

# 1979~2020年东北黑土区气温时间变化特征

王金霞

哈尔滨师范大学地理科学学院, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2024年3月18日; 录用日期: 2024年4月19日; 发布日期: 2024年4月29日

## 摘要

在全球气温显著升高背景下,明确各区域气温变化特征具有重要意义。本文利用NCEP/NCAR近地表月均值气温资料分析1979~2020年东北黑土区年均气温以及各月气温时间变化特征。结果表明,近42年东北黑土区年均气温为2.20℃,7月为年内气温最高月份,平均气温为20.86℃,1月为年内气温最低月份,平均气温为-19.63℃。1979~2020年东北黑土区年均气温以0.31℃/10a的速率极显著升高。本研究将为明确东北黑土区气温变化提供参考依据。

## 关键词

气温, 东北黑土区, 时间变化特征

# Characteristics of Temporal Changes in Air Temperature in the Northeast Black Soil Region from 1979 to 2020

Jinxia Wang

College of Geographical Science, Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Mar. 18<sup>th</sup>, 2024; accepted: Apr. 19<sup>th</sup>, 2024; published: Apr. 29<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Under the background of significant global temperature increase, it is of great significance to clarify the characteristics of air temperature change in each region. In this paper, the NCEP/NCAR near-surface monthly mean temperature data are used to analyze the annual mean air temperature and the temporal characteristics of monthly air temperature changes in the Northeast Black Soil Region from 1979 to 2020. The results show that the mean annual air temperature in the Northeast Black Soil Region in 1979~2020 was 2.20°C, with July being the highest month with a

mean temperature of 20.86°C and January being the lowest month with a mean temperature of -19.63°C. The mean annual air temperature in the Northeast Black Soil Region from 1979 to 2020 increased at a rate of 0.31°C/10a. This study will provide a reference basis for clarifying the air temperature changes in the Northeast Black Soil Region.

## Keywords

Air Temperatures, Northeastern Black Soil Region, Characteristics of Temporal Changes

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

黑土是一定的地形地貌在较寒冷气候条件下,地表植被经过长时间腐殖演化而形成,有机质含量多在 4%~12%之间[1] [2],世界主要黑土区均为重要粮食生产区。中国东北黑土区作为世界上仅有的 3 大黑土区之一[3] [4],是我国第一大黑土区,是我国重要的商品粮生产区,是中国粮食安全的压舱石。然而东北黑土区独特的自然环境与人为活动使其成为我国土壤侵蚀潜在危险性最严重的区域[5] [6]。已有研究表明气温变化可显著影响土壤中微生物的活动以及营养元素循环[7],从而进一步影响粮食生产[8]。而随着全球变暖,东北地区已成为气温变化显著的区域之一,因此厘清东北黑土区气温变化对于保障国家粮食安全极具现实意义,同时对于减缓黑土区土壤养分流失有重要的学术意义。

目前关于气温变化不同学者关注的研究区域有所不同,目前大多数学者主要集中于对于全球气温变化[9]、中国气温变化[10] [11]、中国三大积雪区气温变化[12] [13] [14] [15]的研究。例如沈贝蓓(2021)等学者利用 7 套再分析数据(CRU、NCEP/NCAR、NCEP/DOE、ERA5、GHCN-CAM、JRA55)研究 1981~2019 年全球气温变化特征,发现 1981~2019 年全球陆地年平均气温以 0.320°C/10a 的速率呈极显著升高趋势,年平均气温增加了 0.835°C[9]。然而也有学者利用全球实测气温数据结合再分析数据发现 1998 年后在全球陆地平均温度的长期变暖趋势中出现过一个相对停滞的间歇性时段[16]。罗雯等(2020)利用 CRU 数据研究发现全球变暖间歇期暖季气温持续上升,与寒季呈现相反的趋势对比[17]。而关于中国气温变化特征,大多数学者认为中国气温呈上升趋势。例如宋文起(2023)基于中国 2479 个气象站点研究发现 1981~2015 年全国平均温度显著增加[10]。胡盈盈(2021)等利用 76 个气象站点资料研究发现 1961~2015 年中国热区年均温、年均最高温、年均最低温分别以 0.09°C/10a、0.07°C/10a、0.13°C/10a 的速率呈上升趋势[11]。

综上所述,全球变暖背景下,不同地区气温总体呈上升趋势,但由于不同学者所用研究数据不同导致研究结果略有差异。而关于东北地区气温变化虽然已有众多学者进行了相关研究与,但是进一步关于黑土区气温文化特征目前尚不清楚。在全球变暖以及黑土严重流失的背景下,亟待明确东北黑土区气温变化情况,因此本文基于 NCEP/NCAR 数据,研究 1979~2020 水文年东北黑土区近地表气温变化特征。

## 2. 研究区概况

东北黑土是世界三大片黑土之一,主要分布在我国黑龙江和吉林两省黑龙江省黑土总面积为 482.5 万公顷,占全省耕地总土地面积的 31.24% [18]。本文所选用黑土区基于杜国明等学者的划分方法,将黑龙江

省大部、吉林省大部、辽宁省北部以及内蒙古自治区东五盟(市)的 146 个县级行政区划定为东北黑土区[19], 如图 1 (图 1 来源于杜国明等学者研究区, 地理坐标系为 GCS\_WGS\_1984, 基准面为 D\_WGS\_1984, 本初子午线为 Greenwich)。

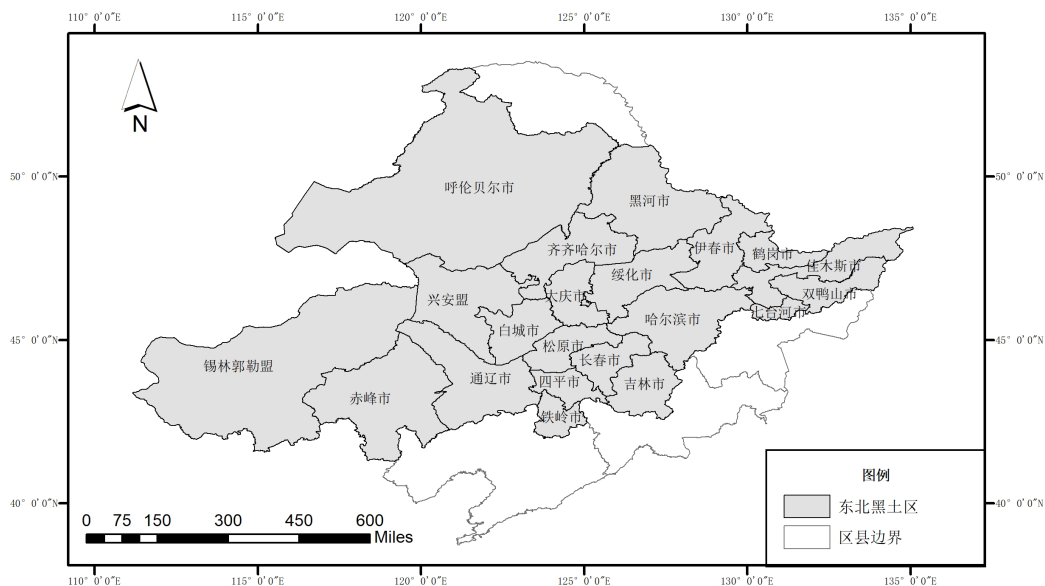


Figure 1. Study area overview map

图 1. 研究区概况图

### 3. 资料来源与方法

#### 3.1. 资料来源

NCEP/NCAR (National Centers for Environmental Prediction-National Center for Atmospheric Research: NCEP-NCAR)数据资料是由美国环境预报中心(NCEP)和国家大气研究中心(NCAR)联合推出的再分析资料, 包含气温、气压等多项气象要素资料, 空间分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ , 时间尺度为 1948 年至今。本文所用数据为近地面气温月均值数据, 时间尺度为 1979 年 7 月~2020 年 6 月, 网址为: <https://psl.noaa.gov/>。

#### 3.2. 研究方法

本文水文年定义方法主要参照王慧(2021)等学者, 具体为将 7 月 1 日至次年 6 月 30 日定义为一个水文年[20]。

本文所用研究方法主要为:

##### 1) 线性趋势分析法

建立气温与所对应时间的一元线性回归方程, 以线性函数来拟合原序列  $y(x), x=1, 2, \dots, n$ :

$$y = ax + b \quad (1)$$

式(1)中  $a$  的绝对值表示变化速率的大小。 $a$  的正负表示该资料序列随时间变化的方向。

##### 2) Mann-Kendall 突变分析

该方法不要求时间数据序列的独立性和正态性[21]。Mann-Kendall 趋势分析就会定义出该像素点上每个指标的时间序列。Mann-Kendall 趋势分析定义了一个符号变量( $s$ ), 用于计算时间序列中任意两点之间的比较符号。

$$s = \sum_{i < j} \text{sgn}(X_j - X_i) \tag{2}$$

其中  $X_i$  和  $X_j$  分别为第  $i$  年和第  $j$  年。符号函数，当  $\text{sgn}(X_j - X_i) > 0$  时， $\text{sgn}(X_j - X_i)$  为 1；当  $\text{sgn}(X_j - X_i) < 0$  时， $\text{sgn}(X_j - X_i)$  为 -1。设  $n$  为时间序列的长度，Mann-Kendall 趋势是一个等级相关系数( $\tau$ )，计算公式如下：

$$\tau = \frac{s}{n(n-1)/2} \tag{3}$$

(3)式中给出了  $\tau$  在[-1, 1]范围内变化时各时间序列的变化趋势。 $\tau > 0$  为增加趋势， $\tau < 0$  为减少趋势。Mann-Kendall 趋势的统计学显著性采用标准化双侧  $z$  检验(显著性水平  $\alpha = 0.05$ )。采用符号变量( $s$ )和方差 ( $\text{var}$ )，计算 Mann-Kendall 检验统计量  $Z_{mk}$  如下：

$$Z_{mk} = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}} \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}} \end{cases} \tag{4}$$

### 3) 方差分析

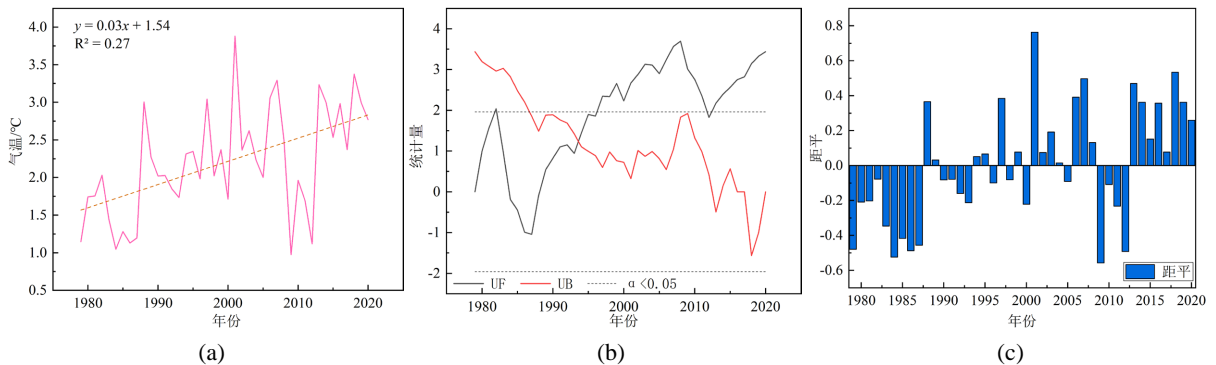
方差分析是检验多组样本总体平均数的假设测验方法，是将总变异剖分为各个变异来源的相应部分，从而发现各变异原因在总变异中相对重要程度的一种统计分析方法。

$$F = \frac{\frac{SS_A}{r-1}}{\frac{SS_E}{n-r}} \tag{5}$$

(5)式中：统计量  $F$  服从自由度( $r - 1, n - r$ )的  $F$  分布； $SS_A$  为组间离差平方和，反映各组间的差异； $SS_E$  为组内离差平方和，反映各组内的差异； $n$  为样本数； $r$  为试验组数。 $F > 0.05$ ，说明组间的变异大于组内变异，各组样本总体平均数具有显著差异，来自于不同的总体。

## 4. 结果分析

### 4.1. 东北黑土区年均气温时间变化特征



注：从左至右依次为趋势变化(a)、MK 检验图(b)、距平图(c)。

Figure 2. Changes in mean annual air temperature in the northeastern black soil region from 1979 to 2020

图 2. 1979~2020 年东北黑土区年均气温变化图

1979~2020 年东北黑土区年均气温 2.20℃，年均最高气温 3.88℃，时间为 2001 年，极冷年份为 2009

年, 年均气温为  $0.97^{\circ}\text{C}$ , 近 42 年年均最大温差  $2.91^{\circ}\text{C}$ 。通过趋势分析发现(如图 2), 1979~2020 年东北黑土区年均气温成极显著上升趋势, 变化速率为  $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  ( $P < 0.01$ ), 近 42 年气温升高了  $1.30^{\circ}\text{C}$ 。MK 检验结合距平图分析发现, 1979~2020 年东北黑土区年均气温于 1994 年发生突变。

#### 4.2. 东北黑土区各月气温时间变化特征

统计 1979~2020 年东北黑土区各月均值发现(如表 1), 东北黑土区气温存在明显的月份差异。气温最高月份为 7 月, 平均气温为  $20.86^{\circ}\text{C}$ , 8 月其次, 平均气温为  $18.94^{\circ}\text{C}$ , 6 月、9 月、5 月、4 月、10 月、3 月、11 月、2 月、12 月、1 月依次降低, 平均气温分别为  $18.45^{\circ}\text{C}$ 、 $12.17^{\circ}\text{C}$ 、 $12.12^{\circ}\text{C}$ 、 $2.97^{\circ}\text{C}$ 、 $2.23^{\circ}\text{C}$ 、 $-7.40^{\circ}\text{C}$ 、 $-10.13^{\circ}\text{C}$ 、 $-15.35^{\circ}\text{C}$ , 1 月份平均气温最低, 为  $-19.63^{\circ}\text{C}$ 。方差分析显示除 10 月与 4 月、5 月与 9 月、6 月与 8 月外各月气温均存在显著差异(图略), 进一步说明东北黑土区年内气温差异性较大。趋势分析发现, 除 12 月外, 东北黑土区各月气温均呈上升趋势, 12 月气温以  $-0.26^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的速率下降, 但未通过 95% 显著性检验。

**Table 1.** Statistical table of monthly mean air temperature and rate of change from 1979 to 2020

**表 1.** 1979~2020 年各月平均气温以及变化速率统计表

月份	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	变化速率/ $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$	月份	平均气温/ $^{\circ}\text{C}$	变化速率/ $^{\circ}\text{C}/10\text{a}$
7 月	20.86	0.51**	1 月	-19.63	0.31
8 月	18.94	0.36**	2 月	-15.35	0.21
9 月	12.17	0.59**	3 月	-7.40	0.59*
10 月	2.23	0.38*	4 月	2.97	0.20
11 月	-10.13	0.26	5 月	12.12	0.29*
12 月	-17.65	-0.26	6 月	18.45	0.31

注: \*\*代表通过 99% 显著性检验, \*代表通过 95% 显著性检验。

## 5. 结论

本文利用再分析数据研究 1979~2020 年东北黑土区气温时间变化特征, 与已有相关研究相比进一步明确了东北局部区域内气温变化特征, 为明确全球变暖背景下局地气温变化特征做出参考与贡献, 东北黑土区气温时间变化特征具体如下:

1) 1979~2020 年东北黑土区年均气温年际分布特征为 41 年年均气温为  $2.20^{\circ}\text{C}$ 。年际变化特征为年均气温以  $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  ( $P < 0.01$ ) 显著上升趋势, 说明在全球变暖背景下, 东北黑土区气温同样也变暖。

2) 通过对近 42 年 12 个月份东北黑土区气温变化情况分析发现, 1979~2020 年东北黑土区各月气温年际分布特征为年内最高气温出现月份为 7 月, 平均气温  $20.86^{\circ}\text{C}$ , 最低气温月份为 1 月, 平均气温  $-19.63^{\circ}\text{C}$ 。气温最高月份以及气温最低月份年际变化特征为 1979~2020 年 7 月份气温以  $0.51^{\circ}\text{C}$  的速率显著上升; 1 月份平均气温以  $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{a}$  的速率显著下降。

## 参考文献

- [1] 戴慧敏, 刘凯, 宋运红, 等. 东北地区黑土退化地球化学指示与退化强度[J]. 地质与资源, 2020, 29(6): 510-517.
- [2] 崔明, 张旭东, 蔡强国, 等. 东北典型黑土区气候、地貌演化与黑土发育关系[J]. 地理研究, 2008, 27(3): 527-535.
- [3] 王文娟, 邓荣鑫, 张树文. 东北典型黑土区沟蚀发生风险评价研究[J]. 自然资源学报, 2014, 29(12): 2058-2067.
- [4] 阎百兴, 欧洋, 祝惠. 东北黑土区农业面源污染特征及防治对策[J]. 环境与可持续发展, 2019, 44(2): 31-34.

- [5] 赵娅君, 郑粉莉, 安小兵, 等. 典型黑土区坡耕地融雪、风力、降雨复合侵蚀效应[J]. 应用生态学报, 2023, 34(9): 2421-2428.
- [6] 范昊明, 蔡强国, 王红闪. 中国东北黑土区土壤侵蚀环境[J]. 水土保持学报, 2004, 18(2): 66-70.
- [7] Feng, Y., Zhang, J., Berdugo, M., *et al.* (2022) Temperature Thresholds Drive the Global Distribution of Soil Fungal Decomposers. *Global Change Biology*, **28**, 2779-2789. <https://doi.org/10.1111/gcb.16096>
- [8] 黄磊, 王长科, 巢清尘. IPCC《气候变化与土地特别报告》解读[J]. 气候变化研究进展, 2020, 16(1): 1-8.
- [9] 沈贝蓓, 宋帅峰, 张丽娟, 等. 1981-2019 年全球气温变化特征[J]. 地理学报, 2021, 76(11): 2660-2672.
- [10] 宋文起, 王志恒. 近 30 年来中国气温、降水和水分盈亏的趋势及其变化[J]. 气候与环境研究, 2023, 28(1): 1-16.
- [11] 胡盈盈, 肖杨, 戴声佩, 等. 1961-2015 年中国热区降水和气温时空变化特征[J]. 西南农业学报, 2021, 34(8): 1788-1795.
- [12] 蔡林彤, 方雪薇, 吕世华, 等. 青藏高原中部冻融强度变化及其与气温的关系[J]. 高原气象, 2021, 40(2): 244-256.
- [13] 冀钦, 杨建平, 陈虹举, 等. 基于综合视角的近 55a 青藏高原气温变化分析[J]. 兰州大学学报(自然科学版), 2020, 56(6): 755-764.
- [14] 德例归吉. 近 30 年青藏高原气温变化趋势分析[J]. 西藏科技, 2019(7): 36-43.
- [15] 王娣, 胡江玲. 1981-2020 年新疆南北疆气温和降水变化特征分析[J]. 安徽农业科学, 2022, 50(24): 214-219+240.
- [16] Knight, J., Kenneby, J.J., Folland, C., *et al.* (2009) Do Global Temperature Trends over the Last Decade Falsify Climate Predictions? In State of the Climate in 2008. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **90**, 22-23. <https://doi.org/10.1175/BAMS-90-8-StateoftheClimate>
- [17] 罗雯, 管晓丹, 何永利, 等. 全球增温减缓期间北半球暖季气温的变化特征[J]. 高原气象, 2020, 39(4): 673-682.
- [18] 袁江侠. 黑土退化原因分析及对策[J]. 农民致富之友, 2011(17): 35.
- [19] 杜国明, 孙嘉曼, 李玉恒. 东北黑土地产能时空演变及其提升对策[J]. 地球科学与环境学报, 2023, 45(2): 338-349.
- [20] 王慧, 王梅霞, 王胜利, 等. 1961-2017 年新疆积雪期时空变化特征及其与气象因子的关系[J]. 冰川冻土, 2021, 43(1): 61-69.
- [21] Hirsch, R.M. and Slack, J.R. (1984) A Nonparametric Trend Test for Seasonal Data with Serial Dependence. *Water Resources Research*, **20**, 727-732. <https://doi.org/10.1029/WR020i006p00727>