

# Impact of Climate Change on Crop Production and Its Coping Strategy\*

Can Chen<sup>1</sup>, Huang Huang<sup>1</sup>, Chunyun Guan<sup>1</sup>, Fu Chen<sup>2</sup>, Maosong Li<sup>3</sup>

<sup>1</sup>College of Agronomy, Hunan Agricultural University, Changsha

<sup>2</sup>College of Agronomy and Biotechnology, China Agricultural University, Beijing

<sup>3</sup>Institute of Agro-Environment and Sustainable Development Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing

Email: [CC973@126.com](mailto:CC973@126.com), [hh863@126.com](mailto:hh863@126.com), [Guancy2011@aliyun.com](mailto:Guancy2011@aliyun.com), [chenfu@cau.edu.cn](mailto:chenfu@cau.edu.cn), [Lims@cjac.org.cn](mailto:Lims@cjac.org.cn)

Received: Sep. 14<sup>th</sup>, 2014; revised: Oct. 20<sup>th</sup>, 2014; accepted: Nov. 5<sup>th</sup>, 2014

Copyright © 2015 by authors and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

---

## Abstract

Climate change is recognized as one of the major global environmental problems by the international community, and it is also the attention focus of the scientific research. Climate change has great influence to each aspect of natural and human social, at the same time affect the food and all crop production, and it is related to the national economic development and social stability of the global important strategy problem. The impact and coping strategies results of climate change on crop production studied by field survey, experience and paper collection showed that: the climate change had both advantageous and disadvantageous on food security and main crops production. The disadvantageous were more unstable. In order to adapt to and cope with climate change, researchers must form the integrated system which built up with strategies, theory, methods, techniques etc., and must design programs from the top-level of agriculture to establish scientific system, technology system and production system for crop production.

## Keywords

Climate, Change, Crop Production, Impact, Strategy, Scientific System, Technology System, Production System

---

# 气候变化对农作物生产的影响与应对策略\*

陈 灿<sup>1</sup>, 黄 璜<sup>1</sup>, 官春云<sup>1</sup>, 陈 阜<sup>2</sup>, 李茂松<sup>3</sup>

\*中国工程院“作物科学应对气候变化的对策和措施研究”课题组。本文是课题组的集体成果，作者系执笔人。

<sup>1</sup>湖南农业大学农学院，长沙

<sup>2</sup>中国农业大学农学与生物技术学院，北京

<sup>3</sup>中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所，北京

Email: [CC973@126.com](mailto:CC973@126.com), [hh863@126.com](mailto:hh863@126.com), [Guancy2011@aliyun.com](mailto:Guancy2011@aliyun.com), [chenfu@cau.edu.cn](mailto:chenfu@cau.edu.cn), [Lims@cjac.org.cn](mailto:Lims@cjac.org.cn)

收稿日期：2014年9月14日；修回日期：2014年10月20日；录用日期：2014年11月5日

## 摘要

气候变化是国际社会公认的最主要的全球性环境问题之一，也是当今科学研究关注的焦点。气候变化影响粮食与所有农作物生产，研究影响的形成与应对策略是关系到我国国民经济发展、社会稳定的全局性重大战略问题。采用实地考察、经验总结、文献调研的方法研究气候变化对我国主要作物生产的影响及应对策略，获得有价值的结果和结论：气候变暖将影响我国粮食安全和主要农作物生产，有利有弊。但相对于利，弊有更强的不确定性。为了适应气候变化，应对气候变化，必须从策略、理念、方法、技术等方面形成相应的体系，从农业顶层设计，在作物领域建立应对气候变化的科学体系、技术体系以及生产体系。

## 关键词

气候，变化，作物生产，影响，对策，科学体系，技术体系，生产体系

## 1. 引言

人类的产生、发展都伴随着气候的变化，而且受制于气候变化。特别是当代，还必须同时面临资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势，生存成本显著增加，发展环境受到前所未有的制约。农作物生产是人类所有生产的基础，农产品的数量与质量直接影响社会、经济发展，它正面临前所未有的困难。总结我国经典农耕文化中气候与农业及作物的关系，并尽力作出应对，是农业科学，特别是作物科学的责任和义务。气候变化是自然规律，我们可以树立认识气候变化、应对气候变化的观念，建立应对的顶层设计框架，形成应对的理念和思路，减少气候变化对农产品生产的影响。

## 2. 气候变化对农作物生产的影响

### 2.1. 气候变化影响农作物生产环境

全球气候变化是指由于人类活动向大气排放了过量的二氧化碳等温室气体，导致大气中的温室气体浓度过高，从而在全球平均气温基础上产生了以增温为主要特征的全球范围的气候变化现象。近百年来全球平均气温已上升了 $0.4^{\circ}\text{C}\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ；我国年平均气温也明显升高，达 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ ，预计21世纪末可能的增温速率约为 $0.08^{\circ}\text{C}/(10\text{a})$ ，比同期全球或北半球平均略高[1] [2]。

在全球气候变化背景下，我国气候变暖主要表现在以下方面：1) 温度升高。近100年中国地表年平均气温明显增加，升温幅度约为 $0.5^{\circ}\text{C}\sim 0.8^{\circ}\text{C}$ 。2) 降水变化。气候变化国家评估报告(2007年)指出，近100年来，中国的年降水量有微弱的减少，幅度为 $0.86\text{ mm}/10\text{年}$ 。3) 气候变化背景下，近年来我国日照时数锐减，全国年平均日照时数从1956~2000年减少了5% (130 h)左右。4) 我国气候极端事件，如极端气温、极端降水和干旱出现的频率增加。5) 大气 $\text{CO}_2$ 浓度增加。

### 2.2. 气候变化影响农作物正常生产

气候变化是国际社会公认的最主要的全球性环境问题之一，也是当今科学研究关注的焦点。据

IPCC(政府间气候变化专门委员会)研究,过去 100 年世界平均气温升高 0.74℃,预计到 2100 年有可能升高至 1.1℃~6.5℃。气候变化已对自然和人类社会各方面产生了很大影响,同样影响到粮食与所有农作物生产,它是关系到我国国民经济发展、社会稳定的全局性重大战略问题。

气候变化,其导致的环境变化,二者将严重影响农作物的生长发育和农业的可持续发展,如 2006 年重庆市旱灾、2007 年东北地区和湘赣地区旱灾、2008 年 1 月下旬至 2 月上旬长江以南地区的冰冻灾害严重影响作物生产;2010 年云南冬季的大旱,2011 年 4、5 月份湖南北部严重干旱影响春播与春插,同年 6 月份湘北却遭受近百年一遇的暴雨,生产生活受到严重影响,先旱后涝,两个极端灾害在同地呈现,直接影响产量。

### 2.3. 气候变化影响农作物种植区域与种植制度

气候变化导致温度升高,气温升高带来的熟制界限空间位移及种植制度变化。随着温度升高和积温增加,我国一年一熟带、一年两熟带、一年三熟带都不同程度向北移动。种植制度变化使复种指数增加,具有潜在的粮食产量增加潜力。气候变化导致的作物品种需求及布局的变化:近年来不同熟性玉米品种可种植北界明显北移东延,中、晚熟品种可种植面积不断扩大。同时,冬小麦的种植北界不同程度北移西扩,作物种植适宜区、布局及种植结构将发生变化。

1) 冬小麦向北向西扩展;2) 水稻种植北界线北移东扩,长江以南种植制度向一年三熟发展;3) 棉花种植区从南向北向西扩展,种植范围扩大;4) 玉米种植区域变化不大,品种向晚熟的方向发展;5) 油菜种植向北扩展,面积显著增加,一年两熟趋势明显;6) 蔬菜种植北扩,海拔高度增加,种植面积扩大 [3]-[6]。

### 2.4. 气候变化影响农业生产成本及管理方式

气候变化尤其是气温升高后,土壤有机质的微生物分解将加快,增加土壤有机质和氮的流失,化肥释放周期缩短,加速土壤退化、侵蚀的发展,削弱农业生态系统抵御自然灾害的能力;干旱区土壤风蚀严重,高蒸发也会造成土壤盐渍化。东北地区的降水变率增大,极端降水事件(旱涝灾害)的频率和强度明显加强,干旱已导致个别地区出现了土壤盐渍、荒漠化现象,降低农业生产环境质量。

同时,随着气候变暖,作物生长季延长,病虫害加剧,控制难度提高,成本投资增加。(如作物分布区域北移,干旱加剧对有些作物分布区域产生影响,降雨变化,水循环加快,加强水资源供需矛盾,农业灌溉成本提高等。)

气候变暖还影响整个水循环过程,使蒸发相应加大,改变降水分布格局和降水量,加剧水资源的不稳定性和供需矛盾;农业灌溉成本提高,土壤改良和水土保持的费用增大。上述因素将增大农业生产成本和农田的管理。

### 2.5. 气候变化影响农作物的生长发育

气候变化影响作物光合作用。气候变化 CO<sub>2</sub> 浓度增加,植物光合作用增强,光合时间延长,光能利用率提高。在 CO<sub>2</sub> 浓度倍增条件下,绝大部分作物的光合速率、净同化速率、生物量和产量都随之增加。促进 C4 植物的光合作用不大,其提高程度小于 10%;对于 C3 植物,短时间供给高浓度 CO<sub>2</sub> 使净光合速率提高 10%~50%,甚至更高。但考虑不利因素和限制因子的影响,气候对生产潜力变化趋势不明显。

影响农作物生育期的缩短。气候变暖背景下我国的年平均气温上升、活动积温增加,从而使各地无霜期延长,作物生育期与越冬期缩短,发育期、返青期与成熟期提前。温度和 CO<sub>2</sub> 浓度的升高,可使大多数植物开花提前,气温每增高 1℃,水稻生育期平均缩短 7~8 d,冬小麦生育期平均缩短 17 d,玉米的生育期平均缩短 7 d [7]。

## 2.6. 农作物病、虫、草害加重

未来气候变化将使我国主要农作物的病虫草害有加重的趋势。温度升高，害虫发育提前，年发生代数增加，数量可能指数增长，农田多次受害的几率增大。冬季变暖，有利于病虫过冬，使越冬基数增加、越冬死亡率降低、次年发生期提前、危害加重，同时迁飞性害虫迁入期提前、危害期延长。更为严重的是多种主要作物的迁飞型害虫比现在分布更广、危害更大；气候变暖再加上湿度增加，将进一步加重病害的发生发展。降雨或适温高湿有利于大多数病菌的繁殖和扩散。气候变化带来的环境变化加剧病虫害草的流行和蔓延。目前病虫草害造成的损失约占我国农业总产值的 20% [8]。

## 2.7. 气候变化使农业气象灾害加剧

气候变化导致我国农作物气候灾害加剧。极端天气事件发生机率增加，自然灾害危害加大；病虫草等生物灾害危害扩大。在气候变化的大背景下，异常气候出现的概率将增加，尤其是极端天气现象增多，区域气候灾害、荒漠化、沙尘暴加剧。极端降水事件增加，极端降水平均强度和极端降水值呈增强趋势。长江及长江以南地区是我国最重要的农业生产区，该区域年降水量和极端降水量都趋于增加，长江中下游大部分雨涝集中在 5~7 月，正是夏熟作物的主要生长季节。雨涝造成农业减产，损失增加。近十几年来，我国干旱事件发生频率增加。我国干旱、半干旱地区的农牧过渡带将扩大，农牧过渡带向东南推移，不仅减少了种植面积，而且可能引起沙漠化地区向东南方向扩展。南方地区的干旱发生次数增多、强度增大，部分地区出现伏秋连旱，或秋冬连旱。

## 2.8. 气候变化影响我国农产品进出口

气候变暖将对我国农产品进出口以及国际市场农产品价格等产生重大影响。气候和水利条件变化，使我国各种优质专用农产品产量大幅下降，影响我国优势产品与品种的出口，加大我国农产品出口的难度。另一方面，气候变化和气候异常也将使世界粮食总产下降，影响世界粮食储备水平，特别是通过影响粮食生产大国和主要粮食进口国的粮食产量变化，进一步影响国际市场粮食价格变化。

## 3. 应对策略

气候变暖将对我国粮食安全和主要农作物生产，有利有弊。但相对于利，弊所产生的影响要更大，主要是极端气候影响生产从而影响低收入群体的生产与生活。为了适应气候变化，应对气候变化，必须从策略、理念、方法、技术等方面形成相应的体系，从农业顶层设计，急需在作物领域建立应对气候变化的科学体系、技术体系以及生产体系。

建立应对气候变化的作物科学体系。我国作物学科是以高产、优质、高效、生态、安全的作物生产为主要研究目标，现已形成了具有我国特色的作物学理论体系，支撑着我国农产品的安全、有效供给。作物科学体系包括传统学科(作物耕作学与耕作学、作物育种学、作物生理学等)与新型及交叉学科(作物生态学、作物灾害学等)。

为应对气候变化，在重视传统学科基础上，应推进作物科学领域分支学科的创新发 展，重点加强作物灾害学科、作物设施学科、作物信息学科等的建设与发展。以推进作物学科与其他学科的渗透，使基础农学学科的科技支撑能力不断提高，以扬长避短，应对气候变化。

### 3.1. 作物灾害学科

灾前预报、预警，灾后评估，灾后补救的理论与方法。其技术是防灾抗灾的农艺技术、生物技术、生态技术、工程技术，如作物设施种植过程中采用现代设施材料、设施栽培新技术，提高抵御自然灾害的能力。

### 3.2. 作物信息科学

根据灾害发生的时空特点，对作物生产的全过程、大尺度与小尺度空间进行自然与生物灾害的数据采集，充分利用计算机与现代信息技术分析、诊断、评估灾害现状与趋势，为作物防灾抗灾提供支撑。

### 3.3. 作物种质资源学科

围绕适应气候变化对作物品种资源需求，加大作物种质资源收集、引进、保护、监测及鉴定工作，为抗逆、高光合效率等新品种培育和基础理论研究提供必需的关键基因，并实现基因资源主权保护。

### 3.4. 作物遗传和分子育种学

针对适应气候变化对品种的需求，将传统育种与分子育种紧密结合，培育多抗、高产、优质等新品种，提高抗倒、抗高温、抗低温的能力，进一步提高作物品种抗性与优质、高产的耦合程度。

### 3.5. 作物生理学

适应气候变化及提高作物抗逆性需求，加强作物生产逆境生理与抗逆增产途径研究。首先是在逆境条件下提作物高光合作用、光合利用率的途径，其次是重点开展提高作物水分利用效率和作物养分利用效率的生理生态研究。此外是加强作物抗逆栽培生理机制研究，以提出相应栽培管理对策。

### 3.6. 作物生态学

开展作物对气候变化响应与适应的地上地下相互作用的生物学机制研究，构建基于气候变化的作物生育与产品形成的机理模型。同时加强作物优质高产复合系统的构建理论与技术研究。

### 3.7. 作物栽培学与耕作学

探索适应气候变化的种植制度并不断优化，通过农作物构成配置、熟制、种植方式、土壤耕作管理、水肥运筹等技术的优化与集成，提高作物全年的生产力与抗逆能力，实现丰年、灾年均衡增产。

## 4. 应对技术

### 4.1. 应对气候变化的作物技术体系

以满足农作物高产、优质、高效、抗逆育种和栽培耕作技术需求为目标，研发作物生产适应气候变化、应对气候变化的农艺技术、生态技术、生物技术、工程技术，并逐步形成技术体系：

#### 4.1.1. 提高农业资源利用效率技术

如根据气候条件，确定可利用的品种。

#### 4.1.2. 作物机械化应用技术

机械化与设施技术，生产高效与抗逆有机结合。

#### 4.1.3. 设施农业技术

如设施育苗是多熟生产必备技术，也提高前期抗逆能力。

#### 4.1.4. 抗逆育种技术

如培育抗旱品种，耐渍品种，耐盐品种。

#### 4.1.5. 灾害预测与预警技术

如灾害性天气、病虫害的预警与响应技术。

#### 4.1.6. 作物轻简栽培技术

如作物免耕少耕技术、节水灌溉技术、覆盖栽培技术、测土施肥技术等。

### 4.2. 应对气候变化的作物生产体系

作物生产体系是一个庞大的综合体系，涉及到种植区域划分、种植制度优化、田间管理方式与生产经营方式，以及相关的政策体系，应对气候变化的作物生产体系的主要内容是：

- 1) 根据气候变化，调整我国作物优势产业区(带)。
- 2) 实行合理的耕作与种植制度：在种地的同时，注意养地与休闲。在多熟地区监测不同复种制的生态后效，不断优化主要复种制，提高稳定性。多熟制条件下，早、中迟熟品种搭配，栽培措施的配合等。
- 3) 实行作物集约种植：规模化、区域化、标准化，增强抵御自然灾害能力。
- 4) 以农艺技术为核心，集成生态技术、生物技术、工程技术，形成综合配套技术体系。
- 5) 加强作物生产保险，提高农民抵御自然灾害的能力。

### 4.3. 我国主要农作物应对气候变化的对策与措施

#### 4.3.1. 小麦

一是选育适应气候变化的小麦新品种，二是及时调整现有小麦栽培技术，如适当推迟小麦播种期、推广应用小麦规范化播种技术、防止或减轻小麦生育后期病虫及干热风危害的技术。

#### 4.3.2. 水稻

制定合理的水稻种植区划，合理搭配品种。发展多熟制，提高复种指数。提高灌溉效率，适度扩大水稻种植面积。加强气候变化对水稻生产影响的模拟模型研究。

#### 4.3.3. 玉米

制定合理的玉米种植区划，合理搭配品种，产业向玉米优势产区集中。选育产量高，抗逆性强，适应性强的玉米品种。控制施肥量，加大有机肥投入，提高化肥利用率。提高灌溉效率，综合防治病虫害。

#### 4.3.4. 棉花

制定合理的棉花种植区划，棉区适度北移、西移。长江流域、黄河流域、辽河流域以及西北内陆等棉区，因地制宜安排和确定棉花品种熟性、种植模式，调整栽培管理技术，提高稳产性，提高品质。

#### 4.3.5. 油菜

制定合理的油菜种植区划，合理布局油菜种植带；以高品质、高抗性品种为基础，对现有栽培技术进行集成整合，提高油菜生产的整体抗逆水平；将油菜病虫害发生及迁移规律应用于油菜抗逆生产；将油菜营养与光合生理成果应用于生产。

#### 4.3.6. 大豆

发展轮作复种与间种套作，推广应用抗逆、耐荫、高产、优质品种；应用适合品种特征的行比设计、适于间套作的生长促控技术、适于间套作的病虫害控制技术、适于间套作的全程机械化技术。

#### 4.3.7. 蔬菜

加强蔬菜生产布局规划，选择抗逆性强的蔬菜新品种，发展蔬菜设施栽培，应用集成蔬菜物流、加工和综合利用技术，加强灾害性天气的预测预报，应用蔬菜生产防灾、抗灾、补救技术体系。

## 5. 结论

农业是气候变化最敏感的领域之一，全球气候变化影响农作物尤其是粮食的生产，作物科学应对气候变化的相关研究是农业生产管理的一个重要新领域。建立作物学应对气候变化的科学体系、技术体系 and 生产体系，有利于促进我国作物生产的可持续发展。

## 基金项目

2009 年中国工程院农业学部咨询项目。

## 参考文献 (References)

- [1] 潘晓华, 石庆华 (2010) 新形势下作物栽培理论与技术体系的构建. *江西农业大学学报*, **32**, 468-471.
- [2] 李德, 祁宦, 戚尚恩等 (2007) 50 多年气候变化对皖宿州粮食生产的影响评估. *中国气象学会 2007 年年会生态气象业务建设与农业气象灾害预警分会场论文集*, 11.
- [3] 赵俊芳, 郭建平, 张艳红等 (2010) 气候变化对农业影响研究综述. *中国农业气象*, **31**, 200-204.
- [4] 居辉, 许吟隆, 熊伟 (2007) 气候变化对我国农业的影响. *环境保护*, **6A**, 71-73.
- [5] 王长燕, 赵景波, 李小燕 (2006) 华北地区气候暖干化的农业适应性对策研究. *干旱区地理*, **29**, 646-653.
- [6] 殷艳, 廖星, 余波等 (2010) 我国油菜生产区域布局演变和成因分析. *中国油料作物学报*, **32**, 147-151.
- [7] 高明超, 杨伟光 (2010) 气候变化及其对农作物的影响. *现代农业科技*, **1**, 292-293.
- [8] 居辉, 熊伟, 马世铭等 (2008) 气候变化与中国粮食安全. 学苑出版社, 11-16.

汉斯出版社为全球科研工作者搭建开放的网络学术中文交流平台。自2011年创办以来，汉斯一直保持着稳健快速发展。随着国内外知名高校学者的陆续加入，汉斯电子期刊已被450多所大中华地区高校图书馆的电子资源采用，并被中国知网全文收录，被学术界广为认同。

汉斯出版社是国内开源（Open Access）电子期刊模式的先行者，其创办的所有期刊全部开放阅读，即读者可以通过互联网免费获取期刊内容，在非商业性使用的前提下，读者不支付任何费用就可引用、复制、传播期刊的部分或全部内容。

