。因此,湿地作为地球上一种重要生态系统,其组成、结构、分布和功能等都与气候因子休戚相关,全球变暖必将对湿地生态系统造成深刻影响^[6];而湿地的消长也将影响大气中温室气体的含量变化,进而影响全球气候变化的态势与速度^[7]。

Burkett认为相对较小的降水、蒸发及蒸腾变化只要改变地表水或地下水位几厘米就足以让湿地

萎缩或扩展,或者将湿地转变为旱地,或从一种类型转变到另一种类型^[8];Vierssen对欧州南部半干旱地区湿地生态系统对气候变化的响应研究的结果表明,气温升高3~4℃,湿地面积在5年之内将减少70%~80%^[9];Stockton等建立了降水、气温和径流之间的关系,用来评价气温、降水变化对水文因子的影响^[10];Nash等用修正的水平衡模型研究了水文系统对气候变化的响应^[11];Gleick针对美国加州的萨克拉门托流域,根据8种不同的GCMS模型模拟输出的气温和降水的结果,应用水量平衡模型研究气候变化对流域水文情势的影响^[12];王根绪等认为青藏高原湿地系统在20世纪80年代中期后退化加剧,主要与当时区域增温幅度升高到过去的2.3倍有关^[13];张继承等认为柴达木盆地中西部湿地萎缩主要受到温度升高、人类活动加剧等因素影响,而盆地边缘湿地面积少量增加主要受到降水量增加的影响^[14];张树清等发现,三江平原湿地的变化与气温变化呈负相关关系,与降水、湿度变化成正相关^[15];罗磊认为年度内降水不均匀性的增加、日照时数的延长及气温与地温的升高对青藏高原湿地水分丧失和退化有着重要的影响^[16]。以上研究结果证明区域湿地水文特征及面积消长对气候变化极为敏感。

收稿日期:2010-01; 修订日期:2010-05.

基金项目:科研院所社会公益研究专项(2005DIB3J109);干旱气象科学研究基金项目(IAM200708)。

作者简介:李凤霞(1964-),女,江苏无锡人,学士,研究员级高级工程师。主要从事应用气象、遥感应用研究和生态环境监测与评估等工作。E-mail: lifengxia@sohu.com

通讯作者:伏洋. E-mail: fuyang_hao@126.com

青藏高原湿地多为高寒沼泽、高寒沼泽化草甸和高寒湖泊,具有生态蓄水、水源补给、气候调节等重要的生态功能,在防止全球水危机方面起着关键的作用^[17-18]。地处青藏高原的长江源头地域广阔,人口稀少,是地球表面上很少受人类活动干扰的区域之一。因此,从气候与湿地关系的强弱程度上可以看出其中的关键信息,能够更真实地反映气候对湿地变化的影响。由于观测资料的限制,目前关于长源地区湿地变化与气候关系的研究尚属空白,尤其针对单个湿地或若干湿地的研究较少,而且在区域尺度上认识长江源头湿地与气候变化关系的研究更加有限。有鉴于此,本文在不同区域典型湿地研究的基础上,结合遥感数据,在区域尺度上研究长江源头湿地消长对气候变化的响应。

2 研究区概况

研究区位于青藏高原腹地的长江源头——唐古拉山以北的唐古拉山乡(33°40'~34°57' N, 91°~93° E)。行政区由海西蒙古族藏族自治州的格尔木市代管,辖区面积为587×10⁴ hm²,占格尔市总面积的41%。平均海拔高度5300 m,区域内地势高亢,空气稀薄、高寒缺氧,含氧量只有标准大气压下的48%。暖季温凉湿润而短暂,冷季漫长而干寒,无四季之分,只有冷暖季之别,属深层内陆高寒山区。唐古拉山北坡上冰川非常发育,有大小冰川393条,植被主要有高山草甸、高寒草原及高寒沼泽化草甸^[19]。研究区范围及地形地貌状况见图1。

长江源头地区是长江流域的主要水源涵养区,也是气候变化的敏感区和脆弱带;同时还是中国海拔最高的天然湿地和生物多样性分布区,以及生物物种形成、演化的区域之一。近几十年来,在全球气候变化和人类活动的综合影响下,长江源头的各类湿地出现显著的变化,其中沼泽型湿地退化已成为高原生态环境逐步退化的重要标志之一。长江源区的湿地退化主要表现为:湖泊水位下降,湖泊湿地面积缩小;源头水量逐年减少,河流出现断流,河流湿地呈现萎缩,已经影响到下游地区生产、生活的安全和发展;沼泽湿地大面积缩小、水源涵养功能下降,湿地植被群落结构发生明显得演变;生物多样性受到威胁和破坏。

3 数据与方法

3.1 数据选取

Landsat TM数据的分辨率和多波段信息特点完全可以满足湿地信息提取的精度要求。通过检索研究区长江源头区的唐古拉山乡 1990、2000、2004年时相(误差为±2年)的TM影像数据,依据图像清晰、云量较少,条带、噪声干扰少等要求,完成了影像的检索及质量筛选,挑选出符合研究要求的TM影像数据18景(表1)。

表1 长江源头区域 Landsat TM 卫星影像数据源
Tab.1 Landsat TM data source of the source area of the Yangtze River

序号	景号	时相	种 类	波段
1	137/36	1988-09-14	TM5	1-7
2	137/37	1992-11-12	TM5	1-7
3	138/36	1992-08-15	TM5	1-7
4	138/37	1992-08-31	TM5	1-7
5	139/36	1991-08-20	TM5	1-7
6	139/37	1990-05-29	TM5	1-7
7	137/36	2000-08-30	TM5	1-7
8	137/37	2000-08-20	TM5	1-7
9	138/36	2000-10-08	TM5	1-7
10	138/37	2000-10-08	TM5	1-7
11	139/36	2000-07-30	TM5	1-7
12	139/37	2000-09-05	TM5	1-7
13	137/36	2003-10-10	TM5	1-7
14	137/37	2005-06-25	TM5	1-7
15	138/36	2004-08-16	TM5	1-7
16	138/37	2002-06-24	TM5	1-7
17	139/36	2003-09-22	TM5	1-7
18	139/37	2003-09-22	TM5	1-7

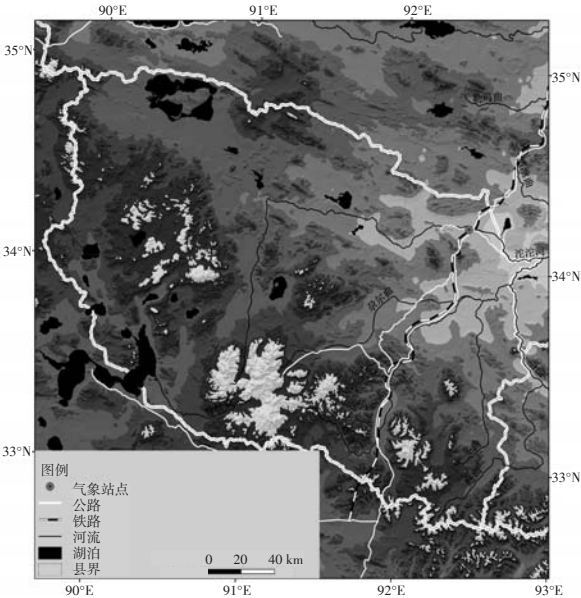


图1 长江源头范围及地形地貌图
Fig.1 The extent and the landforms of the Changjiang River Source Region

气候资料采用1962-2004年长江源头沱沱河气象站44年地面观测资料,统计基本气候要素的月、季、年平均序列资料,计算各年代的平均值,以及年际标准化变量值。

3.2 研究方法

3.2.1 遥感处理及分类

以人机交互解译结果为基础,首先在ERDAS IMAGINE软件支持下,将各景TM遥感影像数据经过彩色合成、几何精校正、辐射纠正、投影变换、图像增强、以及图像镶嵌等预处理。

根据《湿地公约》对湿地的定义,以国家一、二级分类系统为基础的土地利用分类系统,并参照前人对湿地的分类,以及三江源地区自然地理特征,将长江源区湿地分为3类,即湖泊湿地、沼泽湿地和河流湿地;根据各地类的影像特征(色调、形状、纹理结构等),结合分析了长江源头湿地的遥感影像特征,包括目视解译或对部分数字图象训练区的专题特征提取,以建立各类的“初步解译标志”;采用二级分类系统建立了湿地3类8个解译标志;再通过对“初步解译标志”进行实地野外检验修正,以及对初判过程中的疑难点进行实地属性确认,以最终建立长江源头地区各土地利用类型的解译标志。然后利用MAPGIS进行人机交互解译,采用分类监督法进行专题信息分类提取,判译各种湿地类型;并利用其GIS空间分析功能,对解译结果统计湿地图斑像元数,并按每个像元30 m×30 m进行面积计算,得到不同时相长江源区湿地面积变化情况,并建立长江源头区湿地资源遥感信息数据库以及综合分析与评价。

目前,验证遥感影像解译结果的常用方法包括实地调查和利用高分辨率影像验证低分辨率影像解译结果。考虑到研究区面积较大,大量的实地调查难以实现,经同期土地利用详查资料和47个典型区野外实地抽样调查验证,沼泽湿地解译精度在85%以上,河流与湖泊湿地精度在90%左右,表明解译结果可信度较高。

3.2.2 气候分析

以气候要素为因变量,时间为自变量,建立两个变量之间的一元回归(或N阶曲线模拟)的趋势方程,计算模拟序列与原序列的相关系数、气候要素的变化倾向率。并比较各参量的变化特征,分析气候的历史演变规律和年代际变化特点,以解释长江源头沼泽、湖泊、河流等湿地类型变化对区域气候

变化的响应规律。

3.2.3 灰色关联度分析

气候变化对湿地消长的影响机制非常复杂,气候变化对湿地的物质循环、能量循环及湿地动植物等产生重大影响,将有可能改变湿地分布、湿地生态系统的结构和一系列生态系统服务功能。要构造出完整、清晰的表达关系,极为困难。而气候变化对湿地影响的综合因素具有广泛的灰色性,即信息不完全性和不确定性。因此,描述影响湿地消长的气候因素的各个指标就存在着不准确性。所以,用灰色系统理论来研究综合评价问题是适宜的。对于因素之间的关联关系,虽然用回归分析、相关分析等统计方法也可以作出一定程度的解释,但往往要求数据量较大,数据分布的特征也要求比较明显。而且对多因素非典型分布特征的现象,回归或相关分析的难度常常很大。

灰色关联度分析是一种因素分析方法,是各因素间发展态势的量化比较分析,它通过系统统计数劣几何关系的比较来分析系统众多因素间的关联程度,实质上是曲线间几何形状的差别,因此将以曲线间差值的大小,作为关联度的衡量尺度^[20]。这种方法对样本数多少没有太高的要求,所以比较适合分析小样本、多因素之间的关联程度。

4 结果与分析

4.1 长江源头不同湿地类型动态变化

利用美国Lansat TM卫星影像资料,通过对遥感资料的处理和判译,获得了长江源头1990、2000、2004年3个时期不同湿地类型的动态情况(表2)。长江源头的湿地以沼泽湿地为主,占湿地总面积的平均比例为59.06%,湖泊湿地和河流湿地的平均比例分别为26.03%、14.91%(图2)。

在1990-2004年间,长江源头的湿地面积呈增加的态势,14a间共增加332.65 km²,年平均增加速

表2 1990-2004年长江源头湿地面积及斑块数

Tab.2 The areas and the number of patches of the wetlands in the Changjiang River Source Region during 1990-2004

湿地类型	1990年		2000年		2004年	
	面积 /km ²	斑块数 /个	面积 /km ²	斑块数 /个	面积 / km ²	斑块数 /个
沼泽	3167.54	4132	3499.76	4585	3619.48	4494
河流	913.99	264	951.65	273	724.83	289
湖泊	1491.57	694	1474.91	751	1561.44	758
合计	5573.10	5090	5926.32	5609	5905.75	5541

率为 23.76 km²/a;其中前 10a(1990-2000 年)湿地面积增加了 353.22 km²,增加速率为 35.32 km²/a,后 4a(2000-2004 年)湿地面积减少 20.57 km²,减小速率为 5.14 km²/a。在各湿地类型中,沼泽湿地面积呈持续增加态势,面积增加 451.95 km²,前 10a 和后 4a 增加速率分别为 33.22 km²/a 和 29.93 km²/a;湖泊湿地面积增加 69.87 km²,其中 1990-2000 年面积减小 16.66 km²,减小速率为 1.67 km²/a,2000-2004 年湖泊面积增加 86.53 km²,增加速率为 21.63 km²/a;河流湿地面积从 1990-2004 年面积减少了 189.16 km²,其中前 10a 面积增加 37.67 km²,增加速率为 3.77 km²/a,后 4a 面积减小幅度较大,达 189.16 km²,减少速率为 56.71 km²/a(表 3)。

单位面积上斑块的数目,反映了景观的完整性和破碎化。1990-2004 年,湿地的总斑块数由 1990 年的 5090 块增加了 451 块,增幅为 10.63%;在 3 种湿地类型中,斑块数均为增加趋势,其中以沼泽湿地的变化量最大,增加 362 块,河流湿地和湖泊湿地分别增加 25 块和 64 块。由于受自然因素的干扰,同时,其他景观元素的剧烈变化,导致长江源头各湿地类型破碎度增大,从而斑块数增加。长江源头不同时期不同类型湿地分布见图 3。

4.2 长江源头气候变化趋势分析

4.2.1 气温变化

根据长江源头 1962-2004 年四季及年平均气温变化趋势(图 4),近 43 年来长江源头来气候呈增暖趋势,四季及年平均气温总体上均在升高,其中年平均气温气候倾向率达 0.19℃/10a,明显低于整个三江源地区 0.27℃/10a 的年平均气温变幅^[9]。就四季及年平均气温升幅而言,夏季气温升幅要明显高于其他三季及年平均气温,其气候倾向率为 0.25℃/10a,43 年累计上升了约 1.5℃。但就显著性水平来讲,夏季气温的增暖最为显著,通过了 0.01 信度的显著性检验,春季和年平均气温均达到了 0.1 信度的显著性水平,而冬、秋两季最不显著,说明年平均气温的升高主要是由夏、春两季引起的。由 6 阶多项式拟合的阶段性变化结果来看,自 1990 年以来,四季及年平均气温总体上均呈持续增暖趋势,其中以春、夏两季气温上升趋势比较明显,且波动幅度比较稳定。年平均气温在 1998、2003 年两次突破历史极值。

4.2.2 降水量变化

根据长江源头近 1962-2004 年四季及年降水量变化趋势(图 5),近 43 年以来长江源头年降水量总体上呈略微增多趋势,气候倾向率为 0.49 mm/10a,但并未达到显著水平。但就四季降水量的变化趋势来看,除夏季降水量以 4.20 mm/10a 倾向率在减少外,冬、春、秋三季降水量呈现出增加趋势,其气候倾向率分别为 0.79 mm/10a、1.42 mm/10a、2.49 mm/10a,秋季增幅较大,但显著性检验结果只有冬季达到了 0.1 的信度水平。值得关注的是,由 6 阶多项式拟合的降水量阶段性变化趋势来看,尽管自 1990 年以来年降水量总体上是增加的,但进入 21 世纪以来年降水量呈下降趋势,这一趋势在春、夏、

表 3 长江源头不同时期湿地动态变化
Tab.3 Dynamic changes of the wetlands in the Changjiang River Source Region in different periods

	1990-2000 年		2000-2004 年		1990-2004 年	
	面积 /km ²	斑块数 /个	面积 /km ²	斑块数 /个	面积 /km ²	斑块数 /个
沼泽	+332.22	+453	+119.73	-91	+451.95	+362
湖泊	-16.66	+57	+86.53	+7	+69.87	+64
河流	+37.67	+9	-226.83	+16	-189.16	+25
合计	+353.22		-20.57		332.65	

注:“+”表示动态增加;“-”表示动态减少。

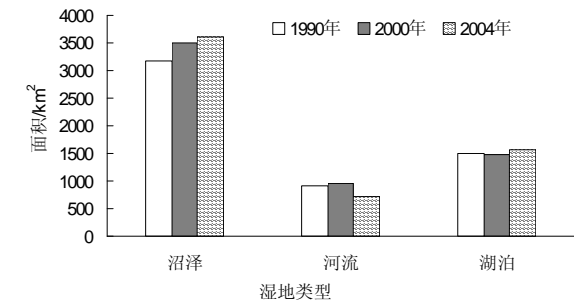


图 2 长江源头不同时期湿地面积变化
Fig.2 Changes in the wetland area in the Changjiang River Source Region in different periods

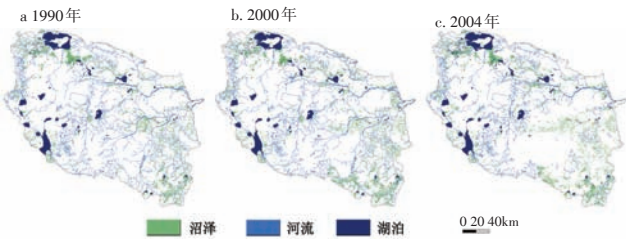


图 3 长江源头不同时期不同类型湿地分布图
Fig.3 The distribution of various type wetlands in the Changjiang River Source Region in different periods

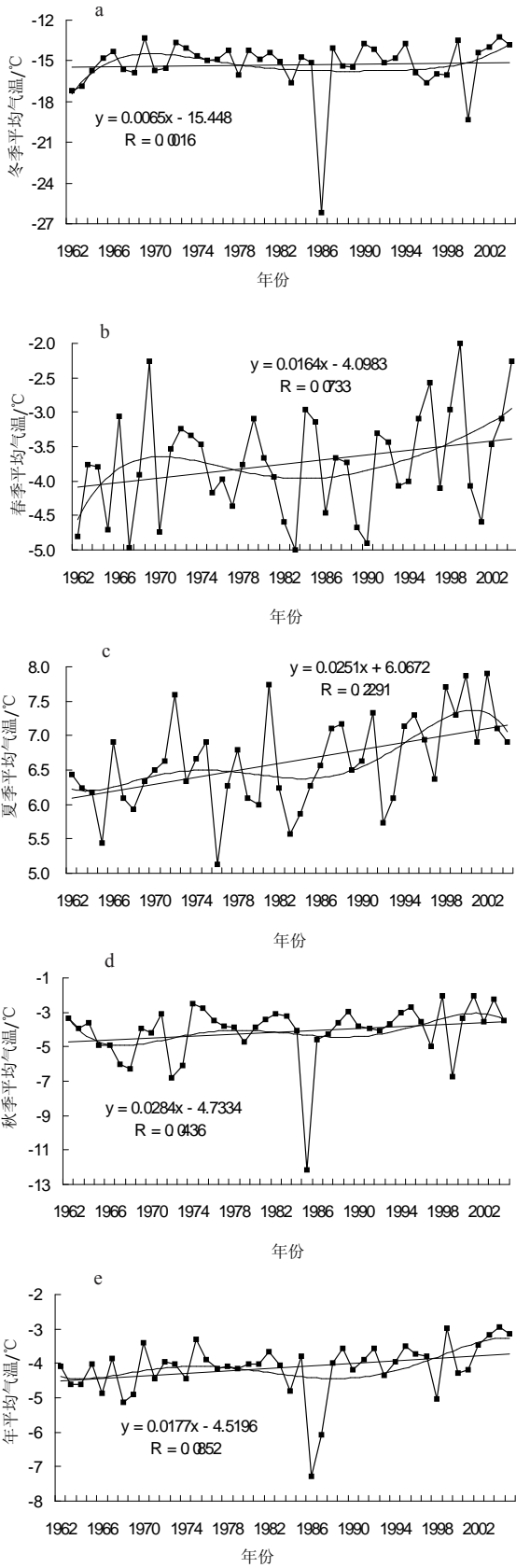


图4 1962-2004年长江源头气温变化曲线

Fig.4 The changing curve of temperature for theChangjiang River Source Region during 1962-2004

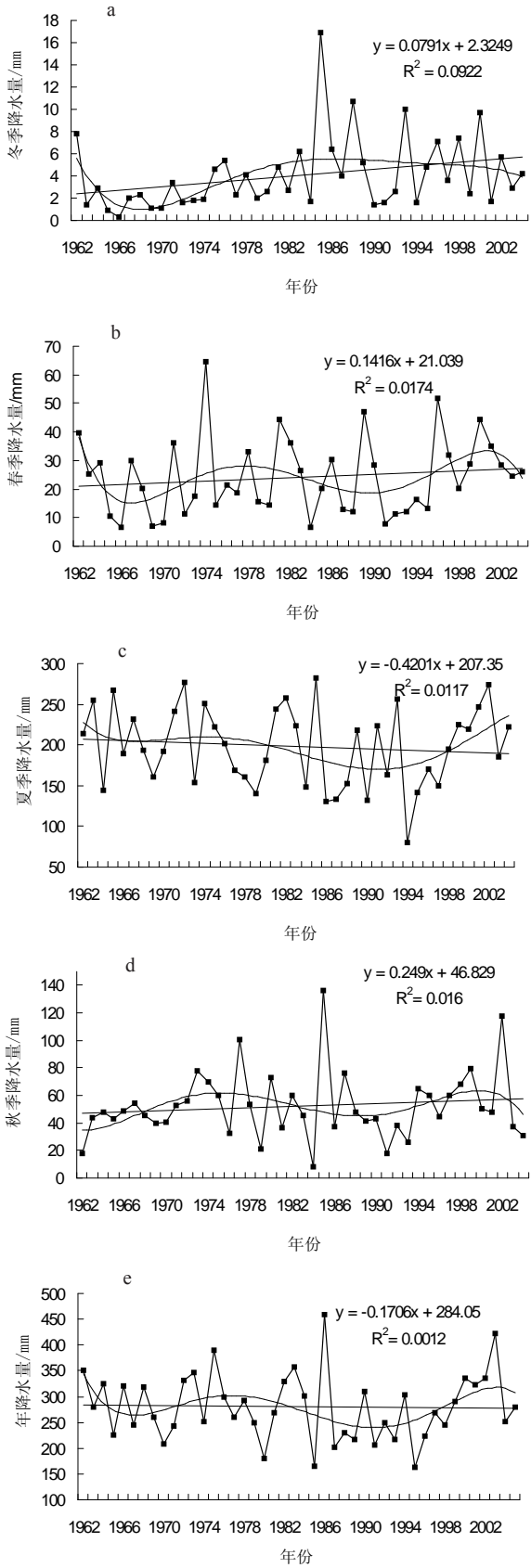


图5 1962-2004年长江源头降水量变化曲线

Fig.5 The changing curve of precipitation for the Changjiang River Source Region during 1962-2004

秋三季表现得尤为明显,而冬季降水量自1990年以来呈逐年减少趋势。

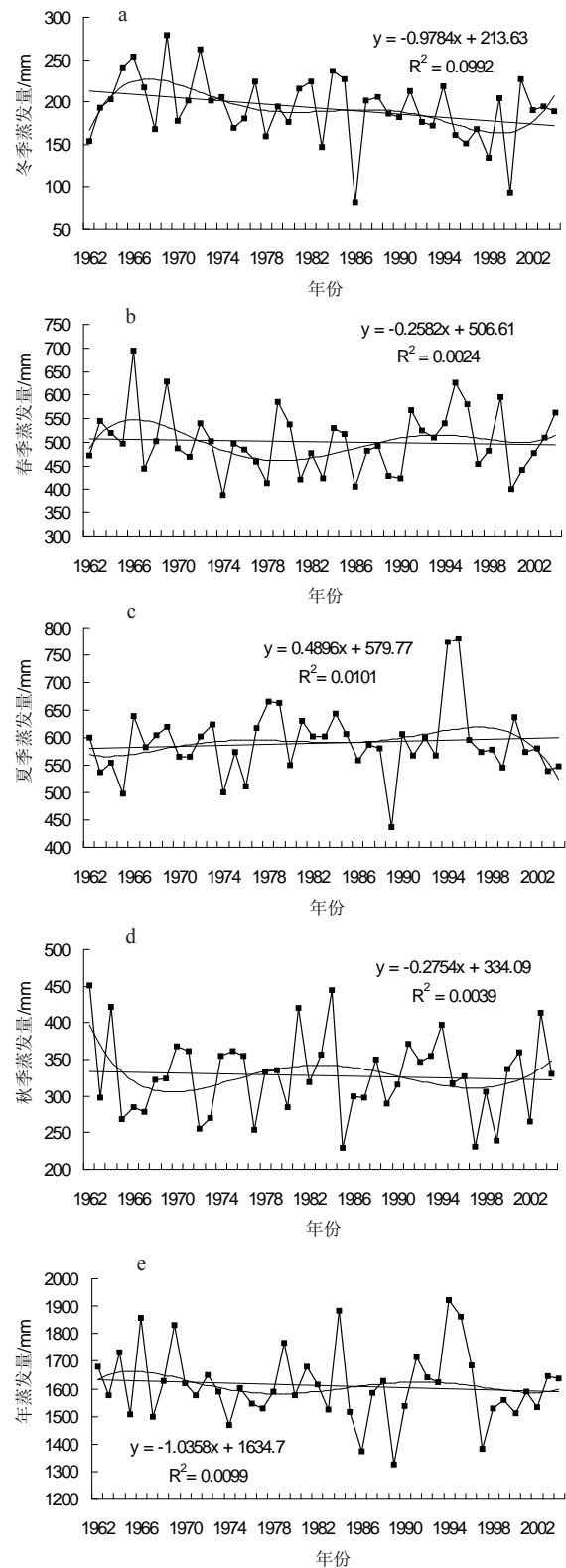


图6 1962-2004年长江源头蒸发量变化曲线
Fig.6 The curve for the changes in the evaporation in the Changjiang River Source Region during 1962-2004

4.2.3 蒸发量变化

根据长江源头近1962-2004年四季及年蒸发量变化趋势(图6),近43年来长江源头年蒸发量呈减少趋势,其气候倾向率为10.4 mm/10a,但没有通过显著性检验。就四季蒸发量的变化趋势来看,除夏季蒸发量以4.90 mm/10a倾向率在增加外,冬、春、秋三季的蒸发量均呈现出减少趋势,其气候倾向率分别为9.78 mm/10a、2.58 mm/10a、2.75 mm/10a,冬季的降幅最大,且显著性检验结果只有冬季达到了0.05的信度水平。值得关注的是,由6阶多项式拟合的蒸发量阶段性变化趋势来看,进入1990年后四季与年蒸发量都呈减少趋势,而进入21世纪以来冬、春、秋三季与年蒸发量呈现出增加的趋势,但夏季降水量一直保持减少的趋势,与降水量的变化是密切相关的。

4.3 湿地面积消长与气候因子的关系

在进行气候因素与各类湿地关联度分析时,对所选取的气候因子与各类湿地面积变化的原始数据进行标准化处理,对标准化数据进行灰色关联度分析,求出湖泊、河流和沼泽等湿地面积以及湿地总面积消长与年平均气温、年降水量、年蒸发量、年径流量及四季的气温、降水、蒸发的关联度(表4)。

从表4可以看出,不同类型的湿地面积及总面积的消长与多项气候因子变化有较好的相关关系,其中:湿地总面积与年蒸发量具有最大的负相关关系,其关联度为0.9719,其中与夏季蒸发量关联度

表4 长江源头湿地面积与自然因素的灰色关联度
Tab.4 The grey correlation between wetland area and natural factors in the Changjiang River Source Region

因子	季节或年度	沼泽面积	湖泊面积	河流面积	湿地总面积
降水	冬季	0.6583	0.3593	0.4851	0.7993
	春季	0.6618	0.3637	0.4953	0.8018
	夏季	0.6822	0.3911	0.5665	0.8165
	秋季	0.6629	0.3651	0.4983	0.8026
	年度	0.6930	0.4064	0.6072	0.8240
气温	冬季	0.6557	0.3561	0.4778	0.7974
	春季	0.6572	0.3579	0.4820	0.7985
	夏季	0.6586	0.3596	0.4859	0.7995
	秋季	0.6572	0.3579	0.4821	0.7985
	年度	0.6572	0.3579	0.4820	0.7985
蒸发	冬季	0.6778	0.3843	0.5497	0.8132
	春季	0.7211	0.4489	0.7635	0.8433
	夏季	0.7426	0.4851	0.8687	0.8572
	秋季	0.7015	0.4182	0.6414	0.8298
	年度	0.9372	0.9806	0.5564	0.9719
径流量	年度	0.6588	0.3600	0.4867	0.7997

最大, 为 0.8572, 与冬季蒸发量相对较小, 为 0.8132; 与降水量具有正相关关系, 其关联度为 0.8240, 其中与春、夏、秋降水量的关联度均在 0.80 以上; 与年平均气温呈负相关, 关联度为 0.7985, 与四季气温的关联度均在 0.80 左右; 与长江源头的径流量呈正相关, 关联度为 0.7997。对于沼泽湿地, 其作为长江源头河流的主要涵养源, 年蒸发量对其面积消长的作用最为显著, 其次是年降水量、年径流量、年平均气温; 就季节影响, 同样是夏季蒸发、降水、气温与其关联度最大; 对于湖泊湿地, 年蒸发量依然是与其面积的消长关联度最大, 但与其他因子以及四季的气候因子关联度均在 0.50 以下; 对于河流湿地, 年降水量与其面积的变化关联度最大, 其次是年蒸发量、年径流量、年平均气温, 说明降水量对河流湿地水量收支影响占着重要的地位。就季节影响, 夏季蒸发与其关联度最大, 为 0.8687, 占主导作用, 其次为春、秋季蒸发量, 夏季降水与其关联度为 0.5665, 而其余季节降水及气温与河流湿地的关联度均在 0.50 以下, 影响不显著。

5 结论

(1) 长江源头的湿地以沼泽湿地为主, 其面积占湿地总面积的 56.83%~61.29%。1990-2004 年, 沼泽、河流、湖泊三种湿地类型的斑块数均为增加, 其中沼泽湿地面积呈持续增加态势, 增加了 451.95 km², 主要来源于草地的转化; 湖泊型地增加 69.87 km²; 而河流型湿地面积减少了 189.16 km²。

(2) 与湿地总面积消长关联度较大的自然因子依次为: 年蒸发量、年降水量、年径流量、年平均气温, 说明蒸发量对湿地总面积的消长相对其他因子具有更显著的作用; 湿地总面积的变化与夏季的蒸发、降水、气温的关联度最大, 说明夏季对湿地面积变化的影响较其他季节更为显著。不同的湿地类型与气候因子的关联度是不同的, 沼泽、湖泊与蒸发量关联度最大, 而河流与降水量的关联度最大。

(3) 尽管长江源头气候变化存在一定阶段性变化和季节变化的差异, 但 1990 年以来则呈现出气温升高、降水量增加和蒸发量减少的暖湿化趋势, 对于湿地总面的增加是具有明显驱动作用的。自 1990 年以来, 长江源头年降水量总体上呈增加趋势, 年与四季蒸发量都呈减少趋势; 但进入 21 世纪

以来年降水量呈下降趋势, 尤其是在春、夏、秋三季表现得较为明显; 进入 1990 年及 21 世纪以来冬、春、秋三季与年蒸发量均呈现出增加的趋势。1990-2000 年的湿地总面积增加了 353.22 km², 2000-2004 年湿地总面积减少 20.57 km², 这与以上两阶段的降水与蒸发等气候要素的变化特征有着很好的响应规律。

(4) 气温与湿地面积变化之间呈负相关, 说明湿地与温度变化, 即湿地面积下降, 区域气温升高, 湿地的“冷湿”效应减弱; 反之, 湿地面积增高, 区域气温下降, 湿地的“冷湿”效应加强。降水与湿地面积变化之间呈正相关, 说明当区域湿地面积减少后, 降雨量有递减趋势; 反之, 降雨量减少, 将导致湿地面积减小。蒸发量与湿地面积呈较好的负相关性, 说明湿地面积减少后, 区域蒸发量将呈增大趋势, 将会制约湿地发育, 使湿地面积进一步减小。

参考文献

- [1] 宋长春. 湿地生态系统对气候变化的响应. 湿地科学, 2003, 1(2): 122-127.
- [2] 余国营. 湿地研究的若干基本科学问题初论. 地理科学进展, 2001, 20(2): 177-183.
- [3] 刘红玉, 吕宪国, 张世奎. 湿地景观变化过程与累积环境效应研究进展. 地理科学进展, 2003, 22(1): 60-70.
- [4] 孟宪民. 湿地与全球环境变化. 地理科学, 1999, 19(5): 385-389.
- [5] 孙广友. 中国湿地科学的进展与展望. 地球科学进展, 2000, 15(6): 666-672.
- [6] 傅国斌, 李克让. 全球变暖与湿地生态系统的研究进展. 地理研究, 2001, 20(1): 120-128.
- [7] 杨永兴. 国际湿地科学研究的主要特点、进展与展望. 地理科学进展, 2002, 21(2): 111-120.
- [8] Burkett J K. Climate change: Potential impacts and interactions in wetlands of the United States, Virginia. Journal of the American Water Resources Association, 2000, 36(2): 313-320.
- [9] Brock T C M, Vierrsan W V. Climatic change and hydrophyte dominated communities in inland wetland ecosystem. Wetland Ecology and Management, 1992, 2(1/2): 37-49.
- [10] Stockton C W, Boggess W B. Geohydrological implications of climate change on water resource development. U. S. Army Coastal Engineering Center, Ft. Belvoir, Virginia, 1979.
- [11] Nash L L, Gleick P H. Sensitivity of stream flow in the Colorado Basin to climate change. Journal of Hydrology,

- 1990, 125(1): 221-241.
- [12] Gleick P H. Methods of evaluating the regional hydrologic impacts of global climate changes. *Journal of Hydrology*, 1986, 88(1): 97-111.
- [13] 王根绪, 李元寿, 王一博, 等. 近40年来青藏高原典型高寒湿地系统的动态变化. *地理学报*, 2007, 62(5): 481-491.
- [14] 张继承, 姜琦刚, 李远华, 等. 近50年来柴达木盆地湿地变迁及其气候背景分析. *吉林大学学报: 地球科学版* 2007, 37(4): 752-758.
- [15] 张树清, 张柏, 汪爱华. 三江平原湿地消长与区域气候变化关系研究. *地球科学进展*, 2001, 16(6): 836-841.
- [16] 罗磊. 青藏高原湿地退化的气候背景分析. *湿地科学*, 2005, 3(3): 42-46.
- [17] 白军红, 欧阳华, 徐惠风, 等. 青藏高原湿地研究进展. *地理科学进展*, 2004, 23(4): 1-9.
- [18] 陈桂琛, 黄志伟, 卢学峰, 等. 青海高原湿地特征及其保护. *冰川冻土*, 2002, 24(3): 254-259.
- [19] 杨建平, 丁永建, 陈仁升. 长江黄河源区生态环境脆弱性评价初探. *中国沙漠*, 2007, 27(6): 1012-1017.
- [20] 吕锋, 刘翔, 刘泉. 七种灰色系统关联度的比较研究. *武汉工业大学学报*, 2000, 22(2): 41-43.

Response of Wetlands Rise and Fall in the Changjiang River Source Region to Climatic Change

LI Fengxia¹, FU Yang¹, XIAO Jianshe¹, SHI Xinghe², LIU Baokang¹

(1. Qinghai Institute of Meteorological Science, Xining 810001, China;

2. Qinghai Province Center of Climatic Data, Xining 810001, China)

Abstract: The Changjiang River Source Region is located in the hinterland of Qinghai-Tibet Plateau and in the north of Tanggula Mountain. Because the direct impact of human activities is limited, critical information can be found from the inter-related climate change and wetlands rise and fall. The impacts of climate change on the wetlands of the Changjiang River can be reflected. According to Gray correlation analysis, it can be found that evaporation plays an dominant role in the rise and fall of the total area of wetlands compared to other climatic factors, followed by the impact of precipitation. Climate in summer affects the rise and fall of wetlands more prominently than that in other seasons. The Changjiang River has a tendency of temperature rise, precipitation increase, and evaporation decrease, and it has a warm and humid trend since 1990. Its annual precipitation has been declining and its annual evaporation has an increasing trend in the 21st century. These are the significant driving forces for the rise and fall of wetlands. According to the remote sensing analysis, the total area of wetlands in the Changjiang River Source Region was increased by 353.22 km², and the annual average increasing rate was 35.32 km²/a during 1990-2000, while it was reduced by 20.57 km² during 2000-2004. These two periods showed the close relations between wetlands rise and fall and corresponding climate change.

Key words: wetland; rise and fall; climate change; response; Changjiang River Source Region

本文引用格式:

李凤霞, 伏洋, 肖建设, 等. 长江源头湿地消长对气候变化的响应. *地理科学进展*, 2011, 30(1): 49-56.