

doi: 10.7621/cjarrp.1005-9121.20181217

· 区域农业 ·

1960—2015年呼伦贝尔草原气温和降水格局变化特征^{*}

张 刽^{1,2}, 陈宝瑞¹, 辛晓平^{1*}

(1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北京 100081; 2. 中国科学院西北生态环境资源研究院, 甘肃兰州 730000)

摘要 [目的] 利用1960—2015年呼伦贝尔草原区逐日气象数据, 分析了该地区这56年来气温和降水的分布与变化规律。[方法] 文章采用Mann-Kendall非参数趋势检验和Sen's斜率估计分析了温度、降水变化的趋势和变化速度。[结果] (1) 呼伦贝尔草原区过去56年中气温呈现出极显著波动增加的趋势, 其中第二季度增温的趋势最明显, 年均温增加中值0.05℃。海拉尔区增温速度为草原区最快, 年增加中值0.04℃。(2) 呼伦贝尔草原区这56年中降水呈现出不显著的波动下降趋势, 年降水减少中值0.41mm。其中第三季度降水量显著减少, 年降水减少中值0.92mm, 第一、四季度降水量显著增加, 年降水增加中值0.07~0.23mm。第二季度变化较小。满洲里市降水量极显著下降, 下降速度为草原区最高, 年降水减少中值1.25mm。(3) 1~5mm降水次数和总降水贡献呈显著增加趋势, 年增加中值0.102%, 5~30mm降水次数和降水贡献呈现减少趋势, 单次降水30mm以上频率很低。(4) 历时1~2d的降水是研究区最主要的连续降水类型, 独立单日降水呈现不显著增加趋势, 2~3d连续降水呈现不显著减少趋势, 连续4d和4d以上降水事件较为罕见。[结论] 呼伦贝尔草原区过去56年整体看呈现出暖干化的趋势, 年内尺度看降水呈现均匀化趋势, 第三季度减少, 第一、四季度增加。降水格局表现为分散化趋势, 极端降水事件减少, 小雨增加; 连续降水减少, 单日独立降水增加。

关键词 呼伦贝尔 气温变化 降水格局 Mann-Kendall 趋势分析 Sen's 斜率估计

中图分类号:S812,P467 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9121[2018]12121-08

0 引言

气候变化作为人类面临的重要问题受到各国政府、社会和科学界的广泛关注。相关研究表明: 从1951—2000年全球温度升高0.49~0.89℃, 其中1983—2012年这30年是过去800年中全球最热的30年^[1]。全球气候变化对不同地区产生的影响并不一致, 对于中国北方的增温趋势更为明显^[2], 整个内蒙古地区在过去53年中表现出气温升高, 降水波动, 部分区域减少的变化趋势^[3,4], 我国东北地区近50年均温升高1.5℃, 冬春两季温度升高更显著^[5], 东北地区整体降水总量没有显著变化, 但是出现极端化, 不均衡化发展趋势^[6]。呼伦贝尔草原区位于内蒙古草原的最东端, 同时受到北冰洋的高气压带和日本海低气压带影响, 当地以放牧、刈割为主要利用方式的草原生态系统对气候变化非常敏感。科学评估长时间序列草原区气候变化趋势和规律, 为提出草原生态保护与恢复的合理建议, 保障区域生态安全和预测未来气候变化提供重要的科学参考和决策支持。

收稿日期: 2017-10-10

作者简介: 张刹(1985—), 男, 河北唐山人, 博士。研究方向: 草地生态系统监测与管理

*通讯作者: 辛晓平(1970—), 女, 甘肃天水人, 研究员, 博士生导师。研究方向: 草地管理和草地生态遥感研究。Email: xinxiaoping@caas.cn

*资助项目: 国家自然科学基金“温性草甸草原根系碳储量及碳素转化对放牧强度的响应”(41471093); 公益性行业(农业)科研专项“半干旱牧区天然打草场培育及利用技术研究与示范”(201303060); 国家重点研发计划“北方草甸退化草地治理技术与示范”(2016YFC0500608)资助

1 资料选取与方法介绍

呼伦贝尔草原区位于内蒙古高原东北部的海拉尔盆地及其周边地区。该区地处温带—寒温带气候区，年均温 $-2.6 \sim 1.8^{\circ}\text{C}$ ；属于干旱—半干旱气候，年降水量 $150 \sim 540\text{mm}$ 。全年无霜期 $80 \sim 110\text{d}$ 。地表植被以草原植被为主，自西向东分布着荒漠化草原、典型草原、温性草甸草原、稀树草原等多种草原类型。研究区内有 5 个国家基本气象台站（50425 额尔古纳市、50514 满洲里市、50527 海拉尔区、50603 新巴尔虎右旗、50618 新巴尔虎左旗）分别处于不同草原类型区。气象资料来源为中国气象科学数据共享网（<http://data.cma.cn/>）提供的中国地面气候资料日值数据集（V3.0）中这 5 个基准站 1960—2015 年逐日气温降水数据。首先对数据进行质量控制，检查数据中是否有错误值、缺失值、微量值和极大极小值，错误值和缺失值通过按缺测处理，微量值作为 0 处理，极大极小值和周边站点相同时间对比，如果数据合理则保留，如果数据不合理则删除按照缺测处理^[7]。然后采用标准正态检验对气象数据进行均一性检验，确认了气象数据的准确性和可靠性^[8]。

文章采用世界气象组织（World Meteorological Organization, WMO）推荐的 Mann-Kendall 非参数趋势检验来判断研究区 56 年来气温和降水的变化趋势，用 Sen's 斜率估计来反映气温和降水在 56 年中的变化速度。Mann-Kendall 趋势检验属于非参数检验，最大优点是样本不需要符合一定的分布，也不受极大极小值影响，非常适合类型变量和顺序变量趋势分析。Mann-Kendall 非参数趋势检验的统计量 Z 为正值代表被检验数据序列呈现增加趋势，负值代表被检验数据序列呈现减少趋势^[9]。Z 的绝对值在大于等于 1.28、1.64、2.32 时表示分别通过了信度 90%、95%、99% 显著性检验^[10]。Sen's 斜率估计计算的是序列数据斜率的中值，可以很直观的反应序列数据的增减速度，而且不受数据分布和异常值的干扰。Sen's 斜率估计的统计量 β 大于 0 的时候代表被检验数据序列呈现增加趋势，负值代表被检验数据序列呈现减少趋势^[11]。Sen's 斜率估计不能判断趋势显著性，因此一般 Sen's 斜率估计和 Mann-Kendall 趋势检验组合使用。

根据不同日降水量进行单日降水格局分析，根据连续降水事件持续时间出现次数进行全年降水格局分析。依据 WMO 的定义：日降水量 $\geq 1.0\text{mm}$ 视为有雨日，日降水量 $< 1.0\text{mm}$ 视为无雨日。连续降水日最长时间单位为 1d。雨量分级根据呼伦贝尔地区历年降水特征区分为 $1 \sim 5\text{mm}$, $5 \sim 10\text{mm}$, $10 \sim 20\text{mm}$, $20 \sim 30\text{mm}$, $30 \sim 40\text{mm}$, $40 \sim 50\text{mm}$, 50mm 以上共计 7 级。连续降水根据呼伦贝尔地区历年降水特征区分为 $1 \sim 8\text{d}$, 8 个不同连续降水级别。

2 结果与分析

2.1 气温变化趋势和变化速度

1960—2015 年呼伦贝尔草原区年均温在波动中增加（图 1），根据 Mann-Kendall 趋势检验结果整个草原区呈现极显著的增长趋势，年均温增加中值为 $0.04^{\circ}\text{C}/\text{年}$ ，其中海拉尔区的气温增加速度最大，年均温增加中值达到 $0.04^{\circ}\text{C}/\text{年}$ （表 1）。从季节尺度看，第二季度均温增加速度最大，年均温增加中值达到 $0.05^{\circ}\text{C}/\text{年}$ 。综合看位呼伦贝尔草原区的东部和南部（新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗和海拉尔区）第一、二季度增温较多。草原区的西部和北部（满洲里市和额尔古纳市），第二、三季度增温较多，第一季度气温并没有显著增长趋势。第二季度增温较快的结论与赵秀兰^[12]对过去 50 年东北地区北部增温规律分析相一致。

根据 Mann-Kendall 突变检测结果 $UF(k)$ 代表气温变化趋势， $UB(k)$ 代表气温反序列变化趋势， $UF(k)$ 和 $UB(k)$ 交叉点为气温变化突变点（图 2）呼伦贝尔草原区在 1965—1975, 1977—1982, 1984—1986 年间呈现轻微下降趋势，其他时间均呈现增加趋势。气温变化的突变点出现在 1987 年，从

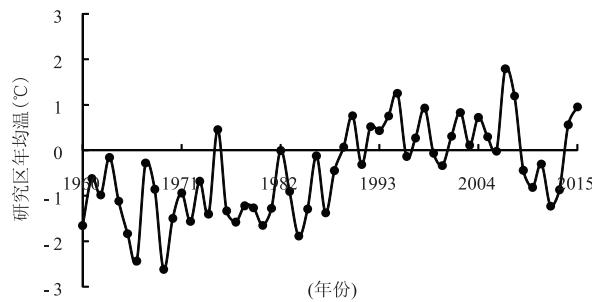


图 1 1960—2015 年呼伦贝尔草原区年均温

表1 呼伦贝尔草原区年均温变化趋势检验

气象站	统计指标	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	年际
50618	Z	2.23 **	4.57 ***	4.81 ***	3.06 ***	4.62 ***
	β (°C/年)	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04
50603	Z	2.01 **	4.93 ***	4.63 ***	2.47 ***	4.67 ***
	β (°C/年)	0.05	0.04	0.03	0.04	0.04
50527	Z	2.33 ***	4.95 ***	4.93 ***	2.70 ***	4.24 ***
	β (°C/年)	0.05	0.05	0.03	0.04	0.04
50514	Z	1.05	4.47 ***	4.36 ***	1.62 *	3.75 ***
	β (°C/年)	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03
50425	Z	0.47	6.01 ***	6.28 ***	1.81 **	4.45 ***
	β (°C/年)	0.01	0.07	0.05	0.02	0.04
整体研究区	Z	1.62 *	4.99 ***	5.00 ***	2.33 ***	4.43 ***
	β (°C/年)	0.04	0.05	0.04	0.03	0.04

注: *代表90%信度显著性, **代表95%信度显著性, ***代表99%信度显著性

1987年之后气温增加趋势不断增强, 到1992年呈现显著增加趋势, 到1994年呈现极显著增加趋势。这一结论与王劲松等^[13]对过去100年亚洲干旱区第三次增温高峰在20世纪90年代出现的观点相符合。与翟献帅等^[14]对1981—2010年东北三省的分析稍有不同, 东北三省在2000年之后升温速度变缓, 而呼伦贝尔草原区依然呈现显著增温趋势。

2.2 降水变化趋势和变化速度

1960—2015年呼伦贝尔草原区年降水呈波动变化(图3)。根据Mann-Kendall趋势检验结果整个草原区呈现不显著的减少趋势, 年降水减少中值0.41mm, 其中满洲里市降水呈现显著的下降趋势, 年降水减少中值1.04mm(表2)。从季节尺度看, 第一、四季度降水呈现显著的增加趋势, 年增加降水中值分别为0.07mm和0.23mm, 第三季度降水呈现显著的下降趋势, 第三季度年降水减少中值0.92mm, 第二季度变化并不显著。综合分析呼伦贝尔草原区东部和南部(新巴尔虎左旗、新巴尔虎右旗和海拉尔)第一、四季度降水显著增加, 第三季度降水显著减少。西部和北部(满洲里和额尔古纳)第四季度降水显著增加, 第三季度降水显著减少。整体草原区分析年降水量变化并不显著。这一结论与兰玉坤^[15]和钱正安^[16]等对内蒙古降水变化趋势分析和降水分布细节有共同之处。

根据Mann-Kendall突变检测结果UF(k)代表降水变化趋势, UB(k)代表降水反序列变化趋势, UF(k)和UB(k)交叉点为降水变化突变点(图4)呼伦贝尔草原区在1977—1980, 1983—2003年间呈现上升趋势, 其他时间均呈现下降趋势。降水变化在1963年、1973年、1999年、2013年、2014年均出现突变点。除1966年、1969年和1972年降水下降趋势显著以外, 其他年份降水变化均不显著。

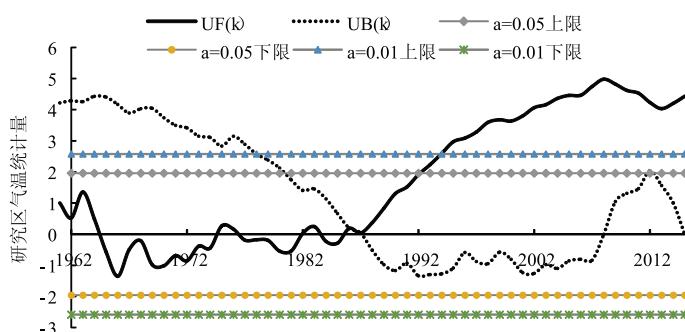


图2 1960—2015年呼伦贝尔草原区年均温Mann-Kendall突变分析

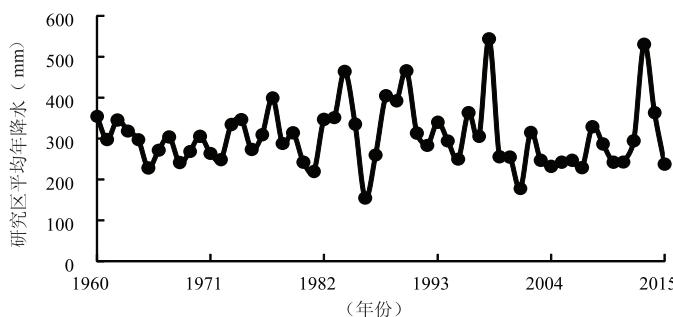


图3 1960—2015年呼伦贝尔草原区平均年降水
显著增加, 第三季度降水显著减少。西部和北部(满洲里和额尔古纳)第四季度降水显著增加, 第三季度降水显著减少。整体草原区分析年降水量变化并不显著。这一结论与兰玉坤^[15]和钱正安^[16]等对内蒙古降水变化趋势分析和降水分布细节有共同之处。

表 2 呼伦贝尔草原区年降水量变化趋势检验

气象站	统计指标	第一季度	第二季度	第三季度	第四季度	年际
50618	Z	3.18 ***	0.50	-1.89 **	4.03 ***	0.08
	β (mm/年)	0.12	0.14	-0.75	0.33	0.03
50603	Z	1.94 **	0.54	-2.20 **	4.24 ***	-1.00
	β (mm/年)	0.05	0.15	-1.17	0.23	-0.81
50527	Z	2.51 ***	0.86	-1.36 *	3.63 ***	0.06
	β (mm/年)	0.13	0.27	-0.65	0.35	0.04
50514	Z	0.36	-0.04	-2.11 **	2.16 **	-1.79 **
	β (mm/年)	0.01	-0.01	-1.25	0.08	-1.04
50425	Z	1.24	1.09	-1.28 *	2.26 **	-0.36
	β (mm/年)	0.06	0.35	-0.79	0.18	-0.26
整体研究区	Z	1.85 **	0.59	-1.77 **	3.26 ***	-0.95
	β (mm/年)	0.07	0.18	-0.92	0.23	-0.41

注: * 代表 90% 信度显著性, ** 代表 95% 信度显著性, *** 代表 99% 信度显著性

2.3 降水量级分布格局与变化趋势和变化速度

分析各降水量级出现频率和降水贡献率图 5 可以看出呼伦贝尔草原区 1~5mm 降水频率占全年降水事件的 60% 以上, 5~10mm, 10~20mm 降水频率次之分别为 19%, 14%, 20mm 以上降水事件出现频率很低。然而, 降水贡献率最高的却是 10~20mm 降水, 贡献全部降水的 28%, 1~5mm, 5~10mm 降水次之, 分别贡献 23%, 21%。

从各降水量级出现频率变化趋势检验表 3 中可以看出: 呼伦贝尔草原区在研究的 56 年中, 1~5mm 降水频率较显著增加, 年增加中值 0.102%, 其中南部地区(新巴尔虎左旗和新巴尔虎右旗) 1~5mm 降水频率显著或极显著增加, 新巴尔虎右旗 1~5mm 降水频率年增加中值 0.260%; 5~30mm 降水频率出现趋势不显著的减少趋势, 其中新巴尔虎左旗 20~30mm 降水频率呈现极显著的降低, 新巴尔虎右旗 5~10mm 降水频率显著减少。综合看呼伦贝尔草原区除北部额尔古纳以外, 中南部均表现出 1~5mm 降水频率显著或不显著增加。

从各降水量级降水贡献率变化趋势检验表 4 中可以看出: 呼伦贝尔草原区在研究的 56 年中, 1~5mm 降水贡献率较显著增加, 年增加中值 0.092%, 其中南部地区(新巴尔虎左旗和新巴尔虎右旗) 1~5mm 降水贡献率显著或极显著增加, 新巴尔虎右旗 1~5mm 降水贡献率年增加中值 0.225%; 5~30mm 降水贡献率出现趋势不显著的增减波动, 其中新巴尔虎左旗 10~30mm 降水贡献率呈现显著或极显著的降低, 而海拉尔区则表现出 10~20mm 降水贡献率显著增加。综合看呼伦贝尔草原区除东部海拉尔区外, 其余中部西部均表现出大中型降水贡献率波动或减少; 除

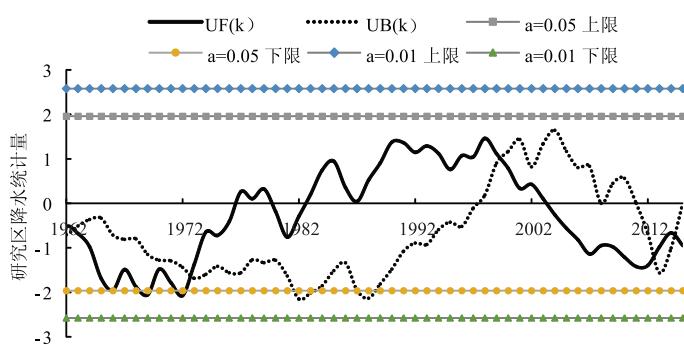


图 4 1962—2012 年呼伦贝尔草原区
平均年降水 Mann-Kendall 突变分析

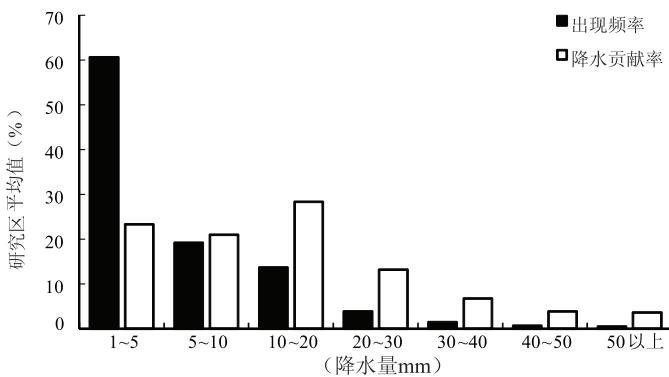


图 5 呼伦贝尔草原区各降水量级出现频率和降水贡献率

北部额尔古纳以外,中南部均表现出1~5mm降水贡献率显著或极显著增加。呼伦贝尔地区出现的极端降水减少与小型降水增加趋势与全内蒙古1961—2008年极端降水变化规律有相似之处^[17]。

表3 1960—2015年呼伦贝尔草原区各雨量级降水出现频率变化趋势检验

气象站		1~5mm	5~10mm	10~20mm	20~30mm	30~40mm	40~50mm	50mm以上
50618	Z	1.97 **	-0.64	-1.48 *	-2.49 ***	1.07	0.04	0.65
	β (%/年)	0.116	-0.043	-0.062	-0.058	0.000	0.000	0.000
50603	Z	3.22 ***	-2.29 **	-1.00	-1.48 *	-1.11	0.49	-0.68
	β (%/年)	0.260	-0.131	-0.057	-0.008	0.000	0.000	0.000
50527	Z	1.17	-1.45 *	0.76	-1.44 *	-1.17	-0.42	1.11
	β (%/年)	0.070	-0.077	0.023	-0.033	0.000	0.000	0.000
50514	Z	1.03	-0.30	-0.43	-0.13	1.36 *	-0.36	-1.14
	β (%/年)	0.069	-0.026	-0.024	0.000	0.000	0.000	0.000
50425	Z	-0.06	0.12	-0.08	-0.12	0.42	-0.69	0.27
	β (%/年)	-0.003	0.010	-0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
整体研究区	Z	1.46 *	-0.91	-0.45	-1.13	0.11	-0.19	0.04
	β (%/年)	0.102	-0.054	-0.025	-0.020	0.000	0.000	0.000

注: *代表90%信度显著性, **代表95%信度显著性, ***代表99%信度显著性

表4 1960—2015年呼伦贝尔草原区各雨量级降水贡献率变化趋势检验

气象站		1~5mm	5~10mm	10~20mm	20~30mm	30~40mm	40~50mm	50mm以上
50618	Z	2.01 **	0.06	-1.28 *	-2.44 ***	1.36 *	0.01	0.56
	β (%/年)	0.128	0.005	-0.100	-0.171	0.000	0.000	0.000
50603	Z	3.26 ***	-0.04	0.46	-1.17	-0.88	0.52	-0.57
	β (%/年)	0.225	-0.005	0.040	0.000	0.000	0.000	0.000
50527	Z	1.39 *	-1.06	1.70 **	-1.06	-1.39 **	-0.40	1.19
	β (%/年)	0.054	-0.069	0.105	-0.087	0.000	0.000	0.000
50514	Z	1.02	-0.28	-0.35	0.16	1.32 *	-0.36	-1.16
	β (%/年)	0.052	-0.028	-0.028	0.005	0.000	0.000	0.000
50425	Z	-0.42	-0.02	0.19	-0.07	0.52	-0.42	0.31
	β (%/年)	-0.000	0.010	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000
整体研究区	Z	1.45 *	-0.27	0.14	-0.92	0.19	-0.13	0.07
	β (%/年)	0.092	-0.017	0.006	-0.051	0.000	0.000	0.000

注: *代表90%信度显著性, **代表95%信度显著性, ***代表99%信度显著性

2.4 连续降水分布格局与变化趋势和变化速度

分析各时长降水事件出现频率和降水贡献率图6可以看出呼伦贝尔草原区1d降水出现频率占全年降水事件的67%以上,2~3d降水出现频率次之分别为22%,7%,连续4d或4d以上降水事件出现频率很低。降水贡献率随着降水频率的减少而减少,但1d降水的贡献率仅为39%,2d和3d降水贡献率次之分别为31%,16%。

从各时长降水事件出现频率变化趋势检验

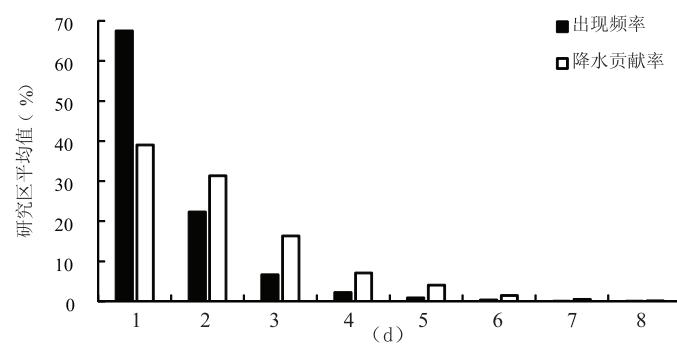


图6 呼伦贝尔草原区各时长降水事件出现频率和降水贡献率

表5中可以看出：呼伦贝尔草原区降水事件时长并没有显著变化，但满洲里市持续3d降水显著减少，单独1d降水显著增加。

表5 呼伦贝尔草原区各时长降水事件出现频率变化趋势检验

d

气象站		1	2	3	4	5	6	7	8
50618	Z	0.16	-0.60	0.31	0.59	-1.07	-0.40	-0.42	-0.20
	β (%/年)	0.006	-0.043	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50603	Z	0.33	0.59	-1.05	0.17	-1.22	0.49	0.01	0.01
	β (%/年)	0.020	0.034	-0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50527	Z	0.85	-0.20	-0.08	-0.47	-0.81	-1.41*	-0.01	0.01
	β (%/年)	0.197	0.002	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50514	Z	1.58*	-0.95	-1.85**	0.23	-1.21	0.03	0.21	0.01
	β (%/年)	0.119	-0.061	-0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50425	Z	0.25	0.45	0.95	0.65	0.19	-1.05	0.38	0.14
	β (%/年)	0.021	0.024	-0.036	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
整体研究区	Z	0.63	-0.14	-0.34	0.24	-0.82	-0.47	0.03	-0.01
	β (%/年)	0.073	-0.009	-0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：*代表90%信度显著性，**代表95%信度显著性

从各时长降水贡献率变化趋势检验表6中可以看出：呼伦贝尔草原区各时长降水贡献率并没有显著变化，但海拉尔区单独1d降水和新巴尔虎右旗持续2d降水的贡献率都有显著增加的趋势。综合降水事件频率和降水贡献率看，呼伦贝尔草原区的降水出现部分地区显著的均匀化趋势，根据张雪艳^[18]、张美杰^[19]对连续降水分布和旱灾综合评价的方法看，未来该区域出现长期干旱的可能性在减少。

表6 呼伦贝尔草原区各时长降水贡献率变化趋势检验

d

气象站		1	2	3	4	5	6	7	8
50618	Z	0.45	0.37	1.02	0.42	-1.15	-0.40	-0.42	-0.20
	β (%/年)	0.058	0.048	0.117	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50603	Z	0.04	1.94**	-0.75	0.11	-1.17	0.47	0.01	0.01
	β (%/年)	0.006	0.248	-0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50527	Z	1.91**	0.07	0.37	-0.17	-0.49	-1.44*	-0.01	0.01
	β (%/年)	0.197	0.002	0.037	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50514	Z	1.01	-0.88	-0.94	0.48	-1.12	0.03	0.23	0.01
	β (%/年)	0.13	-0.086	-0.076	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50425	Z	0.49	-0.04	-1.26	0.64	0.37	-1.06	0.38	0.14
	β (%/年)	0.056	-0.005	-0.109	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
整体研究区	Z	0.78	0.29	-0.31	0.30	-0.71	-0.48	0.04	-0.01
	β (%/年)	0.090	0.042	-0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

注：*代表90%信度显著性，**代表95%信度显著性

3 结论

(1) 呼伦贝尔草原区在研究的56年中气温呈现出极显著波动增加的趋势，年均温增加中值0.04℃。第一季度表现为显著增加，其他3个季度气温均表现为极显著增加。第二季度增温速度最大，年均温增加中值0.05℃。海拉尔区增温速度为草原区最快达到年均温增加中值0.04℃。

(2) 呼伦贝尔草原区在研究的56年中降水呈现出不显著的波动下降趋势，年降水中值减少0.41mm。

其中第三季度降水量显著下降, 年降水减少中值0.92mm; 第一、四季度降水量显著增加, 年降水增加中值0.07~0.23mm; 第二季度变化较小。满洲里市降水量极显著下降, 下降速度为草原区最高达到年降水减少中值1.25mm。

(3) 呼伦贝尔草原区过去56年1~5mm降水次数和总降水贡献率呈显著增加趋势, 年增加中值0.102%; 5~30mm降水次数呈现减少趋势, 年减少中值0.020%~0.054%; 5~10mm和20~30mm降水贡献率呈现减少趋势, 年减少中值0.02%~0.05%; 30mm以上降水出现频率很低。

(4) 呼伦贝尔草原区过去56年历时1~3d的降水是主要的连续降水类型。单日降水频率呈不显著增加趋势, 年频率增加中值0.07%, 历时2~3d连续降水频率呈不显著减少趋势, 年频率减少中值0.009%~0.015%。历时1~2d降水贡献率呈不显著增加趋势, 年贡献率增加中值0.04%~0.09%, 3d连续降水呈减少趋势, 年贡献率减少中值0.007%。

(5) 呼伦贝尔草原区过去56年整体表现出暖干化的趋势, 年内尺度降水表现为均匀化趋势, 第三季度减少, 第一、四季度增加。降水格局表现为分散化的趋势, 极端降水事件减少, 小雨增加; 连续降水减少, 单日独立降水增加。

暖干化的趋势与全球气候变暖对北方草原整体的影响相一致, 这使得未来呼伦贝尔草原区草地生产力面临严重的考验。降水分散化和均匀化趋势则对草地生态系统的物质积累和能量流动产生根本性影响, 传统的优势物种和建群物种, 在气候变化的格局下生产力和竞争力会具有很强的不确定性, 群落结构和生态系统稳定性都有待更细致的研究与分析。希望该文基于1960—2015年的呼伦贝尔草原区气象数据进行统计与分析得出的气候变化规律与结果能对未来分析呼伦贝尔草原对气候变化的响应起到参考和铺垫作用。

参考文献

- [1] WORKING GROUP I CONTRIBUTION TO THE IPCC FIFTH ASSESSMENT REPORTCLIMATE CHANGE 2013: THE PHYSICAL SCIENCE BASIS.
- [2] 王志伟, 翟盘茂, 张洪涛. 1950—2000年中国北方干旱气候变化. 地理学报, 2003, 13 (4): 480~487.
- [3] 包刚, 吴琼, 阿拉腾图雅, 等. 近30年内蒙古气温和降水量变化分析. 内蒙古师范大学学报, 2012, 41 (6): 668~674.
- [4] 徐慧, 陈鸣, 黄进. 内蒙古地区近53a降水格局的时空变化特征. 人民黄河, 2015, 37 (10): 35~38.
- [5] 付长超, 刘吉平, 刘志明. 近60年东北地区气候变化时空分异规律的研究. 干旱区资源与环境, 2009, 23 (12): 60~65.
- [6] 高西宁, 王耸, 郝志新, 等. 东北地区近50年降水量变化特征的分区. 沈阳农业大学学报, 2015, 46 (3): 270~276.
- [7] 陈昌春, 张余庆, 王腊春. 基于RClimDex模型的江西省极端降水时空变化研究. 中国农村水利水电, 2013 (11): 41~45.
- [8] 李庆祥, 彭嘉栋, 沈艳. 1900—2009年中国均一化逐月降水数据集研制. 地理学报, 2012, 67 (3): 301~311.
- [9] 曹洁萍, 迟道才, 武立强, 等. Mann-Kendall检验方法在降水趋势分析中的应用研究. 农业科技与装备, 2008, 5: 35~40.
- [10] 孙翠凤, 窦坤, 吴雷柱, 等. 鲁西南近50年降水量和雨日雨强变化趋势. 农业资源与农业区划, 2014, 35 (2): 29~34.
- [11] 汪攀, 刘毅敏. Sen's斜率估计与Mann-Kendall法在设备运行趋势分析中的应用. 武汉科技大学学报, 2014, 37 (6): 454~457.
- [12] 赵秀兰. 近50年中国东北地区气候变化对农业的影响. 东北农业大学学报, 2010, 41 (9): 144~149.
- [13] 王劲松, 陈发虎, 张强, 等. 亚洲中部干旱半干旱区近100年来的气温变化研究. 高原气象, 2008, 27 (5): 1035~1045.
- [14] 翟献帅, 苏筠, 方修琦. 东北地区近30年来温度变化的时空差异. 中国农业资源与区划, 2017, 32 (2): 20~27.
- [15] 兰玉坤. 内蒙古地区近50年气候变化特征研究. 北京: 中国农业科学院, 2007, 1~37.
- [16] 钱正安, 宋敏红, 李万源, 等. 全球、中蒙干旱区及其部分地区降水分布细节. 高原气象, 2011, 30 (1): 1~12.
- [17] 尤莉, 戴新刚, 张宇. 1961—2008年内蒙古降水极端事件分析. 气候变化研究进展, 2010, 6 (6): 411~416.
- [18] 张雪艳, 胡石锋, 庄大方, 等. 蒙古高原NDVI的空间格局及空间分异. 地理研究, 2009, 28 (1): 10~18.
- [19] 张美杰. 基于GIS的内蒙古旱灾综合评价与分区研究. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2012.

VARIATIONS OF TEMPERATURE AND PRECIPITATION PATTERN IN HULUNBER GRASSLAND FROM 1960 TO 2015 *

Zhang Zhao^{1,2}, Chen Baorui¹, Xin Xiaoping^{1*}

(1. Institute of Agriculture Resources and Regional Planning, China Academy of Agricultural Sciences. Beijing 100081, China;

2. Northwest Institute of Eco-environment and Resources, Chinese Academy of Science. Lanzhou, Gansu 730000, China)

Abstract By using daily meteorological data of Hulunber grassland from 1960 to 2015, this study analyzed the characteristics of spatial and temporal distribution and variation of temperature and precipitation pattern in 56 years. Mann-Kendall non-parametric test and Sen's non-parametric estimation were applied to analyze temperature and precipitation variation trend and rate. The results show that (1) Temperature increase significantly in Hulunber grassland in the past 56 years, quarter 2nd has the most significance with annual increase of 0.05°C, Hailar district has the most increase speed with annual increase of 0.04°C. (2) Precipitation reduction is not significant, however, quarter 3rd shows significant reducing with annual decrease of 0.92mm and quarter 1st and 4th shows significant growing with annual increase of 0.07 ~ 0.23mm. Precipitation reduction is very significant in Manchuria and it has the most reducing speed with annual decrease of 1.25mm in Hulunber. (3) 1 ~ 5mm precipitation frequency and precipitation contribution show significant increase trend, with annual increase of 0.102%, 5 ~ 30mm precipitation frequency and precipitation contribution show some reducing trend with no significance. Only few days have precipitation over 30mm in Hulunber grassland. (4) Precipitation lasting 1 ~ 2 day is the main raining type, 1 day precipitation shows growth trend and 2 ~ 3 day precipitation shows reduce trend. Precipitation lasting or over 4 days are very rare in Hulunber grassland. In the past 56 years, Hulunber grassland has showed warming and drying trend, in quarter scale precipitation has tended to homogenization-Quarter 3rd precipitation has reduced and quarter 1st and 4th precipitation has increased. Precipitation tend to decentralization-extreme rain invents reduces and small rainfall increase, long-term rain invents reduces and one-day rainfall increase.

Keywords Hulunber; temperature variation; precipitation pattern; Mann-Kendall non-parametric test; Sen's non-parametric estimation

欢迎订阅《农业科研经济管理》杂志

《农业科研经济管理》(季刊)是一本以农业科研单位、农业院校、农业政策、咨询部门的管理、科研、开发等人员为主要读者对象的综合性专业刊物。

本刊坚持以马列主义、毛泽东思想和邓小平理论为指导,以宣传、交流科技体制改革,特别是农业科研经济管理体制及运行机制改革的理论、思路、措施、方法与经验为重点,着重刊登农业科研经济管理理论的最新研究成果,报导农业科研经济管理建设的实践与经验。

《农业科研经济管理》杂志为国内外公开发行的刊物,大16开本,48页。每册定价15.0元,全年每套60元。

地址:北京市海淀区中关村南大街12号中国农科院资源所区划楼318

邮编:100081

订阅款只接受银行汇款

开户行:农行北京北下关支行 行号:103100005063 账号:11050601040011896

单位名称:中国农业科学院农业资源与农业区划研究所

请在附言中标注“订刊款+单位名称”

汇款后请尽快与编辑部联系登记发票抬头、纳税人识别号、发票邮寄等信息。

联系电话:010-82108697,陈老师 传真:(010) 82108697

Email: kygljb@caas.cn 邮发代号:80-301 投稿网址:www.cjarrp.com