

# 气候变化与西北地区粮食和食品安全

张强<sup>1,2</sup>, 陈丽华<sup>3</sup>, 王润元<sup>1</sup>, 肖国举<sup>4</sup>, 李裕<sup>5</sup>,  
邓振镛<sup>1</sup>, 王鹤龄<sup>1</sup>, 赵鸿<sup>1</sup>

(1. 中国气象局兰州干旱气象研究所, 甘肃省干旱气候变化与减灾重点实验室, 甘肃 兰州 730020;

2. 甘肃省气象局, 甘肃 兰州 730020; 3. 国家总参气象水文局, 北京 100081;

4. 宁夏大学新技术应用研究开发中心, 宁夏 银川 750021; 5. 西北民族大学化工学院, 甘肃 兰州 730030)

**摘要:**气候变化对西北地区影响十分显著, 尤其对西北地区粮食和食品安全带来的风险正在成为社会经济发展的严峻挑战。本文在总结国家公益性行业科研专项“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征研究”、科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”和甘肃省科技攻关项目“甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究”等科研项目研究成果的基础上, 分析了气候变化对西北地区粮食和食品安全带来的风险性, 归纳了气候变化对西北地区粮食和食品安全的主要影响方面, 初步提出了西北地区在粮食和食品安全方面应对气候变化的科学对策和技术方法, 从而为西北地区应对和适应气候变化的影响提供科学参考依据。

**关键词:**气候变化; 西北地区; 粮食和食品安全; 应对措施; 科学依据

**中图分类号:** P468

**文献标识码:** A

## 引言

近年来, 随着气候变化趋势加剧, 极端天气气候事件及农业气象灾害和作物病虫害日益严重, 世界许多地方都正在遭受着农业气候灾害和作物病虫害的严重困扰, 全球粮食和食品安全正在面临气候变化的空前的威胁, 其中近年频繁不断的干旱灾害已导致全球粮食储备连续3 a下降。尤其, 2012年美国正在遭遇的半个多世纪以来最严重的旱灾已造成严重的粮食减产和粮价飙升, 主要粮食作物玉米和小麦的价格已分别暴涨了60%和26%, 导致牲畜和畜牧产品的价格及肉和奶制品的价格不断攀升, 不仅引发了全球性的粮食安全危机, 也引起了人们对气候变化与粮食和食品安全问题的思考。

西北地区作为全球气候变化敏感区和生态环境脆弱区<sup>[1]</sup>, 农业受气候变化的影响更加显著, 粮食和食品的安全性更加脆弱。气候变化不仅威胁西北

地区粮食生产安全, 而且也关系到其食品安全。因此, 当前应该加强对西北地区气候变化与粮食和食品安全问题的关注, 让农业生产的决策者和实践者充分认识到气候变化对粮食和食品安全的重要性和迫切性, 主动掌握应对气候变化的科学方法和技术措施, 既可切实减少气候变化给西北地区粮食和食品安全带来的风险, 又可最大限度把握和利用气候变化对提高粮食和食品安全水平提供的机遇。为此, 本文试图通过总结国家公益性行业科研专项“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征研究”<sup>[2-21]</sup>、科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法”<sup>[22-26]</sup>和甘肃省科技攻关项目“甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究”<sup>[27-38]</sup>等科研成果, 归纳气候变化对西北地区粮食和食品的影响特征, 提出降低气候变化引起的西北地区粮食和食品安全风险的对策和措施, 为西北地区

收稿日期: 2012-10-09; 改回日期: 2012-11-02

基金项目: 国家公益性行业科研专项“西北地区旱作农业对气候变暖的响应特征研究(GYHY200806021)”、科技部科研院所社会公益研究专项“西北农作物对气候变化的响应及其评价方法(2005DIB3J100)”和甘肃省科技攻关项目“甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究(2GS042-A44-017)”共同资助

作者简介: 张强(1965-), 男, 甘肃靖远人, 研究员, 博士生导师, 主要从事干旱气候、大气边界层、陆面过程等领域的研究。E-mail: zhanqiang@cma.gov.cn; qzhang@ns.lzb.ac.cn

应对和适应气候变化的影响提供了科学参考依据。

## 1 气候变化引起的西北地区粮食和食品安全挑战

我国西北地区幅员辽阔,农业生产在国民经济中占据着主导地位。但由于该地区自然环境条件较差,气候背景对农业生产的约束性很强,气候变化对农业生产的不利影响也非常突出<sup>[39-42]</sup>,粮食产量长期在低水平徘徊,难以满足本地区人民的生活需要,在历史上经常出现逃荒和乞讨现象。新中国成立尤其改革开放之后,由于社会生产关系的改善和农业技术的发展,西北地区农业生产取得了巨大成就。近30多a来西北地区粮食总产由1 874.5万t增加到了3 633.0万t,增幅达93.8%,远高于全国25.1%的平均值,实现了粮食产量由长期短缺到总量供给基本平衡的重大转变,初步实现了区域范围内的粮食平衡自给。然而,近几十年西北地区农业生产的良好发展形势难以掩盖气候变化对粮食安全带来的挑战。气候变化影响的事实也告诉我们,过去的气候变暖幅度也许还有一些对西北地区粮食生产有利的因素,而进一步加剧的气候变暖幅度对粮食生产的不利因素会更加突出,其对粮食和食品安全的潜在威胁毋庸置疑,绝对不应被忽视。

从未来发展趋势看,西北地区整体暖干化趋势更加明显,干旱灾害发生频率将继续增加,冰雹、暴洪和干热风等危害将不断加剧,农业生产的灾害损失将会明显加重。而且,气候变暖还将直接影响作物种植、农业生态稳定性和病原菌传播及痕量元素的吸收等多个方面。气候变化对农业生产的不利影响将会日益突显,对农业生产带来的约束和威胁将会进一步加大。在目前人均耕地面积和水资源量等农业生产要素的刚性约束越加突出及生产力发展空间十分有限的背景下,气候变化带来的农业产生风险和不利影响将会不断加剧,西北地区粮食持续稳定增长的难度将逐步加大,粮食产量和品质下滑及食品安全程度降低的可能性正在增大,粮食和食品行业的脆弱性正在增加,已对粮食和食品安全提出了严峻挑战。

不断发展应对和适应气候变化的农业科学技术是西北地区现代农业发展的必然选择,也是突破区域气候环境约束、保障粮食和食品安全的必要手段。当前,需要针对西北地区气候变化及其对农业生产影响的基本特点和保障粮食与食品安全的客观需

要,深入分析气候变化对西北地区作物生理生态、生长发育,水资源利用,土壤环境和生态系统结构的影响特征,并从粮食和食品安全高度系统认识气候变化影响的基本规律,为政府决策者和农业科技工作者应对气候变化提供技术对策。

## 2 气候变化对西北地区粮食和食品安全的主要影响

近半个多世纪以来西北地区经历了持续的增温和暖冬气候,未来西北气候仍将持续变暖,这正在或将要对西北地区土壤环境、雨水资源利用和痕量元素利用等农业生产条件及粮食和食品安全产生重大影响。尽管一般而言气候变化对西北地区粮食生产的影响具有两面性:一方面,西北地区农业生产会由于气候变化带来作物播种期提前、长期缩短、适播作物品种增多、作物适播面积增加、适播海拔升高、甚至一些作物在目前气候变暖幅度下产量还有所增加等一系列有利因素,另一方面也会引起土壤环境不断恶化、雨水资源利用率下降、痕量元素利用率降低、多数粮食作物产量下降和食品营养性降低等诸多不利因素。不过,从西北地区粮食和食品安全角度而言,更需要关注和防范的是气候变化的不利影响因素。

第一,粮食产量下降。气候变暖将使西北地区大多数作物的光合速率明显下降,生育期显著缩短,对作物产量的形成造成极为不利的影响。如果增温2.0℃左右,灌区的春小麦全生育期将缩短18~22d,产量将减少16.5%~18.5%;雨养区的豌豆生育期将缩短3~17d,产量将减少6.3%~17.5%;雨养区的春小麦—马铃薯轮作系统作物生育期将缩短11~42d,产量将减少3.2%~9.4%。粮食作物的气候产量下降似乎将成为普遍趋势,粮食安全压力将会明显加大。

第二,食品营养性降低。气候变暖不仅与西北地区作物病虫害密切相关,而且还会改变农业生产过程的化肥和农药投入量及农作物对痕量元素和重金属元素的吸收能力。在未来气候变暖情景下,大多数作物的害虫和病害将加重,作物痕量元素和重金属元素含量将有所失调,作物营养元素缺乏胁迫及Al、Mn等毒性元素过量胁迫还将会减少光合产物在茎和产品中的分配比例,这将直接导致西北地区食品营养水平降低。

第三,土壤环境不断恶化。气候变暖对西北地

区土壤环境的影响是多方面的:首先,气候变暖加快了微生物对土壤有机质的分解,造成土壤肥力下降;其次,土壤环境中各种离子交换过程趋于活跃,土壤污染不断加剧;第三,加剧了土壤水分蒸发,带动土壤盐分向上移动,导致土壤盐渍化;第四,促进了土壤有机碳矿化速度,引起土壤物理、化学和生物反应的一系列变化;第五,影响了岩石的化学风化和硅酸盐的风化速度,改变了土壤形成过程。

第四,雨水资源利用率下降。气候变化对雨水资源利用效率的影响非常显著,往往会由于气候变暖引起的蒸发力增加而造成雨水资源利用效率的下降,不少雨水资源在未到达土壤的作物根系分布层之前就已经被蒸发了。即使未来全球气候变暖控制在 $2.0 \sim 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 以内,作物水分利用效率也将出现下降趋势,豌豆水分利用效率将下降 $4.3\% \sim 33.3\%$ ,春小麦—马铃薯轮作系统作物水分利用效率将下降 $3.0\% \sim 12.4\%$ ,这会使农业生态系统的抗旱能力进一步减弱。

第五,痕量元素利用率降低。气候变暖能够通过土壤微生物活动及对植物生长速率、光合作用速率和细胞中酶活性等影响,改变西北地区土壤中痕量元素的溶解性,从而引起作物Cd和Cu的富集水平下降,并直接导致痕量元素生物利用率降低,从而对粮食作物的营养成分形成产生不利影响。

### 3 应对和适应西北地区粮食和食品安全风险的主要措施

主动适应和积极应对气候变化是化解西北地区粮食和食品安全风险的主要出路,研究表明可供我们选择的应对策略和适应措施有多个方面。

第一,主动调整农业种植结构。可以通过实施“冬小麦北移”、“压夏扩秋”和“多熟种植”等作物种植结构和种植制度调整措施及发展和扩大“喜温抗旱”的作物品种等多种应对策略,达到对气候变化影响趋利避害的作用,以有效提升粮食生产安全水平。

第二,发展极端天气气候事件预测预警系统。气候变暖使极端天气气候事件有所增加,对农业生产及粮食和食品安全具有极为不利的影 响,发展极端天气气候事件预测预警系统可以增强对极端天气气候事件的预知能力,从而及早防范和应对其影响,能够提升预防极端气候事件的能力,可以降低气象灾害对农业生产的危害,提高粮食生产的稳定性。

第三,发展现代化的设施农业。现代化的设施农业是现代 农业的主要方面,它可以利用现代化的设施农业设备,根据农作物生长的客观需要,科学调整或改变自然气象条件,从而营造最有利于作物生长的人工小气候条件,可以有效避免气候变化引起的不利影响,充分利用气候变化带来的有利因素。

第四,开发空中云水资源。通过科学开发利用空中云水资源,可以增强对水资源的调控能力,扩大可利用水资源总量,从而有效缓解西北地区水资源短缺的矛盾,化解气候干旱化对农业产生的不利影响,提高农业生态系统的健康水平。

第五,培育低碳农业和循环农业。低碳农业和循环农业模式是减缓和适应气候变化的有效途径之一,可以减少农业生产过程中化学物质和化石能源的投入,既直接减少了农业生产过程对粮食产品的污染,又间接降低了温室气体的排放。

第六,推进气候变化对粮食和食品安全影响的研究。目前,对气候变化引起的粮食和食品安全问题的了解仍然十分有限,尤其缺乏减少安全风险的有效应对措施,只有进行系统地研究和不断的实践探索才能找到应对和适应气候变暖对粮食和食品安全影响的良方。

## 4 结束语

气候变暖是人类社会面临的新挑战,西北地区作为全球生态环境脆弱区和气候变化敏感区,应该对气候变化的影响给予更多的关注。尤其,由于该地区自身农业生产条件就较差,粮食和食品安全水平也较低,气候变化对该地区粮食和食品安全的影响无疑是雪上加霜,将会对该地区社会经济发展提出十分严峻的挑战。

客观而言,我们当前对气候变化影响的研究只是冰山一角,应该说对很多问题的认识仍然十分肤浅。比如,我们虽然了解一些气候变暖对西北地区粮食和食品安全影响的事实,但往往很难提出得力的应对和适应措施,目前不少应对措施显得比较空洞或缺乏实践性,应该说关于气候变化与西北粮食和食品安全问题的研究仍然任重而道远。

目前,迫切需要通过进一步深入开展气候变化对西北地区粮食和食品安全的影响规律研究,提高对西北地区粮食和食品安全问题的认识水平,为应对未来粮食和食品安全提供科学依据,以实现应对气候变化引起的粮食和食品安全问题的应对行为由被

动向主动和盲目向科学转变。

应对气候变化是一项浩大的实践活动,因此应对气候的科学措施和技术方法绝对不能停留在书本上或绝对化,必须经过由试验到理论,再由理论到实践的不断往复,也就是说需要开展系列性的研究项目,进行不断的认识和反复的检验,只有这样才有可能把握气候变暖对西北地区粮食和食品安全影响的真谛,才有可能找到指导应对和适应气候变化的真经。

#### 参考文献:

- [1] 张强,张存杰,白虎志.西北地区气候变化新常态及对干旱环境的影响[J].干旱气象,2010,28(1):1-7.
- [2] 张强,王润元,邓振镛.中国西北干旱气候变化对农业与生态影响及对策[M].北京:气象出版社,2012.475.
- [3] 肖国举,李裕.中国西北地区粮食与食品安全对气候变化的响应研究[M].北京:气象出版社,2012.278.
- [4] Guoju Xiao, Qiang Zhang, Runyuan Wang, et. al. Effects of Temperature Increase on Pea Production in a Semiarid Region of China [J]. Air, Soil and Water Research, 2009(2):31-39.
- [5] Xiao Guoju, Zhang Qiang, Xiong Youcai, et al. Integrating rainwater harvesting with supplemental irrigation into rain-fed spring wheat farming[J]. Soil & Tillage Research, 2007,93:429-437.
- [6] Guoju Xiao, Qiang Zhang, Runyuan Wang. Impact of temperature increase on the yield of winter wheat at low and high altitudes in semi-arid northwestern China[J]. Agricultural water management, 2010,97:1360-1364.
- [7] Li Yu, Zhang Qiang, Wang Runyuan, et al. Temperature changes the dynamics of trace element accumulation in Solanum tuberosum L[J]. Climatic Change, 2011, DOI 10.1007/s10584-011-0251-1.
- [8] 邓振镛,张强,王强,等.黄土高原旱作区土壤贮水力和农田耗水量对冬小麦水分利用率的影响[J].生态学报,2010,30(14):3672-3678.
- [9] 邓振镛,张强,王强,等.黄土高原旱塬区土壤贮水量对冬小麦产量的影响[J].生态学报,2011,31(18):5281-5290.
- [10] 邓振镛,张强,徐金芳.全球气候变暖对甘肃农作物生长影响的研究进展[J].地球科学进展,2008,23(10):1070-1078.
- [11] 邓振镛,张强,辛吉武,等.干旱生态环境及水资源对全球气候变暖响应的研究进展[J].冰川冻土,2008,30(1):57-63.
- [12] 邓振镛,张强,徐金芳,等.西北地区农林牧业生产及农业结构调整对全球气候变暖响应的研究进展[J].冰川冻土,2008,30(5):835-842.
- [13] 邓振镛,张强,倾继祖,等.气候暖干化对北方干热风的影响[J].冰川冻土,2009,31(4):664-671.
- [14] 邓振镛,张强,王润元,等.西北地区特色作物对气候变化响应及应对技术的研究进展[J].冰川冻土,2012,34(4):855-862.
- [15] 邓振镛,张强,孙兰东.甘肃特种作物对气候暖干化的响应特征及适应技术[J].中国农业通报,2012,28(15):112-121.
- [16] 邓振镛,张强,赵红岩.气候暖干化对西北四省(区)农业种植结构的影响及调整方案[J].高原气象,2012,31(2):498-503.
- [17] 肖国举,张强,李裕,等.气候变暖对宁夏引黄灌区土壤盐分及其灌水量的影响[J].农业工程学报,2010,26(6):7-13.
- [18] 肖国举,张强,李裕,等.冬季增温对土壤水分及盐碱化的影响[J].农业工程学报,2011,27(8):46-51.
- [19] 李裕,张强,王润元,等.气候变暖对春小麦籽粒痕量元素利用率的影响[J].农业工程学报,2011,27(12):96-104.
- [20] 李裕,张强,勾昕,等.灌溉与雨养农业土壤中的重金属污染源[J].兰州大学学报(自然科学版),2011,47(6):56-61.
- [21] 李裕,张强,张建奎.镉的生态风险[J].吉林农业大学学报,2010,32(5):528-532.
- [22] 王润元.中国西北地区农作物对气候变化的响应[M].北京:气象出版社,2012.279.
- [23] Wang Runyuan, Zhang Qiang, Response of Corn to Climate Warming in Arid Areas in Northwest China[J]. Acta Botanica Sinica, 2004,46(12):1387-1392.
- [24] 王润元,张强,杨兴国,等.西北干旱区小麦对变暖的响应[J].气候变化研究进展,2005,9(特刊):190-194.
- [25] 王润元,张强,刘宏.气候变暖对河西走廊棉花生长的影响[J].气候变化研究进展,2006,2(1):190-194.
- [26] 李裕,张强,王润元.气候变化对粮食安全的影响[J].干旱气象,2009,27(4):367-372.
- [27] 张强,邓振镛.全球气候变化对我国西北地区农业的影响[J].生态学报,2008,28(3):1210-1218.
- [28] 张强,李耀辉,孙国武.环境蠕变与干旱环境[M].北京:现代教育出版社,2009.247.
- [29] 肖国举,张强,王静.全球气候变化对农业生态系统的影响研究进展[J].应用生态学报,2007,18(8):1877-1885.
- [30] 邓振镛,张强,万信.甘肃省农业种植结构性调整的发展战略与优化方案[J].地球科学进展,2005,20(s):108-113.
- [31] 邓振镛,张强,等.甘肃干旱生态环境对全球气候变暖的响应及减灾技术的研究进展[J].地球科学进展,2007,22(s):237-242.
- [32] 邓振镛,张强,刘德祥,等.气候变化对甘肃种植结构和农作物的影响[J].中国沙漠,2007,27(4):627-632.
- [33] 邓振镛,张强,宁惠芳,等.西北地区气候暖干化对作物气候生态适应性的影响[J].中国沙漠,2010,30(3):633-639.
- [34] 邓振镛,张强,尹宪志.干旱灾害对干旱气候变化的响应[J].冰川冻土,2007,29(1):114-118.
- [35] 邓振镛,张强,韩永翔,等.甘肃省农业种植结构影响因素及调整原则探讨[J].干旱地区农业研究,2006,24(3):126-129.
- [36] 肖国举,张强,张峰举,等.不同品种与耕作方式及补充灌溉等农艺技术组合对春小麦产量的影响[J].西北农业学报,2007,16(4):19-28.
- [37] 肖国举,张强,白虎志,等.CO<sub>2</sub>浓度升高与补充灌溉对中国半干旱地区春小麦田间生态系统边缘效应的影响研究[J].西北农业学报,2008,17(3):103-112.
- [38] 孙秉强,张强,董安祥,等.甘肃黄土高原土壤水分气候变化特征[J].地球科学进展,2005,20(9):1041-1046.
- [39] 张强,王胜.关于干旱和半干旱区陆面水分过程的研究[J].干旱气象,25(2):1-4.
- [40] 张强,王胜.Characteristics of Hydrometeorology and its Simulation over Desert in the Arid Region of Northwest China[J]. 2007,干旱气象,25(4):1-4.
- [41] 张强,赵映东,张存杰,等.西北干旱区水循环与水资源问题[J].干旱气象,2008,26(2):1-8.
- [42] 张强,陈丽华,问晓梅.陆面露水资源开发利用初探[J].干旱气象,2008,26(4):1-4.

## Climate Change and Food, Food Safety in Northwest China

ZHANG Qiang<sup>1,2</sup>, CHEN Lihua<sup>3</sup>, WANG Runyuan<sup>1</sup>, XIAO Guoju<sup>4</sup>, LI Yu<sup>5</sup>,

DENG Zhenyong<sup>1</sup>, WANG Heling<sup>1</sup>, ZHAO Hong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Arid Climatic Change and Reducing Disaster of Gansu Province, Key Open Laboratory of Arid Climate Change and Disaster Reduction of CMA, Institute of Arid Meteorology, China Meteorological Administration, Lanzhou 730020, China; 2. Gansu Provincial Meteorological Bureau, Lanzhou 730020, China; 3. Meteorological and Hydrological Bureau, PLA Headquarters of the Central Staff, Beijing 100081, China; 4. Ningxia University, New Technology Application Research and Development Center, Yinchuan 750021, China; 5. Northwest University for Nationalities, chemical college, Lanzhou 730030, China)

**Abstract:** The effect of climate change on northwest China is very remarkable, especially to food and food safety, which is becoming the severe challenges of social and economic development in northwest China. On the basis of summarizing the research achievements of some scientific research projects including the national public welfare industry scientific research program “Research of the response characteristics of dry farming to climate warming in northwest China”, the social commonwealth research program of the ministry of science and technology research institutes “The response of crops to climate change in northwest China and its evaluation method”, the science research project of Gansu Province “The response of arid ecological environment to global warming and disaster reduction technology research” and so on, the risks brought by climate change to food and food safety in northwest China was analyzed, the main influencing aspects of climate change on food and food safety were summed up, the science measures and technical methods were put forward elementarily in food and food safety in northwest China, so as to provide scientific reference basis for coping with and adapting the effect of climate change in northwest China.

**Key words:** climate change; northwest China; food and food safety; responding measures; scientific basis

## 欢迎订阅 2013 年《干旱气象》

《干旱气象》由中国气象局兰州干旱气象研究所、中国气象学会干旱气象学委员会主办,是我国干旱气象领域科学研究的专业性学术期刊,反映有关干旱气象监测、预测和评估的最新研究成果,充分展示干旱气象领域整体的研究和应用水平。期刊主要刊载干旱气象及相关领域有一定创造性的学术论文、研究综述、简评,国内外干旱气象发展动态综合评述、学术争鸣以及相关学术活动。具体包括:国内外重大干旱事件分析、全球及干旱区气候变化、干旱气象灾害评估及对策研究、水文、生态与环境、农业与气象、可再生能源开发与利用、地理信息与遥感技术的应用等。本刊还免费刊载干旱气象研究成果、研究报告、学术活动、会议消息等。《干旱气象》已被《中国学术期刊(光盘版 CAJ-CD)》、万方数据-数字化期刊群、中国核心期刊(遴选)数据库、中国科技论文统计源期刊、重庆维普中文科技期刊数据库、教育阅读网、台湾华谊线上图书馆等全文收录。

《干旱气象》内容丰富、信息量大、研读性强,适合广大气象科研业务工作者、各相关专业技术人员、大专院校师生阅读。

《干旱气象》为季刊,国内外公开发行。2013 年正刊 4 期,每期定价 24 元,全年 96 元。欢迎广大读者订阅,并可以随时邮局款汇购买,款到开正式发票。

编辑部地址:甘肃省兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部  
 邮政编码:730020 联系电话:0931-4670216-2270 电子信箱:gsqx@chinajournal.net.cn  
 银行汇款:兰州市工商银行拱星墩分理处 户 名:中国气象局兰州干旱气象研究所  
 帐 号:2703001509026401376  
 邮 汇:兰州市东岗东路 2070 号 中国气象局兰州干旱气象研究所《干旱气象》编辑部