

# 基于近 47 a 扎龙湿地气候变化的 R/S 方法分析

刘艳茹, 孙彦坤

(东北农业大学 资源与环境学院 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:** 运用 R/S(Rescaled Range Analysis)方法, 对扎龙湿地 1959~2005 年近 47 a 的日平均温度、降水累积值及相对湿度等气候指标的年平均、夏季、冬季进行了计算分析。研究表明: 各指标的 Hurst 指数 H 值均大于 0.5, 说明 3 个气候指标存在明显的 Hurst 现象。冬季的气候变化将对未来扎龙湿地气候变化起主要作用。

**关键词:** R/S 分析; 扎龙湿地; 气候变化

**中图分类号:** S 161 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2010)04-0239-04

全球气候变暖已经成为世界各国普遍关注的问题。变暖强度以北半球中高纬度内陆地区表现的最为明显<sup>[1]</sup>。随着 CO<sub>2</sub> 排放量的不断增加, 在未来的一个世纪全球气候还将继续变化<sup>[2]</sup>。扎龙湿地所处的松嫩平原属我国东北高纬度地区, 是 20 世纪 80 年代以来全国气候变暖的明显区域之一<sup>[3]</sup>。

## 1 研究区概况

扎龙湿地位于黑龙江省西部乌裕尔河下游齐齐哈尔与富裕、林甸、杜尔伯特、泰来等县(旗)交界地域, 地理坐标北纬 46°52′~47°32′, 东经 123°47′~124°37′, 面积 2100 hm<sup>2</sup>, 属寒温带大陆性季风气候。扎龙湿地生物多样性丰富, 是我国最大的以鹤类等大型水禽为主的珍稀鸟类和湿地生态类型的国家级自然保护区, 在世界鹤类保护及湿地生态系统保护事业中占有重要位置, 1992 年被列入国际重要湿地名录。扎龙湿地除了具有一般湿地的生态功能外, 对黑龙江省西部荒漠化进程起到了阻滞作用, 对稳定周边生态状况, 促进区域内经济和社会的可持续性发展具有重大的生态价值<sup>[4]</sup>。

试验采用了 R/S 分析方法, 以扎龙湿地为研究对象, 通过对扎龙湿地近 47 a 来的气候变化趋势分析, 探索研究了扎龙湿地气候未来变化趋势, 为进一步探索扎龙湿地可持续发展及为扎龙湿地合理开发规划在气候方面提供依据。

## 2 资料与方法

### 2.1 气候数据选取及处理

研究区域扎龙湿地周边设有齐齐哈尔、富裕、杜蒙、泰来、林甸 5 个基准气象观测站。根据 Karl 等的研究结果<sup>[5]</sup>, 去掉人口超过 50 万城市热岛效应较大的齐齐哈尔站, 所以试验选取富裕、杜蒙、泰来、林甸 4 个基准气象观测站的平均值作为研究区域气候要素值, 时间范围选取在观测记录较完整的 1959~2005 年。将 6~8 月划分为夏季, 12 月至翌年 2 月划分为冬季。

### 2.2 R/S 分析方法

R/S 分析法(Rescaled Range Analysis, 重新标度极差分析法)是赫斯特在大量实证基础上提出的一种时间序列统计方法, 其在分形理论中有着重要作用。后来 Mandelbrot 等又在理论上对该方法进行补充和完善。近年来被引入气象领域。其基本原理和方法为<sup>[68]</sup>: 考虑时间序列  $\zeta(t)$ ,  $t=1, 2, 3, \dots, \tau$ , 定义其均值序列为:

$$\bar{\zeta} = \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} \zeta(t), \tau = 1, 2, \dots, n \tag{1}$$

累积离差

$$X = (t, \tau) = \left( \sum_{\mu=1}^t \zeta(\mu) - \bar{\zeta}, 1 \leq t \leq \tau \right) \tag{2}$$

极差

$$R(\tau) = \max_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau) - \min_{1 \leq t \leq \tau} X(t, \tau), \tau = 1, 2, \dots, n \tag{3}$$

标准差

$$S(t) = \left[ \frac{1}{\tau} \sum_{t=1}^{\tau} (\zeta(t) - \bar{\zeta})^2 \right]^{\frac{1}{2}}, 1 \leq t \leq \tau \tag{4}$$

若比值 R/S 有关系:  $(R/S)_{\tau} \propto \tau^H$ , 其中  $\tau$  为样本值, H 表示 Hurst 指数, 则时间序列  $\zeta(t)$  存在 Hurst 现象。H 值即为双对数坐标系  $(\ln \tau, \ln R/S)$  中用最小二乘

第一作者简介: 刘艳茹(1984), 女, 在读硕士, 主要研究方向为生态学。E-mail: liuyanru\_0626@yahoo.cn。  
通讯作者: 孙彦坤(1966-), 男, 博士, 教授, 现主要从事气象生态的教学与科研工作。E-mail: YK\_Sun@163.com。  
基金项目: 黑龙江省留学归国人员科学技术专项资金资助项目(LC07C34)。  
收稿日期: 2009-11-20

法拟合所得到直线的斜率。对应于不同大小的 Hurst 指数  $H$  ( $0 < H < 1$ ), 存在以下几种情况:

(1)  $H = 0.5$  即各项气候要素完全独立, 相互没有依赖, 气候变化是随机的。

(2)  $0.5 < H < 1$ , 表明时间序列具有持续性。反映在气候要素上, 则表明未来的气候总体变化将与过去的变化趋势一致, 且  $H$  值越接近 1, 持续性就越强。

(3)  $0 < H < 0.5$ , 表明时间序列具有反持续性。即将来的总体趋势与过去相反, 即过去整体增加的趋势预示着未来将整体上减少。  $H$  值越接近 0, 反持续性越强。可以看出, Hurst 指数能很好地揭示出时间序列中的趋势性成分, 并且能由 Hurst 指数值的大小来判断趋势性成分的持续性或反持续性的强弱<sup>[9]</sup>。

### 3 结果与分析

#### 3.1 日平均气温变化分析

3.1.1 日平均气温变化线性趋势分析 47 a 以来扎龙湿地日平均气温上升趋势明显 (图 1), 气候倾向率 ( $^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ) 分别为: 年 0.43, 夏季 0.27, 冬季 0.69。以上数据显示全年及夏冬两季气温均呈上升趋势, 其中冬季增温较

明显, 就气候倾向率而言, 比夏季约高 0.39。其中冬季大于全年, 夏季小于全年, 冬季对增温的贡献率较大。近 47 a 扎龙湿地年平均气温的阶段变化特征较为明显: 20 世纪 60 年代初至 80 年代中期为这 47 a 中的低温期, 20 世纪 80 年代中期开始持续增温, 其中 90 年代以来的增温现象非常显著, 是 1959 年以来的气温最高时期 (图 1)。近 47 a 扎龙湿地冬季阶段性变化趋势与年气温基本一致, 表现为相对冷期和相对暖期交替出现, 相对冷期为 20 世纪 60 年代至 80 年代中期, 2 个相对暖期为 50 年代至 60 年代和 80 年代中期至 90 年代; 夏季基本为持续性升温, 没有明显相对冷暖变化。

3.1.2 日平均气温变化 R/S 分析 扎龙湿地年、夏季和冬季平均气温的 Hurst 指数值均大于 0.5 (图 2), 说明未来平均气温对过去的趋势有持续性, 全年 ( $0.8952 >$  冬季 ( $0.761 >$  夏季 ( $0.6436$ ), 其中, 未来全年和过去 47 a 的变化趋势最为相似。结合图 1, 说明未来全年的增温趋势将与过去 47 a 趋势高度一致。就气候倾向率而言, 冬季的贡献率较大。冬季的增温趋势仍将明显强于夏季和全年。

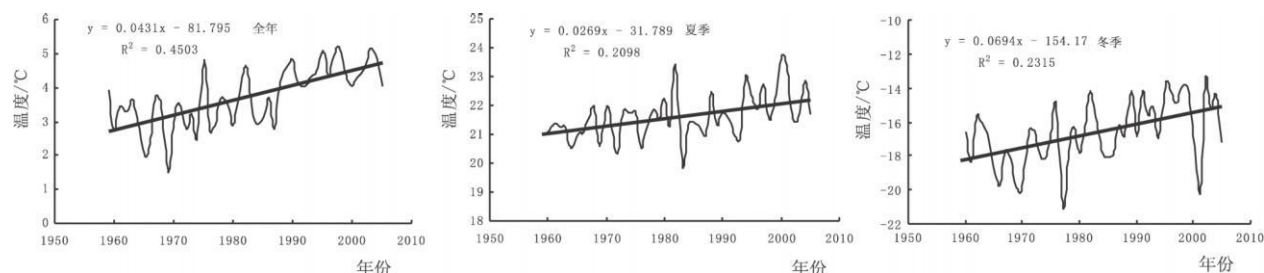


图 1 扎龙湿地平均气温的年际变化曲线(1951-2001)

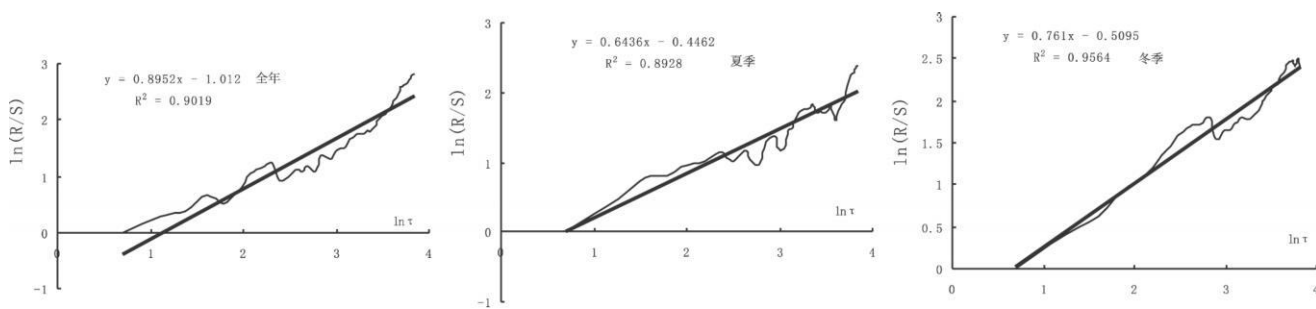


图 2 扎龙湿地平均气温的 R/S 分析

#### 3.2 降水变化分析

3.2.1 降水变化线性趋势分析 47 a 以来扎龙湿地降水量总体呈减少趋势, 冬季和夏季变化幅度不大, 略呈增加趋势 (图 3)。扎龙湿地年降水量在研究时段初期为

降水偏多阶段, 20 世纪 60 年代至 80 年代降水偏少, 而 20 世纪 80 年代以后降水量较为明显的大幅增加, 年降水量多的状态一直维持到 20 世纪 90 年代末, 降水异常偏多集中出现在该时段, 1998 年达到最高。

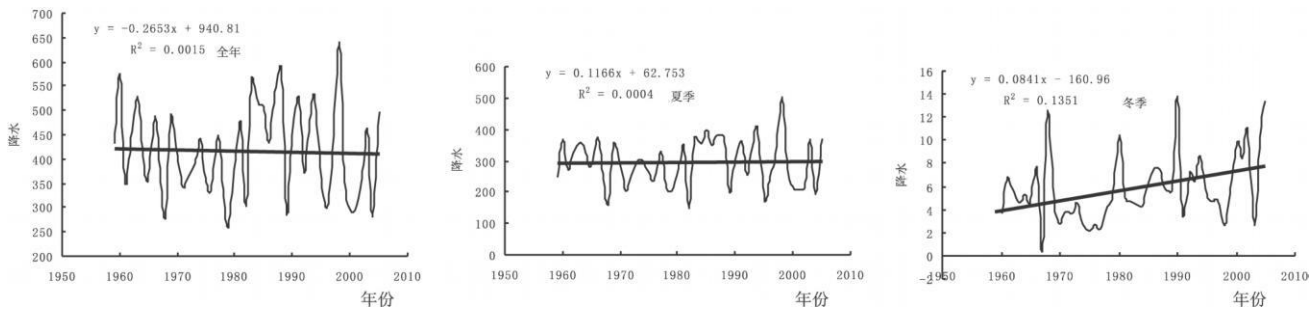


图 3 扎龙湿地降水量的年际变化曲线(1951~2001)

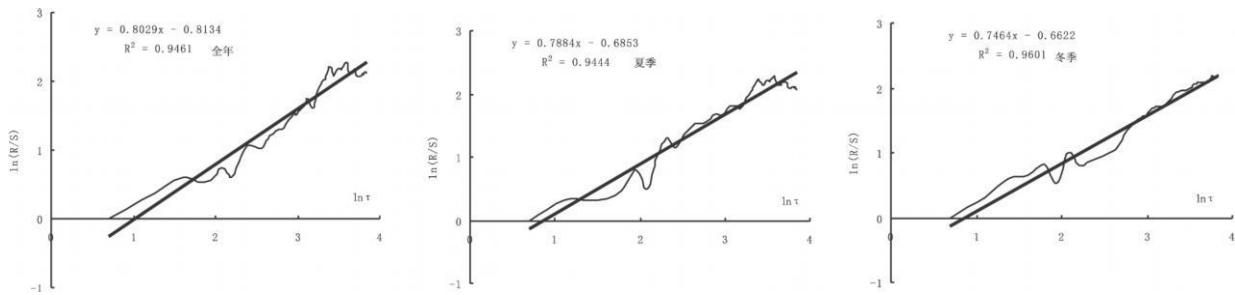


图 4 扎龙湿地降水量的 R/S 分析(1951~2001)

3.2.2 降水量变化的 R/S 分析 扎龙湿地年、夏季和冬季降水量的 Hurst 指数值均大于 0.5(图 4), 说明未来平均气温对过去的趋势有持续性, 全年(0.8029)> 夏季(0.7884)> 冬季(0.7464), 其中, 未来全年和过去 47 a 的

变化趋势最为相似。结合图 3, 说明未来扎龙降全年水量呈减少趋势, 冬季和夏季均与过去 47 a 变化趋势相似, 略有增加趋势。

3.3 相对湿度变化分析

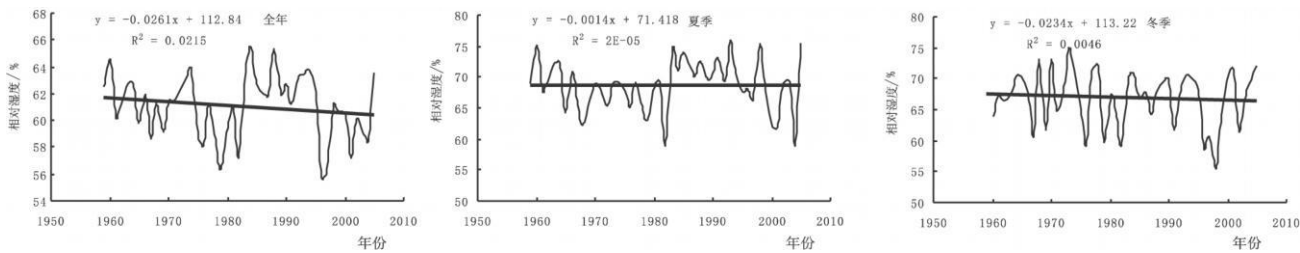


图 5 扎龙湿地相对湿度的年际变化曲线(1951~2001)

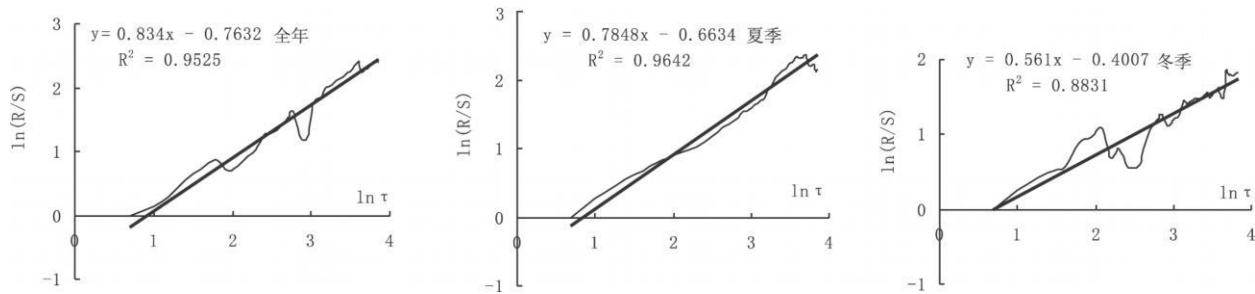


图 6 扎龙湿地平均相对湿度的 R/S 分析(1951~2001)

3.3.1 相对湿度变化线性趋势分析 47 a 来扎龙湿地相对湿度略呈下降趋势(图 5), 变化速率(‰/10 a)分别

为: 全年-0.26‰, 夏季-0.48‰, 冬季-0.34。其中夏季下降幅度最大, 高于全年约 0.22 相对湿度变化速率

而言,夏季的贡献率最大。阶段性变化特征为:扎龙湿地相对湿度自20世纪60年代初开始波动下降,20世纪70年代中期至20世纪80年代初和20世纪90年代中期以来为47 a中两个相对湿度较低的时期,20世纪80年代初至90年代中期为相对较高的时期。冬季阶段性变化趋势与年气温基本一致,相对湿度的高低变化交替出现,夏季没有明显交替变化,基本表现为小幅度的持续下降。

3.3.2 相对湿度变化的 R/S 分析 扎龙湿地年、夏季和冬季相对湿度的 Hurst 指数值均大于0.5(图6),说明未来相对湿度对过去的趋势有持续性,全年(0.854) > 夏季(0.7848) > 冬季(0.661),其中,未来全年和过去47 a的变化趋势最为相似。结合图5说明相对湿度全年降低的趋势将高于冬季和夏季,即就相对湿度变化速率而言,冬季的贡献率将有所降低。相对湿度下降主要是扎龙湿地今年持续缺水所致。

#### 4 结论

主要气候因子的 H 值均大于0.5,存在明显的 Hurst 现象,即扎龙湿地气候变化存在着持续性。

近47 a扎龙湿地夏季、冬季和全年平均气温均呈上升趋势,未来也将保持上升趋势。其中未来冬季对增温将与过去47 a一致,对增温起主要作用。

近47 a扎龙湿地降水量总体呈下降趋势,而冬季、夏季降水略有上升。未来全年和夏季降水变化趋势与过去保持一致,对降水减少的贡献率高于夏季。

近47 a扎龙湿地相对湿度略呈下降趋势,冬季的下降趋势略高对扎龙相对湿度的下降起主要作用,并且未来仍将延续这种趋势。

#### 参考文献

- [1] 张晶晶 陈爽,赵昕奕.近50年中国气温变化的区域差异及其与全球气候变化的联系[J].干旱区资源与环境,2006,20(4):1-6.
- [2] 吴榜华 孟庆繁 赵元根,等.Global Climate Change and biodiversity[J].吉林林学院学报,1997,13(3):142-146.
- [3] 王昊,许士国,孙石.40 a气候变化对扎龙湿地蒸散影响分析[J].大连理工大学学报,2007,47(2):119-121.
- [4] 李玉文 王国贵.扎龙湿地气候变化特征分析[J].黑龙江气象,2002(2):1-2,15.
- [5] Karl T R, Knight R W. Indices of climate Change for the United States[J]. Bull Amer Meteor Soc, 1996, 77(5): 279-292.
- [6] 黄登仕 李后强.分形几何学. R/S 分析法与分式布朗运动[J].自然杂志 1990 13(8):477-482.
- [7] 丁晶,刘权授.随机水文学[M].北京:中国水利水电出版社,1997.
- [8] 秦耀辰 刘凯.分形理论在地理学中的应用研究进展[J].地理科学进展,2003,22(4):426-436.
- [9] 冯新灵 罗隆诚 邱丽丽,等.青藏高原至中国东部年雨日变化趋势的分形研究[J].地理研究,2007,26(4):835-843.

## Base on R/S Method The Analysis Urbanization Effect on Climate in Zhalong Wetland

LIU Yan-ru, SUN Yan-kun

(College of Resources and Environment, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030)

**Abstract:** Using the R/S analysis on temperature, precipitation, relative humidity and vapor pressure in annual mean, winter and summer for the past 51 years from 1959 to 2005 in Zhalong wetland showed that all the Hurst indexes were higher than 0.5. These proved the significant Hurst phenomenon in three climate indexes and winter will be the major role of Zhalong wetland climate change.

**Key words:** R/S analysis; zhalong wetland; climate change

### 供各种果苗 绿化苗

龙丰、紫香、123(金红)、K<sub>9</sub>、寒富等各种果苗。  
长李15、晚黄、吉胜、吉丰、龙园桃李、北方1号、绥李3号等各种李子苗。  
金香水、大香水、尖把、龙园洋梨等各种梨苗。  
山丁子苗、山梨苗、山葡萄苗、山杏苗等各种砧木苗。  
垂柳、银中杨、红皮云杉高1 m、青杆云杉、白杆云杉、榆叶梅等各种绿化苗。  
另可定项生产各类苗木的期货。  
以上品种纯正、质优、价低、竭诚为您服务。本广告长期有效。  
黑龙江省宝清县果树示范场 王占山  
手机:13069914791 15184677181