

中国应抓住气候变化的战略机遇期*

张正斌¹ 段子渊² 陈兆波³ 徐萍¹

(1. 中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心 石家庄 050022;
2. 中国科学院科技促进发展局 北京 100864; 3. 北京市农林科学院 北京 100097)

摘要 气候变化是世界关注的热点问题, 中国是世界人口和农业大国, 如何科学应对气候变化, 趋利避害, 把握重要机遇期, 是关系中国复兴的重大课题。本文从地质时期气候变化、历史时期气候变化和近代气候变化3个方面, 分析说明了气候变化取决于自然和人类活动状况, 气候变化有冷暖交替周期, 目前处于第四纪冰期的小暖期, 进一步提出了要从太阳系、大气圈、岩石圈、水圈和生物圈不同层次的相互影响, 来研究气候变化的思路。根据中国经济社会和农业发展与气候变化历史过程对比分析, 中国粮食连续九连增, 特别是东北粮食基地生产能力的快速提高, 明显受益于气候变暖。提出了中国应抓住气候变化中的战略机遇期。目前我国粮食供需总体上仍处于紧平衡状态, “靠天吃饭”还没有根本改变, 我国粮食呈北粮南运, 北方又是干旱缺水和受气候变化影响敏感的地区, 建议国家有关部门立项开展我国北方气候变化与水资源安全和粮食安全研究, 以为保障我国粮食安全提供理论依据和技术支撑。

关键词 气候变化 战略 机遇期 水资源安全 粮食安全 中国

中图分类号: S-0 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-3990(2014)03-0253-09

China should seize strategic opportunity in climate change

ZHANG Zhengbin¹, DUAN Ziyuan², CHEN Zhaobo³, XU Ping¹

(1. Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050022, China; 2. Bureau of Science and Technology for Development, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100864, China; 3. Beijing Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Beijing 100097, China)

Abstract Climate change is today a hotly debated issue in the world. China is the biggest country in the world in terms of population and agriculture. How exactly to scientifically cope with climate change, draw on the advantages and avoid disadvantages of climate change, and seize strategic opportunity in climate change has been a critical project for revival of China. In this paper, we analyzed and explained the natural and anthropogenic factors of climate change on geological and history and modern time scales. Climate change has had alternate cooling and warming cycles and was currently in the mind warming cycle of quaternary glaciation. It was also suggested to redirect climate change research to include mutual effects from the solar system to the lithosphere, atmosphere, hydrosphere and biosphere. Comparison of changes in economy, society, agriculture and climate showed that China's total grain yield increased in recent nine years. This was especially the case for grain production in the Northwest China, which benefited remarkably from warming climate change. It was thus suggested that China seized strategic opportunity in climate change. Because food supply and demand in China was currently in meager balance, China has depended on heavens for food. In spite of the fact that the north is dry with worsening water shorting and sensitive to climate change, more food has been transferred from north to south China. It was therefore suggested that the Chinese government set up projects for studying climate change, water resources security and food security in the north China. The study laid the theoretical basis and technical support for ensuring food security in China.

Keywords Climate change; Strategy; Opportunity; Water resource security; Food security; China

(Received Aug. 21, 2013; accepted Nov. 17, 2013)

气候变化研究已成为世界各国政治、经济、社会和科学的热点, 农业是受气候变化影响的第一大

* 国家重点基础研究发展计划(973计划)项目(2010CB951501)资助

张正斌, 研究方向为节水农业。E-mail: zzb@sjziam.ac.cn

收稿日期: 2013-08-21 接受日期: 2013-11-17

产业,水资源安全和粮食安全与气候变化关系密切。气候变化有利有弊,如气候变暖可以延长我国北方特别是东北作物的生长期,扩大粮食作物种植范围和面积,在提高东北和我国粮食单位面积产量和总产量方面有一定的正效应,但同时也带来许多极端天气变化,如我国南北方干旱频繁发生,这是不利的一面。如何科学认识和应对气候变化,在世界气候变化谈判中占有主动权,把握应对气候变化的战略机遇期,都是值得深入研究的问题,对我国未来战略布局,实现中国复兴和中国梦,都有重要的战略意义。本文重点研讨气候变化对中国农业发展和粮食安全的影响,及加强气候变化和水资源安全与粮食安全关系的研究。

1 全球气候冷暖和干湿交替变化是自然规律

地球气候变化史可分为地质时期、历史时期和近代 3 个阶段。地质时期的气候变化(距今 22 亿~1 万年),其最大特点是冰期(冷)与间冰期(暖)交替出现,从对应的地质运动历史来看,主要是造山和海洋运动等造成了气候冷暖和干湿交替变化,也伴随着生物的起源和演化。其主要气候变化代表时期有 3 个冷期 2 个暖期^[1]。

1) 震旦纪大冰期气候(冷)(距今约 6 亿年前),代表生物多是低等的水生动植物。

2) 寒武纪—石炭纪大间冰期气候(暖)(距今约 3 亿~6 亿年),包括奥陶纪、志留纪和泥盆纪。寒武纪是生物大爆发时期。奥陶纪是地史上大陆地区遭受广泛海侵的时代,是火山活动和地壳运动比较剧烈的时代,也是气候分异、冰川发育的时代,是海生无脊椎动物繁盛时期。中志留世海侵达到顶峰,晚志留世各地有不同程度的海退和陆地上升,陆生植物和有颌类动物出现。泥盆纪出现了海西(造山)运动,如中国的天山、祁连山、南秦岭、大兴安岭等地槽褶皱回返,形成巨大山系。泥盆纪是蕨类植物繁盛、脊椎动物进入飞跃发展时期。

3) 石炭纪—二叠纪大冰期(冷)(距今 2 亿~3 亿年)。石炭纪地壳运动剧烈,南半球冷,北半球温暖,导致动植物分区形成,是植物世界大繁盛的代表时期,当时大气含 O_2 量很高,虫子长得特别大,又称巨虫时代;属于这一时期的煤炭储量约占全世界总储量的 50%以上。二叠纪古板块间逐渐拼接形成联合古大陆(泛大陆)。陆地面积扩大,海洋范围缩小,导致二叠纪末发生了有史以来最严重的生物大灭绝事件。

4) 三叠纪—第三纪大间冰期气候(暖)(距今 2 亿到 200 万年前),包括侏罗纪和白垩纪。三叠纪只有

一块大陆(泛古陆),大致位于现在非洲所在的位置,出现了裸子植物和哺乳动物如恐龙。侏罗纪是恐龙的鼎盛时期,盘古大陆开始分裂,裂缝生成了大西洋,飞行的鸟类动物开始出现。在白垩纪,盘古大陆完全分裂成现在的各大陆,但是它们和现在的位置全不相同,被子植物开始出现,恐龙种类达到极盛^[1]。晚白垩世巨大的地幔热异常引起海底扩张速度变快,导致大量海底高原和海山的形成;同时,冈瓦纳大陆裂解,南北大西洋贯通,新的大洋水道形成,可能造成大洋环流格局的大变化。洋壳体积的增加可能使白垩纪海平面比现在高出 200~300 m,大规模海侵也在晚白垩世中期达到最大范围。在这个过程中,火山作用释放出来的营养物质和火山气体的反馈作用造成的大量陆地营养物质的流入共同促使大洋水体富营养化和普遍缺氧,造成大洋缺氧事件。 CO_2 浓度的升高(为现今的 4~10 倍)是火山排气作用的直接结果,其温室效应也被认为可能是促成白垩纪大气和海水高温的重要原因(高于现在 $10\text{ }^\circ\text{C}$)^[2]。

5) 第四纪大冰期气候(冷)(距今 200 万年开始直至现在)。从第四纪开始,全球气候出现了明显的冰期和间冰期交替的模式,逐渐形成今天的寒带、温带、亚热带和热带植物群,生物界已进化到现代面貌,灵长目中完成了从猿到人的进化。陆地上新的造山带是第四纪新构造运动最剧烈的地区,如阿尔卑斯山、喜马拉雅山等,地震和火山是新构造运动的表现形式。第四纪时,地球气候出现过多次冷暖变化,240 万年以来至少经历了 24 个气候旋回。每个相对温暖时期一般维持 1 万年左右。目前正处于一个相对温暖的后期。大约在 1 万年前,地球各大陆的气候带和气候条件基本上形成现代气候的特点。

历史时期的气候变化(1 万年左右以来),可将 5 000 年来我国的气候划分为 4 个温暖时期和 4 个寒冷时期^[3]。

第 1 次温暖期发生在公元前 3500—1000 年间(仰韶文化到河南安阳的殷墟时代),期间黄河流域有大象、水牛和竹子等,估计当时平均温度比现在高 $2\text{ }^\circ\text{C}$,年降水量比现在多 200 mm 以上,是我国近 5 000 年来最温暖时期。第 1 次寒冷时期出现在公元前 1000—850 年(西周时期),期间汉水出现两次结冰。

第 2 次温暖期出现在公元前 770 年到公元初年(秦汉时期),期间出现鲁国(今山东)冬天无冰。秦朝统一六国,汉朝是继秦朝后又一大强国。第 2 次寒冷期是公元初年至公元 6 世纪(东汉、南北朝)。期间出现淮河结冰,南北朝时期是中国历史上一段分裂时期。

第 3 次温暖期是 7—9 世纪(隋唐时期),期间梅

和柑橘能在秦岭以北的关中地区生长。唐朝是世界上的强国之一,成为世界中心。第3次寒冷时期出现在10—12世纪(宋代),期间出现太湖全部结冰。

第4次温暖时期发生在13世纪(元代),期间长安重设“竹监司”管理竹类,显示气候转暖,经济作物棉花种植与棉纺织品在江南一带兴盛,元朝的疆域空前广阔。第4次寒冷期出现在15—19世纪末(明清时期)。估计17世纪的冬天温度要比现在低 2°C 左右,期间发生多次农民起义和列强侵入^[3-4]。

近代气候变化(近100~200年),全球和中国近百年来气候变暖是一个比较统一的定论,从1860年到现在,气候明显有变暖的趋势,特别是从1900—1940年是气候变暖时期,从1940—1980年气候相对变冷,从1980年到现在是气候变暖加快的时期。根据国内外多种气候变化模型预测研究表明,中国未来100年将会出现气温将持续上升的情景^[5-6]。

2 科学看待气候变化和原因

从全球气候变化历史过程来看,气候冷暖和干湿交替是自然规律,交替时间长短和区域气候变化模式都存在不同差异。从地质时期气候变化来看,主要是地壳运动包括地震、火山、造山运动、板块运动等,造成了海洋、陆地和山脉等地质变化,进一步导致了气候变化,以及生物的起源与演化。

从现代科学发展来看,引起气候变化的原因与太阳系^[7-8]、由大气圈、岩石圈、水圈和生物圈等组成的地球表层系统^[3]的变化都有紧密关系。例如,地球自转和围绕太阳的公转造成了一年四季的气候变化等,海洋潮汐与月亮的盈亏有关。海洋环流(赤道太平洋东部和中部海面的厄尔尼诺暖流、拉尼娜冷流)温度变化,南北半球气温差异造成的信风和海陆冷暖差异造成的季风流动方向及强弱,都影响大范围的气候变化。由于地球板块移动形成的造山运动,导致了沧海桑田的巨变,喜马拉雅山的不断抬升,阻挡了南方印度洋温暖气流和北方西伯利亚干冷空气的交汇,在中国北方造成了巨大的干旱半干旱地区,也改变了生物进化、环境、社会更替等。中国降水的形成和分布就与西伯利亚冷空气和太平洋及印度洋湿热空气强弱和交汇区域有关。

从气候变化的历史长河来看,近一、二百年气候变暖无疑只是全球气候变化发展过程中的一个很短的历史阶段,且目前处于第四纪冰期的小暖期,并非地质和历史时期的最暖期,一方面是气候自然变化的结果,另一方面也有大量研究表明,近代气候变暖与人类活动增强,大量消耗化石能源,导致大气 CO_2 浓度上升有关,加快全球变暖。但在地质

时期气候变化的大尺度和历史时期气候变化的中尺度来看,历史上许多时期的气温、 O_2 和 CO_2 浓度比现在还高,也有升降的循环,海侵面积大于或小于现在;其可能更多的原因是地球板块移动以及造山运动导致的陆海沉浮,及进一步导致生态环境和气候变化所致^[1-4,9-11]。目前也有许多研究表明,许多地区的日照时数在减少,同时潜在蒸散量也在减少,这些现象都与气候变暖有关,一方面可能与 CO_2 浓度增加导致的温室效应有关,另外与环境污染大气凝胶增加和其他因素有关^[12-13]。因此,我们要科学分析影响气候变化的多种因素,而不仅仅是强调 CO_2 浓度增加,而要找其他更高、更深入、更宏观和更主要层次的影响因子。

气候变暖有利也有弊,生物多样性和自然生产力是热带>亚热带>温带>寒温带>寒带。气候变暖,可减少供暖能量消耗,有利于节能减排,我国北方大面积地推广温棚生产和设施农业也是利用了气候变暖的益处,同时减少冻害等,提高了自然资源利用效率,与改善生态环境和绿色低碳发展并不矛盾。同时也可以延长工程建设的冬季施工期,加快工农业和经济社会发展。试想,如果气候变冷,我们将要付出更大的能源消耗和环境污染的代价。同时 CO_2 是一种无毒气体,是植物光合作用和干物质积累的重要碳源,是保障人类粮食安全的肥料。如果大气 CO_2 减少可能导致气候变冷。从这些历史和生态学知识来看,气候变暖和 CO_2 浓度上升并不一定都是坏事情。

但由于世界上大部分人口和经济发达城市都位于沿海,如果气候变暖持续,海平面上升,将给全球人类生存环境和经济发展造成很大损失。同时大量燃烧化石能源,发展污染严重的化工业,将进一步加快 CO_2 排放,导致环境污染加重,不利于全球的可持续发展,这是不利的方面,还需要我们发展绿色节能减排技术,改善生态环境。再是气候变暖导致极端天气和灾害多发,为世界经济可持续发展造成不利影响。但要整体评价气候变暖的利弊,还需要更长时间和更广泛深入的研究^[14-16]。

首先一年四季是由于地球围绕太阳运动的结果,因此,有关气候变化驱动因素的分析,应该遵循从空间垂直尺度上由高到低影响因素的分析路线,即太阳系运动→大气圈运动(臭氧层、 CO_2 等)→陆地圈(占地球面积29%)运动(地震、火山)→山地气候(区域气候差异的关键,如喜马拉雅山、秦岭等)→平原气候→海洋圈(占地球面积71%)运动(环流)。这方面还需要更深入、更宏观、更尖端的研究,例如,用卫星等高科技手段监测太阳系运动和大气圈及地球圈

的相互影响。

同时我们要从空间水平尺度开展由南到北气候影响因素的分析,首先是大气层环流变化,南北半球气温差异造成的信风和海陆冷暖差异造成的季风流动方向及强弱,如西伯利亚冷空气和太平洋、印度洋暖湿空气对流,对亚洲的气候变化影响很大。再是海洋环流温度和水汽形成能力强弱和方向变化,如海洋环流(赤道太平洋东部和中部海面的厄尔尼诺暖流、拉尼娜冷流)等。还有从南到北 24 节气变化对农业的影响,例如,近年来随着气候变暖,升温节气和降温节气在我国南北方都分别发生不同程度前移和后退情况,导致了我国农作物种植制度的变化^[17]。

树木年轮可以在一定程度上反映气候变化,在温暖、湿润和 CO₂ 浓度较高的条件下,一般树木生产较快,年轮较宽,相反在寒冷、干旱和 CO₂ 浓度较低的情况下,树木年轮生长较慢。但利用树木年轮宽窄来判断导致气候变化的原因还显得不足^[18]。

2007 年政府间气候变化委员会(Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC)公布的第 4 次评估报告指出,过去 50 年观测到的地球平均温度升高很可能(90%以上)是由人类活动引起的,其中主要是人类活动引起的温室气体排放的增加。高精度的卫星数据分析结果显示,30 年来全球气温呈振荡变化,除受厄尔尼诺、火山活动等重大自然现象影响外,并未出现异常增温现象,仍处在正常波动范围内;加勒比海地区的历史资料显示,近几千年来海平面以几乎恒定的速率上升,与大气温度无明显关系;从冰芯中获取的信息表明,CO₂ 浓度与气温升高没有必然联系。研究表明,太阳活动、地球系统自组织作用及行星对全球气候变化具有重要的驱动作用。因此,自然驱动是全球气候变化的主要原因,而人类对全球气候变化的作用很小^[19]。

中国工程院院士丁一汇指出,根据最新发布的政府间气候变化专门委员会(IPCC)第 5 次评估报告第 1 工作组报告,1998 年至 2012 年,全球地表温度每 10 年上升 0.05 °C,远远低于 1951 年以来每 10 年上升 0.12 °C 的增温速率。导致近 15 年气候变暖减缓的因素主要包括:中东太平洋地区拉尼娜事件增多,使海水表层温度降低,对大气环流起到了冷却作用;2000 年以来,太阳活动处于宁静期,来自太阳的辐射减弱;2000 年以来,伴随全球温室气体排放的显著增加,气溶胶也不断增多,对大气也起到了冷却和降温的作用;过去 20 年北极涛动和北大西洋涛动转向负位相,使极地冷空气极易扩散南下,北半球的寒冷天气增多。北极海冰的减少也对亚欧气

候产生了重要的影响。北极海冰减少使欧亚地区阻塞高压发生的机会增多,寒潮变得更加频繁;同时,海冰减少增加了海面蒸发,使北极大气水汽含量增加,从而使大雪和暴雪更加常见。此外,太平洋十年涛动处于冷位相和火山的爆发也促使地球温度降低。虽然近 15 年全球变暖出现停顿,但全球变暖的趋势并未逆转,气候是在冷暖波动中不断上升的^[20]。

趋利避害是我们当前应对气候变化的重要任务,我们要科学分析和对待气候变暖及 CO₂ 浓度增加等问题。目前美国、加拿大、日本等发达国家都不愿意在国际气候变化有关文件上签字,不愿减排 CO₂、压缩自己经济发展的空间,而要让中国这个发展中的国家和其他国家承担碳排放方面的责任,很不公平。我们要在气候变化这场经济、政治博弈中保持清醒头脑,我们需要节能减排固碳,绿色发展,改善生态环境,和谐发展社会、经济、政治和文化,但我们不能因为 CO₂ 减排限制了我们的经济发展空间^[14-16,21],同时我们还要挖掘当前和未来气候变化中的战略机遇期和对有利自然资源的高效利用潜力。

3 中国要抓住气候变化中的战略机遇期

从全球气候冷暖交替变化的历史发展过程来看,在气候温暖的时期,多是生物、人类、国家、社会、经济和文化繁荣发展的时期。但在气候寒冷的时期,多是自然灾害和战乱频繁发生的苦难时期或发展相对缓慢时期^[1-4]。

中国曾经错过了 15 世纪明清中叶(冷)的外向型发展,19 世纪清朝中叶(冷)的工业强国发展,20 世纪 40 年代(暖)第 2 次世界大战后和平时期的电子和原子能科技及东南亚经济快速发展的三大机遇^[6,16]。直到 20 世纪 70 年代末(暖)实行改革开放政策以后,中国才抓住第 4 个战略机遇期,加快发展。

从地质气候变化历史发展来看,目前正处于第四纪冰期中的一个相对温暖后期。2002 年十六大报告中提出,综观全局,21 世纪头 20 年,对我国来说,是一个必须紧紧抓住并且可以大有作为的重要战略机遇期。2010 年胡锦涛强调,把应对气候变化作为我国经济社会发展的重大战略和加快经济发展方式转变和经济结构调整的重大机遇^[22]。2012 年十八大报告指出,综观国际国内大势,我国发展仍处于可以大有作为的重要战略机遇期。我们已经抓住了从 1980 年到 2012 年近 30 多年气候变暖的战略机遇期,并取得世界瞩目的成绩。

当前全球气候谈判的核心是节能减排,减缓气候变暖,减灾防灾,趋利避害,改善生态环境,这和我们国家未来发展决策和自身需要并不矛盾,因此,

解振华^[23]2012年讲到, 应对气候谈判是为国家争取更长战略机遇期。

根据国内外多种气候变化模型预测研究表明, 中国未来100年气温将可能出现持续上升的情景。因此, 我们建议中国政府应该抓住近百年来这个气候变化中的战略机遇期, 进一步加快经济建设、社会建设、生态文明建设、文化建设, 实现社会主义现代化和中华民族伟大复兴。

4 中国农业发展和粮食安全的战略机遇期

有关气候变化特别是气候变暖对中国农业的影响, 利弊之争还没有定论, 从许多模拟试验和预测来看, 多数研究结果是弊大于利, 中国粮食有减产的趋势^[24-27]。

中国科学院地理科学与资源研究所研究表明: 在1980—2008年间, 在全国尺度上根据种植面积加权平均计算, 由气候变化引起的小麦单产降低1.27%, 总产降低 3.6×10^5 t; 玉米单产降低1.73%, 总产降低 1.53×10^6 t; 大豆单产降低0.41%, 总产增加 4.16×10^3 t; 水稻单产增加0.56%, 总产增加 7.44×10^4 t^[26]。他们通过对比分析了温度较高的后10年(2000—2009年)与前10年(1991—2000年)水稻主要灾害(包括干旱、洪涝、高温热害、低温冷害和病虫害)发生频率的时空变化特点, 研究表明, 这些灾害发生频率的变化主要归因于气候极端的变化, 同时农业管理措施在一定程度上增加或减少了灾害的发生^[27]。

中国科学院地理科学与资源研究所基于全国农业气象站点小麦物候观测资料, 发现40%的研究站点小麦抽穗期显著提前; 37.6%的研究站点小麦成熟期显著提前。在30%的研究站点中, 小麦整个生育期(播种到成熟)和营养生长阶段(播种到抽穗)缩短。然而, 由于作物品种积温需求增加和由物候提前引起的相应生长阶段平均温度降低, 使得60%的研究站点小麦生殖生长阶段(抽穗到成熟)呈延长趋势。研究表明, 除农业管理影响外, 气候变化对小麦物候的变化具有重要作用^[28]。在华北平原结合作物机理模型进行研究后发现, 气候变暖是冬小麦物候变化的主要驱动因子, 品种更替在一定程度上减缓了该趋势的变化^[29]。过去大量研究认为气候变暖对作物产量形成具有负效应, 其主要原因是气温升高使得作物灌浆期缩短, 千粒重降低; 而在该研究中并没有发现该事实。相反, 由于气候变暖导致的冬小麦开花和成熟期提前, 在一定程度上可以避免初夏高温对冬小麦生产的影响^[28-29]。

从近六十年来中国农业生产实际来看, 气候变

暖对中国粮食增产明显是利大于弊。从中国粮食总产发展来看, 从1949年的1亿多吨, 到1980年达到3亿多吨, 30多年提高了2亿多吨, 发展缓慢, 其原因一是20世纪60年代三年自然灾害, 二是70年代文化大革命等错误政策方面的不利影响, 三是可能与这一段气温偏冷有关。前30年主要靠增加粮食作物种植面积来增加产量, 后30年在耕地面积逐渐减少的情况下, 主要靠提高单位面积产量来提高粮食总产。从1980年的粮食产量3亿多吨提高到2012年的5.89亿t, 接近6亿t, 也用30多年却提高了3亿多吨。一是改革开放的好政策, 二是风调雨顺的天帮忙, 这段是气候变暖明显时期, 三是科技力量的巨大投入^[30-33]。

我国粮食产量在跨越1.5亿~3.5亿t的台阶时, 水稻增产贡献最大; 在跨越3.5亿~4.0亿t台阶时, 小麦贡献最大; 在跨越4.0亿~5.0亿t台阶时, 玉米贡献最大。玉米播种面积于2002年超过小麦, 2007年超过水稻, 2012年玉米总产超过水稻, 成为第一大作物^[34]。这与20世纪80年代以前主要依靠南方亚热带热带水稻增产, 1980—2000年主要依靠黄淮海麦区气候变暖小麦增产, 2000年以后主要靠东北气候变暖玉米增产明显有关。

近年来, 我国粮食生产9连增, 主要有4大特点: 单产贡献大于面积, 玉米增量贡献最大, 主产区贡献突出, 科技含量提高。在2004—2012年9年里, 粮食增产2/3是靠提高单产, 1/3靠扩大面积。玉米面积增加 1.08×10^7 hm², 增长45.2%, 占粮食面积增量的91.6%; 产量增加 9.23×10^7 t, 增长79.7%, 占粮食产量增量的58.1%。玉米是主要粮食品种中面积和产量增长最快的品种, 已成为我国第一大粮食品种。特别是黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古4省区9年增产占全国增量的38.2%; 总产量在全国的比重从2003年的17.7%提高到2012年的23.2%, 成为全国粮食增长最快贡献最大的区域^[35]。这除了与我国政府对现代农业和粮食安全从政策、科技投入、减灾防灾等方面高度重视外, 也离不开气候变暖和风调雨顺的天帮忙。喜温作物玉米成为中国第一大作物, 除了饲料和化工能源等经济需求加大的带动外, 气候变暖在一定程度上加快了玉米在北方特别是在东北播种面积的扩大和单位面积产量及总产的提高。

通过对中国小麦和玉米品种区域试验对照品种在近十年的演变和对应地区的气温变化研究分析来看, 气候变暖是不可否认的事实, 东北和黄淮两大玉米主产区玉米品种区域试验对照品种的单位面积产量都有提高的趋势^[36], 黄淮和北方冬麦区水地品种区域试验对照品种产量也有提高的趋势^[37], 但对

黄淮旱地和北方冬麦区旱地来说,气候变暖导致小麦对照品种有减产趋势。说明在气候变暖的情况下,如果有一定的灌溉保障,对我国粮食增产还是有正效应的。我们从作物品种产量演变方面进一步说明了气候变暖对中国粮食生产有一定的正效应,是水热耦合的结果,首先是气候变暖,有利于延长部分作物的生长期,特别是生殖生长阶段^[36-38],有利于多熟种植耕作栽培制度的发展,再加上灌溉的保障,肥料和农业机械及植物保护等科技方面的投入,减少了自然灾害损失。

气候变暖使黑龙江的很多地方变得相对适宜种水稻,所以其水稻的单产和种植面积都在增大,气候变暖对单产增加的贡献为 23%~30%,而总产的增加里有 40%左右是适应气候变暖所带来的效益^[39]。

联合国粮食及农业组织发布的《作物前景与粮食形势》报告指出,2013 年全球小麦产量将比 2012 年提高 4.3%,达到 6.9 亿 t,是仅次于 2011 年 7 亿 t 产量的历史纪录第二高产^[40]。

由国家自然科学基金委和国际应用系统研究所联合研究表明,气候变化带来的气温上升和光照增加等农业气候资源的增加,将使我国复种指数上升,复种区域北移,粮食主产区华北将从目前的“一年两熟”变为“二年三熟”,而东北地区未来水稻单产潜力和播种面积都会显著增加。预计,到 2050 年中国粮食生产潜力将年增产 1.6 亿 t。如果综合考虑气候变化和社会经济的相互作用,到 2030 年气候变化能使我国水稻、小麦和玉米的总产量分别增加 9%、4% 和 13%^[41]。

美国科学家 2008 年预测,当温度升高 1.2 °C 和 CO₂ 升高 60~440 mg·kg⁻¹ 时,其联合效应是促进大豆产量提高 9.9%,水稻产量提高 5.6%,棉花产量提高 3.5%,小麦产量提高 0.1%;但高粱和玉米产量分别减产 8.4% 和 3.0%。因此,气候变暖对粮食增产有较小的正效应^[42-44]。

中国农业科学院研究员唐华俊领导一支全球变化研究团队,通过构建包括多种社会经济因子在内的粮食安全状况系统评价模型,预测出气候变化将对我国 2050 年前后粮食安全所产生的影响。在高排放情景下,我国粮食作物平均单产 2030—2050 年间将增加 3%~11%,在中等排放情景下,将增加约 4%。即便考虑到城市化等因素将导致耕地从当前的 1.22 亿 hm² 缩减到 2050 年的 1.05 亿~1.11 亿 hm²,在集约农业和技术进步等因素的协同作用下,我国的粮食产出也有望在高排放情景下,于 2030 年达到 5.7 亿 t、2050 年达到 6.3 亿 t。而在中等排放情景下,我国的粮食产出能力将达到 2030 年 6.2 亿 t、2050

年 6.5 亿 t 的水平。此外,随着我国城乡居民粮食消费水平的稳步提升,粮食安全指数预计将从 2009 年的 +24% 下降到 2030 年的 -4% (高排放)~+10% 水平 (中等排放)。因此,相对于耕地减少和人口增加的影响,在考虑 CO₂ 肥效作用的情况下,气候变化对我国粮食安全有温和的正效应;环境友好的均衡发展道路对长期粮食安全的保障作用远大于高人口、高排放的非均衡发展道路;维持单产年均增长率对保障粮食安全具有重要意义,也就是说,单产增长率是一个比单产绝对值更有效的粮食安全指标^[45]。

5 加强气候变化和水资源安全与粮食安全关系研究

气候变化影响水资源安全,水资源安全决定粮食安全,粮食安全影响国家安全。因此,研究中国北方气候变化与水资源安全和粮食新增潜力,对我国北粮南运、粮食安全乃至世界粮食安全意义重大。

中国是世界人口大国,也是粮食消费大国,粮食安全堪比国防安全,甚至重于经济安全。目前我国每年粮食总产连续 9 年超过 5 亿 t,有 6 亿 t 的潜力。中国每年有占国内生产量 1%~5% 的进口粮食,但总体上粮食安全还不成问题。我国粮食供需总体上仍处于紧平衡状态,“靠天吃饭”还没有根本改变^[46]。随着中国社会经济的发展及气候变化带来的不确定因素,要保持粮食总产超过 5 亿 t 的生产能力,中国的粮食安全和农业可持续发展依然是不可轻视的,连续 10 年中央一号文件都是关注三农问题,说明中国粮食和农业问题的无比重要性。有资料表明,目前全球每年可以出口的粮食总量是 2.5 亿 t,即使把全球每年出口的粮食都买回来,也不能满足我国总人口半年的需求。因此,中国人的饭碗决不能依靠其他国家。

随着全球气候变暖,我国整体趋势是北方气候变暖明显,因此对中国农业和粮食的研究重点应该是在我国北方,从我国粮食生产 9 连增变化的 4 大特点中也可以证实这一点。气候变暖明显影响部分作物生长季和生长期、种植范围及产量等也发生改变。例如,西北部分地区,原来因为气候寒冷只能种生育期短的春小麦,现在因为气候变暖改种为生育期长的冬小麦。东北地区因为气候变暖,玉米、水稻播种面积迅速增加,生长期也有延长,单产不断提高,为我国北粮南运的持续发展奠定了坚实基础。黄淮海地区因为气候变暖出现了小麦晚种(防止冬前旺长和减轻冬春冻害)、玉米晚收(高效利用气候变暖导致生育期延长期间的自然资源)的双晚高产技术;西北地区通过间作套种发展一年两熟农作制度,这些都成为我国北方农业耕作栽培制度适应气

候变暖的重大变革。因此,要科学评估气候变暖在我国粮食 9 连增的利弊效应,并进一步分析气候变化对我国粮食增产潜力的影响,抓住气候变化中的战略机遇期,趋利避害,挖掘我国粮食增产潜力,实现中国繁荣富强。

近年来全球气候变化明显,极端气候事件频繁发生。我国北方气候受全球气候变暖影响显著,区域气候变化多样。例如,新疆地区最近几年降水量明显增加,黄土高原降水量也略有一定的增加,植被覆盖面积增加;华北地区气候趋于干旱、对旱季生长的冬小麦高产不利;东北地区气候变暖但不稳定,粮食总产有增加的趋势但波动较大。气候变暖为区域现代农业发展和粮食安全带来机遇与挑战。

目前,中国北方水资源严重短缺,但该地区又属于粮食主产区,北粮南运的格局近期难以改变。中国政府提出全国新增 500 亿 kg 粮食生产能力规划(2009—2020 年)也主要依靠北方一些省区来实现。如何化解水资源与粮食安全的矛盾,适应气候变化,趋利避害,实现节水、抗逆、资源高效利用和可持续发展,是中国现代农业发展中需要解决的一个关键问题。

在气候变暖的背景下,目前国家投资 300 亿元在东北 4 省开展节水增粮项目建设^[47],进一步完善水利建设,保障灌溉安全,水热资源高效配合,无疑将进一步提高东北粮食主产区的生产潜力。

西北多处在干旱半干旱地区;华北地区属于半湿润易旱地区,且地下水超采严重;东北地区属于半湿润、湿润地区,春旱是东北干旱的最大特点,夏旱也经常发生。在气候变化的背景下,我国北方粮食主产区如何保障粮食安全、水资源安全、生态环境安全和经济安全,还有许多问题值得深入研究。建议国家有关科技部门立项开展我国北方气候变化与水资源和粮食安全的研究。

近年来,由于气候变化带来许多极端天气,我国南方频繁出现季节性干旱、高温、洪涝等灾害,给南方粮食生产和农业生产发展带来不利影响。但是,就目前粮食和农业生产状况而言,南方热带亚热带的气温条件完全可以满足一年 3 熟和一年两熟的条件,但由于农业效益不如工业及经商效益好,许多农民种粮积极性不高,减少了多季种植的面积,因此长江中下游平原商品粮基地的贡献相对越来越小,才导致由原来的南粮北运变成了北粮南运。在气候变化过程中,如何趋利避害,高效利用南方丰沛的雨热自然条件,恢复南方粮食生产能力也是一个非常重要的问题,值得国家和各级政府重视。

气候变化研究的三大研究主题:一是节能减排

CO₂,增加固碳,减缓气候变暖,改善生态环境;二是适应气候变暖和 CO₂ 增加,趋利避害,挖掘气候生产潜力;三是应对频繁发生的极端天气灾害等其他自然灾害,减轻灾害损失,保障水资源和粮食安全,保障持续发展。

中国科学院长期重视我国农业、生态和气候变化研究,在全国不同生态地区建立生态网络试验站,并进行了一些长期定位试验,可为我国应对未来气候变化战略发展提供有用信息。目前中共十八大报告把生态文明放在更高的位置,正是中国科学院生态网络试验站发挥重要作用的重要战略机遇期,除了进行有关生态基础理论研究的同时,更应该加强与气候变化、区域现代农业和国家粮食主产区建设紧密联系,从历史气候演变和农业发展对比分析,说明气候变化对农业和社会经济的影响,并从生物进化角度,从生长发育、形态生理性状、遗传变异、育种改良、分子基因进化等方面研究生物适应气候变化的机理;同时创建不同生态类型地区适应气候变化的作物种植制度模式、现代农业模式和生态环境治理保育模式,为不同生态地区绿色发展、可持续发展,为国家水资源安全、粮食安全、生态安全做出应有的贡献。

参考文献

- [1] 王绍武. 气候系统引论[M]. 北京: 气象出版社, 1994: 52-53
Wang S W. Climate System Introduction[M]. Beijing: Climate Press, 1994: 52-53
- [2] 王成善, 曹珂, 黄永建. 节点文献沉积记录与白垩纪地球表层系统变化[J]. 地学前缘, 2009, 16(5): 1-14
Wang C S, Cao K, Huang Y J. Sedimentary record and cretaceous earth surface system changes[J]. Earth Science Frontiers, 2009, 16(5): 1-14
- [3] 竺可桢. 中国近五千年来的气候变迁的初步研究[J]. 考古学报, 1972(1): 1-22
Zhu K Z. Preliminary study on climate change in near five thousands years in China[J]. Acta Archaeologica Sinica, 1972(2): 1-22
- [4] 李佩成. 全球气候在变化, 但并非一直变暖[N]. 科学新闻, 2008, 15: 11-13
Li P C. Global climate is changing, but not always change warm[N]. Science News, 2008, 15: 11-13
- [5] Overpeck J T, Meehl G A, Bony S, et al. Climate data challenges in the 21st century[J]. Science, 2011, 331(6018): 700-702
- [6] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 中国应对气候变化国家方案[EB/OL]. [2007-06-04]. http://www.sdpc.gov.cn/xwfb/t20070604_139486.htm
National Development and Reform Commission of People's Republic of China. National program for tackling climate change in China[EB/OL]. [2007-06-04]. <http://www.sdpc.gov>

- cn/xwfb/t20070604_139486.htm
- [7] 许靖华. 太阳、气候、饥荒与民族大迁移[J]. 中国科学, 1998, 28(4): 366-384
Xu J H. Sun, climate, famine and nation migration[J]. Science China, 1998, 28(4): 366-384
- [8] Jaworowski Z. Sun warms and cools the earth[Z]. NZCPR Research, 2008: 1-31
- [9] Singer S F. Nature, not human activity, rules the climate: Summary for policy makers of the report of the Nongovernmental International Panel on Climate Change[R]. Chicago: The Heartland Institute, IL, 2008
- [10] 施雅风. 考虑气候变化的复杂性应全面掌握情况谨慎推断结果[J]. 中国科学院院刊, 2010, 25(2): 161-162
Shi Y F. When considering the complexity of climatic change, one should handle conditions to the full, and be cautious to infer the consequence[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Science, 2010, 25(2): 161-162
- [11] 汪建君. 气候变化的另面观谨慎看待 CO₂ 和全球变暖[J]. 中国科学院院刊, 2010, 25(4): 438-447
Wang J J. The other side of climate changes—A second opinion on CO₂ and global warming[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2010, 25(4): 438-447
- [12] 杜军, 边多, 胡军, 等. 西藏近 35 年日照时数的变化特征及其影响因素[J]. 地理学报, 2007, 5(9): 492-500
Du J, Bian D, Hu J, et al. Climatic change of sunshine duration and its influencing factors over Tibet during the last 35 years[J]. Acta Geographica Sinica, 2007, 5(9): 492-500
- [13] 高歌, 陈德亮, 任国玉, 等. 1956—2000 年中国潜在蒸散量变化趋势[J]. 地理研究, 2006, 25(3): 378-387
Gao G, Chen D L, Ren G Y, et al. Trend of potential evapotranspiration over China during 1956 to 2000[J]. Journal of Geographical Sciences, 2006, 25(3): 378-387
- [14] 丁仲礼, 段晓男, 葛全胜, 等. 国际温室气体减排方案评估及中国长期排放权讨论[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(12): 1659-1671
Ding Z L, Duan X N, Ge Q S, et al. On the major proposals for carbon emission reduction and some related issues[J]. Science China Earth Science, 2009, 39(12): 1659-1671
- [15] 丁仲礼, 傅伯杰, 韩兴国, 等. 中国科学院“应对气候变化国际谈判的关键科学问题”项目群简介[J]. 中国科学院院刊, 2009, 24(1): 8-17
Ding Z L, Fu B J, Han X G, et al. Brief introduction to a cluster of projects of “research in key issues of international negotiation with regard to coping with climate change” by Chinese Academy of Sciences[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2009, 24(1): 8-17
- [16] 丁仲礼. 气候变化及其背后的利益博弈[N]. 浙江大学报, 2010-12-07
Ding Z L. Climate change and its back benefit game[N]. Zhejiang University Newspaper, 2010-12-07
- [17] 钱诚, 严中伟, 符凉斌. 1960—2008 年中国二十四节气气候变化[J]. 科学通报, 2011, 56(35): 3011-3021
Qian C, Yan Z W, Fu C B. Climatic changes in the Twenty-four Solar Terms during 1960-2008[J]. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2011, 56(35): 3011-3021
- [18] 王婷, 于丹, 李江风, 等. 树木年轮宽度与气候变化关系研究进展[J]. 植物生态学报, 2003, 27(1): 23-33
Wang T, Yu D, Li J F, et al. Advances in research on the relationship between climatic change and tree-ring width[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2003, 27(1): 23-33
- [19] 蒋祥明, 彭光雄, 邵小东. 自然驱动是全球气候变化的重要因素[J]. 气象与环境科学, 2011(2): 7-13
Jiang Y M, Peng G X, Shao X D. Natural drive is the important factor of global climate change[J]. Meteorological and Environmental Sciences, 2011(2): 7-13
- [20] 丁一汇. 近 15 年全球变暖减缓自然因素是主因[EB/OL]. 中国气象报. [2013-10-25]. <http://paper.sciencenet.cn/htmlnews/2013/10/284299.shtml?id=284299>
Ding Y H. Nature factors are the major causes result in global warming in recently fifteen years[EB/OL]. China Weather News. [2013-10-25]. <http://paper.sciencenet.cn/htmlnews/2013/10/284299.shtml?id=284299>
- [21] 张正斌, 王大生, 陈兆波, 等. 中国从“红色革命”到“黑色革命”再到“绿色革命”的百年三大跨越[J]. 中国生态农业学报, 2011, 19(1): 187-192
Zhang Z B, Wang D S, Chen Z B, et al. Tri-giant leap from red to black and then to green revolution in China in one century[J]. Chinese Journal of Eco-Agriculture, 2011, 19(1): 187-192
- [22] 新华网. 胡锦涛强调进一步做好应对气候变化各项工作[EB/OL]. [2010-02-23]. http://news.xinhuanet.com/politics/2010-02/23/content_13034269.htm
Xinhua Net. Hu Jintao emphasis on doing well every works for copying with climate change[EB/OL]. [2010-02-23]. http://news.xinhuanet.com/politics/2010-02/23/content_13034269.htm
- [23] 解振华. 气候谈判为国家争取更长战略机遇期[EB/OL]. 中国网. [2012-12-08]. http://www.china.com.cn/international/txt/2012-12/08/content_27354271.htm
Xie Z H. Getting longer strategic opportunity for China by climate negotiation[EB/OL]. China Net. [2012-12-08]. http://www.china.com.cn/international/txt/2012-12/08/content_27354271.htm
- [24] Tubiello F N, Soussana J F, Howden S M. Crop and pasture response to climate change[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2007, 104(50): 19686-19690
- [25] Peng S B, Huang J L, Sheehy J E, et al. Rice yields decline with higher night temperature from global warming[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 2004, 101(27): 9971-9975
- [26] Tao F L, Zhang Z, Zhang S, et al. Response of crop yields to climate trends since 1980 in China[J]. Climate Research, 2012, 54: 233-247
- [27] Tao F L, Zhang S, Zhang Z. Changes in rice disasters across China in recent decades and the meteorological and agronomic causes[J]. Regional Environmental Change, 2013, 13(4): 743-759
- [28] Xiao D P, Tao F L, Liu Y J, et al. Observed changes in winter wheat phenology in the North China Plain for 1981-2009[J]. International Journal of Biometeorology, 2013, 57(2): 275-285
- [29] Tao F L, Zhang S, Zhang Z. Spatiotemporal changes of wheat phenology in China under the effects of temperature, day

- length and cultivar thermal characteristics[J]. *European Journal of Agronomy*, 2012, 43: 201–212
- [30] 张正斌, 陈兆波, 孙传范, 等. 气候变化与东北地区粮食新增[J]. *中国生态农业学报*, 2011, 19(1): 193–196
Zhang Z B, Chen Z B, Sun C F, et al. Grain increase in Northeast China under climatic change[J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2011, 19(1): 193–196
- [31] 张正斌, 段子渊. 中国水资源和粮食安全与现代农业发展[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 10–15
Zhang Z B, Duan Z Y. *Modern Agriculture Development and Water Resources and Food Security in China*[M]. Beijing: Science Press, 2010: 10–15
- [32] 张正斌, 段子渊. 中国粮食安全路在何方[J]. *中国科学院院刊*, 2009, 24(6): 610–616
Zhang Z B, Duan Z Y. Where is road for China food security?[J]. *Bulletin of the Chinese Academy of Science*, 2009, 24(6): 610–616
- [33] Zhang Z B, Duan Z Y, Chen Z B, et al. Food security of China: The past, present and future[J]. *Plant Omics*, 2010, 3(6): 183–189
- [34] 刘旭. 新时期我国粮食安全战略研究的思考[J]. *中国农业科技导报*, 2013, 15(1): 1–6
Liu X. Thoughts of China's food security strategy in the new era[J]. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 2013, 15(1): 1–6
- [35] 毕美家. 粮食“九连增”时期呈现四大特点[EB/OL]. 人民网. [2012-12-25]. <http://politics.people.com.cn/n/2012/1225/c70731-20007952.html>
Bi M J. The four big features were expressed in grain increased in past nine years[EB/OL]. Peoples Network. [2012-12-25]. <http://politics.people.com.cn/n/2012/1225/c70731-20007952.html>
- [36] 王玉莹, 张正斌, 杨引福, 等. 2002—2009年东北早熟春玉米生育期及产量变化[J]. *中国农业科学*, 2012, 45(24): 4959–4966
Wang Y Y, Zhang Z B, Yang Y F, et al. Growth period and yield of early-maturing spring maize in Northeast China from 2002–2009[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(24): 4959–4966
- [37] 高辉明, 张正斌, 徐萍, 等. 2001—2009年中国北部冬小麦生育期和产量变化[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(11): 2201–2210
Gao H M, Zhang Z B, Xu P, et al. Changes of winter wheat growth period and yield in northern China from 2001–2009[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(11): 2201–2210
- [38] Tao F L, Zhang S, Zhang Z. Spatiotemporal changes of wheat phenology in China under the effects of temperature, day length and cultivar thermal characteristics[J]. *European Journal of Agronomy*, 2012, 43: 201–212
- [39] 方修琦. 全球变暖面面观[EB/OL]. 中国科学院网. [2013-01-21]. http://www.cas.cn/xw/zjsd/201301/t20130121_3754178.shtml
Fang X Q. Review of global climate change warming[EB/OL]. Chinese Academy of Sciences Net. [2013-01-21]. http://www.cas.cn/xw/zjsd/201301/t20130121_3754178.shtml
- [40] 王心见. 2013年全球小麦将再获高产[EB/OL]. 科技网. [2013-03-14]. http://www.stdaily.com/stdaily/content/2013-03/14/content_581894.htm
Wang X J. Global wheat will get high yield in 2013 year[EB/OL]. Science and Technology Net. [2013-03-14]. http://www.stdaily.com/stdaily/content/2013-03/14/content_581894.htm
- [41] 王瑾. 预计到2050年中国粮食生产潜力将年增产1.6亿吨[EB/OL]. 中国政府网. [2013-02-27]. http://www.gov.cn/gzdt/2013-02/27/content_2340798.htm
Wang J. China's grain potential will get 1.6 thousand and million tons in 2050 year[EB/OL]. China Government Net. [2013-02-27]. http://www.gov.cn/gzdt/2013-02/27/content_2340798.htm
- [42] Sonny R, Ralph W F H. *Agriculture and the Changing Climate*[M]. New York: National Agricultural Biotechnology Council, 2011
- [43] Eaglesham A, Hardy R W F. NABC report 21: Adapting agriculture to climate changes[EB/OL]. Ithaca, NY: National Agricultural Biotechnology Council, 2009. http://nabc.cals.cornell.edu/pubs/pubs_reports.cfm#nabc21.
- [44] National Research Council. *Advancing the Science of Climate Change*[M]. Washington, DC: National Academies Press, 2010
- [45] Ye L M, Xiong W, Li Z G, et al. Climate change impact on China food security in 2050[J]. *Agronomy for Sustainable Development*, 2013, 33: 363–374
- [46] 李克强. 管好“天下粮仓”建“新四化”[EB/OL]. 新浪网. [2013-01-16]. <http://news.sina.com.cn/o/2013-01-16/045926043477.shtml>
Li K Q. Manage grain bank, set up new four modernizations[EB/OL]. Sina net. [2013-01-16]. <http://news.sina.com.cn/o/2013-01-16/045926043477.shtml>
- [47] 新华网. 中国在东北产粮区实施“节水增粮”行动[EB/OL]. [2012-03-07]. [http://news.xinhuanet.com/society/2012-03-07/c_111614700.htm](http://news.xinhuanet.com/society/2012-03/07/c_111614700.htm)
Xinhua Net. China put into effect for water-saving and grain-increasing in Northeast[EB/OL]. [2012-03-07]. http://news.xinhuanet.com/society/2012-03/07/c_111614700.htm