

近 45 年毛乌素沙地的气候变化及其与沙漠化的关系

杨永梅^{1a,2}, 杨改河^{1b,2}, 冯永忠^{1b,2}

(1 西北农林科技大学 a. 资源环境学院; b. 农学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省循环农业工程技术研究中心, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 气候变化是影响区域生态环境演化的重要因素, 为了研究毛乌素沙地的气候变化及其对沙漠化的影响, 利用近 45 年(1961~2005 年)的气象资料, 分析了毛乌素沙地 4 个典型旗县(鄂托克旗、乌审旗、榆阳区及盐池县)的气温、降水量、气温与降水量的关系、年大风累计日数及蒸发量的变化。结果表明, 该地区 20 世纪 70~80 年代气候发生了重要变化, 气温回升较快, 降水量和气温变化具有同步性, 大风日数逐渐减少, 蒸发量下降, 这些气象要素的变化有利于沙漠化逆转; 该地区气候空间差异很大, 东南部地区的气候条件较西北部地区优越。依据文献记载, 毛乌素沙地沙漠化的总体趋势及不同地区的空间差异与本文研究所得的气候变化趋势及空间差异结论相似, 说明该地区的气候变化与沙漠化关系非常密切。

[关键词] 毛乌素沙地; 气候变化; 沙漠化

[中图分类号] P931.3

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)12-0087-06

Climatic variation and its effect on desertification in 45 recent years in Mu Us sandland

YANG Yong-mei^{1a,2}, YANG Gai-he^{1b,2}, FENG Yong-zhong^{1b,2}

(1 a. College of Resources Environment; b. College of Agronomy, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 The Research Center of Recycle Agriculture Engineering and Technology of Shaanxi Province, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Climatic change has an important effect on the ecological environmental evolution. In order to study the tendency of climatic change and its effect on desertification, the meteorological observation data of 4 counties (Etuke, Wushen, Yuyang and Yanchi) in recent 45 years have been analyzed, which include temperature, precipitation, the relationship between temperature, gale days and evaporation in Mu Us sandland. Results show that the climatic change in this area is distinct since 1970, such as the increase of temperature, the synchronism of precipitation and temperature, the reduction of gale days and the evaporation. Documents have showed that the tendency of desertification and the space difference between different areas has been similar to the tendency of meteorological variation in last 45 years.

Key words: Mu Us sandland; climatic variation; desertification

近年来, 全球气候变化已引起国内外学者的重视。有研究表明, 自工业革命以来, 生产的发展和石化燃料的大量应用以及森林植被破坏和土壤碳的分解, 使空气中的 CO₂ 等温室气体浓度显著上升^[1]。

在过去的 100 年里, CO₂ 浓度从 275 mg/kg 增加到 1996 年的 345 mg/kg, 与此同时, 全球气温上升了 0.3~0.6 °C^[2], 北半球气温上升趋势更加明显, 增温达到 1 °C 以上, 中国气温的变化趋势与北半球大

* [收稿日期] 2006-11-28

[基金项目] 国家重大基础预研项目(2005CCA05300); 国家林业局“948”引进项目(2006-4-11)

[作者简介] 杨永梅(1975—), 女, 内蒙古包头人, 在读博士, 主要从事资源与环境研究。E-mail: yym0105@yahoo.com.cn

[通讯作者] 杨改河(1957—), 男, 陕西耀县人, 教授, 博士生导师, 主要从事资源利用与区域开发研究。

致相似^[3]。国际政府间气候变化委员会在 1992 年曾指出,温室气体的排放如不加控制,到 21 世纪全球平均气温每 10 年会升高 0.3 ℃,到 21 世纪中叶将比 20 世纪 90 年代高 3 ℃。同时还指出,CO₂ 等温室气体效应将导致高纬度亚洲季风区年降水及中纬度冬季降水增加,但是这个模型的结果尚难以定论^[4]。另有研究表明,近 50 年是 400 年以来中国西部年降水量最丰沛的时期,多雨主要发生在气候急剧变暖的 20 世纪最后 30 年^[5];赵哈林等^[6]利用近 40 年来的温度、降水和蒸发量等气象资料分析了科尔沁沙地的气候变化,结果表明气温呈显著的升高态势,降水量波动性较大,总体上呈缓慢的增加趋势,年蒸发量下降;白美兰等^[7]利用 1961~2003 年 43 年的气象资料,分析了内蒙古中部地区浑善达克沙地的气候变化情况,得出气温在不断升高,而降水量在减少,年累计大风日数下降。对于西北地区的气温变化,各方面专家都估计为变暖,而对降水量的预测,各方面意见有很大差异,特别是对于 20 世纪 90 年代以来新疆等地降水量增多的现象,是属于西北全区由暖干型气候向暖湿转型,还是属于西北西部局部地区的转型,是属于长期的时间上的变化趋势,还是仅属于年际的、10 年的波动,有各种不同意见^[8]。

地处黄土高原北部的毛乌素沙地,跨内蒙古、陕西、宁夏三省,总面积约 7.8 万 km²,对全球气候变化和环境的改变十分敏感,是沙漠化发生的重点地区之一,其形成与演化历来是我国干旱和半干旱地区环境变迁研究的热点问题^[9]。过去人们主要研究人为因素对该地区沙漠化的影响,提出了诸如退耕还林还草等有效的治理措施^[10],而从气候方面研究则较少。本研究在未考虑人为活动影响的情况下,探讨了气候变化对该地区沙漠化的影响,以期从气候变化角度分析该沙地的自然沙漠化过程。

1 站点选择、数据来源及数据处理

1.1 站点选择与数据来源

从西北至东南方向,毛乌素沙地气候按“干旱—半干旱—湿润”过渡。年均降水量的地理分布从东南部的约 400 mm,向西递减为约 200 mm,大致由森林草原过渡到荒漠草原的降水范围。年均气温的地理分布自东南向西北、东北递减。吴波等^[11]根据毛乌素沙地的气候条件及土地利用方式的不同,人为将毛乌素沙地划分为 4 部分:西北部的鄂托克前旗和鄂托克旗等旗县,中部的乌审旗,东部的榆林和

神木等县,及南部的横山、靖边、定边及盐池等县。笔者依据毛乌素沙地气候带特点以及前人的研究成果^[11],选取了 4 个典型的旗县作为研究对象,即内蒙古鄂尔多斯市的鄂托克旗和乌审旗、陕西榆林市的榆阳区及宁夏吴忠市的盐池县。

本研究数据由内蒙古鄂尔多斯市气象局、榆林市榆阳区气象局及宁夏吴忠市盐池县气象局提供。

1.2 数据处理

毛乌素沙地整体气象要素变化均依据 4 个旗县(鄂托克旗、乌审旗、榆阳区 and 盐池县)站点的平均状况,按照年际将气象资料作相应处理所得。

平均气温和降水量进行正规化处理,处理方法如下:

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i, \sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - \mu)^2 / n}, Z = \frac{X_i - \mu}{\sigma}.$$

式中: X_i 代表第 i 年的平均气温(或年降水量), n 代表参加统计的年数, μ 代表所有年平均气温(或年降水量)的均值, σ 代表标准差, Z_i 代表 X_i 经正规化处理后的数值。

2 毛乌素沙地气候要素的变化

从 20 世纪 60 年代至本世纪初,毛乌素沙地生态环境变化很大,其中气候要素的变化起着很重要的作用,本研究对 20 世纪 60 年代以来该地区的气温、降水、气温与降水的关系及大风日数进行了分析。

2.1 平均气温的变化

由表 1 可见,1961~2005 年,随着年份的推进,乌审旗、鄂托克旗、盐池县、榆阳区平均气温的变化趋势总体上相同,均呈现增温;不同地区平均气温差异很大,且增温效果不同。其中,榆阳区平均气温高,鄂托克旗平均气温低;从 20 世纪 60 年代到 21 世纪初期,乌审旗和鄂托克旗平均气温均增加了 1.8 ℃,榆阳区平均气温增加了 1.6 ℃,盐池县增加幅度最小,为 1.2 ℃。由表 2 可见,以乌审旗为例,21 世纪初期相较 20 世纪 80 年代和 90 年代初期,冬季、春季增温最明显,其次是秋季、夏季,说明增温效果主要表现为暖冬暖春。有关研究表明,西风指数强时,我国暖月出现概率比冷月多一倍;西风指数弱时则相反;20 世纪 70 年代以来,我国北方气候明显变暖与我国 35°N~55°N 西风指数明显增强相关^[12]。气温升高对于生态环境有正面影响,亦有负面影响。一方面温度升高会增加地表蒸发,尤其是暖冬暖春,使冬春季节原本覆盖较少的地面蒸发量加大,干旱

化趋势加剧,有利于沙漠化的发生发展,对该沙地生态环境恢复较为不利;但另一方面,温度升高可以延长植被生长期,尤其是暖冬暖春,春季牧草返青早,冬季枯萎慢。因此,单从气温变化的角度来分析毛乌素沙地自然沙漠化的趋势是不全面的。

表 1 1961~2005 年毛乌素沙地不同地区平均气温的变化

Table 1 Variation of mean temperature in different areas in Mu Us sandland during 1961—2005℃					
地区 Area	年份 Year				
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2005
盐池县 Yanchi	7.5	7.9	8.2	8.8	8.7
榆阳区 Yuyang	7.8	8.0	8.1	8.8	9.4
乌审旗 Wushen	6.5	6.9	7.2	8.0	8.3
鄂托克旗 Etuoke	6.3	6.6	6.9	7.7	8.1

表 2 1981~2005 年乌审旗不同季节平均气温的变化

Table 2 Variation of four seasons' mean temperature in Wushen during 1981—2005℃			
季节 Season	年份 Year		
	1981~1985	1991~1995	2001~2005
春季(3~5月)Spring (March to May)	8.2	8.3	10.0
夏季(6~8月)Summer (June to August)	20.6	20.6	21.5
秋季(9~11月)Autumn (September to November)	6.7	7.1	8.2
冬季(12~来年2月)Winter (December to February next year)	−9.3	−7.2	−6.4

2.2 降水量的变化

由表 3 可见,1961~2005 年,毛乌素沙地不同地区的平均降水量分布极不均匀,不同年代降水量的变率也很大。其中,榆阳区降水量较为丰富,平均约为 400 mm,其次为乌审旗和盐池县,鄂托克旗最小,仅 250 mm 左右。不同年代 4 个地区降水量的变化趋势基本一致:20 世纪 60 年代降水较多,70 年代有所减少,80 年代普遍回升,90 年代稍有减少,21 世纪初又有所回升。关于 20 世纪 80 年代以来,我国北方降水量的增多,有研究表明与 ENSO(E1 Ni-

no-Southern Oscillation 的缩写,译为厄尔尼诺)事件相关,20 世纪 50 年代到 70 年代末,海表温度距平尚无明显变化趋势,但 20 世纪从 70 年代末到 90 年代,海表温度明显偏高,ENSO 事件发生较多,1976 年到 2000 年共发生了 7 次;从 20 世纪 80 年代以来,大西洋副热带高压带偏强,我国的西北风偏弱,南风分量偏强,有利于海洋水气向北输送,在这种大气候背景下,毛乌素沙地的降水量也在逐渐升高^[13]。

表 3 1961~2005 年毛乌素沙地不同地区平均降水量的变化

Table 3 Variation of average precipitation in different areas in Mu Us sandland during 1961—2005 mm					
地区 Area	年份 Year				
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2005
盐池县 Yanchi	335.3	243.8	271.7	292.7	304.7
榆阳区 Yuyang	449.8	365.2	385.2	345.5	478.5
乌审旗 Wushen	369.9	322.2	332.7	285.6	395.3
鄂托克旗 Etuoke	275.6	280.2	275.9	238.1	246.9

2.3 平均气温与降水量间的关系

全球气温普遍升高已成为定论,目前关于气温升高对大气环流的影响以及大气环流对降水量的影响已成为研究的焦点。高学杰等^[14]通过模拟 CO₂对东亚大槽的影响表明,在 CO₂ 倍增情况下,东亚大槽将明显减弱,高纬度南下的冷空气势力减弱,南部暖湿空气北上,从而导致中国北方,尤其是东北和华北地区较大幅度的增温,降水量大范围增加。说明我国北方气温与降水量间存在内在的关系。毛乌素沙地的温度一直在升高,20 世纪 80 年代之后更趋明显;降水量在 60~70 年代呈现下降趋势,从 80

年代之后开始回升,到 21 世纪降水量大幅度升高。可见,自 20 世纪 80 年代以后,毛乌素沙地的温度与降水量同时出现了明显变化,推断二者之间可能存在一定的关系。为了研究 4 个旗县的温度和降水配置情况,将 20 世纪 80 年代以来的温度和降水量数据进行正规化处理,结果见图 1。图 1 显示,1980~2005 年,4 个旗县虽然有个别年份温度升高而降水量下降,但总体变化趋势具有同步性,说明随着温度的升高,降水量有增加的趋势。随着未来 CO₂ 等温室气体排放量的增加,气温可能会进一步升高,降水量有可能继续增加,气候会倾向于暖湿,暖湿的气候

对该地区的沙漠化逆转将具有促进作用。

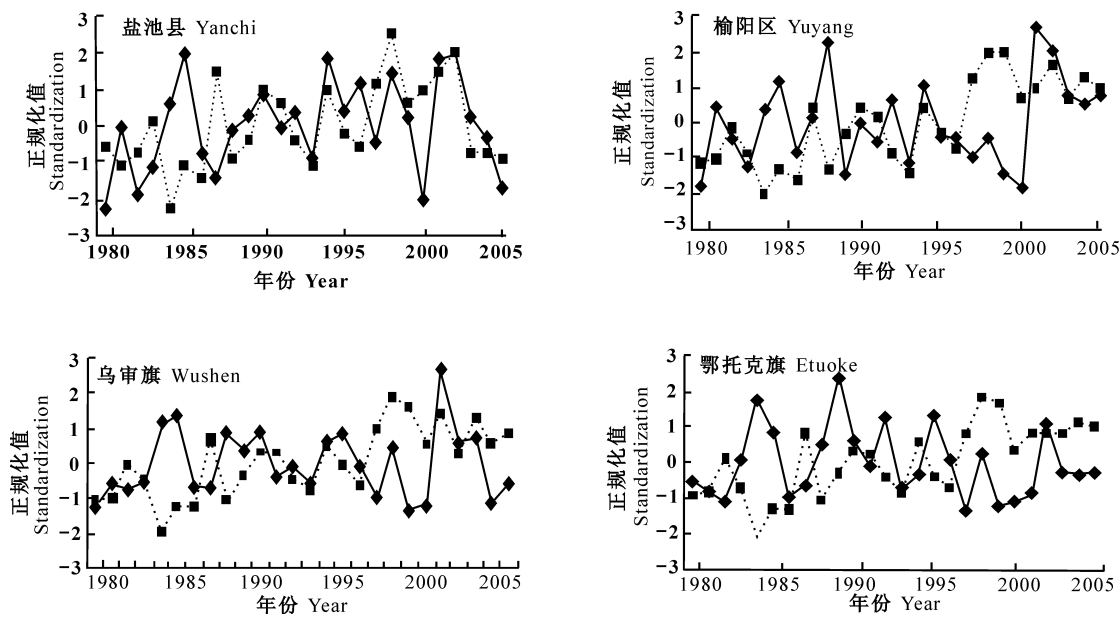


图1 1980~2005年毛乌素沙地4旗县平均气温与降水量的正规化曲线
——.降水; ·····.气温

Fig.1 Regular variation of average temperature and precipitation in Mu Us sandland during 1980—2005
——. Precipitation; ·····. Temperature

2.4 年累计大风日数的变化

由表4可见,1961~2005年不同地区年累计大风日数差异很大,其中榆阳区的年累计大风日数较少,一年约12 d;而鄂托克旗的年累计大风日数最多,每年约37 d。不同地区不同年代年累计大风日数波动各异:盐池县、乌审旗20世纪60年代的年累计大风日数较多,进入70年代以后大风日数趋于稳定;榆阳区20世纪60年代大风日数较少,70~80年代增加,进入90年代又减少,21世纪初又增加;鄂托克旗在20世纪60年代大风日数约多达51 d,进入20世纪70年代后开始减少,之后略有波动,但基本维持在30 d左右。虽然各地区的年累计大风

日数变化趋势不同,但是70年代是转折点,即从70年代开始年累计大风日数趋于平稳或稍有降低。

图2显示,从20世纪60年代开始,毛乌素沙地年累计大风日数总体呈现减少趋势,显然有利于该区沙丘的固定。大风日数减少的原因可能有:首先,气温变暖,东亚大槽减弱,蒙古—西伯利亚高压势力减弱,西北风减弱;其次,国家对西部地区生态环境建设非常重视,诸如行之有效的退耕还林还草建设等初显成效;第三,城镇发展和规模的扩大,使气象台站周围的环境发生了改变,导致所测的大风日数减少。

表4 1961~2005年毛乌素沙地不同地区年累计大风日数的变化

Table 4 Variation of accumulated gale days in different areas in Mu Su sandland during 1961—2005 d

地区 Area	年份 Year				
	1961~1970	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2005
盐池县 Yanchi	24.2	13.8	11.0	12.0	13.0
榆阳区 Yuyang	10.3	15.6	14.9	6.1	13.0
乌审旗 Wushen	33.3	18.1	14.5	15.1	—
鄂托克旗 Etuoke	50.7	33.7	38.2	24.8	—

2.5 蒸发量的变化

毛乌素沙地不同地区不同年代气温、降水量及大风日数的总体变化趋势具有一致性,说明该沙地不同地区的气象因子在毛乌素沙地大环境下,其变化趋势具有相似性,下面以盐池县蒸发量为例,说明

毛乌素沙地蒸发量的变化趋势。图3显示,该地区的蒸发量远远大于降水量,不同年份蒸发量变化较大,但总体趋势是在20世纪80年代之前呈现平稳,之后平缓下降,说明该地区的蒸发量保持大体平衡并稍有下降趋势,这对该地区沙漠化的固定很有利。

据周淑贞^[15]研究,在自然条件下,影响蒸发量的两个主要因素有饱和差和风速与湍流强度。饱和差愈大,蒸发量愈大。无风时,蒸发面上的水汽单靠分子扩散,水汽压减小得很慢,饱和差小,因而蒸发缓慢;有风时,湍流加强,蒸发面上水汽压减小,而饱和差

增大,蒸发快。20 世纪 80 年代以来,我国北方气候发生了很大变化,东亚大槽减弱,蒙古—西伯利亚西北风势力减弱,风速降低,大风日数减少;同时,南部暖湿气流北上,空气中的湿汽加大,饱和差减小^[13],这些因素的变化对蒸发量下降有很大作用。

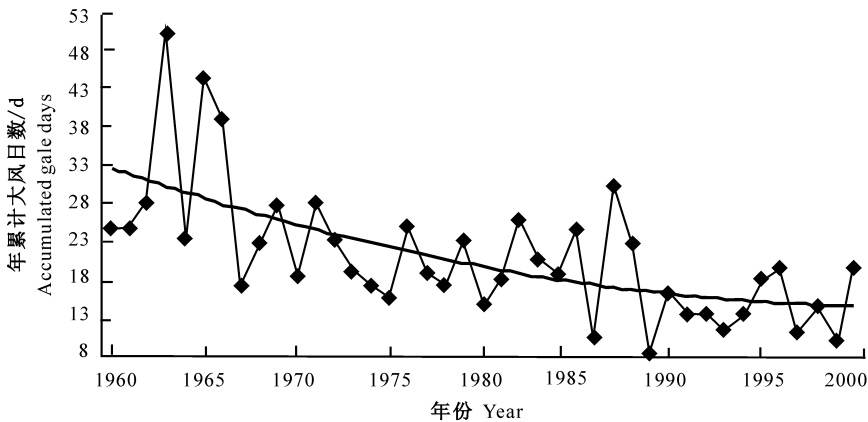


图 2 1961~2005 年毛乌素沙地年累计大风日数的变化

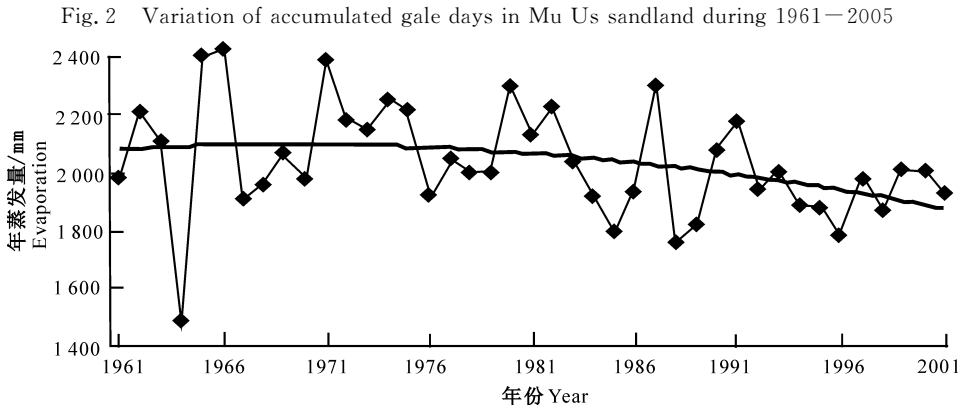


图 3 1961~2001 年盐池县年蒸发量的变化

Fig. 3 Variation of evaporation in Yanchi during 1961—2001

2.6 气候变化对沙漠化的综合影响

通过对 1961~2005 年毛乌素沙地 4 个典型旗县年平均气温、降水量、年平均气温和降水量之间的关系、年大风累计日数及蒸发量的变化分析表明,该地区年平均气温在逐年升高,进入 20 世纪 80 年代后更加明显,增温效果主要表现为暖冬暖春;降水量在 20 世纪 80 年代之前下降,80 年代以后开始回升,到 21 世纪大幅度上升;20 世纪 80 年代以后年平均气温和降水量之间的关系具有协同性;大风日数在 20 世纪 60 年代最高,之后下降很快,到 80 年代之后继续缓慢下降;蒸发量在 20 世纪 80 年代之前呈现平稳,之后呈现下降趋势。以上结果说明,20 世纪 80 年代以后毛乌素沙地气候发生了很大的变化,基本上向好的方向发展,这些气候因子的变化有

利于植被的恢复和流沙的固定,对毛乌素沙地自然沙漠化逆转极为有利。本研究中不同地区气候空间差异较大,其中,东部地区榆阳区气候条件较好,偏于暖湿,而且大风日数较少;南部盐池县偏于暖干,大风日数较榆阳区多,但比乌审旗和鄂托克旗少;中部乌审旗偏于冷干,大风日数较多;西北部鄂托克旗表现为典型冷干,温度和降水量比其他 3 个旗县都低,大风日数最多。因此,从气候学的角度看,毛乌素沙地自东南向西北的气候条件逐渐变得恶劣。依据文献记载,毛乌素沙地沙漠化的总体趋势及不同地区的空间差异与本文研究所得的气候变化趋势及空间差异结论相似。吴波等^[11]分析了 20 世纪 50~90 年代毛乌素沙地景观分类及景观动态变化,结果表明,70 年代末至 90 年代初的沙漠化速度远远低

于 50 年代末至 70 年代末,并且某些地方出现沙漠化土地明显负增长,如榆阳区的芹河、金鸡滩、牛家梁;吴薇等^[16]研究也表明,1987~1993 年,毛乌素沙地榆林市部分流沙面积减少了 50%,沙漠化土地面积减少 10.4%;同时,沙漠化空间差异也很大,西北部的鄂托克前旗、鄂托克旗和中部的乌审旗沙漠化扩展速度(0.94%/年和 0.93%/年)远远高于东部的榆阳区(0.39%/年)和南部的定边和盐池(0.12%/年)^[11]。2005 年夏季和 2006 年秋季,笔者对毛乌素沙地进行了实地考察,目前该地区沙漠化形势明显逆转,东南部地区沿长城一线的榆林市各县生态条件很好,有高大的乔木和灌木覆盖,低矮的草木生长茂盛;中部地区的乌审旗和西北部地区的鄂托克前旗、鄂托克旗及杭锦旗等县生态环境虽有所好转,但与东南部地区相比差距很大,植被类型基本没有高大的乔木和灌木,多为低矮的蒿属植被,尤其鄂托克旗生态条件很差,苏密图乡有类似于沙漠的景观。

当然,毛乌素沙地沙漠化的逆转不仅得益于 20 世纪 80 年代以来气候的好转,国家致力于毛乌素沙地生态环境建设对该地区生态恢复的功效也很大。20 世纪 80 年代以来,国家实施了大量生态环境建设工程,如在流动沙丘、半固定沙丘等地区禁止放牧,使植被得到恢复发展,同时对严重沙漠化的草场进行了封育,严禁放牧、打柴及挖药材等,有些地方还实施了人工补种^[17]。特别是 2000 年以来,西北地区实施了大规模的退耕还林还草及封山禁牧工程,随着该工程的实施^[10],沙漠化逆转很大。说明在目前的气候条件下,毛乌素沙地的生态环境有望逐步得到恢复。

3 结 论

1) 毛乌素沙地总体气候变化趋于向好的方向发展,特别是以 20 世纪 70~80 年代为转折点,气温回升较快,降水量和气温变化具有同步性,年累计大风日数逐渐减少,蒸发量下降,有利于该地区沙漠化逆转;该地区气候空间差异很大,东南部地区的气候条件较西北部地区好,因此东南部地区的生态条件较好,对沙漠化逆转有利。

2) 依据文献记载,毛乌素沙地沙漠化的总体趋势及不同地区的空间差异与本文研究所得的气候变化趋势及空间差异结论相似,说明该地区的气候变化与沙漠化关系非常密切。

[参考文献]

[1] 沙万英,邵雪梅,黄 枚. 20 世纪 80 年代以来中国的气候变暖及其对自然区域界线的影响[J]. 中国科学,2004,32(4):317-326.

[2] 尚可政,董光荣,王式工,等. 我国北方沙区气候变化对全球变暖的响应[J]. 中国沙漠,2001,21(4):387-392.

[3] Bradley R S,Diaz H F,Jones P D,et al. Secular of temperature over northern hemisphere land areas and mainland China since the mid-19th century[M]// Ye D,Fu C,Chao J,et al. The climate of China and global climate. Beijing:China Ocean Press, 1987:76-87.

[4] 董光荣,陈惠忠,王贵勇,等. 150 ka 以来中国北方沙漠、沙地演化和气候变化[J]. 中国科学,1995,25(12):1303-1312.

[5] 甘师俊. 中国气候变化国别研究[M]. 北京:清华大学出版社, 2000:99-100.

[6] 赵哈林,张铜会,崔建垣,等. 近 40 年来我国北方农牧交错气候变化及其与土地沙漠化的关系[J]. 2000,20(增刊):134-139.

[7] 白美兰,郝润全. 气候变化对浑善达克沙地生态环境演变的影响[J]. 中国沙漠,2006,26(3):177-181.

[8] 施雅风,沈永平,胡汝骥,等. 西北气候由暖干向暖湿转变的信号、影响和前景初步探讨[J]. 冰川冻土,2002,24(3):219-226.

[9] 国家林业局. 中国荒漠化和沙化状况公告[N]. 中国绿色时报, 2005-06-15(4).

[10] 张小燕,杨改河. 中国西北地区退耕还林还草研究[M]. 北京:科学出版社,2005:1.

[11] 吴 波,慈龙骏. 五十年代以来毛乌素沙地荒漠化扩展及其原因[J]. 第四纪研究,1998(2):166-176.

[12] 李海涛,于贵芮,袁嘉祖. 中国现代气候变化的规律及未来情景预测[J]. 中国农业气象,2003,24(4):1-4.

[13] 左洪超,吕世华,胡隐樵. 中国近 50 年来气温及降水量的变化趋势分析[J]. 高原气象,2004,23(2):130-136.

[14] 高学杰,赵宗慈,丁一汇,等. 温室效应引起中国的区域气候变化的数值模拟Ⅱ:中国区域气候的可能变化[J]. 气象学报, 2003,61(1):119-128.

[15] 周淑贞. 气象学与气候学[M]. 北京:高等教育出版社,1999: 75.

[16] 吴 薇,王熙章,姚发芬. 毛乌素沙地沙漠化的遥感监测[J]. 中国沙漠,1997,17(4):415-421.

[17] 苏金华,刘福英,王 龙,等. 草地建设是农牧交错带生态农业建设的关键环节[J]. 内蒙古环境保护,2001,13(4):20-23.