

# 气候变化情景下华北地区干热风的时空分布特征

刘玲<sup>1</sup>, 刘建栋<sup>1</sup>, 邬定荣<sup>1</sup>, 许吟隆<sup>2</sup>, 姜朝阳<sup>1</sup>

1. 中国气象科学研究院, 北京 100081
2. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所; 农业部农业环境与气候变化重点开放实验室, 北京 100081

**摘要** 干热风是影响华北地区冬小麦生长发育及产量形成的重大农业气象灾害之一。本文利用区域气候模式 PRECIS 生成的 A2 和 B2 情景下华北地区的逐日气象数据, 分析了 2011—2050 年共 40a 的干热风日数及分异规律。结果表明, 在 PRECIS 的预测中, 高排放 A2 情景下的干热风日数为 6.5d, 呈中西部偏高南北两侧及沿海偏低的趋势。除最南端的个别地方外, 大多数区域的干热风日数呈增加趋势, 增加最大速度为 0.145d/a; 中低排放 B2 情景下干热风日数为 6.0d, 区域分布趋势与 A2 情景的类似, 也呈中西部偏高南北两侧及沿海偏低的趋势。B2 情景下, 平原西南一带的干热风呈轻微下降趋势, 东北部则呈小幅增加的趋势, 但幅度小于 A2 情景。本研究对未来气候变化情景下干热风农业气象灾害的变化趋势进行了分析, 以期为区域未来的防灾减灾工作及相关政策的制定提供参考。

**关键词** 干热风; 华北地区; 未来气候变化; 区域分异; PRECIS

中图分类号 P49

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2012.19.002

## Temporal and Spatial Variations of Dry-hot Windy Days in North China Under the Condition of Climatic Change in the Future

LIU Ling<sup>1</sup>, LIU Jiandong<sup>1</sup>, WU Dingrong<sup>1</sup>, XU Yinlong<sup>2</sup>, JIANG Chaoyang<sup>1</sup>

1. Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China
2. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences; Key Laboratory of Agro-Environment & Climate Change, Ministry of Agriculture, Beijing 100081, China

**Abstract** Dry Hot Windy Day (DHWD) is one of the main agrometeorological disasters happened in north China area which could cause the serious yield loss of winter wheat. Using daily weather data created by RPECIS, which is the one of most widely used regional climate models developed by Hadley Center, DHWD in the future SRES A2 and B2 climate change scenarios is analyzed. Results show that PRECIS predicts DHWD for A2 scenario is 6.5 days/year, and is lower in coastal, north, and south areas, but higher in the middle west area. DHWD is increase in most areas except the far southern area, the maximum increase rate is 0.145 day/year; for B2 scenario, DHWD is 6.0 day/year, with similar regional distribution trend of A2, i.e., higher in the middle area and lower in the other areas. DHWD is slightly decrease in southwest area and a little increase in northeast area; however increase rate is much lower than that for A2. The trends and variations of DHWD in the future for both SRES A2 and B2 scenarios are analyzed. Results are able to serve as the argometeorological disaster prevention and reduction, and make the contribution to the relative policy making.

**Keywords** DHWD; north China area; future climatic change; regional variation; PRECIS

收稿日期: 2012-05-28; 修回日期: 2012-06-05

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2011BAD32B02); 中国气象科学研究院基本科研业务费重点项目(2009Z002)

作者简介: 刘玲, 高级工程师, 研究方向为农业气候资源及农业气象灾害, 电子信箱: niq@cams.cma.gov.cn; 刘建栋(通信作者), 研究员, 研究方向为生态模型, 电子信箱: liujd2001@263.net

## 0 引言

自工业革命以来,CO<sub>2</sub>浓度从 280ppm 增加到 372ppm,其他主要温室气体如 CH<sub>4</sub> 和 N<sub>2</sub>O 等也有大幅升高的趋势<sup>[1]</sup>。温室气体增加使得全球升温,这已成为一个学术界不争的事实。气候变化在引发全球变化的同时导致了一些极端天气事件频发,受此影响,近年来农业气象灾害时空变化特征也发生了明显改变<sup>[2]</sup>。中国是一个农业大国,虽然近年来国家投资进行了大量设施农业建设,但是对于小麦等主要粮食作物而言仍然未能摆脱大田种植方式,靠天吃饭的格局依然存在。气候变化背景下,农业气象灾害频发对于中国农业生产将产生何种影响,成为我国农业应对气候变化一个亟待解决的重大研究课题。

干热风是中国重大农业气象灾害之一,常发生于华北地区冬小麦开花及灌浆期。建国以来,中国农业气象工作者对干热风进行了大量研究。根据其发生、发展规律,干热风可分为高温低湿型和雨后青枯型,20 世纪 70 年代末至 80 年初,中国气象部门曾对干热风指标进行过较为系统的协作研究,并在灾害指标基础上完成了干热风气候区划<sup>[3]</sup>。此后,农业气象工作者对干热风的指标、预报方法、发生规律及致灾机制等进行了更加深入的研究,在干热风减灾措施方面也取得了相当大的进展<sup>[4-9]</sup>。上述研究成果对干热风灾害认识、了解和防御均起到了较大的推动作用,但是,这些研究均为利用历史气象数据进行的分析研究,目前有关未来气候变化背景下干热风发生发展规律研究则尚未见诸报道。

因此,本文拟利用区域气候模式 PRECIS 预测的 A2 和 B2 情景下 2011—2050 年逐日资料,对未来气候变化背景下华北地区干热风的总体分布情况进行较为系统的研究,以期揭示出未来气候变化背景下华北地区干热风区域变化特征和时间变化的趋势,为中国区域农业应对气候变化、实现区域可持续发展提供重要的科学指导。

## 1 资料与方法

已有对气候基准时段模拟结果分析表明,PRECIS 具有较强的模拟中国区域气候特征的能力<sup>[10-13]</sup>。因此,本文以华北地区为研究区域,利用由中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所许吟隆研究组提供的区域气候模式 PRECIS 输出的未来 SRES A2 和 B2 气候情景的资料,研究未来气候变化背景下华北地区干热风的时空分布特征。未来气候情景数据分 A2 和 B2 两种情景,每种情景为 2011—2050 年,都是逐日数据,其空间分辨率为 50km×50km。干热风主要分为高温低湿型和雨后青枯型两种,研究中干热风灾害指标严格执行中国气象局颁发的小麦干热风灾害等级标准<sup>[14]</sup>如下。

(1) 高温低湿型:最高温度 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ,14 时相对湿度 $\leq 30\%$ ,14 时 2m 风速 $\geq 3.0\text{m/s}$ 。

(2) 雨后青枯型:在一次小于 5mm 的降水过程之后,3d 内(含)14 时温度 $\geq 30^{\circ}\text{C}$ ,且风速 $\geq 3.0\text{m/s}$ 。

研究中采用 Origin 软件对各站点干热风时间变化特征进行了较为全面的趋势分析,并采用 ArcGIS 对干热风的区域分布进行了空间系统分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 干热风年均日数的空间分布

计算出各栅格点的年均干热风日数后,按栅格点的经纬度,利用地理信息系统,以反距离权重法插值,得到华北地区的年均干热风日数。图 1 是 A2 情景下华北地区干热风总日数的区域分布。

由图 1 可见,华北地区各站点的年均干热风日数变化在 0—12.4d 之间,平均值是 6.5d。年均干热风日数有明显的区域规律性,呈中部高尤其是中部偏西特别高而南北两侧低的趋势。德州、朝城以西的区域,年均干热风总日数都在 11d 以上。沧州、德州、朝城一带也是干热风的高发区域。平原南部最少,赣榆、阜阳一带以南的区域,年平均日数都在 1d 以下,最南端个别区域甚至没有。此外,山东沿海一带也是干热风的少发区域。

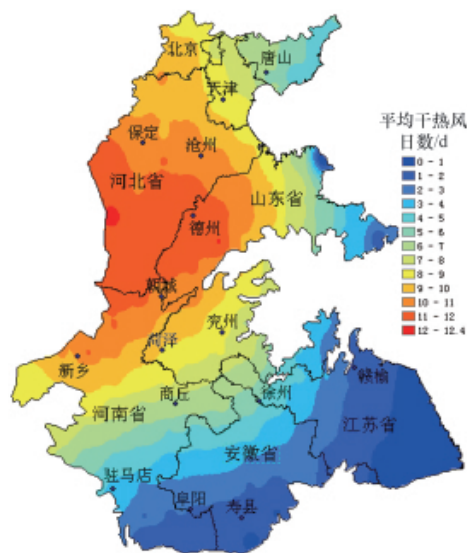


图 1 A2 情景下华北地区 2011—2050 年间平均干热风日数

Fig. 1 Averaged DHWD in north China area during the period of 2011—2050 for A2 scenario

图 2 是 B2 情景下华北地区干热风总日数的区域分布。由图 2 可见,干热风总日数变化在 0—12.7d 之间,平均为 6.0d。区域分布趋势与 A2 情景下的类似,都是平原中部高南北两侧低,最大值同样出现在河北省西部,约为 11d 以上,最低值出现在江苏和安徽,仅为 0—1d。但与 A2 情景相比,B2 干热风日数高值区域大大缩小,低值区大大增加,表明 B2 情景下的干热风日数比 A2 情景下的低。

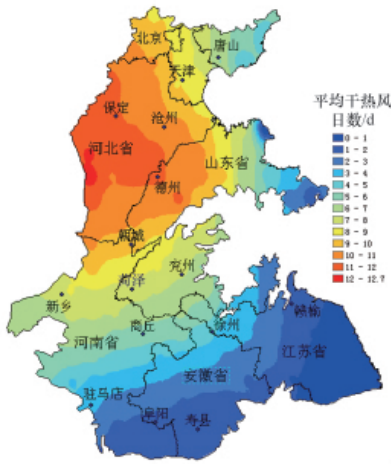


图 2 B2 情景下华北地区 2011—2050 年间平均干热风日数

Fig. 2 Averaged DHWD in north China area during the period of 2011—2050 for B2 scenario

2.2 A2 和 B2 情景下干热风年均日数随时间的变化

将一年内所有站点的干热风日数累计并求其平均值,按时间序列绘图,如图 3 所示,A2 情景下华北地区的干热风日数总体上呈明显的上升趋势,直线斜率为 0.0594,且波动加剧,标准差为 5.2d。在 CO<sub>2</sub> 高排放的假设下,气温将进一步上升,且波动加剧,导致干热风日数进一步增加,波动也随之增加。在 B2 情景下,干热风日数呈略微增加,直线斜率仅为 0.0024,标准差略小于 A2 情景,为 4.8d。

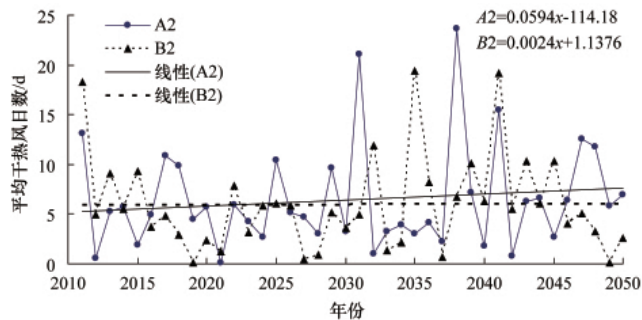


图 3 A2 和 B2 情景下华北地区平均干热风日数  
Fig. 3 Comparison between two kinds of scenarios for DHWD in north China

取各栅格 2011—2050 年的逐年干热风日数,逐栅格求其线性回归系数并绘制成图,用以表征区域干热风的增减趋势。图 4 是 A2 情景下华北地区干热风总日数线性回归的斜率。由图 4 可见,区域的值变化在-0.004 到 0.145 之间,平均值为 0.0594。绝大多数栅格所在处的干热风日数都在增加,在总共 162 个栅格中,仅有位于江苏南部 2 个栅格的干热风日数呈微弱下降趋势。增幅最大的是华北地区中部偏东,即河北沧州、山东德州和济南一带,其直线回归斜率为 0.10 以上。

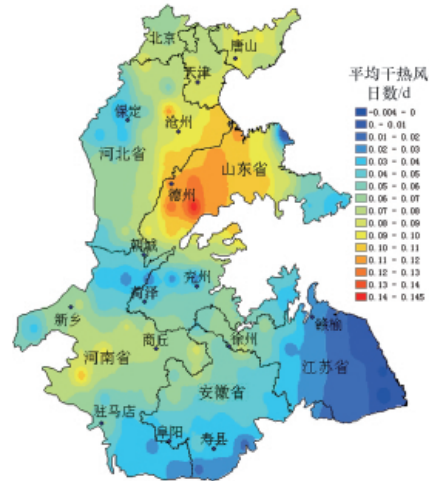


图 4 A2 情景下华北地区干热风日数线性回归的斜率  
Fig. 4 Slope of linear regression for DHWD in north China area for A2 scenario

图 5 是 B2 情景下华北地区干热风总日数线性回归的斜率。由图 5 可见,分西南和东北两大区域,平原西南区域的干热风呈下降趋势,而东北一带则呈增加的趋势。区域的值变化在-0.065 到 0.08 之间,平均值为 0.0024,呈负值的区域略小于呈正值的区域。这表明在 B2 变化情景下,华北地区西南一带的干热风将呈下降趋势,而东北一带将呈上升趋势,其中上升的幅度略大于下降的幅度,因此从整体来说平原的干热风日数还将呈略微上升的趋势,但增幅远小于 A2 情景。

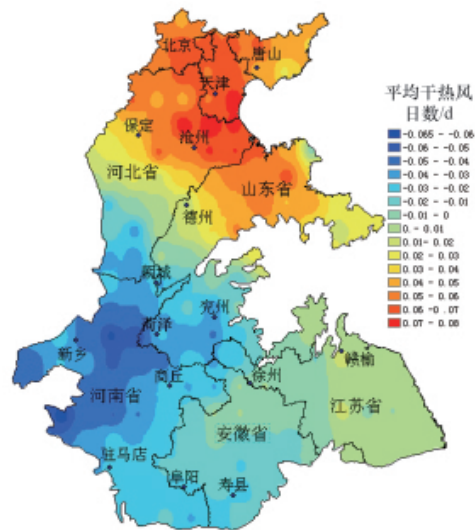


图 5 B2 情景下华北地区干热风总日数线性回归的斜率  
Fig. 5 Slope of linear regression for DHWD in north China area for B2 scenario

A2 与 B2 情景下干热风日数的不同和区域变化趋势的分离,表明未来气候变化导致干热风日数的变化存在较大的不确定性。以平原西南角的河南省为例,A2 情景表明该区域的干热风日数呈上升趋势,而在 B2 情景下则呈较大幅度的下

降,二者差异较大。因此,未来华北地区干热风的变化趋势,将在很大程度上取决于温室气体的排放情况,如果是B2情景的中低排放,总体上干热风日数则有望降低,如果是A2情景的高排放,干热风大幅增加的可能性将大为提高。

### 3 结论与讨论

本文根据中国气象局干热风的气象行业标准,利用区域气候模式PRECIS生成的A2和B2情景下华北地区的逐日气象数据,分析了2011—2050年干热风日数及区域分布,主要结论和讨论如下:

(1) 在2011—2050年间,A2情景下年均干热风日数变化在0—12.4d之间,平均值是6.5d,呈中部高尤其是中部偏西特别高而南北两侧低的趋势;B2干热风日数变化在0—12.7d之间,平均为6.0d,分布趋势与A2类似但高值区大大缩小而低值区大为增加。因此高排放的情景比低排放情景具有更高的干热风日数。

(2) A2情景下华北地区的干热风日数总体上呈明显的上升趋势,增加速率为0.0594,标准差为5.2d,高于B2情景下的0.0024和4.8d,表明高排放的情景比低排放情景具有高的干热风日数增加速率及更大年际的波动。

(3) A2情景下华北地区绝大多数区域的干热风呈增加趋势,增加最高是河北沧州、山东德州和济南附近的区域。B2情景下西南一带的干热风将呈下降趋势,而东北一带将呈上升趋势,其中呈上升趋势的面积略大于呈下降趋势的面积。

(4) 研究表明,未来气候变化情景下的干热风日数具有很大的不确定性,依排放情景的高低,干热风呈不同的增减趋势,且区域分异规律也不同,一般是高排放导致干热风日数增加,年际波动加剧,低排放可导致很多区域干热风日数减少,波动降低。降低或将温室气体含量维持在现有水平,将可能有助于减轻干热风对冬小麦生长的影响。

(5) 在对未来气候变化的预测上,不同区域气候模式的预测结果不尽相同。PRECIS模型是新型动力降尺度的区域气候模式,对中国区域的模拟较好,已在国内得到广泛应用。虽然模式的预测结果还存在一些的问题,但该模式仍在持续改进中,未来利用改进后的模式再进行分析研究,将在一定程度上降低结果的不确定性。

### 参考文献 (References)

- [1] 气候变化国家评估报告编写委员会. 气候变化国家评估报告 [M]. 北京: 科学出版社, 2007: 422.  
Committee of China's National Assessment Report on Climate Change. China's national assessment report on climate change [M]. Beijing: Science Press, 2007: 422.
- [2] 王春乙, 刘建栋, 郭建平, 等. 中国重大农业气象灾害研究 [M]. 北京: 气象出版社, 2010.  
Wang Chunyi, Liu Jiandong, Guo Jianping, et al. Research on China's main agrometeorological disasters [M]. Beijing: China Meteorological

Press, 2010.

- [3] 北方十三省(市)小麦干热风科研协作组. 小麦干热风伤害机理的研究 [J]. 作物学报, 1984, 10(2): 105-112.  
The Cooperated Research Group on Dry-hot-wind Injury in Wheat in Thirteen Provinces and Municipalities in North China. *Acta Agronomica Sinica*, 1984, 10(2): 105-112.
- [4] 王春乙, 潘亚茹, 季贵树. 石家庄地区干热风年型指标分析及统计预测模型[J]. 气象学报, 1991, 49(1): 104-107.  
Wang Chunyi, Pan Yaru, Ji Guishu. *Acta Meteorologica Sinica*, 1991, 49(1): 104-107.
- [5] 曹玲, 窦永祥. 河西走廊中部干热风气候特征分析及其预报方法[J]. 干旱地区农业研究, 1997, 15(3): 96-102.  
Cao Ling, Dou Yongxiang. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 1997, 15(3): 96-102.
- [6] 刘静, 马力文, 张晓煜, 等. 春小麦干热风灾害监测指标与损失评估模型方法探讨——以宁夏引黄灌区为例 [J]. 应用气象学报, 2004, 15(2): 217-225.  
Liu Jing, Ma Liwen, Zhang Xiaoyu, et al. *Quarterly Journal of Applied Meteorology*, 2004, 15(2): 217-225.
- [7] 尤凤春, 郝立生, 史印山, 等. 河北省冬麦区干热风成因分析 [J]. 气象, 2007, 33(3): 95-100.  
You Fengchun, Hao Lisheng, Shi Yinshan, et al. *Meteorological Monthly*, 2007, 33(3): 95-100.
- [8] 邓振镛, 张强, 倾继祖, 等. 气候暖干化对中国北方干热风的影响[J]. 冰川冻土, 2009, 31(4): 664-671.  
Deng Zhenyong, Zhang Qiang, Qing Jizu, et al. *Journal of Glaciology and Geocryology*, 2009, 31(4): 664-671.
- [9] 陈怀亮, 邹春辉, 付祥建, 等. 河南省小麦干热风发生规律分析 [J]. 自然资源学报, 2001, 16(1): 59-64.  
Chen Huailiang, Zou Chunhui, Fu Xiangjian, et al. *Journal of Natural Resources*, 2001, 16(1): 59-64.
- [10] 许吟隆, 张勇, 林一骅, 等. 利用PRECIS分析SRES B2情景下中国区域的气候变化响应[J]. 科学通报, 2006, 51(17): 2068-2074.  
Xu Yinlong, Zhang Yong, Lin Yihua, et al. *Chinese Science Bulletin*, 2006, 51(17): 2068-2074.
- [11] 熊伟, 许吟隆, 林而达, 等. 两种温室气体排放方案下我国水稻产量变化模拟[J]. 应用生态学报, 2005, 16(1): 65-68.  
Xiong Wei, Xu Yinlong, Lin Erda, et al. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2005, 16(1): 65-68.
- [12] 赵俊芳, 郭建平, 马玉平, 等. 气候变化背景下我国农业热量资源的变化趋势及适应对策[J]. 应用生态学报, 2011, 21(11): 2922-2930.  
Zhao Junfang, Guo Jianping, Ma Yuping, et al. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2011, 21(11): 2922-2930.
- [13] 陈超, 潘学标, 张立祯, 等. 气候变化对石羊河流域棉花生产和耗水的影响[J]. 农业工程学报, 2011, 27(1): 57-65.  
Chen Chao, Pan Xuebiao, Zhang Lizhen, et al. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2011, 27(1): 57-65.
- [14] 中国气象局政策法规司. 气象行业标准汇编 [M]. 北京: 气象出版社, 2007: 547-555.  
Department of Policy and Regulations, Chinese Meteorological Administration. Assembly of meteorological industry standard [M]. Beijing: China Meteorological Press, 2007: 547-555.

(责任编辑 岳臣)