

玛曲高寒草甸沙化研究进展 ——沙化发展及自然诱因

金红喜^{1,2,3}, 何芳兰^{1,2,3}, 李昌龙^{1,2,3}, 韩生慧^{1,3}

¹甘肃民勤荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 甘肃民勤 733300;

²甘肃省荒漠化与风沙灾害防治重点实验室, 甘肃武威 733000; ³甘肃省治沙研究所, 兰州 730070)

摘要:地处青藏高原东南缘的黄河首曲是黄河全境最主要的产流区、水源涵养区和水源补给区,也是世界重要的生物多样性保护热点地区之一。但自20世纪60、70年代以来,该区地表径流减少、地下水位下降、植被破坏、草场严重退化及水土流失等生态环境问题日趋严重,尤其是草地沙化问题已相当突出,引起了国内外的广泛关注。通过搜集国内外文献,在总结分析的基础上,明确了历史时期玛曲高寒草甸的沙化情况,以及近几十年以来该区域的动态变化过程,探讨了自然因素对玛曲高寒草甸沙化的影响,以期为进一步展开深入研究玛曲高寒草甸沙化提供依据。

关键词:高寒草甸;沙化;动态变化;驱动力;自然因素

中图分类号:X171.4,S775

文献标志码:A

论文编号:casb15070130

Research Process of Alpine Meadow Desertification in Maqu ——Desertification Development and Natural Factors

Jin Hongxi^{1,2,3}, He Fanglan^{1,2,3}, Li Changlong^{1,2,3}, Han Shenghui^{1,3}

¹Gansu Minqin National Field Observation and Research Station on Ecosystem of Desertification Rangeland,

Minqin Gansu 733300; ²Gansu Key Laboratory of Desertification and Sandstorm Disaster Combating,

Wuwei Gansu 733000; ³Gansu Desert Control and Research Institute, Lanzhou 730070)

Abstract: Maqu County lies in the southeast of Tibet Plateau, it is the main runoff producing area, water conservation area and water recharging area of the Yellow River and one of the important biodiversity protection areas in the world. However, since the 60s and 70s of the 20th century, the problems of overland runoff decrease, groundwater recession, vegetation deterioration, meadow degeneration and water and soil erosion increased seriously, especially the problem of meadow desertification. In this paper, the authors introduced the desertification condition in alpine meadow in Maqu, discussed the changing process of desertification and the effect of natural factors on desertification in order to provide the basis for further research.

Key words: alpine meadow; desertification; dynamic change; driving force; natural factor

0 引言

青藏高原东南缘的玛曲县地处中国“两屏三带”国

家生态安全格局的重要部位,是黄河上游的巨大生态屏障,这里曾经水草丰美,拥有面积 8.57×10^7 hm²的优

基金项目:国家自然科学基金项目“沙化对黄河首曲高寒草甸植物多样性与生态系统功能的影响”,“石羊河下游衰败人工固沙林中红砂定居过程及其驱动机理研究”(31160111, 31360203);甘肃省自然科学基金计划项目“戈壁土壤沃岛植物群落内种间关系对植物共存的作用及影响机制”(1308RJA081)。

第一作者简介:金红喜,男,1973年出生,甘肃榆中人,副研究员,博士,主要从事荒漠化防治及植物生态研究。通信地址:730070 甘肃省兰州市北滨河西路390号 甘肃省治沙研究所, Tel:0931-7606109, E-mail:jinhxcha@163.com。

通讯作者:何芳兰,女,1980年出生,甘肃定西人,副研究员,博士,主要从事植物生理生态研究。通信地址:730070 甘肃省兰州市北滨河西路390号 甘肃省治沙研究所, Tel:031-7606109, E-mail:hefanglan2003@126.com。

收稿日期:2015-07-22, **修回日期:**2015-10-19。

良草场,被誉为“亚洲第一牧场”^[1-2]。它既是青藏高原生态系统的重要组成部分,具重要的生物多样性保护功能、土壤保护、沙化控制功能^[3],也是黄河上游地区的最主要产流区、水源涵养地和黄河全流域的重要水量补给区,素有“中华水塔”和天下黄河“蓄水池”之称^[4]。

但是自20世纪60、70年代以来,在全球气候变暖趋势背景下,该区地表径流减少、地下水位下降、植被破坏、草场严重退化及水土流失等生态环境问题日趋严重,尤其是草地沙化问题已相当突出^[6-9]。此外,在人口过快增长、畜牧业迅猛发展、过度放牧、不合理经营牧场、开矿建厂等人为因素的作用下,黄河首曲高寒地区沙物质出露,土地沙化发展显著,致使整个区域草场载畜量和草地植被涵养水源功能大为降低,严重制约着该区资源的可持续开发利用及畜牧业发展,直接影响当地人们的正常生活生产、社会安定、经济发展,也危及到了黄河中下游省市的生态安全^[10-12],同时也引起了国内外研究学者的广泛关注^[13-17]。但是,针对该区域沙化发展及其自然诱因方面综述还未见报道。为此,笔者从玛曲高寒草甸沙化的成因、面积、分布、类型及动态变化过程,自然因素对沙化造成的影响等方面综述和分析了目前的国内外研究状况,一方面是对过去涉及该区域研究工作的总结,另一方面期望可以为国内研究者在本地区进一步研究提供依据。

1 20世纪80年代以前对该区域沙化研究

由于玛曲县的唯一性和特殊性,对该区沙化的研究主要集中在国内,国外对该区的研究很少。解放前,对这一地区以及周边区域的科学研究工作不多,主要集中于物种的采集、个别科属的研究以及地理游记,没有全面的植物志,更没有荒漠化方面的科学研究工作^[18]。1949—1980年间,兰州大学、复旦大学、中国科学院植物研究所、中国林业科学研究院、中国科学院西南生物研究所等科研院所陆续进行了一些初步的研究,主要集中在地理区划、植被分类等方面^[19-22]。

2 20世纪80年代以后对该区域沙化的研究

进入20世纪70年代以后,该区高寒草甸退化严重,高寒草甸沙化速度加快,草地沙化的年增长率达4%~6%,在黄河沿岸出现了一条近200 km长的沙化带;1999年玛曲县沙化草地面积超过5000 hm²^[23-24];草地负荷急剧加重,长期处于高于草地负载能力30%以上的条件下过度利用,致使玛曲县高寒草甸出现大面积退化,草场生产力水平急剧下降,至2008年沙化面积已经达到9084.93 hm²^[25]。加之该区独特、唯一的生境以及重要的生态地理位置,使得近年来对该区草地沙化的关注程度和研究力量也逐年加强,开展了一系

列针对该区域历史时期、近代以及现今沙化状况的研究工作,主要形成如下观点:

2.1 沙化的类型、发生、发展及现状分布

对玛曲高寒草甸沙漠化发生、发展的研究分为2个阶段。出现遥感资料以前,主要采用对该区的土地普查、资料统计、实地勘察以及地层剖面的研究;出现遥感资料以后,主要利用覆盖全区的遥感影像资料解译。

2.1.1 玛曲高寒草甸风沙地貌的类型 刘虎俊等^[39]以风力作用的性质为I级指标区(风蚀和风积),运动床面为II级分类标准(冲击平原、山坡)将玛曲沙化高寒草甸的风沙地貌分为4级17类。其中横向沙丘(新月形沙丘)主要分布在河岸和黄河的一级或二级阶地上,单个的新月形沙丘最大高度可达12 m,64%的新月形沙丘迎风坡走向与当地起沙风向一致。分布在古河道或古三角洲的流动和半流动纵向沙丘(沙垄)高度小于3 m,51%的沙垄走向与当地起沙风向相同。低山上的沙垄和沙片出现在山顶或其阳坡,地形过渡带形成风蚀坎。风蚀洼地与固定和半固定沙地伴生,60%左右的风蚀洼地横切面为不规则椭圆和马蹄形;其深度与长轴呈正比例函数关系。

郑庆钟等^[40]按照沙源、外营力、沙化程度、危险性以及沙化高寒草甸分布的位置等,将玛曲高寒草甸沙化草地分为12类。研究认为外来沙源的沙化高寒草甸主要分布在黄河阶地和黄河支流的河岸部分,行政区划属于尼玛乡、欧拉乡和河曲马场。而由于古沙翻新造成的沙化高寒草甸主要发生在已经干涸的黄河支流区域,分布在玛曲县全境。这一部分的沙化高寒草甸又可分为古三角洲或古河道沙化高寒草甸,低山顶、阳坡或地貌过渡带沙化高寒草甸。

2.1.2 玛曲高寒草甸历史时期的沙化情况 邹学勇等^[29]对黄河两岸地层剖面古风成沙空间分布特征与草甸土的¹⁴C以及年代测定显示,距今2600—1900年玛曲草原形成第一次可证的沙漠化过程,这与王富葆等^[30]的研究相呼应。邹学勇和王贵勇的研究还显示,晚全新世以来玛曲草甸土和古风成砂迭覆的层数在时空分布上有差异,这说明玛曲高寒草甸在沙漠化过程中具有局地性,并不是一片流沙覆盖全区,而是流沙、固定、半固定沙地镶嵌分布的草原型沙地,整个县境内的沙化过程也并非完全一致。草甸土与古风成砂迭覆出现的地层组合特点,反映了当时的沉积环境为干旱与温湿交替频繁动荡的环境,表明高寒草甸沙漠化的发展模式是波动式的。可认为自全新世以来,玛曲草原地区的沙漠化与中国气候变迁和西部邻区的沙漠化过程基

本一致,共经历了4个阶段,即2600—1900年前、1900—750年前、750—前220年和220年至今^[29]。

2.1.3 玛曲高寒草甸近代的沙化情况 由于中国大面积开展风沙灾害的研究与治理工作开始于20世纪50、60年代,而当时科学界关注的重点在东北、内蒙、陕西、宁夏、新疆等北方省市,所以对玛曲高寒草甸的沙化没有进行过系统的研究,20世纪70年代以前玛曲高寒草甸沙化状况缺乏基本的文献史料记载。据一些有限文献以及相近区域的研究成果推测,当时的玛曲西倾山等山脉顶峰有沙化现象,在全县黄河阶地和河漫滩局部区域亦有一些沙化现象出现,但是情况还不太严重,“绝少冲别之土面沙坡裸露于阳光之下”,只是有一些零星分布的沙化点^[18-19,31],沙化对当时该区域的畜牧业还没有造成很严重的影响,没有引起人们的重视。

但是,根据当时的文献记载,在黄河两岸阶地和河漫滩的高寒草甸区域,鼠害现象已经很严重,在广袤的高寒草甸上形成了很多“黑土滩”地^[32]，“黑土滩”如果得不到及时的治理,就有可能转变为荒漠化土地,这可能成为该区70年代出现沙化的一个重要诱因。

玛曲高寒草甸严重的沙化现象出现在20世纪70年代以后,对此阶段该区沙漠化的研究资料也比较丰富。1975年玛曲县沙化面积43668 hm²,其中重度沙化面积达到9055 hm²;1975—1990年研究区沙漠化处于强烈发展阶段,沙漠化土地面积增加了44093.8 hm²,其中流动沙地、半固定沙地、固定沙地面积分别增加了39.9、27702.7、16351.2 hm²。1990—2000年沙漠化程度加剧,沙漠化总面积增加了142.4 hm²,其中流动沙地和半固定沙地分别增加了200.1、326.6 hm²,而固定沙地面积减少了384.3 hm²。而此后,玛曲高寒草甸的沙化没有得到有效治理,沙化程度及面积都呈现加剧现象。2005年玛曲县的沙化面积达到了100814 hm²,其中轻度沙化面积38861 hm²,中度沙化面积57084 hm²,重度沙化面积4869 hm²^[9,33-38]。

2.1.4 玛曲高寒草甸现今的沙化面积及分布 玛曲县东北以西倾山为界与甘肃省甘南州碌曲县接壤,东南与四川省阿坝藏族羌族自治州的若尔盖县、阿坝县为邻,西面与青海省果洛藏族自治州久治县、甘德县、玛沁县毗邻,北接青海省海南藏族自治州河南蒙古族自治县。有研究表明,与玛曲县北部、西部以及西南接壤的区域生态环境较优,其中久治县、甘德县、玛沁县以及河南蒙古族自治县是三江源区主要的森林生态系统集中分布区^[26],虽然近年来,这些区域也有轻度的草场退化现象,但是与玛曲县比较,无论沙化面积和程度都要轻很多^[27]。而与玛曲县东南接壤的若尔盖县、阿坝县

等,境内沙化程度亦很严重,2005年若尔盖县、阿坝县的沙化面积分别达到227676 hm²和6796 hm²^[28]。Dong等^[9]的研究表明,在1975—2005年这段时间内,阿坝县的沙化土地增幅小于玛曲县,而若尔盖的沙化土地增幅则比玛曲县还要大,但是玛曲县的中度沙化土地增幅为57084 hm²,接近若尔盖县中度沙化土地增幅面积。据此可以认为,在以玛曲为中心的广大高寒草甸地区,沙化的整体趋势为东南沙化严重,西部地区的生态环境较好,还没有受到严重沙化的威胁。

从行政区划上看,玛曲县县境内的草地沙化主要分布在尼玛、曼日玛和欧拉3个乡镇,依次为5684.58、1805.33、1300.79 hm²,分别占全县沙化草地的62.6%、19.9%和14.3%^[25]。

从地理位置上看,玛曲县沙化草地的主要分布在沿黄河河岸带状分布和局部集中连片分布。沿黄河带状分布主要是分布在黄河沿岸洪积冲积滩地和黄河阶地上。黄河在玛曲县总流程433 km,目前,有沙化草地分布的黄河沿岸长度已达220 km,沙化区长度占到了境内黄河总长度的51%^[24]。

集中连片分布的沙化草地主要有2个较为集中的分布区,一是位于以县城为中心,东西长约30 km,南北长约20 km的范围内,有沙化草地5039.91 hm²;二是位于县城以东7~20 km,以南20~40 km的范围内,有沙化草地1711.74 hm²^[8]。

2.2 20世纪70年代以后玛曲高寒草甸沙化面积的争议

由于研究的目的不同,采用的手段有差异,划分沙漠化土地的标准也不尽相同,因此各研究者得到的玛曲高寒草甸70年代至今的沙化高寒草甸面积结果亦有较大的差异(见表1)。

这些研究结果可大致分为2个阵营,一个阵营以中国科学院寒区旱区环境与工程研究所的董治宝^[9,33-36]和甘肃省甘南州玛曲县草原站刘振恒为主^[37-38],通过文献、普查、MSS、TM、ETM等方法开展工作,研究成果主要发表在《Environmental Earth Sciences》、《中国沙漠》、《地球科学进展》等杂志上,这一派学者认为玛曲高寒草甸现今的沙化面积在几万公顷到几十万公顷之间。另一个阵营以甘肃省林业科学研究院戚登臣^[16,41-43]和甘肃省治沙研究所徐先英^[25,39-40,44]为主,通过MSS、TM、ETM等方法开展工作,研究成果主要发表在《生态学报》、《草业学报》、《草业科学》等杂志上,认为玛曲高寒草甸的沙化面积在几千公顷范围之内,还没有达到1万公顷。

通过比较文献发现,两者在判读遥感影像时对沙

表1 1975—2009年期间玛曲高寒草甸沙化土地面积表

hm²

年份	Dong		Qi		Sheng		Wang		Liu		Chen	
	面积/hm ²	方法	面积/hm ²	方法	面积/hm ²	方法	面积/hm ²	方法	面积/hm ²	方法	面积/hm ²	方法
1975	43688	MSS	3068	MSS		文献		不明		文献		文献
1985		TM		TM	1440	TM			14400	普查		TM
1989		ETM		ETM					17200			
1990	87755		3915				3404					
199			4798		4798		4614		44800		5595	
1999			6080		6080		6126					
2000	87926						6428					
2001							6731				7570	
2003					7137		7336					
2005	100814		7013				7940					
2006							8236		42000			
2007							8539					
2008							8841				9085	
2009			8162									

注:方法 Dong 参见文献[9,28,33-36];方法 Qi 参见文献[16,41-43];方法 Sheng 参见文献[8,45];方法 Wang 参见文献[46];方法 Liu 参见文献[37-38];方法 Chen 参见文献[25,44]。

漠化的标准定义差异不大,董治宝等人划分固定沙地(丘)的标准为“植被覆盖度为30%~60%,流沙面积5%~10%,沙地(丘)呈斑块状或零星分布,有风沙流活动”,而威登臣等人则定义轻度沙化高寒草甸为“固定沙地(丘),植被盖度>50%,流沙面积<10%,有裸露小块沙化点零星分布,但无风沙流活动”^[33-43]。

胡光印等^[33]2009年5月发表在《中国沙漠》上的文章指出,玛曲县沙化土地面积1975年为3872 hm²,2000年为4411 hm²,2005年为3691 hm²;而该研究团队2009年8月发表在《地球科学进展》以及2010年发表在《Environmental Earth Sciences》上的文章却得到玛曲县沙化土地面积1975年为43668 hm²,1990年为87755 hm²,2000年为87926 hm²,2005年为100814 hm²^[9,28];此后,逯军峰等^[34-36]发表在国内外其他杂志上的文章在涉及到玛曲县沙化土地面积时就基本上统一了,1975—2005年期间,玛曲县的沙化土地面积在几万公顷到几十万公顷之间。

通过研究这3篇文章,可以发现胡光印等先后研究的数据来源基本一致,都选取1975年的MSS影像,1990年和2005年的TM影像、2000年的ETM影像。采用的图像处理方法也基本相同。但是,2009年发表在《中国沙漠》上的文章,胡光印等^[33]将涉及到沙漠化概念的土地利用划分为沙地、戈壁、盐碱地、裸土地、裸

岩石砾地等,而在发表在《地球科学进展》杂志上的文章中,Dong和胡光印等^[9,28]则将涉及到沙漠化概念的土地利用划分为流动沙(丘)地、半固定沙(丘)地、裸露沙砾地、固定沙(丘)地、半裸露沙砾地、风蚀耕地、工程治沙地等。可以看出,前者将戈壁、盐碱地、裸土地、裸岩石砾地等与沙地划分开来,而后者没有反映出沙化土地是否包括戈壁、盐碱地、裸土地、裸岩石砾地等。即便如此,按照2009年发表在《中国沙漠》上文章的相关内容,将这几类土地面积都相加,仍然无法得到发表在《地球科学进展》和《Environmental Earth Sciences》文章相应的沙化土地面积。

3 造成玛曲高寒草甸沙化的自然因素

3.1 不稳定的地质结构

周强等^[47]对临近地区的研究显示,此区地质历史时期为一古湖盆,分布有大量的早更新世湖相沉积物以及部分冰川沉积物、洪冲积物等,成岩度低、固结度差。后来由于高原不断隆升,造成了湖底大面积暴露,以这些物质为基础,发展成现在的土壤母质。另外,该区位于东昆仑活动断裂带,新构造运动时期,断裂带活动较强,尤其是全新世早期以来,地壳活动剧烈,左旋走滑运动剧烈,地震多发,造成该区多断陷盆地、断裂谷、断陷湖等^[48-49]。

另一方面,在地质构造上,该区域沙区出露的岩层

主要有T2、T3砂板岩、页岩和第四纪松散堆积、沉积物。T2、T3砂板岩、页岩风化后含沙量高，第四纪松散堆积、沉积物又主要是粉沙沉积和沼泽沉积，粉沙分布广泛，植被层一旦破坏，沙层随即出露，很容易形成沙化^[50-51]。

3.2 黄河改道形成的古河道

孙广友等^[52]根据对玛曲县境内最大黄河古河道的研究表明，早在中更新世时，由于该区的地质结构多为第四纪松散沉积物，唐克一带更是厚达200 m以上，所以在水流下切力和侧切力的作用下，形成了一条南起采日玛，北抵玛曲黄河桥附件的古河道，南北长72.5 km，东西宽5~11 km。

可以得到，玛曲高寒草甸地区因第四纪末期冰川剧烈运动，导致河流中心不等量下沉，这一地质变迁，使黄河及其支流、湖泊均几度改道或搬迁，形成了许多古河道、古湖床^[51]，如若尔盖、红原等县的黄河、黑河、白河流域的古河道。虽然经过历史变迁，这些古河道都被植被覆盖，但是植被覆盖的下面却是数量和面积巨大的细沙砾物质，一旦失去地上植被的覆盖，这些古河道河床上的河床砂物质就可能成为该区高寒草甸沙化的丰富沙源。

3.3 冻土层退化

青藏高原的永久冻土带面积大约是 $141 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，但是随着近年来，气候的暖化和人类活动的干扰，永久冻土带面积出现减少趋势^[53]；虽然玛曲高寒草甸地处高寒地区，气温和土壤温度都很低；但是一天中光照强度最高可达到 $251.2 \sim 360.1 \text{ J}/(\text{cm}^2 \cdot \text{a})$ ，在严冬季节，日地表温度最高也可达到 0°C 以上，所以造成该区地表温度昼夜温差变化大，每年有150~230天地表温度都处于零上零下温度剧变中，并且这种反复地温度剧变对地表土壤的结构破坏巨大，造成土壤团粒的破碎化；再加之气候日趋干旱，土壤中的水分近年来下降明显，尤其是在地表土层中。这种因特殊地理位置造成的特殊环境使玛曲高寒草甸区永久冻土地近年来出现溶解现象，永久冻土地带面积逐年缩小^[54]。

冻土层退化对高寒草甸的主要危害表现为，冻土层退化后，一方面造成冻土上限下降，近地表土壤中水分向更深层输移，近地表土壤中植物可利用水分减少，使沼泽化草甸向典型草甸演替，一些水生或湿生植物消失，代之以中生或旱生植物；冻土继续退化，上层土壤中水分继续散失，则旱生植物成分侵入，植被向高寒草原化草甸演替，气候持续暖干化，冻土消失，植被将发生显著退化，中生草甸植被基本消失，旱生植物得以发展，高寒草甸出现沙化^[55]。另一方面，冻土层退化，

引起多年冻土上限附近地下冰或冻土融化，导致这些区域表层岩石失稳，坡面过程加剧和热喀斯特地貌发育，原来稳定的地貌平衡被打破；进一步造成植物毁灭性的灾难，地表植被失去，致使暴露的下部土层成为沙化的新物源，造成土壤侵蚀的加剧^[56]。

3.4 历史时期的气温剧变和近代气温的持续升高

王富葆等^[30]对若尔盖高原红原县泥炭有机碳 $\delta^{13}\text{C}$ 研究显示，该区11600年前至今，气候分别出现了3次明显的升温期和3次明显的降温期，其中距今5300年有一次明显的升温，距今4600年又有一次明显的降温，紧接着距今3000年有一次明显升温，这一次短期内气温剧变再加上黄河古河道提供的丰富物源可能就是玛曲草原首次出现沙漠化过程的原因。

而近50年以来，黄河源区的气温呈现不断增温的趋势(见图1)，增幅显著大于全国平均水平，从90年代后期开始，是增温幅度最大的时期^[57]，尤其是秋、冬季气温升高和日照时间增加^[58]。李国军等^[59]的研究表明，气候变化的负面影响或累积效应对玛曲县高寒草甸近年来的沙化具有重要影响。1969—2005年期间玛曲县年平均气温上升了 1.11°C ， 0°C 以上的积温上升了 $226.05^\circ\text{C}^{[12]}$ 。气温升高使地表蒸发量增加，冻土融化，水分下渗，土壤含水量减少，使得植物生长受到限制，引起草场退化，是造成高寒草甸沙化的一个重要因子。

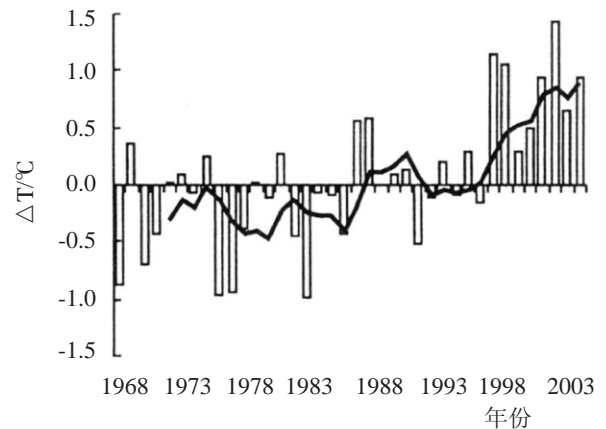


图1 近50年以来玛曲县气温年际变化图^[58]

3.5 地表土温升高

宁和平等^[60]的研究表明，玛曲地区平均地表温度以 $0.6^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 的速率升高，2000年之后，这种趋势尤为显著，升幅达到 $1.9^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ ；各季节平均地表温度呈现出不同程度的升高趋势，其中以春、秋季的升幅最大，夏季最小，最高、最低平均地表温度同样呈升高趋势，甘南玛曲地区平均地表温度的升高主要以最低地表温

度的上升为主。地表温度尤其是最低地表温度不断升高,使高寒草甸下垫面的蒸散能力增强,加速了草地的干旱化趋势,从而导致草地产草量下降,草场植被盖度降低,加剧了草地退化、沙化的发生和发展。

3.6 降雨量减少

通过对黄河源区多个气象、水文台站数据的汇总,可以得到黄河源区在1950、1970、1990年代降水量较少,特别是进入1990年代以后,大部分台站记录的降水量都锐减^[61]。在90年代以前,黄河源区的降水量变化一般都处于3.4年之间的周期性变化,但从1992年以后,黄河源区的降水呈现线性下降,下降趋势值达到-8.5 mm/a。进一步的分析显示,1962—1978年间,黄河源区为典型少雨年,而1975—1989年为典型多雨年^[10,62]。

据姚玉璧等^[63]的研究表明,自20世纪70年代以来,玛曲县降水量年际变化呈下降趋势,降水量变化曲线线性拟合倾向率为-13.70 mm/10 a,大于全国年降水量递减率(-12.69 mm/10 a)。70年代平均降水量为614.49 mm,80年代平均降水量为609.95 mm,90年代平均降水量为567.63 mm,80年代比70年代平均降水量减少4.54 mm,90年代比70年代减少46.86 mm,说明90年代降水显著减少(见图2)^[10]。

3.7 黄河上游径流量周期性波动,最近20年正处于谷底

据姜世中^[64]的研究表明,如果以1974年为中心,黄河在玛曲段的径流量波动周期在11~29年之间;而如果以1985年为中心,黄河在玛曲段的径流量波动周期却可以达到32~42年。黄河在玛曲段的径流量变化趋势为:1956—1969年偏多、1969—1975年偏少、1975—1986年偏多、1986—2004年偏少。虽然50年以来,黄河的径流量有变化周期,但是总的趋势是在持续

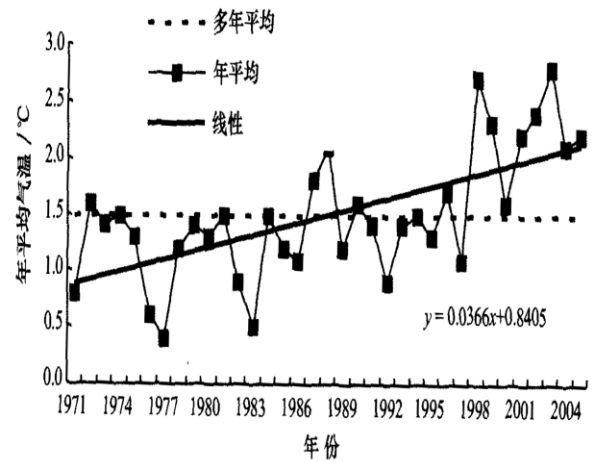


图2 近40年以来玛曲县降雨量年际变化图^[10]

下降,尤其是秋、冬季径流量呈显著减少趋势,并且当前达到了径流量周期变化的谷底(见图3)^[65]。进一步的研究显示,ENSO事件与黄河源区降水与径流年际波动变化有很好的相关性,一般夏秋季暖事件无论强弱均导致该年降水偏少。随着20世纪90年代以来暖事件发生频率的增加,径流呈现持续减少。这种径流量的年际变化主要是受气候影响所致,人类活动作用不显著^[66]。

3.8 大风频繁

玛曲县地处青藏高原边缘,风大、风多,风能资源十分丰富;年平均风速2.4 m/s,月平均风速在春季最大,冬季次之;全年八级(≥ 17 m/s)以上大风日数平均为57.8天,一般出现在14:00—20:00之间,年最多日数可达140天,最少也在14天;12月至次年4月为大风季节,八级以上大风日数57.5天,占全年大风日数的75%。一年中有约三分之一的时间日平均风速可达3 m/s以上,尤其是在11月一次年7月,玛曲县地表风速都在3 m/s以上^[67]。

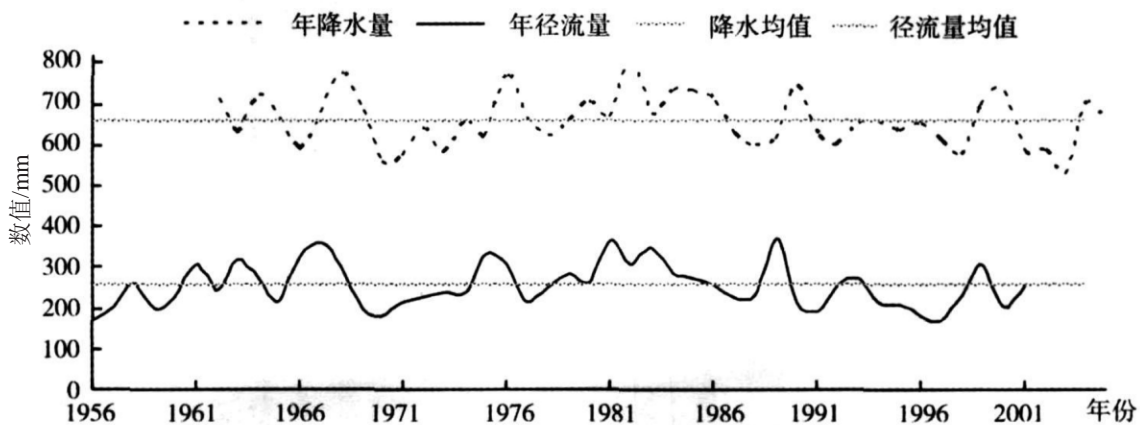


图3 近50年以来玛曲段黄河径流量年际变化图^[10]

通过前面的分析可以得到,玛曲高寒草甸下覆面具有丰富的沙源,而该区草地塌陷和滑塌时常发生,一旦完整的地表草皮遭到破坏,强劲的风力就成为了高寒草甸沙化的主要外力条件。一方面草地破坏所形成的缺口在风力作用下,大风将有缺口的草皮撕开、掀起,而且不断掏蚀和风蚀,形成了较大的风蚀坑,加快了地表草皮的破损过程;另一方面,大风将草皮覆盖下的细沙砾物质搬运、堆积,形成了覆盖高寒草甸地表上的大面积流动沙丘。

4 结论

玛曲高寒草甸的沙化现象在历史时期就存在,但是在20世纪70年代以前,基本上没有发生对工农业生产造成较大危害的沙化现象。自20世纪70年代以后,玛曲县高寒草甸发生了严重的沙化现象,给当地、邻近区域及黄河下游区域造成了极大的影响,引起了国内外社会各界的广泛关注,2005年12位院士上书国务院,呼吁加强甘南黄河重要水源补给区生态保护^[68]。

玛曲高寒草甸的沙化得到了相关部门的高度重视,投入极大的人力、物力对该生态问题开展研究与治理^[69]。在当地政府、国内知名科研院所一大批科学家的努力下,在玛曲高寒草甸沙化的成因、发生、发展、现状及发展趋势,驱动机制、综合治理模式等方面取得了一定的成绩,得到了社会各界的认同^[70]。

去除那些有争议的研究成果,基本上可以得到如下关于玛曲高寒草甸沙化发生、发展及现状几点结论:(1)在若尔盖盆地内,通过对比覆盖若尔盖盆地全境以及对玛曲全境的遥感影像解译得到,玛曲境内的重度和中度沙漠化土地面积在若尔盖盆地全境所占面积最大,是近几十年以来中国高寒地区沙化最为严重的地区之一;(2)通过对地层剖面古风成沙的研究得到,玛曲高寒草甸最早在距今2600—1900年就有成沙过程发生,并且至今发生过多次正逆过程;(3)通过近40年以来覆盖玛曲县全境卫星遥感影像资料的研究得到,从20世纪70年代开始,玛曲高寒草甸出现了严重的沙化现象;(4)近40年以来,玛曲高寒草甸的沙化没有得到有效治理,其面积及程度一直呈增长趋势;(5)玛曲县高寒草甸出现沙化不是由单个诱因造成,而是由多个因素叠加形成。玛曲地区特殊的不稳定地质结构、频繁的大风、地表下丰富的沙源、近几十年以来持续的冻土层退化、降雨量减少、气温增高,尤其是地表土温的持续升高、近年来流经该区的黄河径流量波动周期的处于低谷期等自然因素加之一些生物因素造成了黄河玛曲高寒草甸的严重沙化。

参考文献

- [1] 孙国武,李耀辉.关于环境蠕变问题的研究[J].干旱气象,2007,25(2):8-9.
- [2] 窦贤.黄河第一曲生态亟待保护[J].西部大开发,2005,2:68-71.
- [3] 杜国祯,李自珍,惠苍.甘南高寒草地资源保护及优化利用模式[J].兰州大学学报:自然科学版,2001,37(5):82-87.
- [4] 钱鞠,王根绪,马金珠.黄河上游玛曲县生态环境问题与综合治理对策[J].生态学杂志,2002,21(3):69-72.
- [5] 孙鸿烈,郑度,姚檀栋,等.青藏高原国家生态安全屏障保护与建设[J].地理学报,2012,67(1):3-12.
- [6] 李萍,魏金平,徐广.黄河首曲生态恶化现状分析[J].甘肃科技,2013,14(29):39-40.
- [7] 王小军,陈翔舜,魏金平,等.甘肃省2004—2009年土地沙漠化时空变化分析[J].中国沙漠,2013,33(1):33-37.
- [8] 盛海洋,杨学俊,白宪洲,等.甘南玛曲县草地沙化遥感监测研究[J].水土保持研究,2007,14(5):63-66.
- [9] Dong Z, Hu G, Yan C, et al. Aeolian desertification and its causes in the Zoige Plateau of China's Qinghai-Tibetan Plateau[J]. Environmental Earth Sciences,2010,59(8):1731-1740.
- [10] 韩海涛,祝小妮.气候变化与人类活动对玛曲地区生态环境的影响[J].中国沙漠,2007,27(4):608-613.
- [11] 潘竟虎,刘菊玲.黄河源区土地利用和景观格局变化及其生态环境效应[J].干旱区资源与环境,2005,19(4):69-74.
- [12] 牛叔文,马利邦,曾明明.过牧对玛曲草地沙化的影响[J].生态学报,2008,28(1):145-153.
- [13] Wang H, Guo Z, Xu X, et al. Response of vegetation and soils to desertification of alpine meadow in the upper basin of the Yellow River, China[J].New Zealand Journal of Agricultural Research,2007,50:491-501.
- [14] Wu G, Li W, Zhao L, et al. Artificial management improves soil moisture, C, N and P in an alpine sandy meadow of western China[J].Pedosphere,2011,21(3):407-412.
- [15] Fu L, Bo T, Du G, et al. Modeling the responses of grassland vegetation coverage to grazing disturbance in an alpine meadow[J]. Ecological Modelling,2012,247:221-232.
- [16] 戚登臣,李广宇,陈文业,等.黄河上游玛曲县天然草场退化现状,成因及治理对策[J].中国沙漠,2006,26(2):202-207.
- [17] 王辉,任继周,袁宏波.黄河源区天然草地沙化机理分析研究[J].草业学报,2006,15(6):19-25.
- [18] 曲仲湘.西康泰宁附近草地之初步研究[J].复旦学报:社会科学版,1945,2:1.
- [19] 陈庆诚,林泉,张宏潮,等.甘南玛曲尼玛公社高山牧场植被[J].植物生态学与地植物学丛刊,1963,Z1:152-154.
- [20] 郎惠卿,金树仁,牛焕光.川西高原若尔盖地区的沼泽植被类型及其演替[J].植物生态学与地植物学丛刊,1964,2(1):40-56.
- [21] 姜恕.四川省西部山地的草甸和森林[J].植物学报,1960,9(2):125-136.
- [22] 姜恕.川西高原草甸的基本特征和主要类型[J].植物生态学与地植物学丛刊,1964,1:1.
- [23] 张龙生,马立鹏.黄河上游玛曲县土地沙漠化研究[J].中国沙漠,

- 2001,21(1):84-87.
- [24] 宋常青. 黄河首曲出现 220 km 流动沙丘带[J]. 草业科学, 2004, 21(12):77.
- [25] 陈芳, 魏怀东, 徐先英, 等. 黄河首曲玛曲县高寒草地沙化景观动态研究[J]. 西北林学院学报, 2011, 26(05):201.
- [26] 邵全琴, 赵志平, 刘纪远, 等. 近 30 年来三江源地区土地覆被与宏观生态变化特征[J]. 地理研究, 2010(8):1439-1451.
- [27] 刘纪远, 徐新良, 邵全琴. 近 30 年来青海三江源地区草地退化的时空特征[J]. 地理学报, 2008, 63(4):364-376.
- [28] 胡光印, 董治宝, 魏振海, 等. 近 30a 来若尔盖盆地沙漠化时空演变过程及成因分析[J]. 地球科学进展, 2009, 24(8):908-916.
- [29] 邹学勇, 王贵勇. 黄河上游玛曲地区晚全新世沙漠化[J]. 中国沙漠, 1995, 15(1):65-70.
- [30] 王富葆, 阎革, 林本海. 若尔盖高原泥炭 $\delta^{13}C$ 的初步研究[J]. 科学通报, 1993, 38(1):65-67.
- [31] 张经纬. 羌塘高原东南部草原的基本特点及其地带性意义[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1963, Z1:131-140.
- [32] 青海草场植被调查队. 青海玉树东南部地区的草场类型特征及其经济评价[J]. 植物生态学与地植物学丛刊, 1965, 3(2):173-199.
- [33] 胡光印, 董治宝, 王文丽, 等. 近 30 年玛曲县土地利用/覆盖变化监测[J]. 中国沙漠, 2009, 29(3):457-462.
- [34] 逯军峰, 董治宝, 胡光印, 等. 甘肃省玛曲县土地沙漠化发展及其成因分析[J]. 中国沙漠, 2012, 32(3):604-609.
- [35] 胡光印, 董治宝, 逯军峰, 等. 若尔盖盆地沙漠化及其景观格局变化研究[J]. 中国沙漠, 2013, 33(1):16-23.
- [36] 王文丽, 董治宝, 胡光印, 等. 若尔盖高原近 30 年沙地变化趋势分析[J]. 中国沙漠, 2008, 28(4):617-621.
- [37] 刘振恒, 杨俊明, 杨志才, 等. 甘南玛曲高寒草原生态环境退化现状与治理对策[J]. 青海草业, 2002, 11(4):35-38.
- [38] 刘振恒, 陈昕, 梁国栋, 等. 甘南玛曲草地退化现状及恢复重建初探[J]. 草业与畜牧, 2006, 8:21-24, 29.
- [39] 刘虎俊, 徐先英, 王继和, 等. 黄河上游玛曲地区风沙地貌的类型及其分布[J]. 干旱区地理, 2012, 35(003):348-357.
- [40] 郑庆钟, 徐先英, 柳小平, 等. 黄河上游玛曲草地沙化的分类及其防治[J]. 水土保持应用技术, 2012(5):1-4.
- [41] 陈文业, 郑华平, 戚登臣, 等. 甘南玛曲高寒草甸草地沙化的研究[J]. 草原与草坪, 2008, 2:77-80.
- [42] 陈文业, 郑华平, 戚登臣, 等. 黄河首曲沙化草地恢复重建模式研究[J]. 草业科学, 2008, 25(6):14-18.
- [43] 陈文业, 张瑾, 戚登臣, 等. 黄河首曲—玛曲县高寒草甸沙化动态演变趋势及其驱动因子定量分析[J]. 草业学报, 2013, 22(2):11-21.
- [44] 周坚华, 魏怀东, 陈芳, 等. 高原草被退化程度的遥感定量监测——以甘肃省玛曲县为例[J]. 生态学报, 2012, 32(6):1663-1676.
- [45] 盛海洋, 赵信峰, 陈艳艳. 黄河上游玛曲县土地沙化成因与防治对策[J]. 人民黄河, 2007, 29(3):3-4.
- [46] 王庆辉, 窦学诚, 龚大鑫. 高寒牧区草地沙化问题研究——以玛曲草原为例[J]. 干旱区地理, 2012, 35(2):302-308.
- [47] 周强, 刘峰贵, 张海峰, 等. 青海南部高寒区沙漠化灾害态势及驱动机制研究[J]. 干旱区资源与环境, 2004, 18(4):39-45.
- [48] 马寅生, 施炜, 张岳桥, 等. 东昆仑活动断裂带玛曲段活动特征及其东延[J]. 地质通报, 2005, 24(1):30-35.
- [49] 何文贵, 袁道阳, 熊振, 等. 东昆仑断裂带东段玛曲断裂新活动特征及全新世滑动速率研究[J]. 地震, 2006, 26(4):67-75.
- [50] 邓宾, 刘树根, 刘顺, 等. 西秦岭南缘玛曲断裂中段构造特征及其意义[J]. 四川地质学报, 2007, (04):233-238.
- [51] 李陈侠, 徐锡伟, 闻学泽, 等. 东昆仑断裂东段玛沁—玛曲段几何结构特征[J]. 地震地质, 2009, 31(3):441-458.
- [52] 孙广友, 张文芬. 若尔盖高原黄河古河道及其古地理意义[J]. 地理科学, 1987, 7(3):266-272.
- [53] Yang M, Nelson F E, Shiklomanov N, et al. Permafrost degradation and its environmental effects on the Tibetan Plateau: A review of recent research[J]. Earth-Science Reviews, 2010, 103(1):31-44.
- [54] Yang M, Wang S, Yao T, et al. Desertification and its relationship with permafrost degradation in Qinghai-Xizang (Tibet) plateau[J]. Cold Regions Science and Technology, 2004(39):47-53.
- [55] 王一博, 王根绪, 沈永平, 等. 青藏高原高寒区草地生态环境系统退化研究[J]. 冰川冻土, 2005, 27(5):633-640.
- [56] 张森琦, 王永贵, 赵永真, 等. 黄河源区多年冻土退化及其环境反映[J]. 冰川冻土, 2004, 26(1):1-6.
- [57] 谢昌卫, 丁永建, 刘时银. 近 50 年来长江—黄河源区气候及水文环境变化趋势分析[J]. 生态环境, 2004, 13(4):520-523.
- [58] 王建兵, 王振国, 吕虹. 黄河重要水源补给区草地退化的气候背景分析——以玛曲县为例[J]. 草业科学, 2008, 25(4): 23-27.
- [59] 李国军, 张胜智, 吉哲君. 玛曲草原气候生态环境变化及牧草产量灰色预测[J]. 干旱气象, 2009, 27(1):61-65.
- [60] 宁和平, 曹金武, 王成福. 甘南玛曲地区地表温度的变化特征[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2012, 40(2):183-189.
- [61] 王可丽, 程国栋, 丁永建, 等. 黄河、长江源区降水变化的水汽输送和环流特征[J]. 冰川冻土, 2006, 28(1):8-14.
- [62] 王素萍, 宋连春, 韩永翔, 等. 玛曲气候变化对生态环境的影响[J]. 冰川冻土, 2006, 28(4).
- [63] 姚玉璧, 王润元, 尹东, 等. 气候变化对黄河首曲地区草地生态退化的影响[J]. 资源科学, 2007, 29(4):127-133.
- [64] 姜世中. 黄河源区达日至玛曲段近 50 年径流量变化趋势分析[J]. 地理研究, 2008, 27(1):221-228.
- [65] 韩添丁, 叶柏生, 丁永建. 近 40a 来黄河上游径流变化特征研究[J]. 干旱区地理, 2004, 27(4):553-557.
- [66] 王根绪, 沈永平, 刘时银. 黄河源区降水与径流过程对 ENSO 事件的响应特征[J]. 冰川冻土, 2001, 23(1):16-21.
- [67] 《玛曲县志》编撰委员会. 玛曲县志(1991—2004)[M]. 兰州:甘肃民族出版社, 2005:65-66.
- [68] 徐金水. 12 院士上书国务院拯救黄河蓄水池玛曲湿地[EB/OL]. <http://www.gscn.com.cn/Get/shhui/11072341.htm>, 2005-11-30.
- [69] 包锐, 李开南. “黄河之肾”玛曲湿地告急:或将成第四大沙尘源[EB/OL]. <http://discovery.163.com/10/0202/10/SUGTTFM000125LI.html>, 2010-02-02.
- [70] 杜英. 黄河重要水源补给区生态修复及保护研究取得突破[EB/OL]. <http://finance.chinanews.com/ny/2013/01-23/4512872.shtml>, 2013-01-23.