

Analysis of Drought Characteristic in Sunit Prairie Based on Precipitation Anomaly Percentage during 2000-2015

Xiaodong Sun¹, Guixiang Liu^{2*}, Yuhai Bao³, Xiaode Zhang²

¹College of Geographical Science, Inner Mongolia Normal University, Hohhot, 010022, China

²Institute of Grassland Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot, 010010, China

³Inner Mongolia Key Laboratory of Remote Sensing and Geographic Information System, Inner Mongolia Normal University, Hohhot, 010022, China

基于降水距平百分率的 2000-2015 年苏尼特草原 干旱特征分析

孙晓东¹, 刘桂香^{2*}, 包玉海³, 张晓德²

¹内蒙古师范大学 地理科学学院, 呼和浩特 010022, 中国

²中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010, 中国

³内蒙古师范大学 内蒙古自治区遥感与地理信息系统重点实验室, 呼和浩特 010022, 中国

Abstract

According to the monthly precipitation data collected from three meteorological stations in Xilingol League from 2000 to 2015, annual and seasonal drought features in Sunit prairie for 16 years were detailed analysis by using precipitation anomaly percentage from the drought frequency and the changing trends of drought. The results show that the frequency of annual precipitation had increased ten times in Sunit prairie from 2000 to 2015, the precipitation tendency was 6077/10a; Precipitation showed a significantly decreasing trends in spring, summer and winter, and the increasing trend of precipitation in autumn; For annual and seasonal scale, the frequency of light drought was higher.

Keywords: Sunit Prairie; Drought; Precipitation anomaly percentage

*通讯作者: 刘桂香, Email: liugx804@163.com.

摘要

利用 2000-2015 年锡林郭勒盟 3 个气象站点逐月降水量资料, 采用降水距平百分率, 从干旱频率和干旱变化趋势率两个方面对 16 年间苏尼特草原年际和季节干旱特征进行详细分析。研究结果表明: 2000-2015 年苏尼特草原逐年降水量有增加趋势, 苏尼特草原降水量变化倾向率为 6.77/10a; 春季、夏季和冬季降水量为降低趋势, 秋季降水量为增加趋势; 年际和季节尺度轻旱频率均较高。

关键词: 苏尼特草原、干旱、降水距平百分率

1. 引言

随着全球气温的不断上升和中国地区暖冬年份的连续出现, 中国北方地区呈现干旱化趋势日益显著[1-3]。干旱是指在一定区域的较短时期内, 因降水明显少于正常状态而导致水资源减少、影响植物正常生长的一种自然现象[4]。干旱是对生产、生活、生态影响最严重的自然灾害之一[5]。据 Obasi 统计, 在各类自然灾害造成的总损失中, 气象灾害引起的损失约占

85%，而干旱又占气象灾害损失的 50%左右[6]。每年因干旱造成的全球经济损失高达 60-80 亿美元，干旱灾害远远超过其他气象灾害[7-8]。锡林郭勒盟是我国最典型的草原分布区，这一地区是全球变化响应的敏感带，受干旱影响比较大[9]。苏尼特草原是锡林郭勒草原的一部分，是荒漠草原的代表性区域，是典型草原向荒漠化草原过度的草原生态系统。由于苏尼特草原属于大陆性气候区，降水少且分布不均，蒸发量大等气候特点，决定苏尼特草原极易形成干旱灾害。目前，干旱灾害监测指标主要基于气象数据和遥感数据，干旱灾害监测指标主要分两大类：传统干旱灾害监测指标和遥感干旱灾害监测指数[10]。传统干旱灾害监测[11-13]指标有距平百分率（Percent of Normal）、帕默尔指数（Palmer Drought Severity Index, PDSI）、标准降水指数[14]（Standardized Precipitation Index, SPI）、作物湿度指数（Crop Moisture Index, CMI）等[15]。遥感干旱灾害监测指数有基于可见光/近红外数据的植被状态指数（Vegetation Condition Index, VCI）、基于热红外数据的温度状态指数（Temperature Condition Index, TCI）、热惯量指数等[15-16]。本文选用传统干旱灾害监测指标，即降水距平百分率方法，从不同时间尺度对苏尼特草原进行干旱研究，为草原的保护、开发利用和建设、畜牧业生产的大力发展，乃至社会发展、环境保护提供科学依据。

2. 研究区概况

苏尼特草原位于北纬 41°55′~45°15′，东经 111°08′~115°12′，地处内蒙古自治区中部，锡林郭勒盟西部，北与蒙古人民共和国接壤，南与正镶白旗、正蓝旗、乌兰察布市察右后旗、商都县交界，西邻乌兰察布市四子王旗，东接阿巴嘎旗。其国境线长达 400 多千米，面积达 6 万多平方千米。苏尼特草原涵盖三个旗县市（区），分别是苏尼特左旗、苏尼特右旗和二连浩特市[17]。苏尼特草原是温带大陆性气候，其气候多受蒙古高压的影响。该研究区域主要的气候特点是风大、干旱和寒冷。年均气温 3-5℃；降水量多集中在 6-9 月，年降水量在 150-200 mm；年蒸发量远超过降水量，可达 15-20 倍以上；风速超过 4 m/s，湿润度为

0.13-0.3。其草地植被类型主要是荒漠草原，该草原的建群种是由旱生多年生丛生小禾草为主，并有一定数量旱生、强旱生小半灌木、灌木参与组成的草地类型。

3. 数据与方法

3.1. 数据来源

本文选取锡林浩特盟 3 个气象观测站点（二连浩特市、苏尼特左旗、苏尼特右旗）2000-2015 年逐月降水量资料，采用降水距平百分率方法，分别计算降水年际和季节[18]（每年阳历 3~5 月为春季、6~8 月为夏季、9~11 月为秋季、12~次年 2 月为冬季）变化，采用降水距平百分率干旱等级评价指标，分析了不同等级干旱特征。

3.2. 研究方法

3.2.1. 降水距平百分率

降水距平百分率是干旱灾害常用的指标之一，降水指标能够反映干旱的发生程度，它是指某时段的降水量与常年同期降水量相比的百分率，是表征某段降水量较常年值偏多或偏少的程度，能够直观反映降水异常引起的干旱[19-21]。计算公式如下：

$$P_a = \frac{P - \bar{P}}{\bar{P}} \times 100\% \quad , \quad \bar{P} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i$$

式中：P_a为降水距平百分率，%；P为计算时段内降水量，mm； \bar{P} 为多年同期平均降水量；P_i为某时段的降水量，mm；n为年数；i=1,2, ..., n。

3.2.2. 干旱等级标准

本文采用国家气象干旱等级标准，干旱程度等级划分为 5 级，分别是无旱、轻旱、中旱、重旱和特旱（见表 1）。

4. 降水特征分析

4.1. 年际变化特征

利用 2000-2015 年苏尼特草原（二连浩特市、苏尼特左旗、苏尼特右旗）逐月降水资料，统

计得出年际降水变化情况, 由图 1 可以看出, 2003 年降水量最大 (230.77 mm); 2005 年降水量最小 (78.70 mm); 降水年际变化明显, 平均变化幅度为 150.41 mm, 其中 2011~2012

年间变化幅度最大 (101.67 mm), 2006~2007 年间变化幅度最小 (2.20 mm)。该研究区域降水量变化倾向率为 6.77/10a, 说明该研究区域在 2000-2015 年间降水量有增加趋势。

表 1. 降水量距平百分率气象干旱等级划分表

等级	类型	降水距平百分率/%	
		年尺度	季尺度
1	无旱	-15<Pa	-25< Pa
2	轻旱	-30< Pa≤-15	-50< Pa≤-25
3	中旱	-40< Pa≤-30	-70< Pa≤-50
4	重旱	-45< Pa≤-40	-80< Pa≤-70
5	特旱	Pa≤-45	Pa≤-80

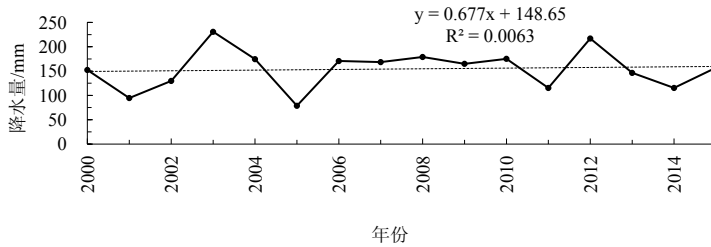


图 1. 2000-2015 年苏尼特草原年降水量变化

4.2. 季节变化特征

利用 2000-2015 年苏尼特草原 (二连浩特市、苏尼特左旗、苏尼特右旗) 逐月降水资料, 统计得出季节降水变化情况, 由图 2 可以看出, 春季降水量变化倾向率为-1.592/10a, 夏季降水量变化倾向率为-9.665/10a, 秋季降水量变化倾向率为 15.733/10a, 冬季降水量变化倾向率为-0.128/10a。综上所述, 在 2000-2015 年间苏尼特草原春季、夏季和冬季降水量为降低趋势, 秋季降水量为增加趋势, 且该区域春季、夏季和冬季都有不同程度的干旱化趋势。

苏尼特草原干旱的总频率为 31.25%, 其中轻旱频率最高, 为 18.75%; 中旱频率和重旱频率均为 6.25%。说明 16 年中有 5 年发生不同等级的干旱, 其中轻旱发生的频率较高, 中旱和重旱发生的频率较低。

5. 研究区干旱特征分析

5.1. 干旱年际变化特征

基于苏尼特草原年尺度 P_a 序列 (图 3) 表明, 2000-2015 年间干旱时有发生, 16 年间共出现了 5 次干旱事件, 平均约 3 年发生一次干旱, 干旱年份有 2001 年、2002 年、2005 年、2011 年和 2014 年, 其中 2002 年、2011 年和 2014 年为轻旱; 2001 年为中旱; 2005 年为重旱。

5.2. 干旱季节变化特征

春季, 基于苏尼特草原季节尺度 P_a 序列 (图 4) 表明, 在 16 年间, 发生春旱年份有 4 年, 分别是 2001 年、2004 年、2006 年和 2013 年。其中 2001 年为中旱; 2013 年为重旱; 其余年份为轻旱。研究表明, 该研究区域平均 4 年发生一次春旱, 春旱发生的年份中, 轻旱发生频率较高, 中旱和重旱发生频率较低。

夏季, 基于苏尼特草原季节尺度 P_a 序列 (图 4) 表明, 在 16 年间, 发生夏旱年份有 6 年, 分别为有 2001 年、2005 年、2010 年、2011 年、2014 年和 2015 年。其中 2005 年为中旱; 其余年份为轻旱。研究表明, 该研究区域夏旱发生的年份中, 轻旱发生频率较高, 为 31.25%。

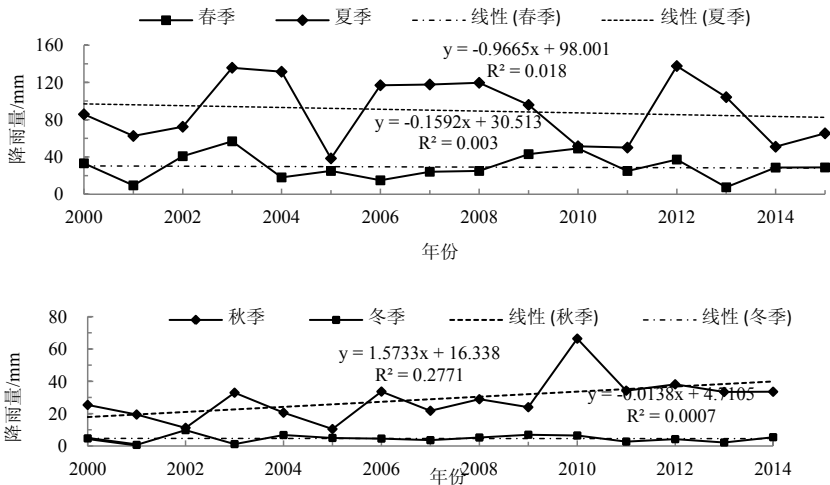


图2. 2000-2015年苏尼特草原季节降水量变化

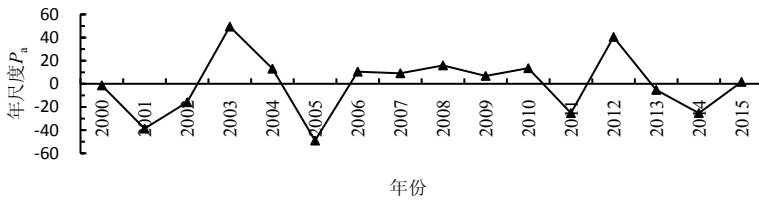


图3. 苏尼特草原年尺度 P_a 序列

秋季, 基于苏尼特草原季节尺度 P_a 序列 (图4) 表明, 在16年间, 发生秋早年份有5年, 分别为2001年、2002年、2004年、2005年和2007年。其中2002年和2005年为中旱; 其余年份为轻旱。研究表明, 该研究区域秋旱发生的年份中, 轻旱发生频率较高, 中旱发生频率较低。

冬季, 基于苏尼特草原季节尺度 P_a 序列 (图4) 表明, 在16年间, 发生冬早年份有4年, 分别为2001年、2003年、2011年和2013年。其中2011年为轻旱; 2013年为中旱; 其余年份为轻旱。研究表明, 该研究区域冬旱发生的年份中, 轻旱发生频率较高。

综合季节干旱出现年份可以看出, 2001年出现了四季连旱; 夏秋连旱出现的年份是2005年。夏季轻旱发生的频率较高; 冬季重旱发生的频率较高。总体来说, 季节干旱尺度

和年尺度对干旱的研究基本一致, 该研究区域均未发生特旱, 且季节尺度干旱的频率和年尺度干旱的频率也基本一致。季节尺度干旱频率略小于年尺度干旱频率, 季节尺度轻旱频率略小于年尺度, 且两种尺度中轻旱频率均最高。

6. 结论

通过分析苏尼特草原2000-2015年际和季节干旱的频率和变化趋势, 得出以下结论:

利用2000-2015年苏尼特草原逐月降水资料, 应用降水距平百分率干旱指标, 对降水量与干旱特征进行年际和季节特征分析, 得出年际降水变化呈增加趋势, 降水量变化趋势率为6.77/10a。季节降水变化中春季、夏季和冬季降水量为降低趋势, 秋季降水量为增加趋势。总体来看, 该研究区域二十世纪以后降水量有

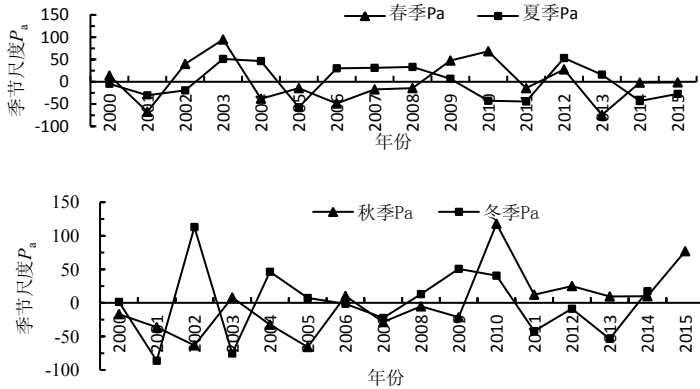


图4. 苏尼特草原季节尺度 Pa 序列

所增加, 干旱化趋势有所减缓。年尺度干旱约 3 年一次, 季节尺度干旱约 3 或 4 年一次, 干旱等级主要为轻旱。

本研究只考虑降水量单一指标对干旱的影响, 无法反应出风速、气温、湿度等因子对形成干旱的作用, 这些不足需要在日后的研究中得到进一步的完善, 为干旱监测和评估工作提供更为客观合理的方法。

Acknowledgements

This study was supported by Chinese Academy of Agricultural Sciences Innovation Project grassland abiotic Disaster Prevention and Mitigation Team (No.CAAS-ASTIP-IGR2015-04), and the Graduate Research Innovation Foundation of Inner Mongolia Normal University (No.CXJJS15098).

Corresponding author: Guixiang Liu, Email: liugx804@163.com.

致谢

本研究得到了中国农业科学院创新工程草原非生物灾害防灾减灾团队 (CAAS-ASTIP-IGR 2015-04), 内蒙古师范大学硕士研究生科研创新基金项目 (CXJJS15098) 的资助。

参考文献

[1] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的 变化. 高原气象, 1999, 18(4):486-495.
 [2] Fu C, Jiang Z, Guan Z, et al. Aridity Trend in

Northern China. Regional Climate Studies, 2008:155-217.
 [3] Ma Z, Fu C. Interannual characteristics of the surface hydrological variables over the arid and semi-arid areas of northern China. Global & Planetary Change, 2003, 37(3):189-200.
 [4] Rulinda C M, Dilo A, Bijker W, et al. Characterising and quantifying vegetative drought in East Africa using fuzzy modelling and NDVI data. Journal of Arid Environments, 2012, 78(3):169-178.
 [5] 吴琼, 赵春雨, 王大钧, 等. 1951-2014 年辽宁省气象干旱时空特征分析. 干旱区资源与环境, 2016(3): 19-22.
 [6] Obasi G O P. WMO's role in the international decade for natural disaster reduction. Bulletin of the American Meteorological Society, 1994, 75(9): 1655-1661.
 [7] Wilhite D A. Drought as a natural hazard : Concepts and definitions. Drought A Global Assessment, 2000, 1:3-18.
 [8] 张巧凤, 刘桂香, 于红博, 等. 基于标准化降水指数的锡林郭勒盟干旱特征分析. 自然灾害学报, 2015(5):119-128.
 [9] 李春兰, 俞立中, 张继权, 等. 基于 SPI 的 1961-2011 年锡林郭勒盟气象干旱时空特征分析. 风险分析和危机反应中的信息技术, 黄崇福, 包玉海, 赵思健编. 巴黎: Atlantis 出版社, pp.501-506, 2014.

- [10] 那音太. 内蒙古干旱遥感监测研究进展. 风险分析和危机反应中的信息技术, 黄崇福, 包玉海, 赵思健编. 巴黎: Atlantis 出版社, pp.690-693, 2014.
- [11] 王玲玲, 张友静, 余远见, 等. 遥感旱情监测方法的比较与分析. 遥感信息, 2010(5):49-53.
- [12] 胡红武, 胡梅, 龙玲, 等. 区域干旱遥感监测研究综述. 安徽农业科学, 2008, 36(33):14817-14819.
- [13] 邹旭恺, 张强, 王有民, 等. 干旱指标研究进展及中美两国国家级干旱监测. 气象, 2005, 31(7):6-9.
- [14] Yi Z, Liu G, Yu F, et al. The Combustible Materials Remote Sensing Ration Calculation and Fire Risk Dynamic. Journal of Risk Analysis and Crisis Response, 2011, 1(1):65-74.
- [15] 卓义. 基于遥感与 GIS 技术的内蒙古东部草原地区干旱灾害监测, 评估研究. 中国农业科学院博士学位论文, 2011.
- [16] 郭虎, 王瑛, 王芳. 旱灾灾情监测中的遥感应用综述. 遥感技术与应用, 2008, 23(1):111-116.
- [17] 李景平. 苏尼特荒漠草原景观动态研究 [D]. 中国农业科学院, 2007.
- [18] 包姝芬, 马志宪, 崔学明. 近 50 年锡林郭勒盟的气候变化特征分析. 内蒙古农业大学学报: 自然科学版, 2011, 32(3):157-160.
- [19] 王富强, 王雷. 基于降水距平百分率的河南省干旱特征分析. 中国农村水利水电, 2014(12):84-88.
- [20] 格桑, 苏雪燕, 普布卓玛. 降水距平百分率在西藏干旱判定中的验证. 西藏科技, 2009(2):60-62.
- [21] 陈少勇, 郭俊瑞, 吴超. 基于降水量距平百分率的中国西南和华南地区的冬旱特征. 自然灾害学报, 2015(01):23-31.