

北方农牧交错带气候变化与旱涝响应特征

李敏敏, 延军平, 丁彩霞

(陕西师范大学 旅游与环境学院, 陕西 西安 710119)

摘要: 依据北方农牧交错带 1961—2012 年 46 个气象站气温、降水数据, 采用气候倾向率、Mann—Kendall 检测及 Kring 插值法, 对该区气候变化及旱涝时空特征进行了分析。结果表明: (1) 近 52 a, 北方农牧交错带气候呈现暖干化趋势, 1986 年后暖干化趋势有所加强。(2) 不同区域不同时段, 气温、降水表现出不同的变化特征。(3) 全区及 3 个子区旱涝等级均呈上升趋势, 不同区域旱涝等级变化趋势差异显著。(4) 北方农牧交错带大涝呈“片状”分布, 大旱呈“斑点状”分布。全区整体相对较易发生大旱, 东北段相对更易发生大涝, 华北段更易发生大旱。

关键词: 气候变化; 旱涝; 时空特征; 北方农牧交错带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0304-05

中图分类号: P461

DOI: 10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.063

Climate Change and Response Characteristics of Drought and Flood in Farming—Pastoral Ecotone of Northern China

LI Min-min, YAN Jun-ping, DING Cai-xia

(College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an, Shaanxi 710119, China)

Abstract: Based on the annual air temperature and precipitation data of 46 meteorological stations from 1961 to 2012 in the farming—pastoral ecotone of Northern China, the climate variation of temperature and the spatial-temporal characteristics of the drought and flood in the entire region were analyzed using the methods of climate trend rate, Mann—Kendall test and Kring interpolation. The results showed that: (1) In the past 52 years, the climate showed a warming and drying trend in the farming—pastoral ecotone of Northern China, and the trend had been enhanced after 1986. (2) The variations of temperatures and precipitation showed different characteristics in different spatial and temporal scales. (3) The drought and flood level was rising in the entire region and the three sub-zones, and showed a remarkable difference in different regions. (4) The distribution of flood disaster was in patchy shape, and that of severe droughts was in speckled pattern. Overall, the region was relatively more prone to drought, there was relatively more susceptible to floods in the northeastern section, more susceptible to drought in Northern China.

Keywords: climate change; drought and flood; spatial-temporal characteristics; farming-pastoral ecotone of Northern China

近百年来, 全球气候变暖已成为一个不争的事实, 仅 1906—2005 年的 100 a 间, 全球地表气温就上升了约 0.74 °C^[1]。在气候变暖的背景下, 中国极端天气气候事件(干旱、高温天气等)的强度和频率出现了明显的变化^[2], 导致旱涝等气象灾害频发^[3-4]。20 世纪 90 年代以来, 仅中国北方的干旱造成的直接经济损失每年都在 1 000 亿元以上^[5], 旱涝的频繁发生越来越受到学者们的关注^[6-7]。

北方农牧交错带作为全球气候变化最为敏感的干旱—半干旱地区之一, 也是典型的生态环境脆弱

区, 研究全球变化下北方农牧交错带的旱涝灾害响应特征显得尤为重要。近年来, 关于北方农牧交错带气候变化的研究, 学者们做了大量的工作并取得了丰硕的成果^[8-16]。以往关于北方农牧交错带气候的研究多集中于气象要素特征的分析, 对灾害研究有所不足。本文基于前人的研究结果, 依据北方农牧交错带及邻区 46 个气象站点的最新气温、降水数据, 通过分析近 52 a 研究区气候变化背景, 重点研究旱涝灾害的时空分布特征及对气候的响应, 以期为该区的防灾减灾工作和工农业生产提供科学参考。

收稿日期: 2013-09-27

修回日期: 2013-10-28

资助项目: 国家自然科学基金项目“部分重大自然灾害的时空对称性: 结构、机理与适应对策”(41171090)

作者简介: 李敏敏(1989—), 女(汉族), 山西省大同市人, 硕士研究生, 研究方向为全球变化与自然灾害。E-mail: lmm19890716@163.com。

1 资料与方法

1.1 资料来源

本文选取北方农牧交错带及邻区 46 个气象站的气温、降水资料,分析了 1961—2012 年研究区气候变化背景,重点分析了旱涝时空变化特征,文中数据均来自于中国气象数据共享服务网。

1.2 研究区划分

农牧交错带的范围和位置因研究目的和划分指标不同而常有不同,但种种划分方案中最核心的地区没有本质差别^[17]。本文的研究区参考文献^[18],即北起大兴安岭西麓的呼伦贝尔,向西南延伸,经内蒙古东南、冀北、晋北、陕北、鄂尔多斯高原,直至宁夏南部、甘肃中部和青海东部。该区气候条件复杂,参考文献^[19],将研究区划分为东北段Ⅰ(包括黑吉辽西部和内蒙古东北部)、华北段Ⅱ(河北、山西北部 and 内蒙古中部)和西北段Ⅲ(陕甘宁的中南部和青海东部)。

1.3 旱涝指标选取

1.3.1 单站降水 Z 指数 旱涝指标选取方法不一,如降水距平百分率、湿度指标、Z 指数等。目前在中国旱涝灾害研究中已广泛应用的 Z 指数,能较好反映某一时段单站旱涝情况^[20]。参照文献^[21]的方法对 Z 指数进行计算,参考张存杰等^[22]修正后的 Z 指数界限值,将旱涝级别划分为 7 个不同的等级(如表 1 所示)。

假设该地区降水服从 Person III 型分布,对降水

量序列进行正态化处理,可将概率密度函数 Person III 型分布转换成以 Z 为变量的标准正态分布^[21],其转换公式为:

$$Z_i = \frac{6}{C_s} \left(\frac{C_s}{2} \varphi_i + 1 \right)^{1/3} - \frac{6}{C_s} + \frac{C_s}{6} \quad (1)$$

式中: C_s ——偏态系数; φ_i ——标准变量。

$$C_s = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^3}{n\sigma^3}, \quad \varphi_i = \frac{X_i - \bar{X}}{\sigma} \quad (2)$$

$$\text{其中, } \sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i$$

式中: X_i ——降水量。

1.3.2 区域旱涝等级的确定 目前基于单站 Z 指数来确定区域旱涝指数方法不一。谭桂荣等^[23]通过 IF(雨涝指数)、ID(干旱指数)来反映区域的旱涝强度;鞠笑生等^[20]则以华北地区为例,利用各个旱涝等级在旱涝程度上所占权重分别计算 I(雨涝指标)、L(干旱指标),确定区域旱涝指数。本文在区域旱涝指数计算中使用:

$$I = \frac{2n_1 + n_2 + n_3}{n}, \quad L = \frac{n_5 + n_6 + 2n_7}{n} \quad (3)$$

式中: I——区域洪涝指标; L——干旱指标; $n_1, n_2, n_3, n_5, n_6, n_7$ ——该区内 Z 指数为 1, 2, 3, 5, 6, 7 级的站数; n——区域内总站数。区域旱涝指数:

$$HL = (I - L) \times 100 \quad (4)$$

区域旱涝等级具体划分标准见表 1^[20]。

表 1 单站及区域旱涝等级划分标准

等级	Z 指数值	旱涝类型	理论概率/%	旱涝指数 HL 值
1	$Z > 1.6485$	重涝	5	$HL \geq 75$
2	$1.0364 < Z \leq 1.6485$	大涝	10	$50 \leq HL < 75$
3	$0.5244 < Z \leq 1.0364$	偏涝	15	$25 \leq HL < 50$
4	$-0.5244 \leq Z \leq 0.5244$	正常	40	$-25 \leq HL < 25$
5	$-1.0364 \leq Z < -0.5244$	偏旱	15	$-50 < HL \leq -25$
6	$-1.6485 \leq Z < -1.0364$	大旱	10	$-75 < HL \leq -50$
7	$Z < -1.6485$	重旱	5	$HL \leq -75$

2 结果与分析

2.1 气候暖干化

2.1.1 气温特征 1961—2012 年,北方农牧交错带全区的气温以 $0.33 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 的速率呈增加趋势,其中华北段($0.34 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$) > 东北段($0.33 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$) > 西北段($0.32 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$) (图 1a, 表 2), 全区的气温于 1986 年发生突变, 之后气温显著上升, 并通过了 99% 的置信度, 各站点中仅承德站的气温以 $0.09 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$ 的速率呈微弱减少趋势, 其他站点均为升温趋势; 1961—

1986 年, 全区升温速率为 $0.08 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$, 74% 的站点气温呈上升趋势, 各区升温速率由高到低依次为东北段($0.11 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$)、西北段($0.06 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$) 和华北段($0.04 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$), 升温的站点由多到少依次为东北段(79%)、华北段(71%) 和西北段(69%); 1987—2012 年, 除东北段升温速率($0.05 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$) 减缓外, 其他地区均明显高于前 26 a, 由大到小依次为西北段($0.31 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$)、全区($0.16 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$)、华北段($0.17 \text{ }^\circ\text{C}/10 \text{ a}$), 全区 78% 的站点呈升温趋势, 华北段最多, 为 93%, 其次为西北段(85%)、东北段(63%)。

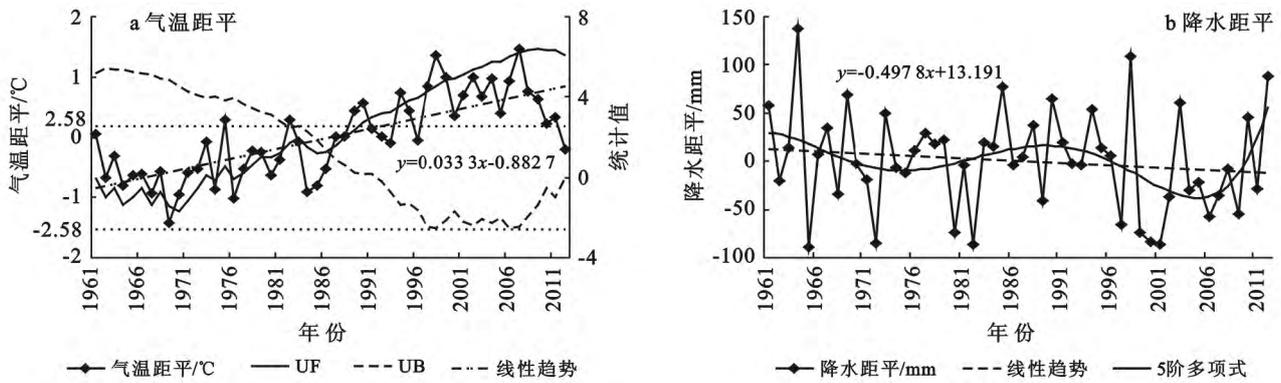


图 1 1961—2012 年北方农牧交错带全区气温、降水变化特征及气温突变检验

表 2 北方农牧交错带气温突变前后气候背景值统计

时间段	统计指标	全区	东北段	华北段	西北段	
1961—1986 年	气温	均值/°C	6.01*	4.74	7.48*	6.27
		趋势[°C·(10 a) ⁻¹]	0.08	0.11	0.04	0.06
	降水	均值/mm	435.46	455.01	433.94	408.51
		趋势[mm·(10 a) ⁻¹]	-8.20	8.38	-11.56	-28.82
1987—2012 年	气温	均值/°C	7.06	5.82	8.57	7.24
		趋势[°C·(10 a) ⁻¹]	0.16**	0.05*	0.17**	0.31**
	降水	均值/mm	425.97	456.18	416.46	392.07
		趋势[mm·(10 a) ⁻¹]	-9.74*	-16.13*	-7.73*	-2.57*
1961—2012 年	气温	均值/°C	6.53	5.28	8.03	6.76
		趋势[°C·(10 a) ⁻¹]	0.33**	0.33**	0.34**	0.32**
	降水	均值/mm	430.72	455.60	425.20	400.29
		趋势[mm·(10 a) ⁻¹]	-4.98*	-0.63*	-7.45	-8.67

注：*表示通过 0.05 的显著水平；**表示通过 0.01 的显著水平。

2.1.2 降水特征 近 52 a, 北方农牧交错带全区及子区多年年均降水量关系为: 东北段(455.6 mm) > 全区(430.7 mm) > 华北段(425.2 mm) > 西北段(400.3 mm)(图 1b, 表 2), 各区均呈现下降趋势, 速率为: 西北段(-8.67 mm/10 a) > 华北段(-7.45 mm/10 a) > 全区(-4.98 mm/10 a) > 东北段(-0.63 mm/10 a), 下降的站点由多到少依次为华北段(86%)、西北段(85%)和东北段(53%)。1961—1986 年, 降水除东北段呈增加趋势(8.38 mm/10 a)外, 其余区域均呈下降趋势, 下降速率由高到低依次为: 西北段(28.82 mm/10 a)、华北段(11.56 mm/10 a)、全区(8.20 mm/10 a); 近 26 a, 各区降水均呈减少趋势, 除东北段趋势由增加转为减少外, 其余各区减少幅度均明显大于气温突变前, 且各区年均降水量均小于近 52 a 多年平均降水量(东北段略微高于均值)。综上可以说明, 1961—2012 年, 北方农牧交错带气候呈现暖干化趋势, 近 26 a, 即气温突变后, 暖干化趋势有所加强。

2.2 旱涝等级变化特征

1961—2012 年, 北方农牧交错带各区旱涝等级均

呈上升趋势(图 2, 表 3), 旱涝交替频繁, 干旱化程度日益加重, 上升速率由高到低依次为全区(0.109)、西北段(0.081)、华北段(0.069)和东北段(0.053)。近 52 a 全区旱涝等级波动剧烈, 极端旱涝频繁发生, 重涝发生 2 次(1964, 2012 年), 有 13 a 出现不同等级的旱灾, 其中重旱、大旱各 5 次, 偏旱 3 次, 偏旱和大旱主要发生于 1986 年之后, 大涝在近 26 a 增加了 1 次。

东北段旱涝等级整体呈现出在 1986 年之后波动加剧的趋势, 在 20 世纪 60, 70 年代仅发生两次偏旱、两次偏涝, 其余均是正常年份, 80, 90 年代处于偏涝期, 直到 1998 年达到重涝, 进入 21 世纪, 仅 2010, 2012 年出现偏涝、大涝, 旱灾频繁出现, 2001 年出现重旱; 华北段旱涝等级整体呈现出相对稳定的波动趋势, 出现的极端旱涝是各区中最少的, 仅有的一次重涝、重旱分别发生于 1964, 1965 年, 发生大涝 2 次(1969, 2003 年)、大旱 1 次(1972 年), 1986 年之后, 旱涝等级在偏旱和偏涝之间逐年稳定波动; 西北段旱涝等级呈现出收敛型的波动趋势, 尤其是 2003 年之后均为正常年份, 极端旱涝均发生于 1986 年之前, 1986 年之后正常年份占到 69%。

西北段由于地理位置的特殊性,是 3 个子区中发生大旱最多的区域,共有 4 次,分别在 1965,1972,

1980,1982 年,仅在 1964 年出现重涝,1961,1967 年出现大涝。

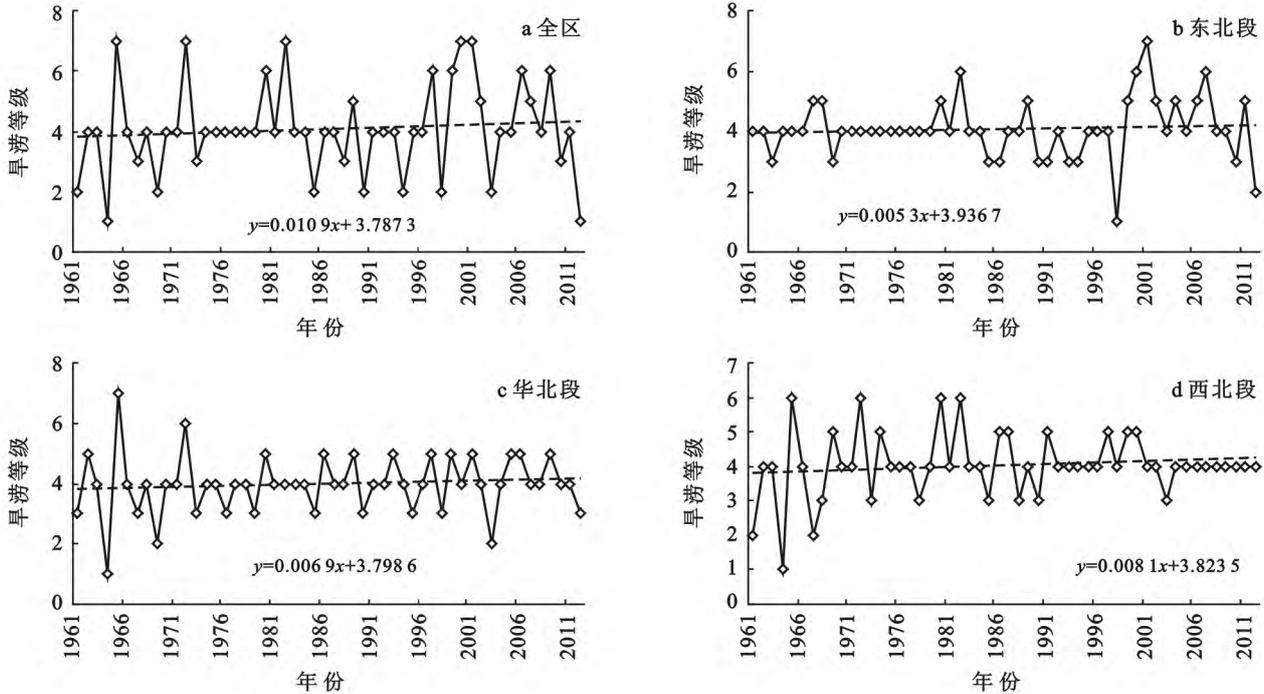


图 2 北方农牧交错带旱涝等级演变趋势

表 3 各区不同等级旱涝灾害发生频次

旱涝等级	1961—2012 年				1961—1986 年				1987—2012 年			
	全区	东北段	华北段	西北段	全区	东北段	华北段	西北段	全区	东北段	华北段	西北段
重涝	2	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
大涝	7	1	2	2	3	0	1	2	4	1	1	0
偏涝	4	9	10	7	2	4	6	4	2	5	4	3
正常	26	28	26	30	16	18	13	12	10	10	13	18
偏旱	3	9	11	8	0	3	3	3	3	6	8	5
大旱	5	3	1	4	1	1	1	4	4	2	0	0
重旱	5	1	1	0	3	0	1	0	2	1	0	0

2.3 旱涝空间分布特征

利用 Kriging 插值法分别对 1961—2012 年北方农牧交错带各气象站点大旱(包括重旱)频率、大涝(包括重涝)频率进行插值分析,结果见图 3。大涝发生频次集中于 0.8~2.3 次/10 a,大旱为 0.8~1.9 次/10 a,有 43%的站点大涝发生频率相对较高,其中仅有 3 站大涝发生频次高于 2.0 次/10 a,有 35%的站点大旱发生频率高于大涝,其中 11 个站点干旱发生频次高于 0.17 次/10 a。

近 52 a,北方农牧交错带大涝呈“片状”分布,大旱呈“斑点状”分布。大涝频次高值区集中分布于东北段南部,最大值位于扎鲁特旗和林西,均为 2.3 次/10 a,其次在锦州,为 2.1 次/10 a,最小值位于东北段北部的扎兰屯(0.8 次/10 a);华北段、西北

段大涝频次均集中于 1.2~1.7 次/10 a,这 2 个区域内东部大涝频次均略高于西部,但差异不显著。大旱频次高值区在各子区域中均有分布,其中华北段有 4 个高值中心,分别为多伦、承德、呼和浩特、大同—北京,东北段有通辽一个高值中心,赤峰(1.0 次/10 a)、锦州(1.5 次/10 a)2 个相对低值中心,西北段有合作一个高值中心,有榆中、固原、榆林 3 个相对低值中心,频次均为 1.3 次/10 a。综上分析可知,北方农牧交错带全区整体相对较易发生大旱,东北段相对更易发生大涝,华北段更易发生大旱。

3 结论

(1) 1961—2012 年,北方农牧交错带气候呈现暖干化趋势,气温于 1986 年突变后,暖干化趋势有所加

强。不同时段不同区域升温速率不同:近 52 a,升温速率由高到低依次为:华北段(0.34 °C/10 a)、东北段(0.33 °C/10 a)、全区(0.33 °C/10 a)、西北段(0.32 °C/10 a);1961—1986 年,依次为东北段(0.11 °C/10 a)、全区(0.08 °C/10 a)、西北段(0.06 °C/10 a)和华北段(0.04 °C/10 a);近 26 a,气温则除东北段略有下降外,其余均明显高于前 26 a。

(2) 近 52 a,北方农牧交错带全区及子区多年年均降水量均呈现下降趋势,速率为:西北段(8.67 mm/10 a) > 华北段(7.45 mm/10 a) > 全区(4.98 mm/10 a) > 东北段(0.63 mm/10 a);1961—1986 年,降水除东北段呈增加趋势(8.38 mm/10 a)外,其余区域均呈下降趋势;近 26 a,各区降水均呈减少趋势,除东北段外,其余各区减少幅度均明显小于气温突变前,且各区年均降水量均小于近 52 a 多年平均降水量(东北段略微高于均值)。

(3) 1961—2012 年,北方农牧交错带各区旱涝等级均呈上升趋势,旱涝交替频繁,干旱化程度日益加重。不同区域旱涝等级变化趋势差异显著:全区表现为“剧烈波动型”,极端旱涝频繁发生;东北段在 1986 年之后波动加剧;华北段呈现出相对稳定的波动趋势,1986 年之后,旱涝等级在偏旱和偏涝之间稳定波动;西北段呈现出“收敛型”的波动趋势,极端旱涝均发生于 1986 年之前,是发生大旱最多的区域。

(4) 近 52 a,北方农牧交错带大涝呈“片状”分布,大旱呈“斑点状”分布。全区整体相对较易发生大旱,东北段相对更易发生大涝,华北段更易发生大旱。大涝频次高值区集中分布于东北段南部;华北段、西北段大涝频次表现为东部均略高于西部,但差异不显著。大旱频次高值区在各子区域中均有分布。

[参 考 文 献]

- [1] Working Group Contribution to the Fourth Ssessment Report of the IPCC. Climate Change 2007: the Physical Science Basis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- [2] 丁一汇,任国玉,石广玉,等. 气候变化国家评估报告(1): 中国气候变化的历史和未来趋势[J]. 气候变化研究进展,2006,2(1):3-8.
- [3] 杨金虎,江志红,王鹏祥,等. 中国年极端降水事件的时空分布特征[J]. 气候与环境研究,2008,13(1):75-83.
- [4] 李志,郑粉莉,刘文兆. 1961—2007 年黄土高原极端降水事件的时空变化分析[J]. 自然资源学报,2010,25(2):291-299.
- [5] 符淙斌,安芷生,郭维栋. 我国生存环境演变和北方干旱化趋势预测研究(1):主要研究成果[J]. 地理科学进展,2005,20(11):1157-1167.
- [6] 陈权亮,倪长健,万文龙. 川渝盆地夏季旱涝变化特征及成因分析[J]. 高原气象,2010,29(3):587-594.
- [7] 张天峰,王劲松,郭江勇. 西北地区秋季旱涝指数的变化特征[J]. 干旱区研究,2007,24(1):87-92.
- [8] 章文波,刘宝元. 北方农牧交错带降水极值变化空间特征[J]. 自然资源学报,2005,18(3):274-280.
- [9] 史培军,哈斯. 中国北方农牧交错带与非洲萨哈尔地带全新世环境变迁的比较研究[J]. 地学前缘,2002,9(1):121-128.
- [10] 裴国旺,赵艳霞,王石立,等. 气候变化对我国北方农牧交错带及其气候生产力的影响[J]. 干旱区研究,2004,12(3):299-303.
- [11] 章文波. 北方农牧交错带降水侵蚀力的时空分布[J]. 自然科学进展,2003,13(6):651-654.
- [12] 陈海,张艳,李贵才. 近 40 年中国北方农牧交错带气候时空分异特征[J]. 西北大学学报:自然科学版,2007,37(4):653-656.
- [13] 龚道溢,韩晖. 华北农牧交错带夏季极端气候的趋势分析[J]. 地理学报,2004,59(2):230-238.
- [14] 范锦龙,张艳,李贵才. 北方农牧交错带中部区域气候变化特征[J]. 气候变化研究进展,2007,3(2):91-94.
- [15] 董满宇,江源,任斐鹏,等. 近 50 a 来北方农牧交错带气温变化趋势及突变分析[J]. 中国沙漠,2010,30(4):926-932.
- [16] 闫冠华,李巧萍,吕冬红. 中国北方农牧交错带气候变化特征及未来趋势[J]. 南京气象学院学报,2008,31(5):671-678.
- [17] 王静爱. 中国北方农牧交错带土地利用与人口负荷研究[J]. 资源科学,1999,21(5):19-24.
- [18] 陈云浩,苏伟,武永峰,等. 中国北方农牧交错带土地利用格局演变与模拟[J]. 中国科学: E 辑,2006,36(S):124-132.
- [19] 刘军会,高吉喜. 气候和土地利用变化对中国北方农牧交错带植被覆盖变化的影响[J]. 应用生态学报,2008,19(9):2016-2022.
- [20] 鞠笑生,杨贤为,陈丽娟,等. 我国单站旱涝指标确定和区域旱涝级别划分的研究[J]. 应用气象学报,1997,8(1):26-33.
- [21] 毕彩霞,穆兴民,赵广举,等. 1960—2010 年渭河流域旱涝时空分布特征[J]. 水土保持通报,2013,33(2):281-290.
- [22] 张存杰,王宝灵,刘德祥,等. 西北地区旱涝指标的研究[J]. 高原气象,1998,17(4):381-389.
- [23] 谭桂容,孙照渤,陈海山. 旱涝指数的研究[J]. 南京气象学院学报,2002,25(2):153-158.