

张琪, 步露蕾, 胡正华, 等. 基于 NEX - GDDP 降尺度数据的山东省夏玉米生育期极端高温时空特征研究[J]. 灾害学, 2018, 33(2): 133 - 136. [ZHANG Qi, BU Lulei, HU Zhenghua, et al. Study of spatio-temporal characteristics of extreme High temperature during corn growing season in Shandong based on NEX - GDDP downscaled data [J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(2): 133 - 136. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.023.]

## 基于 NEX - GDDP 降尺度数据的山东省夏玉米生育期极端高温时空特征研究<sup>\*</sup>

张琪<sup>1,2</sup>, 步露蕾<sup>1</sup>, 胡正华<sup>1,2,3</sup>, 沈钰琳<sup>1</sup>, 张淑娟<sup>1</sup>, 殷进<sup>1</sup>, 张庄<sup>1</sup>

(1. 南京信息工程大学 应用气象学院, 江苏 南京 210044; 2. 江苏省农业气象重点实验室, 江苏 南京 210044; 3. 南京信息工程大学 气象灾害预报预警与评估协同创新中心, 江苏 南京 210044)

**摘要:** 极端高温灾害严重, 在未来很有可能会加剧。研究基于 NEX - GDDP 高时空分辨率降尺度数据及历史观测数据, 将 35℃ 作为极端高温阈值, 对当前及未来不同情景下夏玉米生育期(6 - 9 月)极端高温时空分布特征进行分析。结果显示: 在各个时期、各情景下山东省日最高气温空间上都呈现出东部沿海较低向西部内陆地区逐渐升高的趋势, 随时间逐渐增高, 在 RCP8.5 排放情景下增加更显著, 且西部地区较东部沿海地区增加幅度大; 极端高温日数同样呈现增加的趋势, 特别在未来远期 RCP8.5 排放情景下增加迅速, 超过 50% 地区达到 80 d 以上。NEX - GDDP 数据具有较好的应用效果, 未来极端高温灾害频发, 夏玉米生产将面临严重威胁。

**关键词:** 极端高温; NEX - GDDP; 玉米生育期; 时空特征; 不同排放情景; 山东

**中图分类号:** X43; S513; S162 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000 - 811X(2018)02 - 0133 - 04

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.02.023

气候变化背景下, 极端高温灾害日渐频发, 给社会经济各个方面带来极大的影响, 特别是农业部门, 威胁到我国的粮食安全和可持续发展。在我国农业气象灾害的研究中以干旱、洪涝等为主, 极端高温是危害严重但研究相对较少的灾害, 近年来逐渐引起关注。

极端高温一般是指发生概率小、带来危害严重的高温事件。研究中通常采用百分位法, 将温度序列从大到小排列的前 1% 作为极端高温事件。在研究极端高温对农业影响时除了考虑上述极端高温的特征之外还要结合作物自身特征, 通过大田试验等方法确定作物的极端高温灾害阈值。了解未来极端高温的变化情况对于制定适应对策、确定中长期发展规划具有重要的意义。近年来, 越来越多的研究基于全球气候模式(GCMs)的模拟结果预估未来不同排放情景下的气温、降水等的变化情况, 以此为基础可以进一步分析未来不同情景下气温、降水等变化可能对不同区域农业生产带来的影响。如闫旂君等<sup>[1]</sup>利用气候模式输出结果评估了 2021 - 2050 年河南夏玉米不同生育阶段降水量的变化情况, 从而得到灌溉需水量。

GCMs 可以提供未来可信的全球大尺度平均状态的信息, 但是对区域的模拟的精确性存在一定问题。有一系列的动力降尺度、统计降尺度方法将 GCMs 输出数据转化为更高空间、时间分辨率的数据。如动力降尺度方法有英国气象局的 PRECIS 区域气候模式<sup>[2-3]</sup>; 以传递函数法(Transfer Function Method)、天气形势法(Weather Pattern Method)和天气发生器(Stochastic Weather Generator)为代表的统计降尺度方法<sup>[4]</sup>。这些降尺度方法极大的提高了数据在区域水文、农业等领域的可用性。目前国内关于降尺度方法的研究并不充分, 尚缺少相对权威、公开的降尺度数据集。

本研究针对全球变暖, 未来极端高温可能带来更严重危害的现状。拟采用 NEX - GDDP 高时空分辨率的降尺度气候评估数据集, 对我国山东地区夏玉米生育期(6 - 9 月)未来近期(2021 - 2050 年)、远期(2070 - 2099 年)日最高气温及极端高温日数的变化情况进行分析。研究结果有助于掌握未来极端高温可能发生的变化及对夏玉米的影响, 指导农业发展规划具有现实意义。

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2017 - 09 - 22 修回日期: 2017 - 11 - 09

基金项目: 公益性行业(气象)专项(GYHY201506001 - 06); 江苏省基础 Research 计划(自然科学基金)青年基金项目(BK20150898); 国家自然科学基金项目(41501553; 41571491); 公益性行业(气象)科研专项储备项目(2015001)

第一作者简介: 张琪(1986 - ), 女, 汉族, 辽宁辽阳人, 博士, 研究方向为农业气象灾害风险评估。

E-mail: zhangq861206@126.com

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

本文以华北平原的山东省为研究区,属于暖温带大陆性气候区,降水主要集中在6-9月,雨热同期,但降水分布不均匀,夏季高温频发。该区域为我国主要的农业大省,采取夏玉米-冬小麦轮作制(图1)。夏玉米生育期主要在6月中旬到9月中旬,个别站点如潍坊、沂源播种较早在五月中下旬。雨热同期虽然利于夏玉米的生长,但频繁的高温、干旱等灾害使产量波动较大。

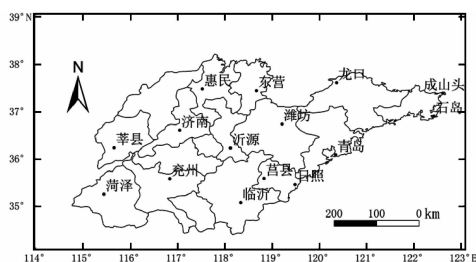


图1 研究区

### 1.2 资料来源与处理方法

研究使用的数据主要包括历史观测数据和气候模式预估数据。历史观测数据主要包括山东省15个气象台站(图1)1976-2005年逐日最高气温数据,来源于中国气象数据网(<http://data.cma.cn/>)。

模式预估数据使用美国宇航局于2015年6月发布的首套全球超高分辨率统计降尺度气候评估数据集NASA Earth Exchange/Global Daily Downscaled Projections (NEX-GDDP, 简称GDDP) (Thrasher et al., 2012; dataset URL: <https://nex.nasa.gov/nex/projects/1356/>)<sup>[5]</sup>。该数据集包括空间分辨率为 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 的逐日最高、最低气温,降水量数据。历史数据集为1950-2005年,未来情景数据为2006-2099年。包含两个典型浓度路径(RCP4.5和RCP8.5)。数据集包括IPCC AR5中模拟全球气候变化的耦合模式比较计划(CMIP5)中的21个全球气候模式的统计降尺度结果。该数据集与原GCMs相比大大提高了GCMs数据的时空分辨率,提高了对过去历史阶段气候平均值、极端值的估计能力,以及对未来的预测能力,特别是对局部地形复杂的区域,因而极大的提高了数据的可用性<sup>[6]</sup>。目前国际上已有应用该数据集发表的研究成果,如Chen(2017)等人基于该数据研究气候变化影响下未来高温带来的死亡人数的变化<sup>[7]</sup>;以及不同区域未来干旱灾害演变情况等的研究<sup>[8-9]</sup>。但目前国内使用该数据集的研究尚且少见。

本研究选用21个气候模式中的BCC-CSM1-1模式的降尺度结果,原始空间分辨率为 $2.8^\circ \times 2.8^\circ$ ,该模式对中国区极端气温的模拟效果好、预测能力强<sup>[10-11]</sup>。研究未来近期(2021-2050年)和远期(2070-2099年)两个时段。在Matlab中编程从NEX-GDDP全球范围数据集中提取出山东省所在的 $114^\circ \sim 123^\circ \text{E}$ ,  $34^\circ \sim 39^\circ \text{N}$ 范围内共720个 $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ 的格点逐日最高气温数据。采用泰勒

图及概率密度曲线来验证数据的模拟能力。泰勒图<sup>[12]</sup>可以将模拟值与观测值的相关系数、标准差放在同一张图上表示,非常直观。相关系数可以描述观测值与预测值分布的相关程度,标准差可以描述序列的离散程度。

### 1.3 玉米生育期极端高温阈值的定义

玉米极端高温灾害的定义需要考虑两个方面,首先统计上不易发生,其次对玉米生长造成影响。本研究参考华北地区夏玉米受高温影响的已有研究,将 $35^\circ\text{C}$ 作为阈值识别当前及未来不同排放情景下极端高温日数<sup>[13-15]</sup>。

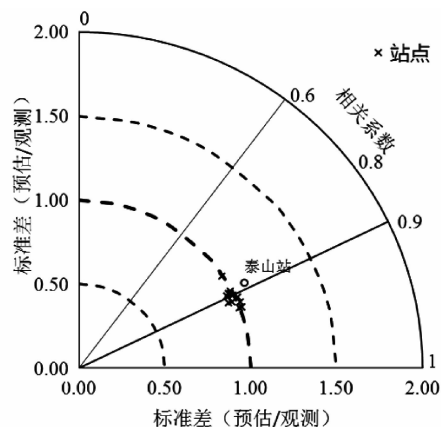


图2 站点观测值与模式预估值的泰勒图

## 2 结果与分析

### 2.1 模式预估数据与站点观测数据对比

为了验证NEX-GDDP数据的效果,将研究区内15个站点1976-2005年的逐日最高气温观测数据与站点所在格点的降尺度模式预估数据进行对比。从图2可以看出各个站点观测数据与模式预估数据相关系数都在0.9左右达到了极显著水平,且标准差的比值都在1附近,说明两个数据序列离散程度相当,模式降尺度数据很好的模拟出了当地的气候特点。此外,对各站点的观测数据与模式预估数据的概率密度曲线进行对比(图3),除了泰山站之外的所有站点观测数据与模式预估数据的概率密度曲线几乎重合,如图3a以兖州站为例,预估数据很好的模拟出了不同温度出现的概率,特别是两端的高温 and 低温部分,模拟效果好。图3b为泰山站,可以看出模拟值较观测值整体偏高,是由泰山站位于泰山顶海拔较高(1533.7 m)造成。由此可见NEX-GDDP数据集整体模拟效果很好,但局地小范围的地形起伏会对模拟结果造成一定影响。

### 2.2 日最高气温平均值的变化

图4中为各个时期不同排放情景下5-9月日最高气温的平均值,可以看出在空间上都呈现出东部沿海地区较低向西部内陆地区逐渐升高的趋势。1976-2005年的30年生育期日最高气温平均值最小为 $18.28^\circ\text{C}$ ;最大为 $31.11^\circ\text{C}$ ,山东全省平均为 $28.26^\circ\text{C}$ 。在未来近期,RCP4.5排放情景下,全省最小 $19.47^\circ\text{C}$ ,最大 $32.78^\circ\text{C}$ 全省平均 $29.70^\circ\text{C}$ ;RCP8.5排放情景下最小 $19.82^\circ\text{C}$ ,最大 $33.28^\circ\text{C}$ ,

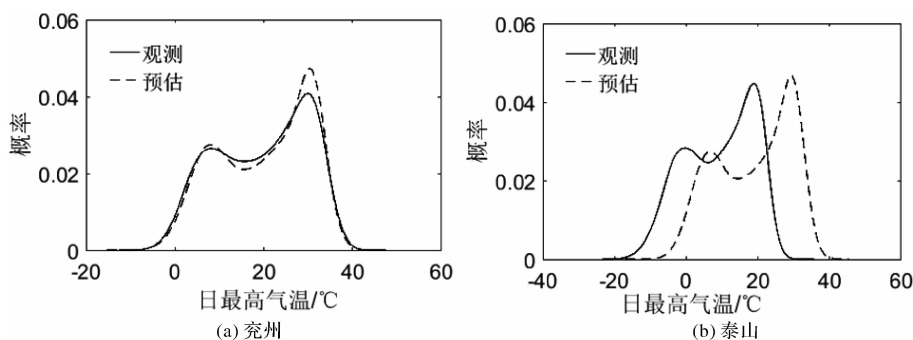


图3 站点观测数据与模式降尺度数据概率密度曲线

全省平均 30.27℃。在未来远期, RCP4.5 排放情景下, 最小 20.69℃, 最大 34.47℃, 全省平均 31.29℃; RCP8.5 排放情景下, 最小 22.31℃, 最大 36.96℃, 全省平均 33.46℃。可以看出在高排放情景下日最高气温增加更明显, 且西部地区较沿海地区增加幅度大。

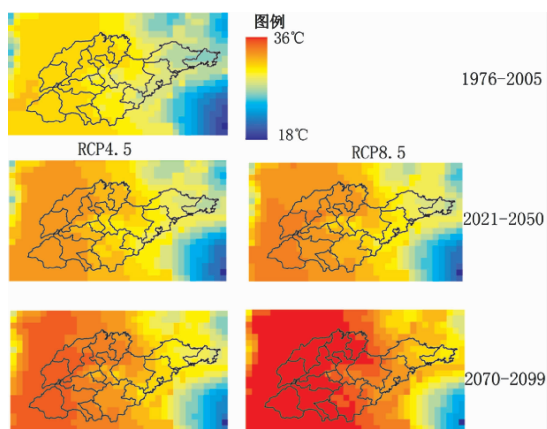


图4 不同时期不同排放情景下玉米生育期日最高气温平均值

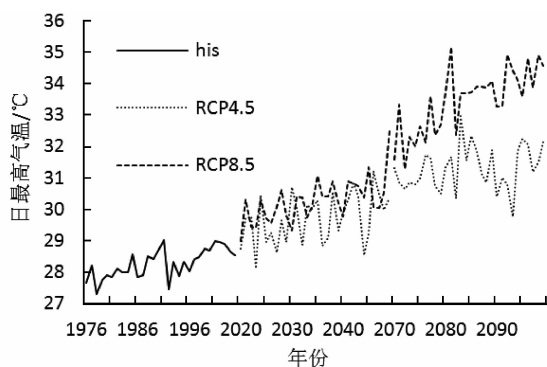


图5 日最高气温随时间变化情况

图5 为全省夏玉米生育期日最高气温平均值随时间变化情况。可以看出在未来近期两种情景下增加幅度都较低; 在未来远期增加迅速, 特别是在 RCP8.5 排放情景下。

### 2.3 极端高温日数的变化

图6 中为各个时期不同排放情景下玉米生育期内平均极端高温的日数, 1976 - 2005 年的 30 年生育期极端高温日数最高值出现在西部地区为 12.80 d, 极端高温日数向东部地区逐渐减小, 全省平均为 3.47 d。在未来近期 RCP4.5 排放情景下, 全省

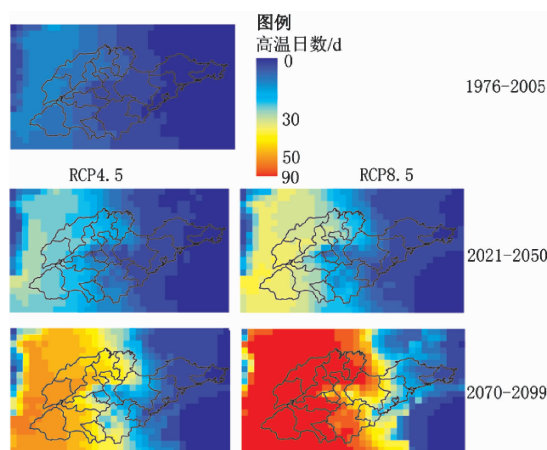


图6 不同时期、不同排放情景下玉米生育期平均极端高温日数分布

平均极端高温日数增加 1 ~ 2 倍, 最高达 28 d; RCP8.5 排放情景下全省平均增加 3 倍左右, 最高达 34.7 d。在未来远期 RCP4.5 和 RCP8.5 排放情景下, 相对于基准期全省平均分别增加 6 倍和 13 倍左右, 最大值分别为 54.57 d、89.03 d。特别是 RCP8.5 情景下近 2/3 的地区极端高温日数在 80 d 以上, 约占整个生育期长度的 50% 以上。

由图7 可以看出, 在 1976 - 2005 年期间, 极端高温日数没有明显的增加趋势, 在 10d 以下。在未来近期极端高温日数有所增加但幅度较小。在未来远期极端高温日数增加迅速, 特别是 RCP8.5 情景下。

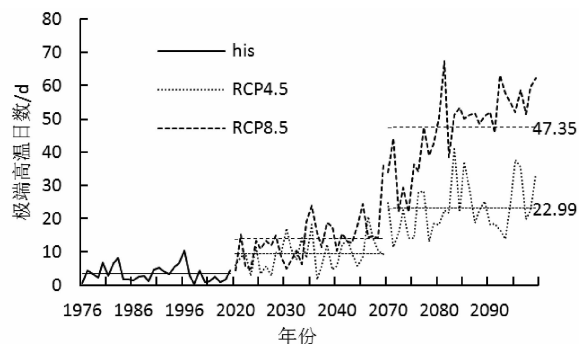


图7 不同时期内生育期极端高温日数随时间变化情况

## 3 结论与讨论

本文采用 NEX - GDDP 高时空分辨率降尺度气候情景数据, 分析中国山东地区 1976 - 2099 不同时

段夏玉米生育期日最高气温、极端高温日数的时空变化情况,具体结论如下。

(1) NEX-GDDP 数据对区域的近地面气温具有较好的模拟和预测效果,局地小范围的地形起伏会对结果有一定影响。Bao 和 Wen<sup>[6]</sup>的研究也显示该数据集具有较高的时空分辨率和精确度,对青藏高原、大型山脉、沿海等的边缘同样具有较好的模拟效果。

(2) 夏玉米生育期日最高气温在两个排放情景下都有随时间增大的趋势,特别是 RCP8.5 情景。西部内陆地区与东部沿海地区相比日最高气温较高且随时间增加幅度更大。

(3) 极端高温日数增加迅速,特别是 RCP8.5 排放情景下,在未来远期研究区超过半数地区超过 80 d,占生育期长度的 50%。势必会对玉米生长带来影响,有必要采取培育良种、更改耕种制度等措施。徐新创等人<sup>[16]</sup>采用 CMIP5 的五个 GCMs 的研究结果显示 2071-2099 年 RCP4.5、RCP8.5 排放情景下极端高温日数黄淮海地区平均为 37 d、73 d,要高于本研究的山东省平均日数 23 d、47 d。本研究山东省平均值包含了东部沿海地区及部分海上地区的极端高温日数的低值区,因而平均值较低。

## 参考文献:

- [1] 闫旖君,徐建新,肖恒. 2021-2050 年河南省夏玉米净灌溉需水量对气候变化的响应[J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(2): 138-148.
- [2] 张梦婷,张玉静,佟金鹤,等. 未来气候情景下冬小麦潜在北移区农业气候资源变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(3): 243-252.
- [3] 梁骏,刘一江,梁驹,等. PRECIS 对未来广西冬季农业气候资源变化的模拟分析[J]. 中国农业气象, 2015, 36(2): 119-128.
- [4] 刘永和,郭维栋,冯锦明. 气象资料的统计降尺度方法综述[J]. 地球科学进展, 2011, 26(8): 837-848.
- [5] Thrasher B, Maurer E P, McKellar C, et al. Technical note: bias correcting climate model simulated daily temperature extremes with quantile mapping[J]. Hydrol. Earth Syst. Sci., 2012, 16(9): 3309-3314.
- [6] BAO Y and WEN X Y. Projection of China's near- and long-term climate in a new high-resolution daily downscaled dataset NEX-GDDP[J]. J. Meteor. Res., 2017, 31(1): 236-249.
- [7] CHEN K, Horton R M, Bader D A. Impact of climate change on heat-related mortality in Jiangsu Province, China[J]. Environmental Pollution, 2017, 224: 317-325.
- [8] Thilakarathne M, Sridhar V. Characterization of future drought conditions in the Lower Mekong River Basin[J]. Weather and Climate Extremes, 2017(17): 47-58.
- [9] Ahmadalipour A, Moradkhania H, Svobodan M. Centennial drought outlook over the CONUS using NASA-NEX downscaled climate ensemble[J]. International Journal of Climatology, 2017, 37(5): 2477-2491.
- [10] 高峰. BCC-CSM1.1 年代际预测试验对温度的模拟评估[D]. 北京: 中国气象科学研究院, 2012.
- [11] 蒋帅,江志红,李伟,等. CMIP5 模式对中国极端气温及其变化趋势的模拟评估[J]. 气候变化研究进展, 2017, 13(1): 11-24.
- [12] Taylor K E. Summarizing multiple aspects of model performance in a single diagram[J]. J. Geophys. Res., 2001, 106(D7): 7183-7192.
- [13] 冯春梅,郭东,冯爱国. 不同温度对玉米产量的影响[J]. 现代农业, 2014(6): 48-49.
- [14] 刘哲,乔红兴,赵祖亮. 黄淮海夏播玉米花期高温热害空间分布规律研究[J]. 农业机械学报, 2015, 46(7): 272-279.
- [15] 李德,孙义,孙有丰. 淮北平原夏玉米花期高温热害综合气候指标研究[J]. 中国生态农业学报, 2015, 23(8): 1035-1044.
- [16] 徐新创,闫军辉,刘光旭. CMIP5 不同典型浓度情景下中国极端高温的时空变化[J]. 华中师范大学学报(自然科学版), 2017, 51(4): 548-555.

## Study of Spatio-temporal Characteristics of Extreme High Temperature during Corn Growing Season in Shandong Based on NEX-GDDP Downscaled Data

ZHANG Qi<sup>1,2</sup>, BU Lulei<sup>1</sup>, HU Zhenghua<sup>1,2,3</sup>, SHEN Yulin<sup>1</sup>, ZHANG Sujuan<sup>1</sup>,  
YIN Jin<sup>1</sup> and ZHANG Zhuang<sup>1</sup>

(1. College of Applied Meteorology, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044, China;  
2. Jiangsu Key Laboratory of Agricultural Meteorology, Nanjing 210044, China; 3. Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)

**Abstract:** Extreme high temperature events are becoming serious under climate change and this trend will continue. Based on the high spatio-temporal resolution dataset of NASA Earth Exchange (NEX) Global Daily Downscaled Projections (GDDP) and historical observation data, the spatio-temporal distribution characteristics of extreme high temperature events at present and potential climate change were studied. The results shown that, the average daily maximum temperature at each time period and emission scenarios was smaller in the eastern coastal area, and gradually increased to the western part of Shandong. Daily maximum temperature increased with time. This trend was more obvious under Representative Concentration Pathway (RCP) 8.5, and the temperature increased range was larger in western part than eastern part. The extreme high temperature days also had an increasing trend with time, especially under RCP8.5 during 2070-2099. Over half of Shandong the number of extreme high temperature days over 80. The NEX-GDDP dataset has a good performance. The extreme high temperature disaster will worsen, and summer corn will face a major threaten.

**Key words:** Extreme high temperature; NEX-GDDP; Corn growing season; Spatial-temporal characteristics; Different emission scenarios; Shandong