

# Wavelet Analysis of Temperature Variations in Southern Xinjiang during Cotton Seeding Period in Recent 55 Years

Suqin Bai, Jing Liu

Xinjiang Climate Center, Urumqi Xinjiang  
Email: [ariabai@hotmail.com](mailto:ariabai@hotmail.com)

Received: Sep. 28<sup>th</sup>, 2015; accepted: Oct. 16<sup>th</sup>, 2015; published: Oct. 19<sup>th</sup>, 2015

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.  
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).  
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

---

## Abstract

Based on the data of April, *i.e.* cotton seeding period, average temperature of Southern Xinjiang from 1961 to 2015, linear analysis, Morlet Wavelet analysis are used to reveal the average temperature trend of cotton seeding period and the characteristics of Wavelet change in recent 55 years. The results show that the average temperature of cotton seeding period increases annually and the climate tendency rate is 0.32°C/10a. There are four characteristics on time scale: 6 - 8a, 12 - 14a, 16 - 20a and 24 - 27a. There are also three peaks of variance, 7a, 4a and 18a, and the characteristic time scale of 7a is dominant period in recent 55 years.

## Keywords

Southern Xinjiang, Cotton Seeding Period, Temperature, Wavelet Analysis

---

# 南疆近55年棉播期气温变化的小波分析

白素琴, 刘 精

新疆气候中心, 新疆 乌鲁木齐  
Email: [ariabai@hotmail.com](mailto:ariabai@hotmail.com)

收稿日期: 2015年9月28日; 录用日期: 2015年10月16日; 发布日期: 2015年10月19日

## 摘要

本文以南疆区域15个代表气象站1961~2015年4月份(即棉播期)的月平均气温观测数据为基础, 利用线性趋势分析、Morlet小波分析等方法, 分析近55年来南疆区域棉播期平均气温变化趋势、平均气温时间序列的小波周期和方差变化特征。结果表明: 近55年, 南疆区域棉播期平均气温呈现明显的上升趋势, 升温速率为 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 但年际间波动明显; 棉播期平均气温主要存在4个明显的周期变化, 分别是6~8a、12~14a、16~20a、24~27a, 其中6~8a的振荡周期最为显著; 小波方差有3个峰值: 7a周期的振动最强, 其次是4a, 再次为18a, 7a为近55年时间段的主要周期。

## 关键词

南疆, 棉播期, 气温, 小波分析

## 1. 引言

新疆棉区棉花生长季太阳辐射丰富, 日照时数多, 热量丰富, 降水少, 空气干燥, 且用河水灌溉, 在国内具有适宜棉花生长的比较独特的气候条件。因此, 从1980年代以来新疆棉花生产发展很快, 尤其是1990年代发展速度更是迅速, 2000年植棉面积已达 $1012.3\text{千}\text{hm}^2$ , 成为全国最大的优质商品棉基地, 连续20年实现棉花种植面积、单产、总产和调出全国第一, 棉花也发展成新疆最重要的优势和支柱产业。南疆棉区是新疆棉花的主产区, 其棉花产量约占新疆棉区产量的80%, 是我国最适宜的植棉地区, 也是长绒棉的生产基地。在全球气候变化问题日益引起人们特别关注之时, 为减缓或减轻气候变化对农业生产的不利影响, 开展气候变化对农业生产的影响研究, 探讨各种影响机理和客观评估方法, 就变得非常必要。研究表明: 在新疆棉花生产的光、热、水条件中, 以热量的变化对棉花生产影响最大。新疆的气候变化尤其是棉花生长季热量状况的改变, 势必对棉花生产产生较大的影响[1]。

棉花是喜温作物, 不同生育阶段对温度的要求有差别。苗期较高的温度有利于棉苗早发, 形成壮苗。棉花种子发芽快慢主要取决于温度, 二者之间呈正相关。长绒棉 $9^{\circ}\text{C}\sim 10^{\circ}\text{C}$ 、陆地棉 $11^{\circ}\text{C}\sim 12^{\circ}\text{C}$ 开始萌芽。一般认为5cm低温稳定通过 $12^{\circ}\text{C}$ 可开始播种。春季温度北疆多变, 5cm低温稳定通过 $14^{\circ}\text{C}$ 开始播种为宜, 南疆比北疆稳定, 以 $12^{\circ}\text{C}$ 作棉花始播的气候指标更为合适。按此标准, 对应时间南疆为3月底4月初, 北疆为4月15~20日。具体播种时间还要因地、因时而异, 地膜覆盖植棉能提高地温 $2^{\circ}\text{C}\sim 4^{\circ}\text{C}$ , 再加上南北疆棉区春温上升与年度间尚有差异, 最好在本地平均终霜冻前始播, 霜后出苗。播种到出苗控制在8~15天, 这样才能实现4月苗、5月蕾、6月花、7月桃、8月絮, 达到棉花生产的高产、优质、高效[2]。

由于气象条件是影响棉花播种的关键因素, 而播种期的气温状况将直接影响棉苗的出苗率, 每年棉花播种期间的气候趋势如何成为自治区政府、农业生产部门和广大棉农普遍关注的问题, 也是新疆气象部门气候趋势预测业务和科研工作中的重要内容。因此, 研究和确定棉花播种期间的气温变化规律是进行棉花播种期短期气候趋势预测的基础工作。自上世纪90年代开始, 新疆气象局每年在3月中旬和3月下旬分别召开南北疆棉花播种期气候趋势预测分析会, 研讨分析南北疆区域棉播期间的天气气候状况、未来趋势以及可能出现的气象灾害, 其中, 南疆棉播期气候趋势预测主要关注4月份南疆区域的气温。本文对南疆区域代表站近55年来棉播期间气温资料进行分析, 寻找其变化特征, 为南疆棉播期短期气候趋势预测提供依据和参考。

## 2. 资料和方法

### 2.1. 资料选取

选择新疆气象部门短期气候趋势预测和气候影响评价业务中统一规定的南疆区域 15 个代表气象站 1961~2015 年 4 月平均气温资料, 气候平均值的时段为 1981~2010 年, 资料来源是新疆气象信息中心地面数据库。各气象站基本信息见表 1。

### 2.2. 分析方法

#### 2.2.1. 线性倾向率分析

利用气温变化的时间序列, 以时间为自变量, 平均气温为因变量, 建立一元回归方程, 具体方法参考王平等在盘龙河流域近 45 年气温和降水变化特征分析中的相关内容[3]。

#### 2.2.2. 小波分析

本文中所运用的小波变换的母函数形式为[4]。

$$\psi(x) = \pi^{-\frac{1}{4}} e^{icx} e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (1)$$

其子小波为

$$\psi_{a,b}(x) = \frac{1}{\sqrt{a}} \psi\left(\frac{x-b}{a}\right) \quad (2)$$

其中,  $a$  为尺度参数,  $b$  为平移参数。伸缩尺度  $a$  与 Fourier 分析中周期  $T$  的关系为[4]。

$$T = \frac{4\pi a}{c + \sqrt{2+c^2}} \quad (3)$$

本文中小波方差计算原理:

将小波系数的平方值在  $b$  域中积分, 就可得到小波方差[5], 即

$$\omega_f(s) = \int_{-\infty}^{+\infty} |\omega_f(a,b)|^2 db \quad (4)$$

**Table 1.** Basic information of representative meteorological stations in southern Xinjiang

**表 1.** 南疆区域代表气象站基本信息

站名	哈密	吐鲁番	焉耆	库尔勒	库车	阿克苏	巴楚	喀什
经度	93°31'	89°12'	86°34'	86°08'	82°58'	80°14'	78°34'	75°59'
纬度	42°49'	42°56'	42°05'	41°45'	41°43'	41°10'	39°48'	39°28'
海拔高度(m)	737.2	34.5	1055.3	931.5	1081.9	1103.8	1116.5	1289.4
4月平均气温(°C)	13.9	19.7	12.7	15.7	15.0	15.0	16.6	15.7
站名	莎车	塔什库尔干	和田	民丰	若羌	且末	铁干里克	
经度	77°16'	75°14'	79°56'	82°43'	88°10'	85°33'	87°42'	
纬度	38°26'	37°46'	37°08'	37°04'	39°02'	38°09'	40°38'	
海拔高度 (m)	1231.2	3090.1	1375.0	1409.5	887.7	1247.2	846.0	
4月平均气温(°C)	15.9	6.1	16.8	15.9	15.8	14.7	15.3	

小波方差随尺度年份的变化过程, 成为小波方差图。它反映了波动的能量随时间尺度的分布。因此, 可用小波方差变化图来确定时间序列中各种尺度扰动的相对强度, 确定时间序列中存在的主要时间尺度, 即主周期[6]。

### 3. 结果和分析

#### 3.1. 气温变化阶段性特征分析

1961~2015年, 南疆区域4月份平均气温呈现明显的上升趋势, 根据一元回归方程计算出的变化倾向率, 即升温速率为 $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 升温趋势显著, 通过了0.05的显著性信度检验, 但年际间波动明显。1963、1968、1995、1996年4月是近55年来最冷的4月, 平均气温为 $13.2^{\circ}\text{C}$ , 比气候平均值( $15.0^{\circ}\text{C}$ )低了 $1.8^{\circ}\text{C}$ , 比55年平均值( $14.9^{\circ}\text{C}$ )低了 $1.7^{\circ}\text{C}$ ; 2007年4月是近55年来最热的4月, 平均气温为 $17.4^{\circ}\text{C}$ , 比气候平均值高了 $2.4^{\circ}\text{C}$ , 比近55年平均值高了 $2.5^{\circ}\text{C}$  (见图1)。

#### 3.2. 气温变化特征的小波分析

##### 3.2.1. 小波周期分析

小波分析是一种时域与时频相结合的分析模式, 能够分辨不同时间序列下主体的周期变化尺度, 因此在地理学研究中得到较多应用。小波分析的核心是分辨率分析, 它不仅给出气候序列变化的尺度, 还可以显示出各频率随时间的变化以及不同频率之间的关系, 并且具有分析函数奇异性的能力, 可以用来分析气候变化中的突变。近年来在各地气象资料的分析中得到广泛应用[6]-[9]。

实部等值线图的小波系数, 用于反映气温在该时间尺度下的变化特征(实线表示正数, 虚线表示负数): 正的小波系数对应于偏暖期, 负的小波系数对应于偏冷期。气温突变是普遍存在气候系统中的一个重要现象, 小波变换的实部主要用于表示不同周期变化的尺度在时间(年份)上分布的差异, 小波分析也可以检测到在不同震荡周期中气温突变的特点。小波系数为零的实线为突变线, 对应气温变化的突变, 闭合中心对应着冷暖中心出现的年份。

图2为南疆区域1961~2015年4月平均气温小波系数的实部等值线图, 由图可见, 南疆区域4月平均气温主要存在着6~8a、12~14a、16~20a、24~27a的4个周期变化, 各周期变化对应出现了不同次数的突变线, 冷暖交替的周期与频率不一。下面对不同小波系数对应的气温变化情况进行详细分析:

1) 时间尺度约6~8a的周期振荡贯穿整个研究阶段, 并且表现稳定。在80年代前期到90年代中期阶段, 周期尺度偏小, 为6a左右, 振荡强度增强; 在研究阶段的其他时期, 周期尺度偏大, 为7~8a。

2) 时间尺度约12~14a的年代际振荡周期在60年代初到70年代中、2000年以后两个时期振荡强度较弱, 从70年代中期开始到90年代末, 振荡强度增强, 具有明显清晰的振荡中心, 分别出现在1979、1986、1993、1998; 在这个时间尺度上, 近55年南疆4月的气温大致经历了8次冷暖交替变化现象, 表现为4个冷期和5个暖期, 即1965~1969年、1976~1982年、1989~1995年、2002~2006年的偏冷期, 1961~1965年、1970~1975年、1983~1988年、1996~2001年、2007~2013年的偏暖期。

3) 时间尺度约16~20a的年代际振荡周期贯穿整个研究阶段, 稳定少变。在这个时间尺度上, 突变线出现了5次, 即南疆4月气温在近55年中大致出现了5次冷暖交替变化现象, 闭合中心分别出现在1967年、1975年、1984年、1993年、2002年、2011年, 各冷暖时期分别在1972年、1981年、1989年、1998年、2007年出现气温突变。因此可以看出, 1961~1971、1981~1988年、1999~2006年为偏冷期, 1972~1980年、1989~1998年、2007~2015年为偏暖期。

4) 时间尺度约24~27a对应的气温振荡变化在讨论的整个时段稳定少变, 在这个时间尺度上, 南疆4月气温在近55年中大致经历了3次冷暖时期的交替现象, 气候上表现出2次冷期和2次暖期, 即1961~1972

年、1986~1999年为偏冷期, 分别在1973和1986年由冷期向暖期转变, 1973~1985年、2000~2014年为偏暖期, 分别在1986和2015年由暖期向冷期转变。

### 3.2.2. 小波方差分析

小波方差可以更准确地分析不同时段的时间序列的层次性, 定量地分析时间序列的主要周期, 给出序列中所包含的不同尺度振荡相对贡献的完整描述。小波方差图反映了波动的能量随尺度的分布, 可以用来确定一个时间序列中各种尺度扰动的相对强度, 对应峰值处的尺度称为该序列的主要时间尺度(主要周期)[6]。图3给出了南疆区域1961~2015年4月平均气温的小波方差图。

由图3可以看出, 近55年小波方差有3个峰值: 7a周期的振动最强, 其次是4a的周期, 再次为18a的尺度周期。7a为近55年时间段的主要周期。

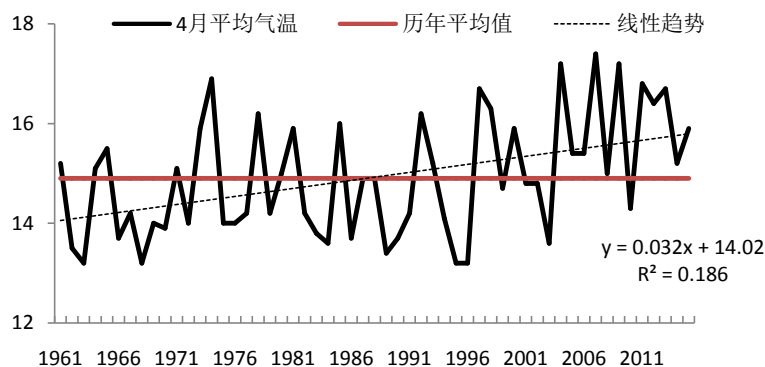


Figure 1. Annual changes and Linear trend of average temperature in April in southern Xinjiang during 1961 to 2015

图1. 南疆1961~2015年4月平均气温年际变化及线性趋势

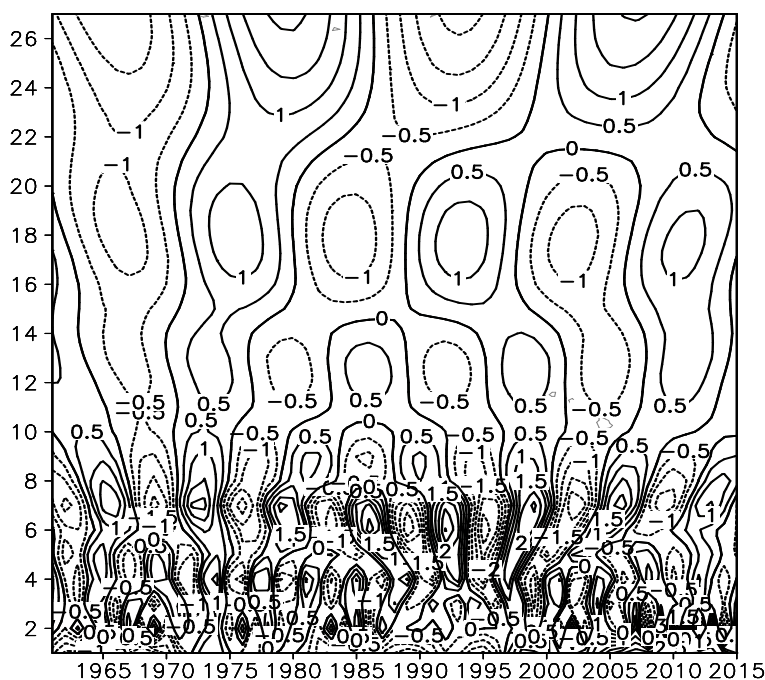


Figure 2. Contour of real part of wavelet of average temperature in April in southern Xinjiang during 1961 to 2015

图2. 南疆1961~2015年4月平均气温小波系数的实部等值线

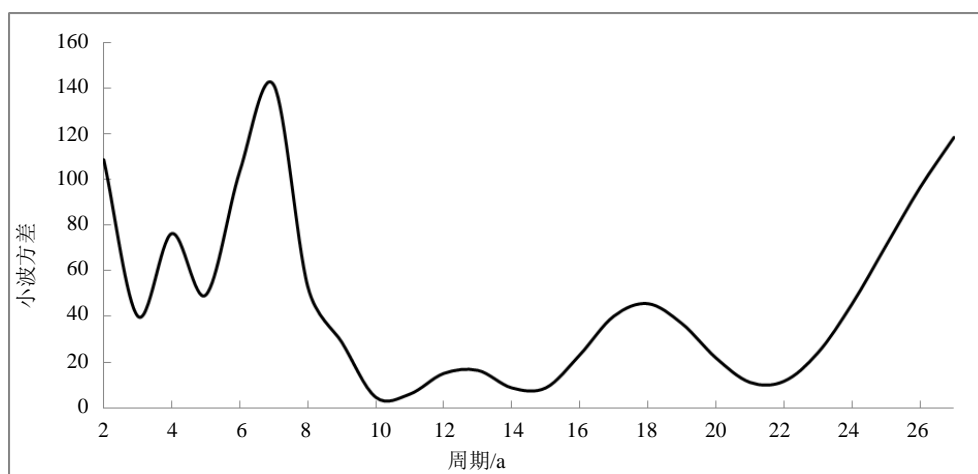


Figure 3. Variance of wavelet of average temperature in April in southern Xinjiang during 1961 to 2015

图 3. 南疆 1961~2015 年 4 月平均气温小波方差图

#### 4. 结论

1) 1961~2015 年, 南疆区域 4 月份平均气温呈现明显的上升趋势, 升温速率为  $0.32^{\circ}\text{C}/10\text{a}$ , 升温趋势显著, 通过了 0.05 的显著性信度检验, 但年际间波动明显。

2) 1961~2015 年, 南疆区域 4 月份平均气温主要存在 4 个明显的周期变化, 分别是 6~8a、12~14a、16~20a、24~27a。

3) 1961~2015 年, 南疆区域 4 月份平均气温变化的小波方差有 3 个峰值: 7a 周期的振动最强, 其次是 4a, 再次为 18a, 其中 7a 为近 55 年时间段的主要周期。

#### 基金项目

新疆气象局 2015 年面上课题“南疆气温与高原指数的关系研究及其在棉播期气候预测中的应用”(MS201502)资助。

#### 参考文献 (References)

- [1] 张家宝, 史玉光, 等 (2002) 新疆气候变化及短期气候预测研究. 气象出版社, 北京, 125.
- [2] 张学文, 张家宝 (2006) 新疆气象手册. 气象出版社, 北京, 243-244.
- [3] 王平, 任宾宾, 刘红楠, 等 (2010) 盘龙河流域近 45 年气温和降水变化特征分析. 西南师范大学学报(自然科学版), 4, 107-114.
- [4] 娄德君, 孙卫国, 李治民 (2004) 齐齐哈尔市气温变化的小波分析. 气象科技, 2, 475-477.
- [5] 刘鸿飞, 景元书, 马林, 等 (2010) 铜陵市近 50a 气温变化的小波分析. 安徽农业科学, 31, 17613-17617.
- [6] 秦丽, 张立凤, 骆凯 (2010) 近 48a 台北市气温的小波分析. 气象与环境科学, 5, 59-62.
- [7] 谢庄, 曹鸿兴 (2000) 近百余年北京气候变化的小波特征. 气象学报, 3, 362-369.
- [8] 邓自旺, 林振山, 周晓兰 (1997) 西安市近 50 年来气候变化多时间尺度分析. 高原气象, 1, 81-93.
- [9] 王红燕, 吴璐, 王跃民, 等 (2008) 许昌雷暴气候特征分析. 气象与环境科学, 1, 56-59.