

# 气候变化对中国北方作物需水量影响分析

马筱建, 杨素苗, 石海强, 秦立者, 杜纪壮, 徐国良, 尼群周, 段鹏伟\*

河北省农林科学院石家庄果树研究所, 河北 石家庄  
Email: maxiaojian1992@foxmail.com, \*sgsdpw@163.com

收稿日期: 2020年10月2日; 录用日期: 2020年10月14日; 发布日期: 2020年10月21日

## 摘要

全球气候变化及其可能造成的影响已成为世界各国普遍关注与重视的热点问题。我国北方地区水资源紧张, 澄清气候变化对作物需水影响十分重要。但目前对气候变化影响作物需水情况的结论不甚一致, 甚至互相矛盾, 因此, 本文对有关研究资料进行了搜集和分析, 以期明确气候变化对北方作物需水的影响特征。分析的主要结论: 1) 北方不同地区不同作物的需水量对气候变化响应不同, 在华北地区, 主要作物的需水量变化不确定或继续呈下降趋势, 西北主要呈上升趋势, 东北则上升和下降情况均有; 2) 华北作物需水量减少的气象原因主要是日照时数减少和风速下降影响; 3) 随着温室效应加剧, 气温变化对作物需水量的影响也存在不确定性, 可能增大也可能减少; 4) 气候变化对水资源和水分利用的影响是多方面的, 应该全面考虑作物的需水和农业生产技术的进步等因素进行分析, 避免采用单一要素, 得到的研究结果才会客观。

## 关键词

气候变化, 作物需水量, 影响, 北方地区

# An Analysis of the Influence of Climate Change on Crop Water Requirement in Northern Regions of China

Xiaojian Ma, Sumiao Yang, Haiqiang Shi, Lizhe Qin, Jizhuang Du, Guoliang Xu, Qunzhou Ni, Pengwei Duan\*

Shijiazhuang Fruit Research Institute, Hebei Academy of Agriculture and Forestry, Shijiazhuang Hebei  
Email: maxiaojian1992@foxmail.com, \*sgsdpw@163.com

Received: Oct. 2<sup>nd</sup>, 2020; accepted: Oct. 14<sup>th</sup>, 2020; published: Oct. 21<sup>st</sup>, 2020

\*通讯作者。

文章引用: 马筱建, 杨素苗, 石海强, 秦立者, 杜纪壮, 徐国良, 尼群周, 段鹏伟. 气候变化对中国北方作物需水量影响分析[J]. 农业科学, 2020, 10(10): 798-802. DOI: 10.12677/hjas.2020.1010122

## Abstract

Global warming and its impacts have always been at the centre of world concern. The water resources are short in the northern regions of China, so clarifying the influence of climate change on crop water requirement is necessary. But there were disputes over the influence and some were opposite. In order to clarify the issue, related publications were collected and analyzed. The following conclusion was made: 1) In the north part of China, the influence of climate change on crop water requirement varied with regions and crops. In North China, main crop water requirements were uncertain or likely kept the reduced trend, but in Northeast China the trend tended to increase; in Northwest China, some crops or some areas showed reduced trend while some other areas or crops showed increased; 2) The main causes for the reduction in crop water requirement caused by climate change were due to the reduction in wind speed and sunshine hours; 3) With the increase of "greenhouse effect", the crop water requirement influenced by rising temperature was uncertain, which might be greater or be less; 4) The influences of climate change on crop water requirement were multiple. When judging the situation of the water resources of a region impacted by climate change, it would be appropriate to consider both the crop water consumption and technological progress and try to avoid using single climate factor.

## Keywords

Climate Change, Crop Water Consumption (Requirement), Influence, North Region

Copyright © 2020 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

全球升温已是显而易见事实, 并且极端天气越来越多, 热带地区降水量增多, 而干旱及荒漠地区降水更少[1]。在过去的 100 年间, 全球平均气温已升高  $0.6^{\circ}\text{C}\sim 0.7^{\circ}\text{C}$ , 而且最温暖的时间段都在 20 世纪 90 年代以后。越来越多的现象表明, 人类活动排放的温室气体在全球变暖这一变化中起着关键作用[2]。人们对未来气候变化所带来的影响十分关注, 农业遭受的影响首当其冲, 很多国家和地区都对此做了认真研究, 以便及时采取对策对农业做出相应调整。

气候变化主要影响降水和蒸发, 它们与土壤水之间存在着相应的平衡关系, 同时, 湿度和风速等变量也与气温的变化有一定的联系[3], 作物的需水量会受到各种因素的交互影响, 因此从这种趋势上看, 气候变化会影响和改变未来作物的需水格局。全球气候变化背景下, 降水、温度的变化会对作物需水产生什么样的影响, 作物需水将会如何变化, 将直接影响作物生产, 从而关系到我国粮食安全。因此, 研究气候变化条件下的作物需水变化规律, 揭示作物需水对气候变化的响应机理, 对于更好地评价气候变化对作物生产的影响, 减少气候变化对作物生产的负面影响, 保障中国粮食安全具有重要的科学意义。

很多人对于气候变化对作物需水量影响进行了研究, 但得出的结果并不一致, 本文就这方面的研究进行了梳理。

## 2. 作物需水量及其计算方法

作物需水量作为衡量农作物水分供应状况的一种指标平衡的重要参量, 联合国粮农组织(FAO)定义作

物需水量为“一种作物生长在开阔的田地中,土壤条件(水、肥)不受限制,在给定的生长环境中充分发挥生产潜力的状况下,满足作物蒸散耗水所需的水分”。

对作物需水量的计算,几十年以来都是农业上研究的重点问题,其计算方法多种多样。有经验公式法[4]、水量平衡法[5]、能量平衡法[6]、作物系数法[7]和地学方法[8]等。

### 3. 北方不同区域作物对气候变化的响应

#### 3.1. 华北地区

华北地区指西南部以黄河为界,北起滦河流域,东临渤海与黄海,包括京津两市、河北、山西两省和豫北、鲁北及胶东地区,华北地区处于东亚季风区,是我国重要的粮棉主要产区之一。据资料统计[9],华北地区小麦、玉米、棉花播种面积分别占全国总播种的 56.7%、37.7%、37.5%,相应产量分别占全国总产的 46.9%、35.4%和 42.4%。播种面积和产量均居全国首位,但华北地区水资源短缺,干旱频发,农业用水占比很高。

刘晓英,林而达[10]等认为不同作物的需水量对气候变化的响应程度不同。其中冬小麦的需水量的受影响最大,其次是棉花,而夏玉米受影响很小。气候变化对作物需水量的影响也存在地域性差异,其中济南受影响最大。未来气候变化将使华北地区本就缺水的农业条件雪上加霜。

而周迎平[11]等提出了不同观点,指出棉花、小麦、花生和玉米的需水量都呈现减少的趋势,其分析了各气象因子与需水量的相关性发现:作物需水量与平均风速呈现显著正相关的关系,由于平均风速的下降,一定程度上抵消了因其他气象因子变化引起的需水量增加趋势,使主要作物生育期的需水量减少。

“阎苗渊[12]等通过实验研究得出玉米、棉花、花生和水稻作物需水量均显著减少的结论。小麦和油菜的作物需水量增加但不显著,各类作物灌溉需水量变化均不显著。作物需水量主要影响因子是日照时数(正相关:玉米、棉花、花生和水稻与日照时数相关系数分别为 0.86、0.82、0.81 和 0.82,并均达到极显著水平)、平均相对湿度(负相关:玉米、棉花、花生和水稻与平均相对湿度相关系数分别为-0.55、-0.58、-0.58 和-0.53,并均达到极显著水平);作物灌溉需水量的主要影响因子为降雨量(负相关:玉米、棉花、花生、水稻、小麦和油菜分别为-0.84、-0.87、-0.86、-0.89、-0.86 和-0.85,并均达到极显著水平)。

邢万秋等[13]研究未来气候情景下华北的海河流域参考蒸发蒸腾量预测也为增加趋势,但过去 50 年虽然气温升高但蒸散量主要呈减少趋势。因此气候变化对华北作物需水影响存在不确定性,考虑历史实际情况,很可能维持降低趋势。

#### 3.2. 西北地区

西北地区的水资源极度匮乏,而西北干旱区农田灌溉占用水总量的很大比例,近些年来随着社会经济的发展、人口的增长,耕地面积进一步扩大,对水资源的需求也进一步增加。水资源已经成为西北干旱地区经济与社会发展的主要限制条件。

王鹤龄等[14]在极端干旱区敦煌和干旱区武威,通过假定不同的温度情景对该区主要作物需水量进行了研究,得出气候变化对不同作物需水量的影响程度不同的结论,其中对棉花和玉米的影响最大,对小麦的影响次之,其均呈现不同程度的增加。气候变化将使河西绿洲灌区农业用水的供需矛盾更加突出。

王新华,李应海等[15]利用增量情景法和大气环流模型(GCMs)模拟气候因素,研究了未来气候变化对张掖地区主要农作物需水量的影响。结果表明,在增量气候情景下,作物的需水量与温度呈线性正比例关系,气温每升高 1℃,作物需水量预计增加 4%~4.5%,其中春小麦的相对增幅最大、而夏玉米的绝对增幅最大。

范文波等[16]研究了未来石河子垦区气温分别上升 1℃和 2℃对主要作物需水量的影响。结果表明随气温上升,棉花、玉米、春小麦和冬小麦四种作物需水总量显著增加,且灌溉次数有所增加,尤其气温上升 2℃时,四种作物都会增加 1~2 次灌溉。

### 3.3. 东北地区

中国东北三省是中国玉米的主产区和重要的商品粮基地,近年来,由于气候变暖和不合理的土地资源利用,导致水资源短缺,限制了本地区农业的发展;另外,东北三省处于高纬度地区,是气候变化敏感区,气候变化响应更加明显,因此探讨其需水量变化问题更具有重要的现实意义[17]。

张建平[18]在对中国东北三省近 26 年来生育期内参考作物蒸散量的变化和玉米需水量的基础上,模拟未来气候情景,探讨了在此气候条件下中国东北三省玉米需水量的变化趋势。结果显示东北三省玉米需水量距平百分率大多表现为增加的趋势。不同地理环境及气候差异下,各地空间分布上也不尽相同。增量情景法能够给出不同作物需水对温度增加的敏感性和相关关系,但这种人为假定的温度增加并不能反映出气候因子变化的大气环境物理基础。

## 4. 影响要素分析

以上方法中有很多方法是通过气候的变化趋势对作物需水量变化进行分析。趋势分析对于认识作物需水量变化规律具有重要意义,然而在机理方面存在着不足,难以预测未来气候变化带来的影响。增量情景分析主要是通过假定未来温度变化情景下模拟作物需水量的变化[19],具有一定的参考价值。

计算参照作物需水量的方法有很多种,比如有部分研究选择了只需要温度资料就能计算参照作物耗水量的 Hargreaves 公式[20],如下所示:

$$ET_0 = 0.0023 Ra * (T + 17.8) * (T_{\max} - T_{\min})^{0.5}$$

上式中:  $ET_0$  为参考作物需水量;  $T$  为平均温度;  $T_{\max}$  为最高温度;  $T_{\min}$  为最低温度;  $Ra$  为大气边缘太阳辐射。

即使在此经验公式的基础上进行了修正,但考虑的因素只有气温和降雨变化,得出气候变暖使作物需水量显著增加的结论。这样显得片面,即使在气温增加和降雨减少的情况下,日照和风速同时也对研究结果产生了重要影响。这也是很多关于华北地区的研究出现了很多需水量减小情况的重要原因。此外,由参考作物蒸散量来计算作物实际需水量时,作物系数法是重要方法之一,已有的研究很多是参考 FAO 推荐的作物系数,在我国这个系数未必适用,由此得出的结论会存在一定的误差。在估测作物需水量时,不要只考虑  $ET_0$  还需要同时考虑降雨。计算  $ET$  与降雨的差较合理。如康西言等[21],使用全生育期蒸降差计算水分亏缺程度。

## 5. 结论与讨论

1) 通过研究分析,北方不同地区不同作物的需水量对气候变化产生了不同的响应。对华北地区而言,主要作物的需水量变化不确定性较大,可能继续保持下降趋势;而东北主要作物需水量上升和下降情况参半;西北地区主要呈现上升趋势。

2) 当前,温室效应加剧,气温升高,极端灾害的发生也应该成为我国农业生产和发展考虑的重要因素[22]。气温的升高,导致作物蒸发量加大,抑制其对  $CO_2$  的吸收,影响了光合作用的进行,理论上使作物耗水量加大。而气温升高,导致农作物的生育期缩短,生长量减少,而可能导致全生育期需水量减少。因此,气温变化对作物需水量的影响不能只从单方面考虑[23][24]。

3) 对华北作物而言,全生育期需水量减少的气象原因主要是日照时数减少和风速下降,最低气温也

对其有一定程度影响。随着气候变暖,全球有些地区出现了水面蒸发和参考作物蒸发下降的趋势[22][23]。

4) 气候变化对作物需水量的影响是多方面的。因此,在研究气候变化对作物需水量的影响时,不能仅从水分供需的角度考虑,而应该全面考虑作物的生长发育和各项生理指标以及品质的影响,这样才能避免得出片面的结论。只有不断加强研究,对气候变化进行科学细致的分析,才能及早防范,更好地促进农业的发展,更好地造福于社会和人民。

## 参考文献

- [1] Broecker, W.S. (2006) Global Warming: Take Action or Wait. *Journal of Chinese Science Bulletin*, **51**, 1018-1029. <https://doi.org/10.1007/s11434-006-1017-4>
- [2] 林而达. 气候变化与农业可持续发展[M]. 北京: 北京出版社, 2001.
- [3] Komuscu, A.U., Erkan, A. and Oz, S. (1998) Possible Impacts of Climate Change on Soil Moisture Availability in the Southeast Anatolia Development Project Region: An Analysis from an Agricultural Drought Perspective. *Climate Change*, **40**, 519-545. <https://doi.org/10.1023/A:1005349408201>
- [4] 康绍忠. 估算水面蒸发量的一种热力学方法[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 1987(1): 30-34.
- [5] 龚雪文, 刘浩, 孙景生, 张昊, 马筱建, 王万宁. 日光温室番茄不同空间尺度蒸散量变化及主控因子分析[J]. 农业工程学报, 2017, 33(8): 166-175.
- [6] 胡顺军, 潘渝, 康绍忠, 宋郁东, 田长彦. Penman-Monteith 与 Penman 修正式计算塔里木盆地参考作物潜在腾发量比较[J]. 农业工程学报, 2005, 21(6): 30-35.
- [7] 龚雪文, 刘浩, 孙景生, 马筱建, 王万宁, 崔永生. 基于双作物系数法估算不同水分条件下温室番茄蒸发蒸腾量[J]. 应用生态学报, 2017, 28(4): 1255-1264.
- [8] 宋妮, 孙景生, 王景雷, 陈智芳, 刘祖贵, 等. 河南省冬小麦需水量的时空变化及影响因素[J]. 应用生态学报, 2014, 25(6): 1693-1700.
- [9] 吴景社, 李英能. 我国 21 世纪农业用水危机与节水农业[J]. 农业工程学报, 1998, 14(3): 95-101.
- [10] 刘晓英, 林而达. 气候变化对华北地区主要作物需水量的影响[J]. 水利学报, 2004, 35(2): 77-82.
- [11] 周迎平, 胡正华, 崔海玲, 陈书涛, 师丽魁. 1971-2010 年气候变化对河南省主要作物需水量的影响[J]. 南京信息工程大学学报(自然科学版), 2013, 5(6): 515-521.
- [12] 阎苗渊, 马细霞, 等. 气候变化对人民胜利渠灌区作物灌溉需水量影响分析[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(4): 64-66, 75.
- [13] 邢万秋, 王卫光, 邵全喜, 杨慧, 彭世彰, 余钟波, 杨涛. 未来气候情景下海河流域参考蒸发蒸腾量预估[J]. 应用基础与工程科学学报, 2014(2): 239-251.
- [14] 王鹤龄, 牛俊义. 气候变暖对河西走廊绿洲灌区主要作物需水量的影响[J]. 草业学报, 2011, 20(5): 245-251.
- [15] 王新华, 李应海, 王建雄. 气候变化对张掖地区作物需水量的影响[J]. 人民黄河, 2007, 29(10): 61-62.
- [16] 范文波, 刘兵, 韩志全, 等. 气候变暖对石河子垦区主要作物需水量的影响[J]. 灌溉排水学报, 2013, 32(6): 38-40.
- [17] 陈玉民, 郭国双, 王广兴. 中国主要作物需水量与灌溉[M]. 北京: 水利电力出版社, 1995.
- [18] 张建平, 王春乙, 杨晓光, 赵艳霞, 刘志娟, 王靖, 陈艳英. 未来气候变化对中国东北三省玉米需水量的影响预测[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 50-55.
- [19] 王卫光, 彭世彰, 等. 气候变化对作物灌溉需水的影响研究进展及评述[C]//中国农业工程学会. 全国农业水土工程第六届学术研讨会论文集, 2010: 234-242.
- [20] 杨蕊, 伍靖伟, 王龙, 余航. Hargreaves 法在滇中地区的应用及改进[J]. 节水灌溉, 2018(4): 82-87 + 91.
- [21] 康西言, 李春强. 河北省冬小麦生育期蒸降差的时空变化及其原因分析[J]. 中国农业气象, 2010, 31(2): 261-266.
- [22] 刘芳圆, 肖嗣荣, 刘寒, 穆仲义. 河北地区气候变化及其对农业的影响[J]. 地理与地理信息科学, 2014, 30(4): 122-126.
- [23] Peterson, T.C., Golubev, V.S. and Groisman, P.Y. (1995) Evaporation Losing Its Strength. *Nature*, **377**, 687-688. <https://doi.org/10.1038/377687b0>
- [24] Roderick, M.L. and Farquhar, G.D. (2002) The Cause of Decreased Pan Evaporation over the Past 50 Years. *Science*, **298**, 1410-1411.