

呼伦贝尔沙地 45 年来气候变化及其对生态环境的影响*

赵慧颖^{1,2**}

(¹ 中国农业科学院研究生院, 北京 100081; ² 内蒙古呼伦贝尔市生态与农业气象评估中心, 内蒙古海拉尔 021008)

摘要 采用数理统计和对比分析方法, 对近 45 年呼伦贝尔沙地气象观测资料和草场沙化、退化面积、植被状况等资料进行了分析。结果表明: 呼伦贝尔沙地总体气候暖干化趋势显著; 气温逐年升高、降水量减少、蒸发量增加和极端气候事件增多, 使流动沙地面积不断增加, 植被盖度下降。卫星遥感监测和全国沙漠化普查结果进一步表明, 呼伦贝尔沙地的沙漠化正在扩展, 生态环境正在恶化。逐年减少的大风日数和沙尘暴日数有利于该地区生态的保护与建设。20世纪 80 年代以来, 沙区各级政府加大了对沙化的治理力度, 沙地局部植被恢复较快。

关键词 气候变化; 暖干化趋势; 呼伦贝尔沙地; 生态环境演变

中图分类号 X171.1 **文献标识码** A **文章编号** 1000-4890(2007)11-1817-05

Recent 45 years climate change and its effects on ecological environment on Hulunbeier sandy land. ZHAO Hui-ying^{1,2}(¹Graduate School of Chinese Agricultural Academy of Sciences, Beijing 100081, China; ²Appraisal Center for Ecology and Agricultural Meteorology of Hulunbeier City, Hailar 021008, Inner Mongolia, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2007, 26(11): 1817-1821.

Abstract: By the methods of mathematical statistics and comparative analysis, this paper analyzed the recent 45 years meteorological data and the status of grassland desertification, degenerated area, and vegetation growth on Hulunbeier sandy land. Overall, the climate condition on Hulunbeier sandy land had a warming and drying trend. The air temperature increased with year, precipitation decreased, evaporation increased, and extreme weather events occurred more frequently, which made the area of mobile sand increased and the vegetation cover decreased. Satellite remote-sensing monitoring and general investigation of desertification over the country further indicated that the desertification on Hulunbeier sandy land was expanding, and the ecological environment was deteriorating. The decreased days with strong wind and sandstorm year after year would be beneficial to the ecological protection and construction of this area. Since the 1980s, the management of desertification has been strengthened by the local governments at all levels in desert regions, and the vegetation recovery was quite quickly on partial sandy land.

Key words: climate change; warming and drying trend; Hulunbeier sandy land; evolution of ecological environment.

1 引言

草原沙漠化已成为当今世界重要的环境和社会经济问题, 威胁着人类的生存和发展。由于全球气候变暖, 尤其是 20 世纪 90 年代以来干旱化严重, 湿地萎缩, 小的河流、湖泊干涸, 地下水位下降以及极

端气候事件的增多, 致使植被盖度降低、树木死亡等, 导致沙漠化的局部发展(白美兰等, 2002)。而造成这种恶化的现象有 2 方面的原因: 1) 恶劣的气候条件导致了沙漠化的发生与发展, 并促进沙漠化速度, 造成自然沙漠化发生范围的扩大; 2) 人类活动引发的沙漠化进程的扩大又使气候环境恶化, 导致气候变化对生态环境产生了不利影响(王连喜等, 2003; 何文清等, 2004)。

呼伦贝尔草原的植物群落曾经十分繁茂, 原始植被保存完好, 生物多样性丰富, 是全国最好的草原

* 内蒙古自治区自然科学基金项目(200308020512)和呼伦贝尔市农业攻关与社会发展资助项目(2002201215)。

** 通讯作者 E-mail: zhaohyy2008@yahoo.com.cn

收稿日期: 2007-01-31 接受日期: 2007-07-29

(潘学清等,1991)。但是,20世纪以来,由于气候的剧烈变化,极端气候事件随之增多,加上人类不合理的经济活动,使呼伦贝尔沙地的生态环境不断恶化。这不仅严重威胁着呼伦贝尔的生态安全,而且影响东北乃至华北地区的生态安全和社会经济发展。

20世纪70年代以来,许多专家分析了有关沙漠化的发生、发展,但多以科尔沁、毛乌素、浑善达克沙地为研究对象,主要考虑的是人类活动对沙漠化的影响(高志海等,2004;赵存玉和王涛,2005;曹成有等,2006;郭坚等,2006)。但对呼伦贝尔沙地从气候变化方面的研究较少。为此,本文从气候、生态学的角度探讨气候变化对呼伦贝尔沙地生态环境演变的影响,以期为呼伦贝尔沙地的生态恢复提供参考依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究区概况

呼伦贝尔沙地位于大兴安岭西侧内蒙古呼伦贝尔草原上($47^{\circ}20'—49^{\circ}50'N, 117^{\circ}10'—121^{\circ}12'E$),草原总面积833万hm²,占呼伦贝尔市国土面积的34%。沙地主要以3条沙带为核心区域分布在鄂温克旗、新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗、陈巴尔虎旗、满洲里市和海拉尔区境内的33个乡镇(苏木)。2004年全国沙漠化普查显示,呼伦贝尔沙化土地总面积131万hm²,与20世纪80年代相比,沙地活化面积扩大了10倍以上。

2.2 研究方法

选取呼伦贝尔沙地区域内的海拉尔市、陈巴尔虎旗、满洲里市、鄂温克旗、新巴尔虎左旗和新巴尔右旗6个气象站1961—2005年的历年逐月平均气温、降水量、蒸发量、大风日数、平均风速、沙尘暴日数观测资料。按照年代、季节将气象资料做回归统计(万信等,2007),分析沙地气候变化特征。同时收集、整理了1961—2005年不同阶段的草场沙化、退化面积、植被状况等资料。其中,草场沙化、退化面积为收集的卫星遥感监测和全国沙漠化普查资料;植被盖度、产草量资料:1961—1980年为收集的调查资料,1981—2005年为鄂温克旗牧业气象试验站观测资料。结合草原沙化、退化面积、植被状况等资料进行对比分析气候变化对沙地及周边草地生态环境的影响。

为了分析沙地的水分平衡状况,引入蒸降比因子,即降水量看作是收入项,蒸发量看作支出项,把

蒸发量与降水量的比值称为蒸降比,用蒸降比值的大小描述沙地的水分平衡状况。

3 结果与分析

3.1 气候要素的变化及趋势

3.1.1 气温 从20世纪80年代以来,全球气温持续上升,进入90年代以后,这种趋势更为明显,增温幅度为 $0.3^{\circ}\text{C}—0.6^{\circ}\text{C}$ (徐祥德和吴正华,1999)。在此背景下,内蒙古呼伦贝尔沙地从20世纪60年代开始,气温在逐渐升高,气候变暖趋势明显,这与孙凤华等(2005)的研究一致。从表1可见,从1961年到2005年,年均气温升高 0.4°C ,四季升温幅度为 $1.1^{\circ}\text{C}—1.9^{\circ}\text{C}$,近45年来呼伦贝尔沙地冬季增温趋势最为明显,其次是春季,夏季和秋季增温幅度最小。

表1 呼伦贝尔沙地各年代与各季平均气温变化(°C)

Tab. 1 Annual and seasonal changes of average air temperature in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	0.6	7.0	19.2	6.1	-18.3
1971—1980	0.4	6.4	19.4	6.2	-17.4
1981—1990	0.8	7.4	19.1	6.4	-16.8
1991—2000	1.0	8.2	19.8	6.7	-15.5
2001—2005	1.0	8.1	21.0	7.9	-16.7

从图1可见,呼伦贝尔沙地气温年际变化趋势是逐年递增的,其10年的增温幅度为 0.527°C ,线性拟合的相关系数为 $0.685(r=0.685 > r_{0.01})$,二阶多项式拟合相关系数为 $0.6715(r=0.671 > r_{0.01})$,并且目前正处于升温的“峰值”区间。

3.1.2 降水量 从表2可看出,呼伦贝尔沙地四季降水量和年降水量均呈现波动式的变化。20世纪60年代降水量较少,从70年代中期开始一直到90

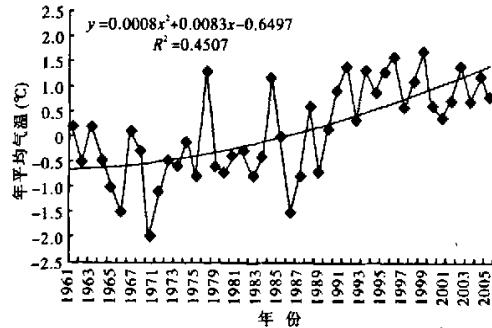


图1 呼伦贝尔沙地年均气温变化

Fig. 1 Annual air temperature change in Hulunbeier sand land

表 2 呼伦贝尔沙地年降水量变化 (mm)

Tab. 2 Annual change of average precipitation in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	258.0	29.7	186.7	32.0	9.5
1971—1980	278.4	23.1	194.9	46.8	13.7
1981—1990	291.0	31.9	209.8	34.0	15.8
1991—2000	292.7	28.6	29.7	45.0	14.1
2001—2005	225.4	29.5	181.0	32.2	22.6

年代降水总量有所增加,而进入 21 世纪至今,四季和年降水量均急剧下降,并降到 60 年代以来的最低值。降水总量的锐减以及降水变率增大,使水分的利用效率降低,水资源亏缺现象严重,进一步增大了干旱发生的几率,加重了干旱的程度。

从图 2 可以看出,呼伦贝尔沙地降水量的年际变化趋势总体上呈现减少态势,20 世纪 90 年代中期以来,降水量减少趋势明显,三阶多项式拟合相关系数为 0.207 ($r = 0.207 > r_{0.05}$), 气候趋势倾向率为 $-3.6 \text{ mm} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$, 其线性拟合的相关系数为 0.0539 ($r = 0.0539 < r_{0.05}$), 说明呼伦贝尔沙地年降水量的减少,属于气候的自然波动。

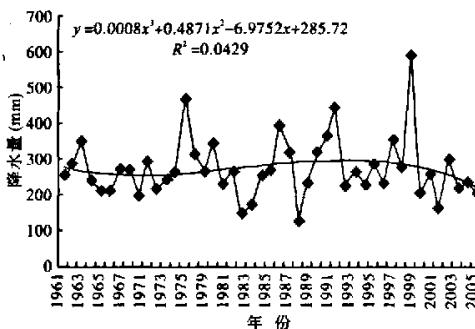


图 2 呼伦贝尔沙地年降水量变化

Fig. 2 Annual change of precipitation in Hulunbeier sand land

3.1.3 蒸发量 呼伦贝尔沙地蒸发量远远大于降水量,一般是降水量的 6~13 倍,并且季节间和年际间变化较大。这就导致了降水量收入项远远小于蒸发量支出项,使干旱加重。从表 3 可见,四季和年蒸发量的变化趋势基本相同,在 20 世纪 60 年代蒸发量较大,70 年代和 80 年代略有减少,而从 90 年代又有所增大,春、秋两季蒸发量从 60 年代至今变化较小;年蒸发量从 60 年代开始至 90 年代逐渐减少,进入 21 世纪至今蒸发量大幅度增加,并创近 45 年来的最高值。

表 3 呼伦贝尔沙地蒸发量 (mm)

Tab. 3 Annual change of average evaporation in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	1671.0	502.6	812.2	278.0	104.5
1971—1980	1614.0	466.9	805.3	253.8	88.6
1981—1990	1526.1	452.3	752.6	237.8	81.8
1991—2000	1555.7	456.9	740.5	244.7	109.7
2001—2005	1815.1	469.3	847.9	344.1	153.7

图 3 可见,年蒸发量变化呈现增大趋势,蒸发量二阶多项式拟合相关系数 0.567 ($r = 0.567 > r_{0.01}$), 气候趋势倾向率为 $-0.8 \text{ mm} \cdot 10 \text{ a}^{-1}$; 线性拟合相关系数 0.0084 ($r = 0.008 < r_{0.05}$)。从呼伦贝尔沙地蒸降比的年际变化趋势(图 4)也可看出,蒸发量呈现增大趋势,尤其是进入 21 世纪以来蒸降比增大趋势明显,说明降水量减少,蒸发量增大,可能破坏沙地的水分平衡,这将加重干旱的程度(孙凤华等,2006),最终会导致沙化的加剧。

3.1.4 大风天气 由表 4 可知,呼伦贝尔沙地从 20 世纪 60 年代至今,四季及年平均风速、大风日数

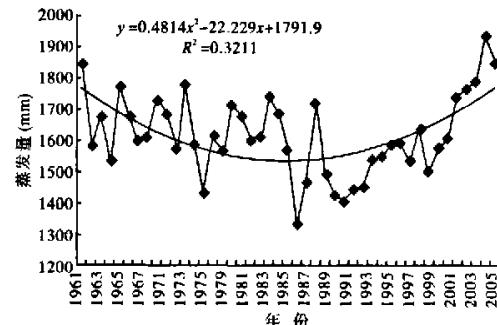


图 3 呼伦贝尔沙地年蒸发量变化

Fig. 3 Annual change of evaporation in Hulunbeier sand land

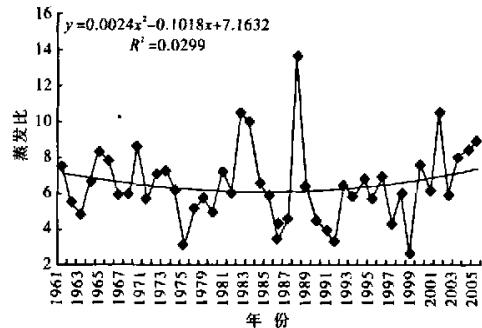


图 4 呼伦贝尔沙地蒸降比变化

Fig. 4 Change of annual evaporation to precipitation ratio in Hulunbeier sand land

表4 呼伦贝尔沙地年平均风速变化 ($m \cdot s^{-1}$)

Tab. 4 Annual change of average wind speed in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	4.3	5.7	4.1	4.6	3.7
1971—1980	3.9	5.2	4.1	4.0	3.2
1981—1990	3.2	4.2	3.4	3.2	2.6
1991—2000	3.0	3.6	3.1	3.3	2.6
2001—2005	2.5	3.1	2.8	2.6	2.3

和沙尘暴日数总体上呈减小的态势,尤其是年、春、秋季平均风速,年、春、夏季大风日数,年、春季沙尘暴日数减少的趋势更为明显。年平均风速2001年以来比20世纪60年代减小 $1.8 m \cdot s^{-1}$,四季平均风速减小幅度在 $1.3 \sim 2.6 m \cdot s^{-1}$ 。

从表5和表6可以看出,21世纪初的几年,呼伦贝尔沙地年大风日数、沙尘暴日数比20世纪60年代年减少分别为26.5和2.9 d,四季减少分别为 $4.0 \sim 12.2 d$ 、 $0.4 \sim 2.0 d$ (冬季除外)。从图5可看出,呼伦贝尔沙地年大风日数、沙尘暴日数呈明显减少趋势。年大风日数二阶多项式拟合相关系数 $0.6404 > r_{0.01}$,线性拟合相关系数 $0.6402 > r_{0.01}$,气候趋势倾向率为 $-7.0 d \cdot 10 a^{-1}$;年沙尘暴日数二阶多项式拟合相关系数 $0.443 > r_{0.01}$,线性拟合相关系数 $0.361 > r_{0.05}$,气候趋势倾向率为 $-0.7 d \cdot 10 a^{-1}$ 。

3.2 气候变化对沙地生态环境的影响

近代考古发现,呼伦贝尔草原在靠近沙层的红褐色土层中产出石器、陶片和渔具等(安志敏,1978),且分布广泛、数量众多,证明这地方有古人

表5 呼伦贝尔沙地年代大风日数变化 (d)

Tab. 5 Annual change of windy days in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	34.5	16.2	7.9	4.8	5.6
1971—1980	33.1	14.9	9.4	4.3	4.6
1981—1990	16.9	9.2	4.4	1.7	1.6
1991—2000	16.4	7.8	3.8	1.7	3.2
2001—2005	8.0	4.4	1.6	0.8	1.4

表6 呼伦贝尔沙地年代际沙尘暴日数变化 (d)

Tab. 6 Annual change of sandstorm days in Hulunbeier sand land

年代	年平均	春季	夏季	秋季	冬季
1961—1970	3.9	2.9	0.5	0.4	0.1
1971—1980	2.2	1.5	0.7	0.0	0.0
1981—1990	4.8	3.3	0.7	0.3	0.3
1991—2000	1.3	1.0	0.3	0.0	0.0
2001—2005	1.0	0.8	0.0	0.0	0.2

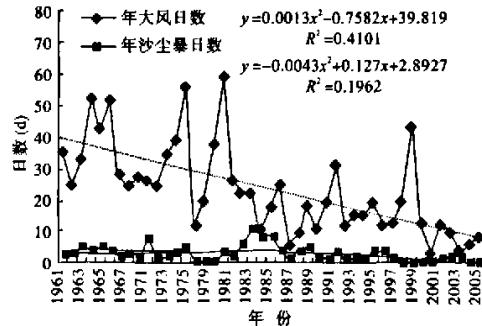


图5 呼伦贝尔沙地年代际大风日数、沙尘暴日数变化

Fig. 5 Annual change of windy days and sandstorm days in Hulunbeier sand land

类活动遗迹的存在,这表明当时的气候是适合人类生存的。但从20世纪30年代开始,特别是60年代以后,由于呼伦贝尔沙地气温、蒸发量在逐年增高,而降水量逐渐减少,暖干化趋势显著,导致春旱、春季与夏初连旱出现几率高达43%(王希平和赵慧颖,2006)。这些因子的综合作用使沙质草场的生态环境遭到严重地破坏,伊敏河、辉河和海拉尔河两侧沙地斑点状活化,许多牧户成了生态难民,不得不被迫搬迁。由于气候变化的不利影响,加重了沙地周边草原的沙化、退化。一方面表现在退化草场面积的增加,1965年退化草场面积仅占可利用草场总面积的12%~14%,到1997年退化草场面积占可利用草场总面积的30%以上(闵庆文等,2004);另一方面表现在植被盖度的降低,1974年以来植被的盖度降低15%~25%(陶胜军等,2004)。尤其在2000年以来呼伦贝尔沙地暖干化趋势加剧,水分亏缺现象严重,生态缺水矛盾突出,草原退化区域由人口密集区向外扩展,严重退化草场的产草量不足原来的20%(张德平等,2006),使该地区生态环境受到严重破坏。与未沙化草地相比,处在同一气候区的中度和严重退化、沙化草地物种多样性变异较小(陈生永,2001;吕世海和卢欣石,2006)。说明二者群落结构基本相似,这可能与当地雨热同期、70%以上的降水集中在植物生长旺盛期(7、8月)有关,从而导致了季节性1年生植物大量侵入。

卫星遥感动态监测表明(董建林和雅洁,2002),呼伦贝尔沙地沙漠化土地面积1997年比1987增加2 800 km²;2002年调查表明,呼伦贝尔沙漠化土地总面积比20世纪90年代增长了3.27%;2004年全国沙漠化普查结果,呼伦贝尔沙漠化土地总面积为13 100 km²,比2002年增长了1.48%。从

呼伦贝尔沙地整体生态现状来看,沙化仍处于发展态势(聂浩刚等,2005),土地沙漠化扩展十分严重,生态屏障严重破坏,这反过来又导致气候环境的恶化,致使1999年我国东北出现历史上从未有过的黑风暴,其源头就是东北西部草原的荒漠化地带(衣保中,2003)。

另外,气候变暖尤其是冬季、春季气温的大幅度增高,给病虫菌源的安全越冬创造了有利的环境条件,增加下一年的虫口密度,使得沙地周边草地病虫害的危害越来越大。如进入21世纪至今,草原蝗虫连年爆发成灾(陈素华等,2006;孙晓玲等,2006),损失惨重就是一个典型的例证,间接地导致了呼伦贝尔沙地生态环境的进一步恶化。

呼伦贝尔沙地生态环境的恢复与建设较为有利的条件是大风日数和沙尘暴日数的逐年减少。如果治理措施得当,沙地局部生态可以逐渐恢复。20世纪80年代以来,各级政府和沙区人民提高了对草原生态平衡、防沙、治沙的认识,实施了大量的生态建设工程和一系列生态保护措施,用人工增加草地面积的方法,促进自然植被恢复,有力地遏制了呼伦贝尔沙地生态环境恶化的趋势,草原局部地区发生着强烈的沙漠化逆转过程,辉河地区沙漠化土地递减速率为 $0.0073 \text{ km}^2 \cdot \text{a}^{-1}$,许多地段已经转变为林、草相间的土地(韩广和张桂芳,1998)。说明在目前的气候条件下,经过人工治理呼伦贝尔沙地的生态环境是可以逐步得到恢复的。

4 结 论

呼伦贝尔沙地气候变化和全球气候变化趋势基本一致。气候变暖趋势明显,冬季升温幅度最大,其次是春季,夏季和秋季增温幅度最小;降水量总体趋势减少,春季干旱表现最为突出。因此,呼伦贝尔沙地总体气候变化具有暖干化趋势。特别是2000年以来,沙地气温显著升高、降水锐减、蒸发量猛增、极端气候事件频繁突发,不仅加速了呼伦贝尔沙地局部沙漠化的进程,而且对生态环境的恢复十分不利。

20世纪70年代、80年代和21世纪初的调查结果表明,呼伦贝尔沙地植被覆盖度逐年下降,进而导致了地表蒸发加强,涵养水分的能力下降,使得分布于沙地中的湖泊、湿地的蓄水量减少,有些湖泊甚至彻底干涸。

从引发沙漠化的大风天气来看,大风日数和沙尘暴日数减少,对呼伦贝尔沙地生态环境的恢复和建设有利。在目前的气候条件下,呼伦贝尔沙地的

沙漠化是可以逐步得到治理的,但由于呼伦贝尔沙地地处生态脆弱带和环境变化敏感地带,人工治理和恢复的难度较大。

参考文献

- 安志敏. 1978. 海拉尔的中石器遗存——兼论细石器的起源和传统. 考古学报, (3): 289-316.
- 白美兰, 沈建国, 裴 浩, 等. 2002. 气候变化对沙漠化影响的评估. 气候与环境研究, 7(4): 457-464.
- 曹成有, 蒋德明, 朱丽辉, 等. 2006. 科尔沁沙地草甸草场退化的原因与植物多样性变化. 草业学报, 15(3): 18-26.
- 陈生永. 2001. 沙地植被演替研究成果综述. 山西水土保持科技, (4): 23-26.
- 陈素华, 乌兰巴特尔, 曹艳芳. 2006. 气候变化对内蒙古草原蝗虫消长的影响. 草业科学, 23(8): 78-82.
- 董建林, 雅 洁. 2002. 呼伦贝尔沙地近十年来土地沙漠化变化分析. 林业资源管理, (4): 39-43.
- 高志海, 孙保平, 丁国栋. 2004. 荒漠化评价研究综述. 中国沙漠, 24(1): 19-24.
- 郭 坚, 王 涛, 薛 娜, 等. 2006. 毛乌素沙地荒漠化现状及分布特征. 水土保持研究, 13(3): 198-203.
- 韩 广, 张桂芳. 1998. 30多年来呼伦贝尔草原沙漠化的演变特点及防治对策研究. 中国沙漠, 18(3): 221-225.
- 何文清, 陈源泉, 高旺盛, 等. 2004. 农牧交错带风蚀沙化区农业生态系统服务功能的经济价值评估. 生态学杂志, 23(3): 49-53.
- 吕世海, 卢欣石. 2006. 呼伦贝尔草地风蚀沙化植被生物多样性研究. 中国草地, 28(4): 6-10.
- 闵庆文, 刘寿东, 杨 霞. 2004. 内蒙古典型草原生态系统服务功能价值评估研究. 草地学报, 12(3): 165-169.
- 聂浩刚, 岳乐平, 杨 文, 等. 2005. 呼伦贝尔草原沙漠化现状、发展趋势与成因分析. 中国沙漠, 25(5): 635-639.
- 潘学清, 魏绍成, 冯国钧. 1991. 中国呼伦贝尔草地. 长春: 吉林科学技术出版社.
- 孙凤华, 吴志坚, 杨素英. 2006. 东北地区近50年来极端降水和干燥事件时空演变特征. 生态学杂志, 25(7): 779-784.
- 孙凤华, 杨素英, 陈鹏狮. 2005. 东北地区近44年的气候暖干化趋势分析及可能影响. 生态学杂志, 24(7): 751-755.
- 孙晓玲, 任炳忠, 赵 卓, 等. 2006. 东北地区不同生境内蝗虫区系的比较. 生态学杂志, 25(3): 286-289.
- 陶胜军, 王俊杰, 金 雄. 2004. 呼伦贝尔草地资源利用现状与可持续发展策略. 内蒙古草业, 16(3): 7-9.
- 万 信, 王润元, 李宗炎. 2007. 陇东黄土高原区农业气候要素的变化特征. 生态学杂志, 26(3): 344-347.
- 王连喜, 杨有林, 何雨红, 等. 2003. 气候变化和植被关系研究方法探讨. 生态学杂志, 22(1): 43-48.
- 王希平, 赵慧颖. 2006. 内蒙古呼伦贝尔市林牧农业气候资源与区划. 北京: 气象出版社.
- 徐祥德, 吴正华. 1999. 华北干旱预研究进展. 北京: 气象出版社.
- 衣保中. 2003. 清代以来东北草原的开发及其生态环境代价. 中国农史, (4): 112-119.
- 张德平, 冯宗炜, 王效科. 2006. 呼伦贝尔草原风蚀沙化的机理研究成果综述. 中国沙漠, 26(2): 300-306.
- 赵存玉, 王 涛. 2005. 沙质草原沙漠化过程中植被演替研究现状和展望. 生态学杂志, 24(11): 1343-1346.

作者简介 赵慧颖,男,1964年生,硕士,高级工程师。主要从事应用气象、气候与生态研究。E-mail: zhaohhyy2008@yahoo.com.cn

责任编辑 刘丽娟