

应对气候变化对未来中国农业生产影响的问题和挑战 *

潘根兴¹, 高 民², 胡国华³, 魏钦平⁴, 杨晓光⁵, 张文忠⁶, 周广胜⁷, 邹建文¹

(1.南京农业大学农业资源与生态环境研究所/农业与气候变化研究中心, 南京 210095; 2.内蒙古自治区农牧业科学院, 呼和浩特 010031; 3.黑龙江省农垦科研育种中心, 哈尔滨 150090; 4.北京市农林科学院, 北京 100093; 5.中国农业大学资源环境学院, 北京 100193; 6.沈阳农业大学农学院, 沈阳 110866; 7.中国气象科学研究院, 北京 100081)

摘 要:通过整合农业科学界从不同行业产业角度和不同的影响方面对气候变化可能带来农业生产影响的分析资料, 梳理和辨析了气候变化对农业生产影响的途径和机理, 提出了气候变化对中国国家尺度农业影响的“发酵”效应假设: 气候变化因子间相互作用与交错叠加, 产业的传递和反馈, 可能带来不利效应的严重放大; 未来气候变化下中国农业面临的基本问题将是: 农业技术进步的迟滞性和农业生产能力的波动性, 稳定农业生产水平和粮食供应能力将愈来愈困难。讨论和建议了应对气候变化的若干国家战略, 这些战略应基于气候变化对中国农业生产的影响的敏感性行业和地区, 气候变化的突出性趋势的认识。防患和应对极端性气象灾害事件将成为应对气候变化对农业影响的首要任务, 需要加强研究和技术储备, 同时迫切需要新的组织和运行机制全面开展气候变化对中国农业生产影响的试验和技术开发研究。

关键词:气候变化; 中国农业; 农业生产; 适应和应对; 国家战略

中图分类号: X16 **文献标志码:** A **文章编号:** 1672-2043(2011)09-1707-06

Issues and Challenges on Mitigation of Climate Change Impacts on China's Future Agriculture

PAN Gen-xing¹, GAO Min², HU Guo-hua³, WEI Qin-ping⁴, YANG Xiao-guang⁵, ZHANG Wen-zhong⁶, ZHOU Guang-sheng⁷, ZOU Jian-wen¹

(1.Center of Agriculture and Climate Change, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2.Inner Mongolia Academy of Agricultural and Animal Husbandry Sciences, Hohhot 010031, China; 3.Center of Agronomy and Crop Breeding, Heilongjiang Land Reclamation Bureau, Harbin 150090, China; 4.Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100089, China; 5.College of Resource and Environment Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China; 6.Rice Institute, Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, China; 7.Institute of Agro-meteorology, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: An integration of observation data of field experiments and statistical data of crop productivity changes with climate change in agriculture for the last decades were conducted, potential pathways and mechanisms of impacts of climate change conditions on agricultural production were elaborated in this discussion paper. A hypothesis of “effect fermentation”, a mechanism of magnified adverse impacts of climate change on the overall sector due to mutual interaction and overlapping of climate change conditions and land resource availability on crop growth and production which in turn, may exert secondary impacts on agro-food and animal husbandry resultant from decreased yield and efficiency. The future China's agriculture will face the great challenge of low response in productivity to technology application and of high instability of cropland productivity, thus giving rise to the increasing difficulty in sustaining crop productivity and food supply for the state. National strategy for mitigating climate change impacts on agriculture are suggested based on the susceptibility of production sectors and regions varying with the different trends of climate change conditions. Preventing and mitigating adverse or even hazardous impacts of extreme climate change events on agriculture should be given priority in the fight with climate change in agriculture. It is also recommended that research and technology development should be enhanced with long term monitoring and experiments with climate change impacts on agro-systems nationwide under improved coordination and funding mechanisms.

Keywords: climate change; China agriculture; agro-production; adaptation and mitigation; national strategy

收稿日期: 2011-03-19

基金项目: 国家公益性行业(农业)科研专项经费项目“气候变化对中国农业生产的影响及应对技术研究”(200903003)项目资助

作者简介: 潘根兴(1958—), 教授, 主要研究领域: 农业与气候变化。E-mail: gxpan@njau.edu.cn

*: 本文为《气候变化对中国农业生产的影响分析与评估》报告编写组集体成果, 参加报告编写的还有陈效民、胡春耕、姜东、李保平、李恋卿、罗卫红、吕军、孟玲、佟建明、熊正琴、张春雷、张吉旺、周治国、朱伟云等。除第一作者外, 其他作者排名按姓名拼音为序。

前文^[1]已经通过文献分析,讨论了气候变化对中国农业生产包括种植业不同产业和畜牧养殖业的的不同影响,并从气候变化对农业资源的影响/农业生物生长发育的影响等共性方面和不同作物/动物影响的特殊方面阐述了气候变化对不同地区和不同产业的影响的变异。但是,未来气候变化下中国农业生产发展的整体趋势和挑战是什么?在农业应对气候变化上存在什么障碍或者瓶颈?如何从国家和行业高度确立农业应对气候变化的国家战略?科学技术如何为迎接和战胜气候变化做出应有的贡献?这些都是制约我国未来农业可持续发展的关键问题^[2-3]。

本文在对过去资料分析和不同侧面研究进行综述和归纳的基础上,试图提出认识气候变化对农业生产影响的科学途径,并讨论气候变化不同因子影响农业生产的不同途径和机制,揭示未来气候变化下中国农业生产面临的主要挑战,提出相应的国家战略和技术需求,为有效应对气候变化对农业的影响提供科学和决策依据。

1 科学认识气候变化对农业生产的影响特点

只有全面认识关于气候变化对中国农业生产的影响的特点、关键影响途径和机制,才能科学地提出和采取有力有效的应对策略与技术途径。总结气候变化态势,过去气候变化与中国农业生产变化的关系,以及文献上气候变化对农业生产的影响的试验研究资料^[4],我们可以认为气候变化有如下三大特点。

1.1 气候变化对农业生产的影响具有不同的性质和途径

气候变化的影响包括直接影响和间接影响,环境胁迫性影响和灾害性冲击影响;短期的影响和长期持续的影响等多方面^[4](表1);这些影响也常常可能相互转化。例如,极端性天气灾害的影响,虽然使当季减产或绝收的短期效应非常突出,但可能表现为长期效应,极端性干旱,强降雨下的洪涝和极端性冻害都可能对作物生产有长期的影响。试验中短期影响可能与长期影响不同,例如短期 $[\text{CO}_2]$ 加倍的田间试验中水稻的生育期缩短,而由于水稻的光合适应和 $[\text{CO}_2]$ 升高的缓慢递进性,长期并不会出现生育期明显缩短,施肥效应不会长期持续^[5]。

1.2 气候变化对农业生产的影响表现出多因素相互作用

气候变化对农业产业布局 and 不同产业的影响,气候变化对农业具体产业的影响,都可能是多种不同影

响的综合反映,因而气候变化对农业生产能力(产量)的影响具有很大的不确定性。对农作物生产系统来说, $[\text{CO}_2]$ 升高的施肥效应可能受到温度升高、有效水分和养分供应以及病虫害发生的抵消,甚而超过。包括 $[\text{CO}_2]$ 施肥效应的直接影响因温度、水分、养分和作物与环境生物的相互作用而存在很大的区域和作物生产系统的变异性^[6],使大气 $[\text{CO}_2]$ 升高对作物生产力的影响变得很大的不确定性。由于气候变化对农业生产的间接影响将是普遍和持续的,特别是对病虫害发生和为害的影响已经呈十分明显的负面效应。加上极端天气事件的灾害影响频率加大,农业生产的灾害风险大幅度提高。

1.3 气候变化对中国总体农业生产的实际影响可能因多种影响的叠加而更为复杂和强烈

气候变化对农业生产的影响表现为对具体生产对象的影响和生产系统的综合影响,表现为对区域和产业的具体影响和国家农业的总体影响。这些影响因气候变化多因子影响的交互作用和农业生产系统的多途径影响的交互作用而叠加甚而放大,从而加剧影响的效应(图1)。即气候变化对农业生产影响的潜在影响可能存在“发酵效应”。以水稻生产为例,对于田块尺度的水稻生产, $[\text{CO}_2]$ 升高可能对产量有正效应,温度也可能表现为正效应,而光照减少、降水不确定削弱了单位面积的增产效应,而从国家尺度气候变化下极端天气引发的灾害,水资源紧张、耕地肥力变化加上病虫害发生危害的快速扩张大大限制了水稻的生产面积和总体生产能力,这早已抵消或超出了温度和 $[\text{CO}_2]$ 升高的有利效应,使中国水稻生产面临减产的风险^[4]。因此,总体上,气候变化下农作物生产将表现为以波动性减产和高灾害风险为主的不利效应,尽管西部部分地区和部分作物(例如油菜)可能有利效应较明显。

上升到国家尺度,这种累积和叠加效应将更为深刻和长远。气候变化的直接影响是单一产业的生产能力的变化,而间接影响是影响农业的资源利用和投入成本的增加,从而降低农业的比较效益,并降低产品的市场竞争力和产业的发展布局,进而影响农民生计和农村发展^[6];从国家尺度看,短期的影响可能是事件性的,表现为突发性极端天气事件的灾害,使某一产业受到严重的生产能力丧失或严重减产的风险,产生食物供应的不平衡或者短缺;而长期影响是影响耕地面积变化、种植制度变化而影响区域作物生产布局,长期影响一旦构成,将是多年持续或短期内难以克服

表 1 气候变化对农业生产的影响及其表现

Table 1 The impact and performance of climate change on agricultural production			
影响类型	影响途径	影响性质与过程	影响的实例
直接影响	胁迫性影响	环境条件对目标作物和动物的生长、发育、产量	温度、降水、[CO ₂]对作物影响;高温热应激对动物的影响
	灾害性影响	对目标作物、动物机体的破坏或毁灭	冻害对作物的损伤,洪涝灾害,灾害天气对养殖设施的破坏
间接影响	生产环境制约	通过对资源供应数量、质量和为害生物发生和蔓延,而对目标对象生产的影响	干旱对土壤盐渍化的影响,温度和[CO ₂]升高对某些病虫的影响;水资源紧缺对水稻种植面积的影响
	经济机制制约	通过生产布局、比较效益、成本和价格而影响目标对象生产能力	水稻、小麦病虫害防治成本抬升影响收益而减少种植面积
短期影响		当季或单个生产周期的目标生产对象的生长发育和产量,影响不持续	高温热浪对作物产量的影响
长期影响		多年或多个生产周期对目标生产对象的影响,可能长期存在	冻害对多年生果树生产的影响;极端性干旱对土地生产力的破坏;干旱对土壤盐渍化的影响

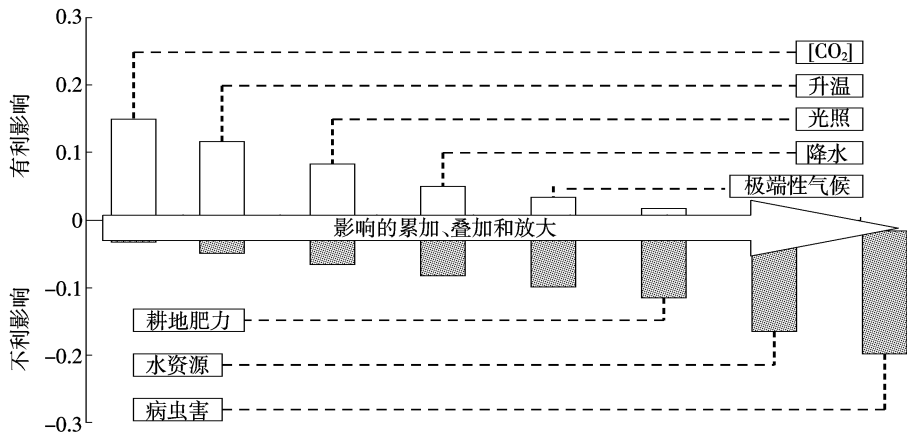


图 1 气候变化对农业生产的总体影响

Figure 1 The overall impact of climatic change on agricultural production

的影响。应对长期影响和短期影响是农业与气候变化战略中不可偏废的两个重要方面。

2 气候变化对中国农业生产总体影响的基本判断

根据近 60 年来中国农业发展的分析和气候变化在中国不同地区 and 不同作物带的表现,以及不同区域气候变化的分布格局,结合不同作物对气候变化因子的敏感性差异^[1],气候变化对中国农业生产的影响可以归纳为如下态势。

2.1 与农业生产密切相关的气候变化存在三大趋势

(1)气温总体升高,而日照时数总体减少:中国年平均温度普遍升高,增温幅度在每 10 年 0.2~0.4 度,特别是冬温升高明显;华北和东北冬春温度升高比其他地区明显,西南和长江中下游部分地区夏季变凉趋势;与此相反,日照减少南方强于北方,特别是西南地区 and 亚热带地区,作物生产潜力在受到温度影响的同时,也受光照所制约;北方升温幅度较大,而南方日照

时数减少幅度较大^[1]。

(2)气候波动性增强,极端性天气事件频率增大:极端高温热害,亚热带极端低温冻害,洪涝灾害和极端干旱等农业气象灾害频率都表现为大幅度提高,极端性天气气候灾害频发使农业生产年际间波动增大^[4],这致使农业生产发展周期、技术增产稳定周期日益缩短。

(3)气候变化的区域变异加大,农业生产能力的区域差异趋向扩大:因气候变率的影响,农业有效降水总体减少的同时,南涝北旱趋势进一步加强^[1];干旱,尤其是春秋干旱面积扩大的同时,水资源紧缺下东北和华北农业将越来越成为干旱敏感型,而在长江中下游地区极端性降雨灾害将增多,防洪抗涝任务越来越艰巨。

2.2 未来中国农业生产将面临与气候变化密切相关的三大障碍趋势

(1)农业病虫害加剧趋势:受气候变暖的影响,危害多种作物的多种病虫生物越冬趋向有利,病虫害提

前发生,区域上不断北扩,世代增加,为害面积和程度不断加大加重;尤其是水稻病虫害早发和向北扩张趋势突出,部分地区和部分作物出现新的病虫害,例如柑橘黄龙病;气候变化下病虫害防治的难度提高,成本急剧上升,可能成为制约未来农业生产能力和效益的最重要因素。

(2)干旱化加剧趋势,低产土壤和障碍土壤面积将进一步扩大:北方日益严重的干旱化,土温升高、墒情降低为土壤的盐渍化和沙化提供了有利条件,西北地区农业扩张使坡耕地水土流失更为严重,这些问题进一步制约区域的农业生产力发展和稳定。

(3)自然灾害/农业气象灾害呈增加趋势,灾害风险提高:无论是种植业还是养殖业,极端性气候事件发生频率明显增加,并呈区域性扩张态势;西北和西南地区,坡耕地多,在强降水事件下增加地质灾害的发生频率,耕地损失和破坏事件将增多;极端性天气/气候灾害不但对当年生产造成损失甚至毁灭性破坏,而且可能对当地农业生产力有持续的影响,例如柑橘冻害后需要多年时间恢复,极端干旱后土地生产力明显下降等。

2.3 未来气候变化下中国农业生产将表现出更大脆弱性,其原因是水资源、作物耕地地力对气候变化的脆弱性

(1)水资源脆弱性加剧:农业高度依赖于水资源,在气候变化中降水变率提高,华北和东北主要农业区干旱化加剧,南方季节性干旱频率增加,加上我国经济发展中水资源需求的缺口日益增大,使农业生产系统受水资源紧缺的制约日益加剧。

(2)作物脆弱性提高:一是旱地作物面积在气候变化中比重提高,特别是华北、东北和西北气候变化中潜在旱地种植面积的扩张,使旱地作物生产在中国粮食生产中越来越占重要地位,水稻面积总体上仍将快速减少,而旱地作物的生产力比水稻明显低而不稳定;特别是西北、西南地区和高寒地区雨养旱地作物对气候变化的敏感性极高,当前以高产为目标的新品种都耐水耐肥,对不利环境条件十分敏感。

(3)耕地生产力脆弱性越来越显现:东南部高肥力和高生产力稳定性耕地越来越少,随着耕地重心的西移和北移,中低产田比例越来越高,我国占 2/3 的中低产耕地主要分布在华北、西北和西南山地,这些地区是典型的气候变化敏感和脆弱地区;耕地气候变化中种植面积潜在扩大的东北和西北是作物生产力最不稳定的地区。因此,农业资源脆弱性将加剧未来

农业生产对气候变化的高度脆弱性。

2.4 由于已有的研究资料常常受到研究区域、研究作物和研究因素的局限性,气候变化对不同因子、不同对象和不同产业影响的差异,气候变化对农业生产系统不同方面表现一些矛盾性影响,从而制约其生产能力的总体影响效应

(1)提高总体农业生产力中解决面积扩张与实际生产力提高的矛盾。气候变化下作物种植适宜面积潜在扩大与生产力的可实现性存在很大的矛盾。除了西北、华北和西南地区潜在耕地扩张和两熟制面积潜在增加与当地土壤肥力低下,水资源限制而不能有效实现生产力外,长江中下游地区三熟制适宜面积增加将受到劳动力、农业比较效益等因素的严重限制,实际增加生产将非常有限且受耕地肥力限制。

(2)农业结构调整中解决农业与畜牧业资源竞争矛盾。气候变化的趋势是西北作物生产的气候条件略有改善,潜在农作物种植面积扩大,特别是冬小麦和油菜作物,而西北从自然资源上更适宜草地畜牧业,农业向草地的渗透将出现农业与草地畜牧业争资源的问题,尤其是由于过牧,西北草地退化一直十分严重;加之西北坡耕地草畜农业比种植业无论从水资源利用还是生态环境保护上都比耕地农业更适合;有报告认为^[9],由于水资源限制,草地牧业适宜区有由内蒙古向华北渗透的潜在趋势,在西南山区,特别是土地退化严重的喀斯特地区,草畜农业比旱地农业无论在资源保护还是在经济效益上更有利。我国畜产品需求量的持续快速增加,气候变化中饲料生产能力提高受限,需要保持和发展草地面积和草地生产力。因此,草/农资源竞争与分配可能成为应对气候变化战略中必须考虑解决的主要矛盾。

(3)作物生产管理中重点解决气候变化影响对作物生长发育与对农业为害生物发生致害的矛盾。气候变化影响研究中,特别是气候变化情景下模拟作物生产力变化,需要处理目标生产作物的影响与有害生物引起病虫害危害变化的矛盾。许多田间条件下气候变化如温度和降水/干旱对作物生长发育的影响往往被更大程度的病虫害的发生和发育影响所抵消或者抑制^[1,4],例如[CO₂]升高下某些病虫害的发生程度强于作物生长的有利效应;气候变化对许多地区和作物生产系统在病虫害的刺激程度甚于作物。因此,适应和应对气候变化对作物生产系统的影响,不但需要从提高作物适宜性上考虑,更需从阻碍病虫害发生蔓延上考虑。

2.5 当前,评价气候变化对作物生产系统生产力和产量的影响,还存在两大不确定性

(1)温度效应的不确定性:气候变化中升温趋势对作物生产能力的影响,已有资料仍不能明确温度对作物生产力是否表现为有利或不利效应。温度效应因不同区域和作物带而异,也因不同作物及其不同生育期对温度条件的需要而异,同时温度变化在不同季节有不同表现,例如长江中下游地区夏季温度的变凉;同时,不同时相的温度变化对作物生长和产量形成的效益也不同,例如日温变化与夜温变化对水稻产量的不同影响,温度对生物量建成和经济产量的差异,例如棉花和柑橘的经济产量可能随温度而降低。

(2)[CO₂]施肥效应的不确定性^[5]: [CO₂]施肥效应将受资源供应所制约,例如氮素供应;不同作物对[CO₂]敏感性不同,例如玉米较水稻和棉花弱;[CO₂]对生物量增产的短期效应可能明显,但由于光合适应现象,长期效应并不确定;因此,气候变化中大气[CO₂]升高对作物生产能力的提高效应至少是很有限的,目前的资料可能因缺少对多种作物生产的长期试验观察而高估了其有利效应。

3 气候变化与中国农业生产发展的主要挑战及战略

3.1 气候变化对中国农业生产和农业经济存在长远而持续的影响

(1)影响农业技术进步进程,增加技术开发难度和减弱技术贡献力。由于不利条件胁迫和日益增大的变率,气候变化下农业生产技术的增产效应减弱,稳定增产周期缩短,出现新的大幅度台阶性提高产量的技术更为困难;今后的高产育种技术需要更紧密地与节水农业技术、病虫害综合防控技术和应对气候变化的应急技术相结合^[6]。

(2)气候变化对农业经济的影响,将表现为技术经济上成本增加,比较效益降低,产业竞争力变弱;特别是畜牧业因饲料生产力下降,而畜产品需求增加,饲料日益依赖进口,特别是防控极端性天气灾害的设施条件投入将大大提高成本而影响畜产品价格^[7],气候变化下农产品成本升高和市场竞争力降低可能会影响农民生计和福祉^[8],并可能出现气候变化相对贫困问题,特别是脆弱产业和敏感地区。

(3)气候变化将改变农业生产结构和区域布局。干旱地区、土地瘠薄地区、草地农业的适应性发展,显现农业/牧业结构调整和变化,作物带北移、西移等使草

地农业比重增加的矛盾和水资源紧缺下北方地区水稻面积减少,还将影响农业生产的区域布局;同时,区域间农业用水不平衡,例如黄河流域,也将是气候变化下更加突出的问题。

3.2 农业应对气候变化的技术发展存在严重滞后^[3]

(1)有效的适应技术薄弱:在西北、高纬度和高海拔地区适应温度升高的农业生产技术,目前仍在试验中,尚未形成配套和示范规模。

(2)减缓气候变化技术尚未集成和规模化:国家投入了大量资金支持了减缓气候变化的试验和示范,但尚未与适应和应对气候变化相结合,适应性减排技术发展仍是当务之急;适应性低碳农业将是未来农业技术的重要发展方向。

(3)应对气候变化技术尚处于空白,特别是瞬时应急服务存在障碍。目前缺乏极端性天气/气候灾害的防控技术,应急预案和灾后恢复技术,特别是短促生产自救技术;同时,缺乏与气象部门的联动机制也是生产者在应对气候变化中的普遍问题。

3.3 农业应对气候变化的国家长远战略亟待确立

应对气候变化将是中国农业的长远战略任务,需要从国家战略高度建立和健全应对气候变化影响的国家政策及经济调控机制。我们认为,这种国家战略应主要考虑如下4方面的问题。

(1)应对气候变化影响必须以敏感地区和敏感产业为重点。目前看来,旱地作物生产是气候变化的敏感产业,旱地农业是未来应对气候变化的重点,而华北、东北、西北是应对气候变化的关键地区。气候变化对中国农业的影响,总体上表现为:①种植业甚于畜牧业;②旱地影响大于水田,特别是雨养旱地;③北方大于南方。旱地耕地面积约占全国的3/4,未来耕地和复种面积扩张主要是旱地,特别是西北、西南和高海拔地区,同时旱地对气候变化比水稻敏感和脆弱。因此,未来粮食生产水平的提高将在很大程度上取决于华北、东北和西北旱地作物单产和持续生产力的提高。应该重视和全面加强旱作物的稳产高产能力建设和技术发展,特别是未来气候变化下西北、东北冬季旱作物如冬小麦、油菜和春玉米高产和应对气候变化的能力和技术。

(2)极端性天气灾害危害的防控将是应对气候变化的关键途径。无论是粮食生产还是畜牧业生产,气候变化中农业气象条件的波动性将大大加剧生产力的不稳定性,而对中国食物安全生产和供应产生严峻的风险。在种植业,极端性天气灾害可能造成一年

生作物的当季欠收甚至绝收,而对多年生作物的影响还具有延续性,一次严重冻害可能造成柑橘3~5年内减产或绝收,一次严重的高温落果可引起数年产量波动;而国家尺度上气候变率和波动性决定灾害将严重影响生产能力稳定和食物安全供应,这比单一地区、单一产业的减产更为严峻,而使国家食物安全风险极大提高。

(3)服务于适应和减缓气候变化的管理和国家政策将是保持和稳定未来中国农业生产的根本保证。通过调整农产品生产的刺激政策包括农产品价格和政策补贴,建设气候变化下农业生产风险管理机制和金融服务,保障产业的健康和稳定发展。加强和加快适应和减缓气候变化影响的农业科技创新,发展和健全应对技术体系,开发推广行业共性应对技术和产业针对性应对技术。

(4)长期影响观测研究和应对技术集成开发将是气候变化中保持农业生产持续稳定发展的最终保障。尽管农业是脆弱性行业,气候变化对中国农业生产总体是不利为主,但研究认识还很不足,制约着应对技术发展。具体表现在国家尺度的气候变化影响分析与未来变化评估较多,但针对区域和行业的研究缺乏;对于温度、[CO₂]的直接影响的模拟研究较多,而对生态系统特别是生物过程的研究缺少;短期实验研究资料较多,而长期试验监测研究缺少。这使应对技术研发严重滞后,面临重大气候变化影响事件时拿不出有效应对手段和技术,损失难以挽回。

3.4 加强农业与气候变化研究,解决技术支撑

我们认为,在气候变化对农业影响的科学技术发展上,急需明确采取如下行动。

(1)加强应用基础和实用技术研究。在基础研究上,急需了解气候变化对农业影响的直接和间接影响的机理及其在不同区域和不同产业的表现特点,适应和应对的潜力与瓶颈;在应用基础研究上,急需明确农业减排与适应气候变化的协同耦合性机制与技术途径,适应性低碳农业的原理与途径;在应对技术开发上,急需行业共性技术与区域共性技术,适应和应对的行业战略技术与田间实用技术;研发储备应急技术,特别是灾后快速恢复技术。

(2)加强应对气候变化影响的能力建设,主要任务包括:在农业部野外基地网络中专门设置主要区域和作物带的气候变化及其对农业影响的长期观测和监测基地;并支持主要区域和农作物/动物生产的应对技术研发基地,大力提升应对气候变化的研究水

平;健全农业部门与气象部门的联动机制,特别是生产单位(例如大型养殖场)与当地气象部门的联动,加强极端性天气事件的预测和预报工作与信息瞬时服务;研发储备应急农业生产资料,特别是灾后快速恢复和短促生产资料与技术储备,开展气候变化保险和金融服务。

(3)设置农业应对气候变化的技术岗位,支撑农业应对气候变化。当前,建立气候变化影响与应对技术岗位已经迫在眉睫。2010年云南大面积干旱,西南地区强降雨天气事件对养猪业的毁灭性灾害的发生,没有应对的技术储备,也没有应急预案可以实施,反映了技术服务的空白,必须有相应的技术岗位支撑,尽快充实健全气候变化与农业技术服务岗位体系,负起有效服务和指导应对气候变化行动的职责,与其他产业技术体系共同努力应对气候变化,保障农业生产持续发展。

参考文献:

- [1] 潘根兴,高民,胡国华,等.气候变化对中国农业生产的影响[J]. 农业环境科学学报, 2011, 30(9): 1704-1712.
PAN Gen-xing, GAO Min, HU Guo-hua, et al. Impacts of Climate Change on Chinese Agriculture[J]. *Journal of Agro-Environment Science*, 2011, 30(9): 1704-1712.
- [2] 香山科学会议办公室. 气候变化对农业的影响及应对[J]. 香山科学会议简报, 2010(372): 1-15.
Xiangshan scientific meeting office. Climate change impact on agriculture and coping[J]. *The Xiangshan Science Conferences presentation*, 2010(372): 1-15.
- [3] 潘根兴. 农业与气候变化的若干科学问题[J]. 科学中国人, 2011(5): 23-24.
PAN Gen-xing. Some scientific problems of agriculture and climate change[J]. *Scientific Chinese*, 2011(5): 23-24.
- [4] 任国玉. 现代气候变化及其对我国粮食生产的可能影响[J]. 科学中国人, 2011(5): 27-29.
REN Guo-yu. Climate change and the possible effects of its on China's grain yield[J]. *Scientific Chinese*, 2011(5): 27-29.
- [5] 邹建文,熊正琴. 气候变化对农田生态系统碳氮过程的影响[J]. 科学中国人, 2011(5): 29-33.
ZOU Jian-wen, XIONG Zheng-qin. Effect of climate change on carbon and nitrogen process in farmland ecosystems[J]. *Scientific Chinese*, 2011(5): 29-33.
- [6] 马世铭,林而达,马姗姗. 气候变化与农业产业、农村发展及农民民生[J]. 科学中国人, 2011(5): 20-23.
MA Shi-min, LIN Er-da, MA Shan-shan. Climate change and agriculture and rural development and the livelihood of farmer[J]. *Scientific Chinese*, 2011(5): 20-23.
- [7] 侯扶江,南志标,朱伟云,等. 气候变化对畜牧业的影响值得高度重视[J]. 科学中国人, 2011(5): 25-26.
HOU Fu-jiang, NAN Zhi-biao, ZHU Wei-yun, et al. More attention to the effect of climate change on animal husbandry attention to[J]. *Scientific Chinese*, 2011(5): 25-26.