氣候與環境研究
Climatic and Environmental Research

1971～2022年内蒙古二十四节气气候特征分析

陈琳 黄刚 屈侠

Analysis on Climatic Characteristics of 24 Solar Terms in Inner Mongolia from 1971 to 2022

CHEN Lin HUANG Gang QU Xia

在线阅读 View online: https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23099

您可能感兴趣的其他文章 Articles you may be interested in

内蒙古草原浅对流云特征卫星观测分析

Characteristics of Shallow Convective Clouds over Inner Mongolia Grassland Derived from Satellite Observations

气候与环境研究. 2022, 27(5): 643 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2021.21068

广西1961～2022年寒潮气候变化特征及大气环流异常分析

Climate Change Characteristics of Cold Waves in Guangxi from 1961 to 2022 and Their Relationship with Atmospheric Circulation

气候与环境研究. 2024, 29(5): 563 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23110

保险业应对气候变化的现状回顾

A Review of Insurance Industry Responses to Climate Change

气候与环境研究. 2024, 29(3): 377 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23145

气候变化影响中国粮食安全研究的新思路

New Ideas for Research on the Impact of Climate Change on China’s Food Security

气候与环境研究. 2022, 27(1): 206 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2021.21148

极端干旱区边界层高度与干湿的气候变化特征及相互关系分析

Climate Change Characteristics of the Boundary Layer Height with Dryness and Wetness and Their Relationship in Extreme Arid Areas

气候与环境研究. 2021, 26(5): 532 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2021.20119

年中国生态脆弱区气候变化特征分析

Climate Change Characteristics in Ecological Fragile Zones in China during 1980–2014

气候与环境研究. 2019, 24(4): 455 https://doi.org/10.3878/j.issn.1006-9585.2018.18058

关注微信公众号，获得更多资讯信息

第 29 卷第 6 期
Vol. 29 No. 6
Nov. 2024

氣候與環境研究
Climatic and Environmental Research

陈琳, 黄刚, 屈侠. 2024. 1971～2022 年内蒙古二十四节气气候特征分析 [J]. 气候与环境研究, 29(6): 656−666. CHEN Lin, HUANG Gang, QU Xia. 2024. Analysis on Climatic Characteristics of 24 Solar Terms in Inner Mongolia from 1971 to 2022 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 29 (6): 656−666. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23099

1971～2022 年内蒙古二十四节气气候特征分析

陈琳[1] 黄刚[2,3] 屈侠[4]

1 内蒙古自治区气象服务中心，呼和浩特 010051
2 中国科学院大气物理研究所地球系统数值模拟与应用重点实验室，北京 100029
3 中国科学院大学，北京 100049
4 中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心，北京 100029

摘　要　对 1971～2022 年内蒙古地区西部、中部及东部地区二十四节气气温、降水、相对湿度和日照的变化特征进行了统计分析，得出：1）三区域气温、降水呈现出明显的年循环特征。三区域平均气温的最大值和最小值均分别出现在小暑和小寒节气，春分、清明和立冬节气气温波动最大；中、西部地区在大暑节气降水量最多，东部在小暑节气最多；中、东部在大暑节气相对湿度达到最大，西部在立秋达到最大；三区域均在小满节气日照时数最长。2）1971～2022 年，三区域平均气温呈增加趋势，相对湿度和日照时间呈现出减少的趋势。

关键词　二十四节气　气候变化　内蒙古
文章编号　1006-9585(2024)06-0656-11　　**中图分类号**　P467　　**文献标识码**　A
doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2024.23099

Analysis on Climatic Characteristics of 24 Solar Terms in Inner Mongolia from 1971 to 2022

CHEN Lin[1], HUANG Gang[2,3], and QU Xia[4]

1 *Inner Mongolia Meteorological Service Center*, *Hohhot* 010051
2 *Key Laboratory of Earth System Numerical Modeling and Application*, *Institute of Atmospheric Physics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100029
3 *University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049
4 *Center for Monsoon System Research*, *Institute of Atmospheric Physics*, *Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100029

Abstract　A statistical analysis of temperature, precipitation, relative humidity, and sunshine hours across the 24 solar terms in the western, central, and eastern regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022 was conducted. The key findings include: 1) The temperature and precipitation values in the three regions exhibit distinct annual cyclical patterns. The highest and lowest average temperatures for the three regions were recorded during the Minor Heat and Minor Cold, respectively. Significant temperature fluctuations were observed around the Spring Equinox, Pure Brightness, and Beginning of Winter. The highest precipitation levels were recorded during the Major Heat in the central and western regions, whereas the eastern region experienced the highest precipitation during the Minor Heat. Relative humidity reached its peak during the Major Heat in the central and eastern regions, whereas in the western region, it peaked during

收稿日期　2023-09-21；**网络预出版日期**　2024-03-08
作者简介　陈琳，女，1993 年出生，硕士，主要从事气象服务与应用气象。E-mail: 1184705211@qq.com
通讯作者　黄刚，E-mail: hg@mail.iap.ac.cn
资助项目　中国三峡哥伦比亚控股有限公司 CTGL-2022-CO-SA-039，国家自然科学基金项目 42141019、42261144687
Funded by　The CTG Colombia Holding S.A.S. (Grant CTGL-2022-CO-SA-039), National Natural Science Foundation of China (Grants 42141019 and 42261144687)

the Beginning of Autumn. All three regions reached their peak sunshine hours during the Grain Buds. 2) The average temperature in all three regions showed an increasing trend from 1971 to 2022, whereas relative humidity and sunshine hours exhibited a decreasing trend.

Keywords　The 24 solar terms, Climate change, Inner Mongolia

1　引言

二十四节气起源于中国古代的黄河流域，包含了时令顺序和物候变化，是对农耕文明、工业文明及生态文明的传承和适应。然而，在全球气候变暖的大背景下，各类极端天气气候事件频发，季节的相位和温度幅度显著变化，这在温度和物候指标中都有被观察到（Dong et al., 2010; 钱诚等, 2011; Wang et al., 2021）。因此二十四节气要通过科学与文化的相互加持，并在本地化和当代化发展过程中不断守正创新。近些年有不少学者对中国（钱诚等, 2011）及不同区域或省份的二十四节气进行了研究。例如黄河中下游地区、华北平原、西南五省、辽宁省、四川省及安徽省的节气气候特征（侯亚红等, 2011; 王胜等, 2013; 冀翠华等, 2015; 赵芮芮等, 2017; 封希宁, 2019; 邢开瑜和刘金丽, 2020），但其余大多数是针对单个市、单个县或单一的要素分析（李耀宁等, 2009; 王艳丽等, 2010; 冯斌等, 2010; 杨玲珠等, 2012; 沈姣姣等, 2013; 武峰梅等, 2014; 朱长乐等, 2016; 雷书, 2019; 孔维财等, 2021）。然而，中国地域辽阔，尤其是内蒙古地区东西跨度大，气候差异十分明显。目前还没有文献对内蒙古地区的二十四节气的气候变化特征进行系统的分析研究。而内蒙古是国家重要粮食生产基地，为此全面具体、多方位深度挖掘内蒙古二十四节气气候变化规律，为内蒙古农作物开展农业气象关键技术提供参考，更加科学合理地指导公众生产生活，提高气象预报水平及大众的灾害防范意识，对常见疾病的预防也有着重要的意义（周后福, 1999; 蔡彦等, 2007; 史桂荣, 2011）。同时还能助力北疆生态文明建设及经济社会高质量发展。

2　资料来源和研究方法

2.1　资料来源

本文所用数据为 1971～2022 年内蒙古自治区 116 个气象观测站的逐日气温、降水、日照、相对湿度数据。内蒙古自治区东西跨度大，气候特点差异明显，因此把 12 个盟市按照地理区划，分为西部（阿拉善盟、乌海市、巴彦淖尔市、鄂尔多斯市、包头市）、中部（呼和浩特市、乌兰察布市、锡林郭勒盟）、东部（赤峰市、通辽市、兴安盟、呼伦贝尔市）（图 1）。

因为节气的具体日期只出现在固定的 2～3 d，所以为了长期计算的方便，本文选定每个节气的代表日期（冀翠华等, 2015）。为研究方便，将 4 立（立春、立夏、立秋、立冬）作为二十四节气分界线，具体将立春节气到立夏节气期间统称为春季型节气（见表 1），以此类推。

表 1　二十四节气对应日期

Table 1　Representative dates of the 24 solar terms

节气类型	节气及对应日期
春季型	立春2月4日、雨水2月19日、惊蛰3月6日、春分3月21日、清明4月5日、谷雨4月20日
夏季型	立夏5月6日、小满5月21日、芒种6月6日、夏至6月22日、小暑7月7日、大暑7月23日
秋季型	立秋8月8日、处暑8月23日、白露9月8日、秋分9月23日、寒露10月9日、霜降10月24日
冬季型	立冬11月8日、小雪11月23日、大雪12月7日、冬至12月22日、小寒1月6日、大寒1月21日

2.2　研究方法

本研究采用气候变化趋势分析，对 1971～2022 年内蒙古自治区东部、中部、西部地区的二十四节气气温、降水、日照、相对湿度进行了特征分析。每个节气的平均气象要素（气温、日照时数、相对湿度）从某节气当天到相邻下一节气前一天的时间平均值。某年某一节气的降水量为，该年从该节气当天到下一节气初日前一天这段时间降水量的累积值；并计算了各气象要素与相邻前一节气的差值；通过一元线性回归方程计算 52 年各气象要素的气候倾向系数，通过 t 分布及非参数检验计算倾向系数的显著性，从而检验这种气候趋势是否有意义。

3　结果和分析

3.1　气温变化

从内蒙古全区，西部、中部、东部二十四节气

平均气温曲线图（图 2）可以看出，全区及 3 个区域的二十四节气平均气温随节气变化均呈现出单峰型分布特点（图 2）。整体来看，全年西部地区的二十四节气平均气温明显高于全区平均以及其他两个地区，中部和东部平均气温均低于全区平均。从立春节气到清明节气，中部地区的气温高于东部地区，从谷雨至秋分节气东部地区的气温高于中部地区，之后从寒露一直到大寒，中部地区的气温又高于东部地区。3 个区域二十四节气平均气温最高值均出现在小暑节气，西部地区最高为 23.58°C，东部地区次之为 22.08°C，中部地区为 21.06°C。3 个区域的平均气温最低值均出现在小寒节气，东部地区最冷为−17.27°C，中部地区次之为−15.28°C，西部地区为−10.84°C。

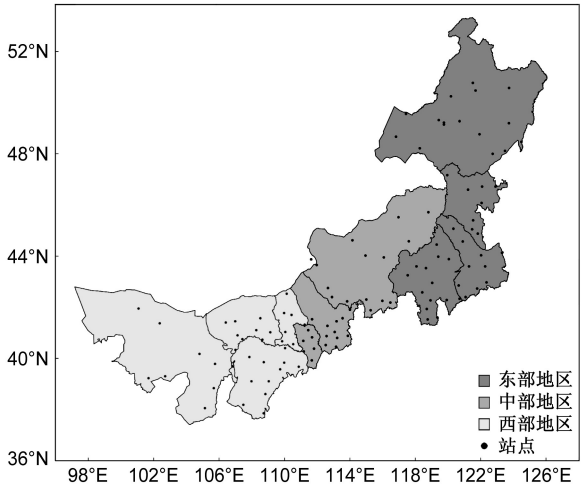

图 1 内蒙古 3 个区域（西部、中部、东部地区）及 116 个站点分布。

Fig. 1 Distributions of three regions (western, central, and eastern parts) and 116 stations in Inner Mongolia.

二十四节气平均气温的节气变量反映了相邻 2 个节气中后一节气平均气温较前一节气升降的幅度。从图 3 可以看出，3 个区域平均气温的节气变量均表现为明显的单峰和单谷型。东部、中部地区和西部地区升温都开始于大寒。在升温的节气中，东部地区的升温幅度最大，并且率先在春分节气达到峰值，与前一节气相比升高 5.37°C。中部地区在清明节气升温幅度最大，比东部地区晚一个节气，较春分节气升高 4.83°C，且升温的幅度比东部地区小 0.54°C。西部地区也在清明节气升温最为明显，平均气温较前一节气升高 4.31°C，且升温幅度比东部地区小 1.06°C。3 个区域降温始于立秋，均在立冬节气达到谷值，即在立冬节气降温幅度最大，且东部地区的降温幅度（−6.21°C）大于中部（−5.73°C）和西部地区（−5.04°C）。因此公众在春分、清明及立冬气温变化幅度较大的节气注意做好健康防护（莫运政等, 2012; 陈宝芬, 2017）。

为分析 52 年来内蒙古地区气温变化趋势，分别计算了全区及西部、中部、东部地区各个节气的平均气温的线性趋势系数（表 2）。由表 2 可知，全区及西部、中部、东部的春季型节气增温最为明显，平均增温速率分别为 0.645°C（10 a）$^{-1}$、0.683°C（10 a）$^{-1}$、0.694°C（10 a）$^{-1}$ 和 0.585°C（10 a）$^{-1}$。全区有 18 个节气通过显著性检验，其中 10 个节气通过 99% 信度检验；西部地区有 17 个节气通过显著性检验，且都为增温趋势，其中有 10 个节气通

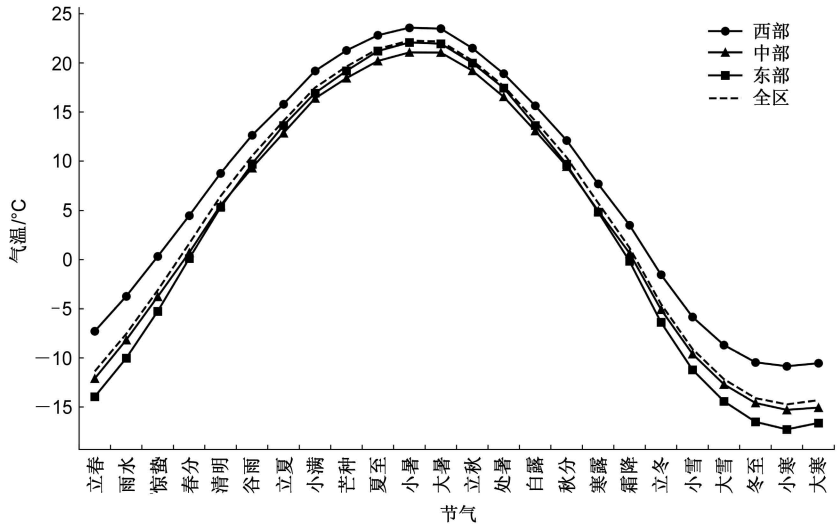

图 2 1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部及全区节气平均气温分布。

Fig. 2 Distributions of solar term average temperature in the western, central, eastern, and overall regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

表 2　1971 ~ 2022 年 24 节气气温的线性趋势系数

Table 2　Linear trend coefficient of temperature for 24 solar terms during 1971−2022

节气	线性趋势系数/℃（10 a）$^{-1}$			
	西部地区	中部地区	东部地区	全区
立春	0.404	0.395	0.380	0.392
雨水	0.855***	0.959***	0.640**	0.794***
惊蛰	0.823***	0.911***	0.653***	0.777***
春分	0.840***	0.819***	0.892***	0.856***
清明	0.546***	0.506**	0.424**	0.484**
谷雨	0.632***	0.572***	0.520***	0.569***
立夏	0.225	0.210	0.329**	0.264**
小满	0.255**	0.259*	0.248*	0.254**
芒种	0.331***	0.348***	0.310**	0.327***
夏至	0.469***	0.387***	0.348***	0.396***
小暑	0.335***	0.440***	0.395***	0.389***
大暑	0.352***	0.409***	0.328***	0.358***
立秋	0.290**	0.429***	0.323***	0.342***
处暑	0.273**	0.301**	0.257**	0.274**
白露	0.438***	0.550***	0.391***	0.449***
秋分	0.307**	0.358**	0.238*	0.292**
寒露	0.285*	0.301*	0.301*	0.296**
霜降	0.291*	0.305*	0.536***	0.397**
立冬	0.440**	0.369	0.217	0.327*
小雪	0.264	0.076	-0.170	0.031
大雪	0.347	0.194	0.010	0.164
冬至	0.231	0.110	0.056	0.125
小寒	0.267	0.242	0.114	0.196
大寒	0.403	0.367	0.352	0.372

注：***、**、*分别表示通过99%、95%、90%的信度检验，下同。

过 99% 的信度检验，雨水节气的增温速率最快为 0.855°C（l0 a）$^{-1}$；中部地区有 16 个节气通过显著性检验，同样表现为增温的趋势，其中 10 个节气通过 99% 的信度检验，同样在雨水节气的增温最快，达到了 0.959°C（l0 a）$^{-1}$；东部地区有 17 个节气通过显著性检验，9 个节气通过 99% 的信度检验，与中部和西部地区不同的是东部地区在春分节气的增温速率最快为 0.892°C（l0 a）$^{-1}$。

3.2　降水量变化

内蒙古地区属于温带大陆性季风气候，存在明显干湿季。全区降水节气分布呈单峰型特点（图 4），总体降水量少，且集中于夏季型节气。此时作物正处于生长旺盛的时期，雨热同期对农作物非常有利，可以说在某些程度上能够缓解降水不足导致作物生长不利的矛盾。一年二十四节气中，东部地区的降水量明显高于中部、西部地区及全区平均降水量，呈现出东多西少的特点。东部地区从谷雨节气开始降水增多，其中夏至、小暑、大暑 3 个节气降水量在 50 mm 以上，占全年降水量的 42%。最大值出现在小暑节气（70.38 mm），大暑节气次之（66.34 mm）。从小暑节气之后降水逐渐减少，直到大寒降水量最少为 0.88 mm；中部地区的降水量次于东部地区，在大暑节气达到最大值（56.62 mm），在大寒节气达到最小值为 1.03 mm。从寒露到清明节气，降水量在 10 mm 以下（9 个节气降水量在 5 mm 以下）；西部地区的降水量最小，大暑节气达到最大值为 40.08 mm。从寒露到立夏，降水量在 10 mm

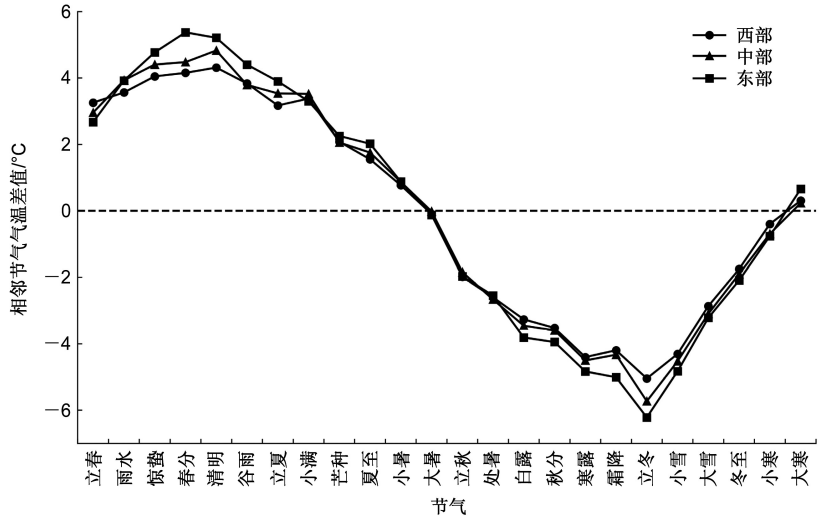

图 3　1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部相邻节气气温差分布。

Fig. 3　Distributions of temperature difference between two adjacent solar terms in the western, central, and eastern regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

以下（有 12 个节气在 5 mm 以下）。全区降水量最大值出现在大暑节气（55.51 mm），从芒种节气到处暑节气的降水量占全年降水量的 69%。

二十四节气降水量的节气变量反映了相邻 2 个节气中，后一节气降水量较前一节气增加或减少的幅度。由降水量节气变量的变化（图 5）可知，整体来看，东部地区的节气变量明显大于其他两个地区，中部次之，西部最小。东部地区从谷雨开始，降水量明显增多，一直到小暑呈现出明显的 3 个峰值，分别出现在谷雨（7.27 mm）、芒种（22.92 mm）和小暑（16.68 mm）。从大暑到大寒，除了大雪节气比小雪节气有所增多外，其余节气降水量都比前一节气有所减少。整体表现为明显的 3 个谷值，分别出现在立秋、白露和寒露，其中立秋节气降水量大幅减少，相比前一个节气降水量减少了 20.05 mm，白露节气次之（−15.59 mm），寒露节气则减少了 7.08 mm；中部地区的降水量节气变量同样也是从谷雨节气开始降水量明显增多一直到大暑节气，从立秋到大寒节气，除了大雪节气有所增加外，其余节气降水量均有所减少。整体表现为双峰、三谷型，其中夏至节气降水量增幅最大（12.16 mm），大暑次之（9.21 mm）。谷值出现

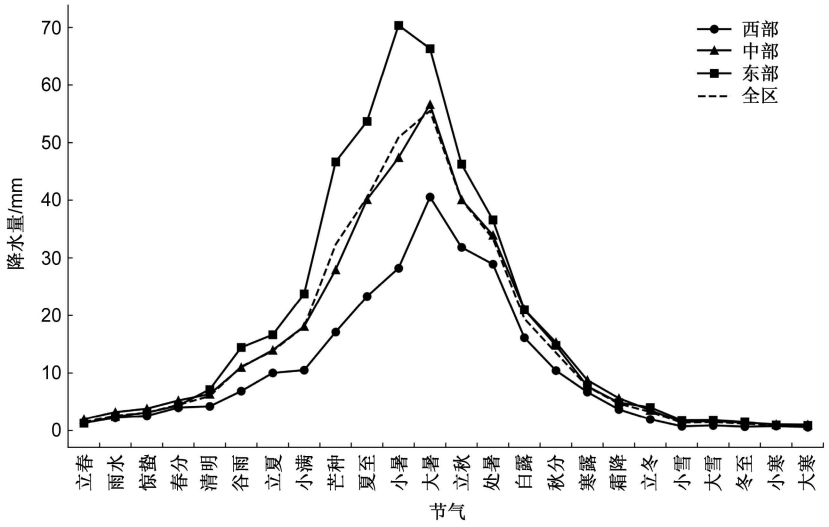

图 4　1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部及全区节气平均降水量分布。

Fig. 4　Distributions of solar term average precipitation in the western, central, eastern, and overall regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

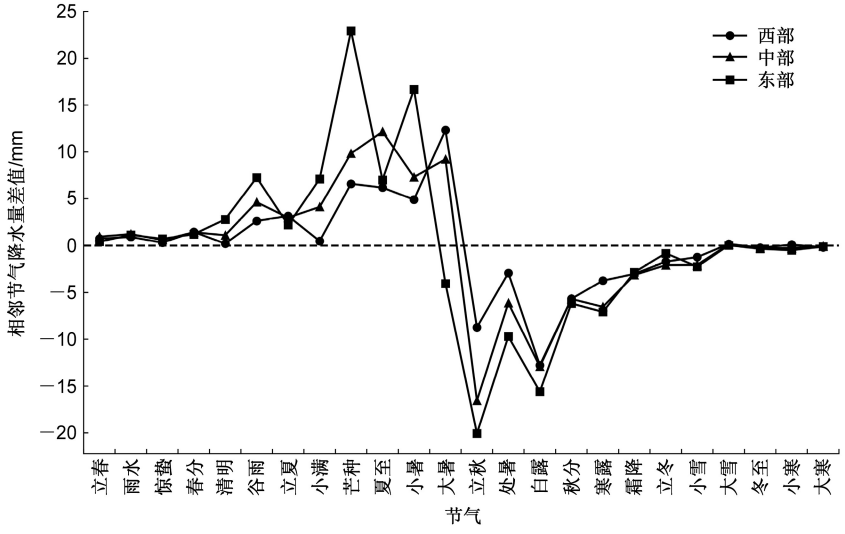

图 5　1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部相邻节气降水量差分布。

Fig. 5　Distributions of precipitation difference between two adjacent solar terms in the western, central, and eastern regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

的节气与东部地区一致分别在立秋、白露和寒露节气，其中立秋节气的降水量减少幅度最大，比前一个节气减少 16.54 mm；西部地区从谷雨开始降水增多，大暑节气的增量最为明显，较前一节气增加 12.03 mm，西部地区降水量在立秋之后逐步减少，在白露节气减少最为明显，较处暑节气减少 12.57 mm。

表 3 统计了西部、中部和东部 3 个区域不同节气 52 年来降水量的线性变化趋势。全区及 3 个区域降水量变率大，没有明显的线性变化趋势。西部地区有 2/3 节气降水量呈现线性增加的趋势，有 3 个节气通过显著性检验；中部地区有 13 个节气呈现出减少的趋势，其中大暑节气 [−5.392 mm（10 a）$^{-1}$] 和处暑节气 [−5.034 mm（10 a）$^{-1}$] 降水量表现为显著减少趋势（均通过 95% 的信度检验）；东部地区 11 个节气呈现出减少的趋势，13 个节气呈现增加的趋势，其中雨水、大雪和小寒节气呈现出显著增加的趋势（均通过 95% 的信度检验）。

表 3　1971 ~ 2022 年 24 节气降水的线性趋势系数

Table 3　Linear trend coefficients of precipitation for 24 solar terms during 1971−2022

节气	线性趋势系数/mm（10 a）$^{-1}$			
	西部地区	中部地区	东部地区	全区
立春	0.019	0.073	0.019	0.033
雨水	0.062	−0.258	0.285**	0.066
惊蛰	−0.033	−0.082	−0.031	−0.045
春分	0.596	0.236	0.111	0.298
清明	0.247	0.150	−0.034	0.102
谷雨	−0.507	−0.719	−0.353	−0.508
立夏	0.974*	0.823	1.223	1.037*
小满	0.678	−0.845	0.681	0.272
芒种	0.917	−0.673	0.256	0.209
夏至	−1.644	−0.431	−1.703	−1.310
小暑	0.416	−0.988	−3.677	−1.665
大暑	−4.863*	−5.392**	−0.718	−3.295**
立秋	1.135	−1.972	0.269	−0.078
处暑	−3.231*	−5.034**	−0.696	−2.652*
白露	1.138	0.227	−0.193	0.340
秋分	0.137	0.594	−0.031	0.195
寒露	−0.354	−0.076	−0.077	−0.167
霜降	0.464	−0.013	−0.224	0.042
立冬	0.227	0.691	0.922*	0.641**
小雪	0.118	0.080	0.125	0.109
大雪	0.084	0.113	0.084**	0.092
冬至	0.109	0.015	0.045	0.056
小寒	0.122	0.153	0.092**	0.118*
大寒	−0.225	−0.209	0.004	−0.125

3.3　相对湿度变化

从整体上来看，内蒙古西部、中部、东部地区相对湿度从东到西逐渐减少（图 6）。全年东部和中部地区在大暑节气相对湿度最大，分别达到 72.93% 和 63.87%，西部地区则在立秋节气达到最大值（55.61%）。从惊蛰节气到秋分节气东部地区的相对湿度均大于中部和西部，从寒露到雨水节气中部地区相对湿度大于东部和西部。西部地区整体相对湿度最小，尤其从雨水到芒种时节 8 个节气相对湿度都低于 45%，西部地区所有节气相对湿度均没有超过 60%；中部地区则只有在春分、清明、谷雨、立夏和小满节气相对湿度小于 45%。在夏季型（小暑、大暑）、秋季型（立秋、处暑）和冬季型节气（除了立冬节气）的相对湿度超过 60%；东部地区从夏至到白露 6 个节气相对湿度大于 60%，只有在春分、清明、谷雨及立夏节气相对湿度小于 45%。实验结果显示，当环境的相对湿度在 50%～60% 的时候，人类的感受是最舒服的，不容易引起疾病（冀翠华等, 2015）。相邻节气的相对湿度变化幅度可看出（图 7），整体上三区域相对湿度从立夏节气开始相较于前一节气基本为正的变化，中部和东部地区在芒种节气相对湿度上升最大，西部地区在夏至增加幅度最大。三区域相对湿度从处暑到寒露节气及从小寒至谷雨节气基本为负变化。

表 4 给出了 1971～2022 年各节气相对湿度的气候倾向系数变化情况。全区及 3 个区域一半以上节气相对湿度表现为减少趋势，尤其是春季型节气在 52 年内均呈减少趋势最为明显。全区及西部、中部和东部的春季型节气平均减少率分别为 −0.936%（10 a）$^{-1}$、−0.713%（10 a）$^{-1}$、−1.201%（10 a）$^{-1}$ 和−0.920%（10 a）$^{-1}$。西部地区有 17 个节气相对湿度表现为减少的趋势，所有节气中只有处暑节气减少最显著，减少率为−1.474%（10 a）$^{-1}$（通过 95% 的信度检验）；中部地区有 22 个节气相对湿度呈现出减少趋势，立秋和处暑节气通过 99% 的信度检验，其中处暑节气减少趋势最显著为−1.953%（10 a）$^{-1}$；东部地区有 22 个节气呈现出减少的趋势，其中清明节气的减少趋势最为显著，减少率为−1.340%（10 a）$^{-1}$（通过 99% 的信度检验）；全区有 22 个节气相对湿度呈减小趋势，其

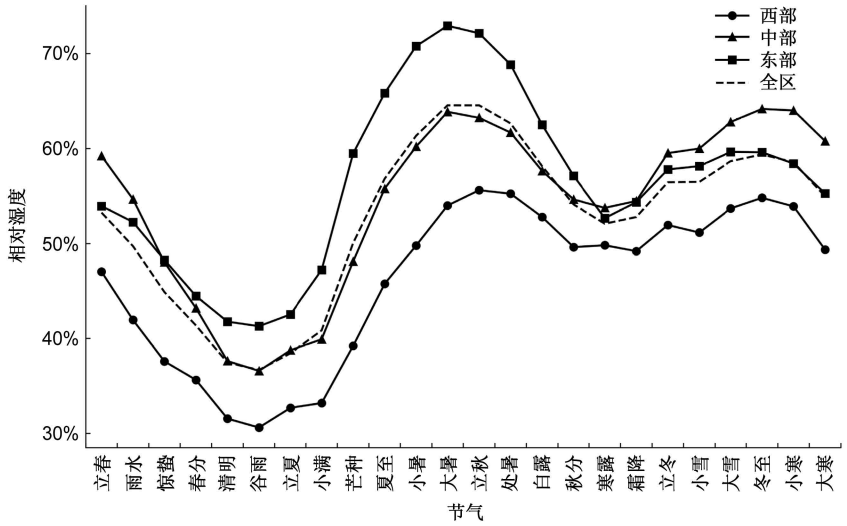

图 6 1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部及全区节气平均相对湿度分布。

Fig. 6 Distributions of solar term average relative humidity in the western, central, eastern, and overall regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

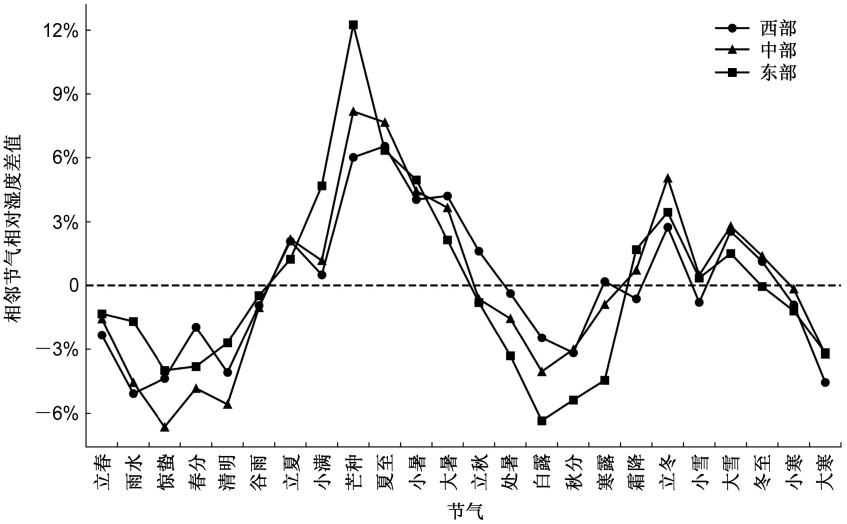

图 7 1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部相邻节气相对湿度差分布。

Fig. 7 Distributions of relative humidity difference between two adjacent solar terms in the western, central, and eastern regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

中处暑节气的相对湿度减小趋势最显著且唯一通过 99% 的信度检验，减少率为−1.191%（10 a）$^{-1}$。

3.4 日照变化

内蒙古地区日照丰富，光照资源充足。全区及西部、中部、东部二十四节气平均日照时数整体表现为单峰单谷型。全区从清明节气到秋分节气的日照时数占全年总日照时数的 55%。整体来看，西部地区的日照时数最长，中部次之，东部最少（图 8）。常年小满时节，北方日照充足气温回升，农谚有“小满暖洋洋，锄麦种杂粮”的说法。3 个区域都在小满时节日照时数达到峰值，西部地区为 10.32 h，比中部地区（9.90 h）多 0.42 h，比东部地区（9.34 h）多 0.98 h。西部地区谷值出现在冬至，日照时长为 6.83 h，中部地区和东部地区均在大雪节气日照时长最短，分别为 6.30 h 和 5.80 h。有些农作物日照时间越长，开花越早，反之，其开花结果都会受到阻碍。所以清楚地了解节气中日照时数的变化规律，以此掌握农时合理安排农事活动。

从图 9 可以看出，相邻节气日照时数的差值随节气呈波动变化，变化差值在−0.7～0.7 h 之间。除了东部地区的清明节气外、3 个区域从冬至开始到小满节气相较于前一节气都为正变化，且西部、中部、东部平均日照时数分别在春分、惊蛰及大寒节

表 4　1971 ~ 2022 年 24 节气相对湿度线性趋势系数

Table 4　Linear trend coefficients of relative humidity for 24 solar terms during 1971−2022

	线性趋势系数/%（10 a）$^{-1}$			
节气	西部地区	中部地区	东部地区	全区
立春	−0.944	−1.533**	−0.943**	−1.108**
雨水	−0.558	−1.381**	−0.307	−0.683
惊蛰	−1.039	−1.874**	−0.918**	−1.221**
春分	−0.861	−1.294*	−1.114**	−1.087**
清明	−0.142	−0.565	−1.340***	−0.760*
谷雨	−0.732	−0.559	−0.900*	−0.754*
立夏	0.500	0.500	0.677	0.574
小满	−0.885	−0.988	−0.197	−0.627
芒种	0.332	0.066	−0.296	−0.004
夏至	−1.017*	−0.811	−0.934*	−0.925**
小暑	0.062	−0.808	−0.603	−0.458
大暑	−0.666	−1.420**	−0.921*	−0.982**
立秋	−0.610	−1.789***	−0.794*	−1.015**
处暑	−1.474**	−1.953***	−0.476	−1.191***
白露	0.045	−1.078**	−0.886*	−0.656*
秋分	0.294	−0.089	−0.207	−0.021
寒露	−0.701	−0.584	−0.296	−0.499
霜降	−0.621	−0.804	−0.931*	−0.801*
立冬	0.101	−0.075	0.062	0.036
小雪	−0.179	−0.455	−0.317	−0.313
大雪	−0.673	−0.875	−0.244	−0.550
冬至	−0.911	−1.308**	−0.788**	−0.970**
小寒	0.190	−0.850	−0.463	−0.372
大寒	−0.795	−1.188	−0.804*	−0.908

表 5　1971 ~ 2022 年 24 节气日照时数线性趋势系数

Table 5　Linear trend coefficients of sunshine hours for 24 solar terms during 1971−2022

	线性趋势系数/h (10 a)$^{-1}$			
节气	西部	中部	东部	全区
立春	0.045	0.017	0.061	0.044
雨水	0.020	−0.080	−0.042	−0.035
惊蛰	−0.024	−0.057	0.097*	0.019
春分	−0.021	−0.064	−0.006	−0.026
清明	−0.027	−0.064	0.098	0.017
谷雨	0.055	−0.056	0.038	0.017
立夏	−0.202**	−0.274***	−0.201**	−0.222***
小满	0.014	−0.120	−0.084	−0.066
芒种	−0.239**	−0.311***	−0.146	−0.219***
夏至	−0.071	−0.132	−0.112	−0.106
小暑	−0.308***	−0.229**	−0.068	−0.182**
大暑	0.008	−0.009	−0.160	−0.070
立秋	−0.287***	−0.078	−0.112	−0.153*
处暑	0.028	0.026	−0.070	−0.015
白露	−0.297***	−0.206**	−0.075	−0.175***
秋分	−0.158*	−0.196**	−0.100	−0.144**
寒露	−0.033	−0.109	−0.034	−0.055
霜降	−0.132*	−0.200***	−0.051	−0.116**
立冬	−0.090	−0.149	−0.114*	−0.117**
小雪	−0.127**	−0.153***	−0.056	−0.103**
大雪	−0.035	−0.102*	0.025	−0.027
冬至	−0.042	−0.069	0.075	0.001
小寒	−0.100**	−0.142***	0.014	−0.062
大寒	−0.024	−0.077	0.027	−0.017

气出现大幅的增加。西部和中部地区从芒种开始到大雪节气相较于前一节气基本为负变化，均在立冬前后缩短幅度最大，东部地区则在霜降节气缩短幅度最大。

从表 5 可知，52 年来，全区平均日照时数有 19 个节气均表现出减少的趋势，丁一汇等（2006）曾指出日照时数减少最明显的地区是华北和华东地区。全区平均日照中夏季型和秋季型节气对应的日照时数减少趋势明显，平均减少率分别为−0.144 h（10 a）$^{-1}$，−0.110 h（10 a）$^{-1}$。立夏、芒种、白露节气趋势通过了 99% 的信度检验，其中立夏节气日照时数减少最为显著，减少率为−0.222 h（10 a）$^{-1}$；西部地区有 18 个节气呈现出减少的趋势，其中秋季型节气减少的趋势最为明显，平均减少率为−0.147 h（10 a）$^{-1}$。在所有节气中小暑、立秋和白露节气日照时数缩减趋势显著（通过 99% 的信度检验），其中小暑节气最为显著，减少率为−0.308（10 a）$^{-1}$；中部地区除了 2 个节气表现为增加的趋势，其余 22 个节气均呈现出减少的趋势，其中夏季型节气减少最明显，平均减少率−0.179 h（10 a）$^{-1}$。立夏、芒种、霜降、小雪和小寒节气趋势通过 99% 的信度检验。其中芒种节气日照时数缩短最为显著，为−0.311 h（10 a）$^{-1}$；东部地区有 16 个节气表现为减少的趋势，夏季型节气的减少趋势最为明显，平均减少率为−0.129 h（10 a）$^{-1}$，其中立夏节气的日照时数缩短最为显著，减少率为−0.201 h（10 a）$^{-1}$（通过 95% 信度检验）。

4　结论

本文针对内蒙古地区西部、中部及东部地区二十四节气的气温、降水、相对湿度和日照时数 4 个

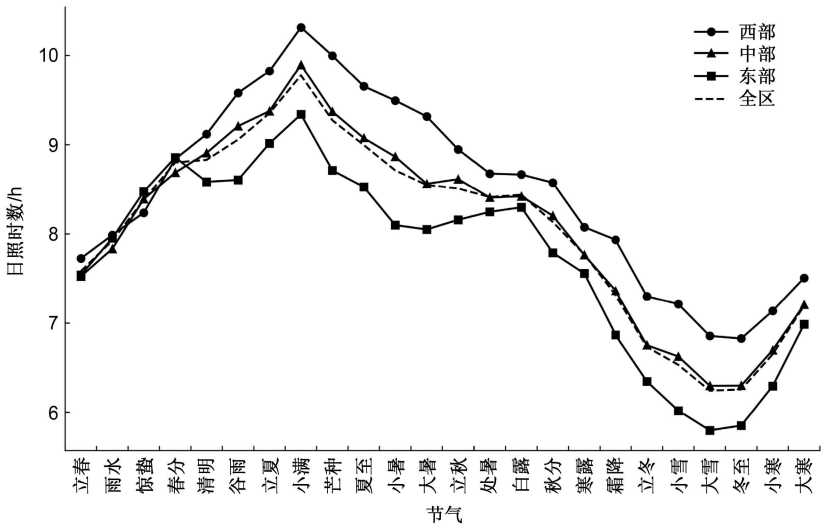

图 8　1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部及全区节气平均日照时数分布。

Fig. 8　Distributions of solar term average sunshine hours in the western, central, eastern, and overall regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

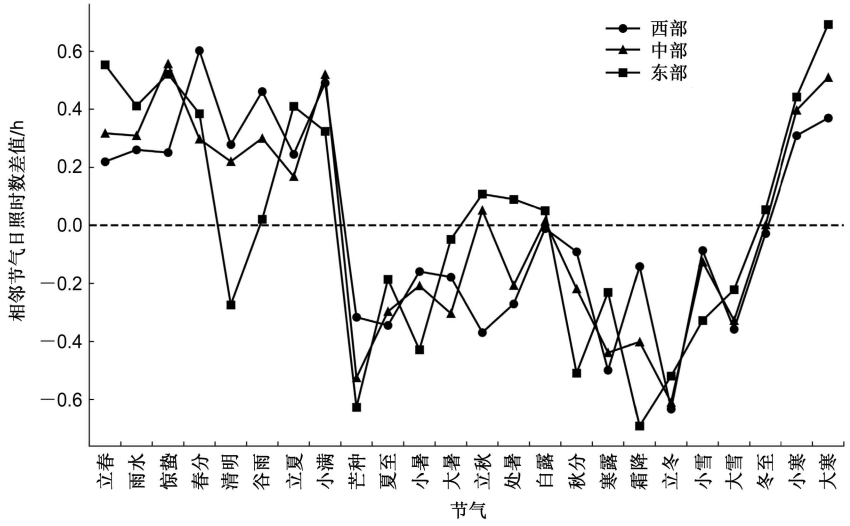

图 9　1971～2022 年内蒙古西部、中部、东部相邻节气日照时数差分布。

Fig. 9　Distributions of sunshine hour difference between two adjacent solar terms in the western, central, and eastern regions of Inner Mongolia from 1971 to 2022.

气象要素的气候态特征及线性变化趋势进行分析得到以下结论：

内蒙古全区及西部、中部和东部地区二十四节气平均气温均表现为单峰型特点。全区及西部、中部、东部 3 个区域平均气温最大值均出现在小暑节气，分别为 22.26°C、23.58°C、21.06°C 和 22.08°C。其中西部地区的峰值高于全区平均及其他两个区域。全区及 3 个区域的平均气温谷值均出现在小寒节气，分别为−14.73°C、−10.84°C、−15.28°C、−17.27°C，东部地区的谷值低于全区平均及西、中部地区；3 个区域平均气温升降幅度变化均呈现出单峰单谷型的特点，且平均气温的节气升温都始于大寒，降温均始于立秋。中部和西部地区都在清明节气升温幅度最大，东部地区则在春分节气的升温幅度最大，3 个区域降温最大幅度均出现在立冬节气，且从东到西降温幅度依次递减。

降水同气温类似表现为单峰型特征，呈现明显的东西向的梯度变化。中部和西部地区在大暑节气降水量最多，分别为 56.62 mm 和 40.08 mm。东部地区则在小暑节气降水量最多，为 70.38 mm；从相邻节气的降水变量来看，3 个区域降水均从谷雨节气开始增多，东部地区的波动变化较大。东部、中部和西部降水量增加幅度最大的节气分别出现在芒种，夏至和大暑节气。东部和中部降水量减少幅

度最大值均出现在立秋节气，西部地区则在白露节气降水明显减少。

全区相对湿度从东到西逐渐减少。东部和中部的相对湿度在大暑节气达到最大分别为 72.93% 和 63.87%，西部地区则在立秋达到最大为 55.61%。中部和东部在芒种节气相对湿度上升幅度最大，西部地区在夏至增加幅度最大。

全区光照资源丰富，平均日照时数整体表现为单峰单谷型，且从东到西逐渐递增。西部、中部和东部地区都在小满时节日照时数达到峰值，分别为 10.32 h、9.90 h 和 9.34 h。西部地区平均日照时间最短出现在冬至节气，中部和东部最短出现在大雪节气。相邻节气日照时数差呈波动变化，西部、中部和东部地区日照时长分别在春分、惊蛰和大寒时节出现大幅度增加。西部和中部的日照时数在立冬节气出现大幅度缩短，东部地区则是在霜降节气明显缩短。

在气候变暖的大背景下，1971～2022 年各气象要素的节气变化的响应如下：根据 52 年内蒙古地区的气温变化趋势得出，内蒙古西部、中部和东部地区分别有一半以上节气通过显著性检验都表现为增温的趋势。其中 3 个区域春季型节气的增温趋势最明显，西部和中部地区在雨水节气的增暖趋势最为显著，东部地区则在春分节气增温速率最快。相对湿度和日照时数在全区及 3 个区域一半以上节气呈现出减少的趋势。相对湿度在春季型节气的减少趋势最为明显。中、东部在夏季型节气日照时数明显缩短，西部地区则在秋季型节气明显缩减。

参考文献（References）

蔡彦, 陈惠军, 陈创荣. 2007. 中医节气思想浅析 [J]. 中医研究, 20(8): 9−11. Cai Yan, Chen Huijun, Chen Chuangrong. 2007. Solar term of TCM thought analyzed [J]. TCM Res. (in Chinese), 20(8): 9−11. doi:10.3969/j.issn.1001-6910.2007.08.005

陈宝芬. 2017. 日均气温与呼吸系统疾病急诊人次相关性的时间序列观察分析 [J]. 中国现代药物应用, 11(17): 83−84. Chen Baofen. 2017. Time series observation and analysis of the correlation between daily average temperature and the number of emergency cases of respiratory diseases [J]. Chinese J. Mod. Drug Appl. (in Chinese), 11(17): 83−84. doi:10.14164/j.cnki.cn11-5581/r.2017.17.046

丁一汇, 任国玉, 石广玉, 等. 2006. 气候变化国家评估报告（I）：中国气候变化的历史和未来趋势 [J]. 气候变化研究进展, 2(1): 3−8. Ding Yihui, Ren Guoyu, Shi Guangyu, et al. 2006. National assessment report of climate change (I): Climate change in China and its future trend [J]. Adv. Climate Change Res. (in Chinese), 2(1): 3−8. doi:10.3969/j.issn.1673-1719.2007.z1.001

Dong Wenjie, Jiang Yundi, Yang Song. 2010. Response of the starting dates and the lengths of seasons in Mainland of China to global warming [J]. Climatic Change, 99(1−2): 81−91. doi:10.1007/s10584-009-9669-0

冯斌, 张成军, 陆萍. 2010. 宁夏固原市 24 节气的气象要素统计特征 [J]. 甘肃农业, (8): 9−11. Feng Bin, Zhang Chengjun, Lu Ping. 2010. Natural meteorological statistical characteristics of the 24 solar terms in Guyuan, Ningxia Province [J]. J. Gansu Agric. (in Chinese), (8): 9−11. doi:10.3969/j.issn.1673-9019.2010.08.005

封希宁. 2019. 西南五省 24 节气气候变化特征 [J]. 地球科学前沿, 9(12): 1244−1251. Feng Xining. 2019. Climate change characteristics of 24 solar terms in five southwest provinces [J]. Adv. Geosci. (in Chinese), 9(12): 1244−1251. doi:10.12677/AG.2019.912131

侯亚红, 路爽, 张蕊. 2011. 辽宁省“24 节气”气温的气候特征分析 [J]. 安徽农业科学, 39(16): 9916–9917, 9992. Hou Yahong, Lu Shuang, Zhang Rui. 2011. Analysis on the climatic characteristics of temperature in “24 solar terms” in Liaoning Province [J]. J. Anhui Agri. Sci. (in Chinese), 39(16): 9916–9917, 9992. doi:10.13989/j.cnki.0517-6611.2011.16.032

冀翠华, 王式功, 尚可政. 2015. 1961～2010 年黄河中下游地区 24 节气气候变化特征分析 [J]. 气候与环境研究, 20(2): 220−228. Ji Cuihua, Wang Shigong, Shang Kezheng. 2015. Climate changes of 24 solar terms in the middle and lower reaches of the Yellow River during 1961−2010 [J]. Climatic Environ. Res. (in Chinese), 20(2): 220−228. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2014.14050

孔维财, 宋如东, 陆一磊, 等. 2021. 近 50 年高淳二十四节气气温变化特征及突变分析 [J]. 湖北农业科学, 60(20): 43−47. Kong Weicai, Song Rudong, Lu Yilei, et al. 2021. Air temperature variation and mutation analysis of the twenty-four solar terms in Gaochun over 50 years [J]. Hubei Agric. Sci. (in Chinese), 60(20): 43−47. doi:10.14088/j.cnki.issn0439-8114.2021.20.008

雷书. 2019. 成都地区“二十四节气”气候特征分析 [J]. 南方农业, 13(19): 79−82. Lei Shu. 2019. Climate characteristic analysis of the “24 solar terms” in Chengdu region [J]. South China Agric. (in Chinese), 13(19): 79−82. doi:10.19415/j.cnki.1673-890x.2019.19.021

李耀宁, 陶立新, 张德山. 2009. 北京市朝阳区“24 节气”气温的气候特征分析 [J]. 科技创新导报, (20): 98, 100. Li Yaoning, Tao Lixin, Zhang Deshan. 2009. The climate characteristics analysis of temperature in “24 solar terms” in Chaoyang district of Beijing [J]. Sci. Technol. Innovat. Herald (in Chinese), (20): 98, 100. doi:10.16660/j.cnki.1674-098x.2009.20.120

莫运政, 郑亚安, 陶辉, 等. 2012. 日均气温与呼吸系统疾病急诊人次相关性的时间序列分析 [J]. 北京大学学报（医学版）, 44(3): 416–420. Mo Yunzheng, Zheng Ya’an, Tao Hui, et al. 2012. Relationship between daily mean temperature and emergency department visits for respiratory diseases: A time-series analysis [J]. J. Peking Univ. (Health Sci.) (in Chinese), 44(3): 416–420. doi:10.3969/j.issn.1671-167X.2012.03.018

钱诚, 严中伟, 符淙斌. 2011. 1960～2008 年中国二十四节气气候变化 [J]. 科学通报, 56(35): 3011–3020. Qian Cheng, Yan Zhongwei, Fu Zongbin. 2012. Climatic changes in the twenty-four solar terms

during 1960–2008 [J]. Chinese Sci. Bull., 57(2–3): 276–286. doi:10.1007/s11434-011-4724-4.

沈姣姣, 徐虹, 李建科, 等. 2013. 近 60 年西安市 24 节气气温变化特征及突变分析 [J]. 资源科学, 35(3): 646−654. Shen Jiaojiao, Xu Hong, Li Jianke, et al. 2013. Air temperature variation and mutation analysis of the twenty-four solar terms in Xi'an over 60 years [J]. Resour. Sci. (in Chinese), 35(3): 646−654.

史桂荣. 2011. 试论二十四节气与中医学的关系 [J]. 中医药导报, 17(3): 17−18. Shi Guirong. 2011. Round solar terms of the relationship with the medical [J]. Guiding J. Tradit. Chinese Med. Pharmacol. (in Chinese), 17(3): 17−18. doi:10.3969/j.issn.1672-951X.2011.03.007

Wang Jiamin, Guan Yuping, Wu Lixin, et al. 2021. Changing lengths of the four seasons by global warming [J]. Geophys. Res. Lett., 48(6): e2020GL091753. doi:10.1029/2020GL091753

王胜, 徐敏, 宋阿伟, 等. 2013. 1961～2012 年安徽省 24 节气气候变化及冬小麦和一季稻物候期的响应 [J]. 生态学杂志, 32(9): 2390−2397. Wang Sheng, Xu Min, Song Awei, et al. 2013. Climate changes in 24 solar terms and responses of winter wheat and single-season rice phenophases in Anhui Province of East China in 1961–2012 [J]. Chinese J. Ecol. (in Chinese), 32(9): 2390−2397. doi:10.13292/j.1000-4890.2013.0333

王艳丽, 李岚, 息涛, 等. 2010. 沈阳市“24 节气”气温和降水气候变化特征分析 [C]//第 27 届中国气象学会年会应对气候变化分会场——人类发展的永恒主题论文集. 北京: 中国气象学会, 1–4. Wang Yanli, Li Lan, Xi Tao, et al. 2010. Analysis on the change of temperature and precipitation of 24 solar terms in Shenyang [C]//The 27th China Meteorological Society Annual Meeting Proceedings (in Chinese). Beijing: Chinese Meteorological Society, 1–4.

武峰梅, 宁海平, 白金凤, 等. 2014. 影响孝义市“24 节气”的气象要素气候特征分析 [J]. 安徽农业科学, 42(14): 4348–4349, 4373. Wu Fengmei, Ning Haiping, Bai Jinfeng, et al. 2014. An analysis of the climatic characteristics of the meteorological elements influencing the "24 Solar Terms" in the city of Xiaoyi [J]. J. Anhui Agri. Sci. (in Chinese), 42(14): 4348–4349, 4373. doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2014.14.067

邢开瑜, 刘金丽. 2020. 四川省 3 个区域“二十四节气”气候特征分析 [J]. 现代农业科技, (1): 188−191. Xing Kaiyu, Liu Jinli. 2020. Analysis on climatic characteristics of "24 Solar Terms" in 3 areas of Sichuan Province [J]. Modern Agric. Sci. Technol. (in Chinese), (1): 188−191. doi:10.3969/j.issn.1007-5739.2020.01.116

杨玲珠, 王沛涛, 王艺璇, 等. 2012. 邯郸市 24 节气的气候特征分析 [J]. 气象与环境科学, 35(S1): 24−27. Yang Linzhu, Wang Peitao, Wang Yixuan, et al. 2012. Climatic characteristic analysis of the 24 solar terms in Handan [J]. Meteor. Environ. Sci. (in Chinese), 35(S1): 24−27. doi:10.3969/j.issn.1673-7148.2012.z1.006

赵芮芮, 殷淑燕, 王水霞. 2017. 1961～2014 年华北平原二十四节气气温变化特征 [J]. 中山大学学报 (自然科学版), 56(6): 38−47. Zhao Ruirui, Yin Shuyan, Wang Shuixia. 2017. Air temperature variation analysis of the twenty-four solar terms in the North China Plain from 1961−2014 [J]. Acta Sci. Nat. Univ. Sunyatseni (in Chinese), 56(6): 38−47. doi:10.13471/j.cnki.acta.snus.2017.06.005

周后福. 1999. 气候变化对人体健康影响的综合指标探讨 [J]. 气候与环境研究, 4(1): 121−126. Zhou Houfu. 1999. Discussion in synthetic index of climatic change influence on human health [J]. Climate Environ. Res (in Chinese), 4(1): 121−126. doi:10.3878/j.issn.1006-9585.1999.01.26

朱长乐, 王景权, 朱学才. 2016. 寿县 24 节气气候特征分析 [J]. 现代农业科技, (5): 250−252. Zhu Changle, Wang Jingquan, Zhu Xuecai. 2016. Analysis on climatic characteristics of "24 Solar Terms" in Shouxian County [J]. Modern Agric. Sci. Technol. (in Chinese), (5): 250−252. doi:10.3969/j.issn.1007-5739.2016.05.142