

适应气候变化的粮食安全保障体系构建

陈帅 杨昕沅

(浙江大学 中国农村发展研究院/公共管理学院, 杭州 310058)

摘 要:在全球气候变化日益加剧的背景下,粮食安全保障面临前所未有的挑战。本文构建了一个覆盖粮食生产、储运、贸易等全链条的气候应对与适应理论框架,系统梳理气候变化影响粮食安全的路径机制,揭示现行农业气候适应方式的潜在盲区,并据此识别未来政策优化的关键着力点。研究发现,气候变化通过作物单产下降、种植结构调整和全要素生产率变化等路径冲击粮食生产,同时影响粮食供应链的稳定性与全球贸易格局。当前粮食安全政策在“生产-供应”协同、农业技术采纳激励以及产销区气候成本分担机制等方面尚有提升空间。据此,提出三项政策建议:第一,构建覆盖全链条的气候适应协同体系;第二,完善农业新技术的采纳激励机制;第三,建立气候风险共担的产销区横向利益补偿机制。上述举措有助于增强粮食系统的气候韧性,提升其气候应对与适应能力,进而推动粮食安全治理体系的公平性与可持续性。

关键词:气候变化;粮食安全;气候适应;利益补偿机制

中图分类号:F320;F323.22 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-7465(2025)04-0081-10

DOI:10.19714/j.cnki.1671-7465.2025.0055

一、引言

全球气候变化对粮食安全的威胁日益凸显,极端天气事件频发已成为影响农业生产体系稳定性的关键因素。IPCC 第六次评估报告指出,当前气候变化对粮食产量的影响仍以负面为主^[1]。气候变化增加了粮食生产的不确定性,并对农业生产布局、供应链稳定性及粮食贸易格局产生影响。这不仅加剧了农业系统的脆弱性,也使农业气候适应政策制定与实施更具复杂性。为此,国家高度重视农业应对与适应气候变化工作。2022 年,国家 17 个部门联合印发《国家适应气候变化战略 2035》^①,将气候适应工作融入国家经济社会发展全局。2025 年中央一号文件明确提出,要加强农业防灾减灾能力建设,利用灾害风险监测与预警系统,减轻农业灾害损失^②。

气候变化对中国粮食安全体系的冲击主要呈现总体危害大和区域差异明显两个主要特征。气候变化对农业总体影响显著,极端气候事件增加粮食生产受灾风险。气候灾害影响作

收稿日期:2025-04-01

基金项目:国家社会科学基金重大项目“气候变化与粮食安全的数量经济学研究”(24&ZD100);浙江省杰出青年科学基金项目“中国气候变化、人力资本配置及其社会经济影响”(LR22G030003);教育部人文社科重点研究基地重大项目“气候变化与低碳食物系统研究”(22JJD790075)

作者简介:陈帅,男,浙江大学中国农村发展研究院、公共管理学院教授;杨昕沅(通信作者),女,浙江大学中国农村发展研究院、公共管理学院博士生。

^① 中国政府网:《国家适应气候变化战略 2035》, https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/14/content_5695555.htm。

^② 中国政府网:《中共中央 国务院关于进一步深化农村改革 扎实推进乡村全面振兴的意见》, https://www.gov.cn/zhengce/202502/content_7005158.htm。

物产量,进而造成经济损失。近年来,极端天气事件常态化趋势进一步加剧了农业损失。2023年,自然灾害(包括台风、旱涝风雹、高温热害和低温冷害)共计造成全国农作物受灾面积达到10539.3千公顷,直接经济损失达到3454.5亿元,相当于农业产值的3.8%^①。

气候变化对中国农业的影响呈现“北重南轻”的区域分布特点。从过往农业气象灾情来看,粮食主产区经历了更多的农业气象灾害,加剧了地区粮食生产的脆弱性,使其面临更高的生产成本与抗风险压力。华北平原、东北平原是我国主要粮仓,也是小麦和水稻的主产区,近年来频繁遭受气候灾害冲击。连续多日极端高温天气是导致农作物歉收的重要因素。2023年,北方局部地区的持续性干旱导致农作物受灾面积达380万公顷,经济损失约205.5亿元^②。此外,短时间极端强降水和持续异常降雨同样造成农作物大面积受灾。黑龙江五常县是中国重要的水稻大县,2023年暴雨和洪涝灾害导致大面积农田雨水倒灌,受灾水稻面积超过100万亩,约占当地水稻种植面积的一半^③。

气候变化对粮食供应链稳定性也构成严峻挑战,影响粮食储备、物流运输及跨区域调配能力。暴雨、台风等极端天气不仅直接冲击粮食生产,也会冲击粮食收储环节,造成库存损失,甚至破坏仓储与运输基础设施,降低粮食流通效率,加剧跨区域粮食调配的不确定性。例如,2024年四川泸州市叙永县突遭暴雨冰雹袭击,导致农民晾晒的玉米、稻谷等粮食被雨水冲走,给当地农民带来了巨大的经济损失。此外,极端天气对粮食生产造成直接冲击,引起全球粮食价格波动,从而改变粮食贸易格局,使国家粮食安全面临新的潜在风险。

尽管国家已经明确农业气候应对和适应的政策目标,但现行粮食安全保障与气候适应目标体系之间仍存在一定差距。其一,尚未建立覆盖粮食生产、储存、流通和贸易全链条的气候应对与适应政策体系。气候变化对粮食安全构成系统性影响,粮食产业链各环节受到不同程度的灾害冲击。当前针对农业气候应对与适应措施的评估多数聚焦在粮食生产环节,缺乏对粮食产业全局风险点的系统评估。其二,农业新技术创新和推广较为缓慢,农户采纳意愿与气候适应目标存在激励相容难题。由于农业新技术采纳前期投入成本较高,农民受经济成本、预期收益等因素影响,对新技术采纳意愿较低。其三,粮食产销区横向利益补偿暂未纳入主产区所承担的气候风险成本。气候变化对粮食生产的冲击最为直接且显著,粮食产区承担主要的气候灾害风险。然而,当前的产销区横向利益补偿机制仍处于逐步完善阶段,粮食产区所需承担的气候应对与适应成本未被精准量化,尚未建立气候风险共担的补偿机制,制约了现行粮食安全保障政策体系的公平性与可持续性。

为完善气候变化背景下的粮食安全保障体系,本研究旨在构建覆盖粮食全供应链的气候应对与适应理论框架,以识别各环节的潜在风险点与可能的机遇,并提出政策建议。本研究从以下几个方面展开:第一,梳理气候变化影响粮食安全的路径机制。具体地,以粮食生产为切入点,逐步拓展至粮食收储、运输、贸易环节,系统分析气候变化对各环节的影响,并构建气候变化背景下保障粮食安全的理论框架。第二,分析现行粮食安全保障体系在气候变化背景下面临的新型挑战。基于构建的理论框架,全面分析气候变化影响粮食安全路径机制中尚未被解决的难题。第三,揭示粮食安全保障体系适应气候变化的新潜力点。针对现行粮食安全保障体系面对的新型气候适应挑战,对接现实需求与关键问题,揭示未来气候变化背景下保障粮

① 数据来源:应急管理部《2023年全国自然灾害基本情况》, https://www.mem.gov.cn/xw/yjglbgzdt/202401/t20240120_475697.shtml。

② 红星新闻:《泸州叙永一乡镇突降暴雨冰雹 当地居民:有村民晾晒的粮食被冲走》, <https://static.cdsb.com/micropub/Articles/202409/8ce02d38e2c50379e696f37e7361186f.html>。

③ 新华网:《新华社记者五常农田实地探访》, https://www.xinhuanet.com/local/2023-08/10/c_1129797511.htm。

食安全的气候适应新潜力点。第四,优化气候变化下保障粮食安全的实践路径。基于农业气候适应中的新型挑战与潜力,提出未来气候变化背景下保障粮食安全的具体推进路径。

二、气候变化影响粮食安全的路径机制

气候变化对粮食安全具有全局性影响,贯穿粮食生产与供应全链条环节。本文将系统分析气候变化影响粮食安全的路径机制,构建气候变化背景下保障粮食安全的理论框架(图1)。

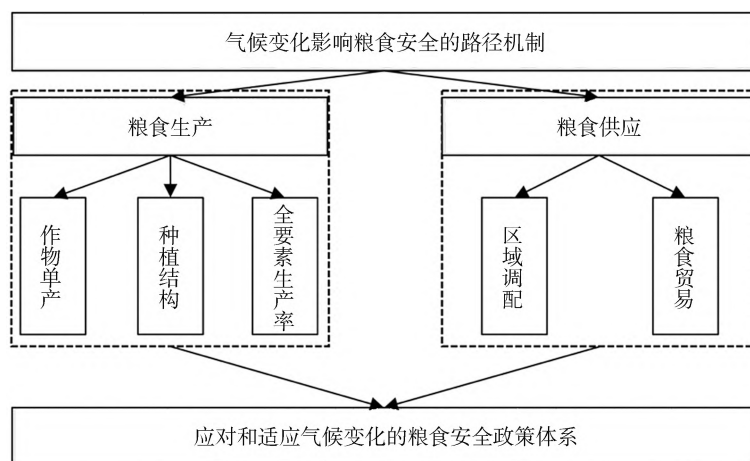


图1 气候变化影响粮食安全的路径机制

(一) 气候变化影响粮食生产体系

气候变化影响粮食作物单产并与其存在非线性减产关系。基于农学机理,作物生长存在最优生长温度。当温度超过作物生长的最优温度阈值时,升温将会加速作物发育,缩短生长周期,从而降低作物单产。从气候对中国粮食生产影响情况来看,极端高温对水稻^[2-3]、小麦^[4]、玉米^[5]三大主粮作物的单产具有非线性减产影响。未来气候变化将加剧作物单产的负面影响,预计到2050年未来气候变化将导致中国水稻平均产量减少10%~19%^[2],到21世纪末期,预计玉米平均产量将减少3%~12%^[5],水稻、小麦和玉米单产分别减少36.25%、18.26%和45.10%^[6]。

气候变化影响粮食生产的土地利用方式,体现在作物种植面积及种植结构的变化。如果仅考虑气候对作物单产的影响,其内含的假设是种植面积外生给定的。事实上,农户通常会根据气候变化调整种植面积。在短期内,天气波动会影响作物种植面积。春季降雨增加会减少玉米种植面积,而增加大豆种植面积^[7]。此外,气候变化改变了不同地区和作物的比较优势,导致作物生产力发生变化,促进种植结构转变^[8]。比如,在凉爽和干燥地区,气候变暖使得玉米和大豆相较于小麦和水稻更具有比较优势,这些地区将会扩大玉米和大豆种植面积^[9]。

气候变化影响农业全要素生产率。农业生产是一个投入-产出的过程,结合农业生产函数,粮食产出受土地、机械、劳动、化肥、农药等可观测投入要素,以及气候条件、不可观测的投入要素和技术进步共同影响。全要素生产率用于衡量无法由可观测投入增加来解释的产出增长,其变化能够反映出农业技术对气候变化的适应性^[10-11]。农户通常会依据天气变化调整生产策略,包括改变投入要素、采纳新型农业技术等方式,因此,观测气候变化对全要素

生产率的影响,能够全面捕捉气候因素对除可观测投入之外的其他要素的整体影响。从短期天气波动的响应来看,极端高温对农业全要素生产率有负向影响。如果考虑长期气候影响,气候适应将抵消短期内极端天气对全要素生产率的部分损失。研究表明,中国农业气候适应效果能够抵消 37.9% 短期负向影响^[12]。

(二) 气候变化影响粮食供应体系

气候变化对粮食收储与运输环节的多重影响,进一步加剧了粮食供应的不稳定性。在粮食收储方面,短时间内强降雨引发的洪涝灾害不仅直接淹没农田,造成作物损毁,还可能通过雨水倒灌等形式破坏粮食储存设施,导致粮食收储损耗增加。以 2021 年台风“烟花”引发的暴雨袭击河南、河北、山东等粮食主产区为例,雨灾对粮食收储的影响主要体现在两个方面:一方面,田间秋粮作物暴雨受灾严重,农田积水严重直接导致作物大面积受灾。另一方面,已收储的粮食也受暴雨影响。农户收储粮食设备有限,短时间内强降水使得自家储藏、尚未交售的粮食损害严重,造成一定的经济损失。在粮食运输方面,暴雨、飓风等突发性极端气候事件造成道路损毁、通信网络中断,基础设施受到破坏加剧粮食跨区域调配的难度。

除对国内粮食收储系统的冲击外,气候变化通过重塑粮食贸易格局,影响国内粮食供应稳定。气候变化是具有全球性影响的事件,对农业生产构成直接的系统性冲击,从而影响全球粮食市场总供给。由于各地气候条件与自然资源禀赋存在显著差异,气候变化对不同地区和作物的影响程度各异。其中,一些主要粮食出口国是农业大国,粮食生产容易受到气候变化的直接冲击。粮食出现减产时,国际市场上粮食总供给能力下降,全球粮价出现上行压力。进口国将面临更高的贸易成本,同时给进口依赖度高的国家带来更大的经济负担和福利损失^[13-14]。以大豆贸易为例,巴西作为全球重要的大豆出口国,其大豆一旦受到极端气候事件冲击而产量下降,可能导致国际大豆市场总供给减少,推高市场价格。中国等依赖进口的大豆消费国,将面临更高的贸易成本,从而增加国内粮食供应的风险。

三、气候变化背景下保障粮食安全的新挑战

(一) 粮食全链条气候适应体系尚未健全

气候变化对粮食安全的影响显著且广泛,涵盖从粮食生产、储运、贸易及消费等全链条环节。然而,不同环节的受灾风险及其应对能力存在差异,使粮食安全面临更为复杂的挑战。当前的气候应对与适应具体措施仍在陆续被揭示,多数集中在粮食生产体系,而对粮食供应环节的气候风险评估与适应措施相对不足。

当前尚未建立覆盖粮食生产、收储、运输和贸易全链条的气候应对与适应体系,导致不同环节在面对极端气候冲击时存在应对与适应不协同的问题,这加剧了粮食安全保障体系的整体脆弱性。在生产环节,现行农业生产的适应气候变化措施主要依赖调整作物种植等手段。尽管现有措施有效缓解了极端天气对作物产量的部分冲击,但针对长期气候变化对农业生产潜力影响的评估仍显不足,如缺乏对气候变暖对中高纬度地区带来的种植潜力揭示,制约了农业生产布局优化政策的制定。在收储与运输环节,极端气候事件增加了粮食储运难度,如台风、洪涝灾害可能破坏交通基础设施,导致粮食损耗增加、物流成本上升。极端高温与强降雨容易造成病虫害或粮食霉变,加之仓储设施老旧等问题,导致粮食储存损耗率较高。然而,当前对气候变化背景下的粮食运储问题关注不足,尚未建立覆盖全链条的气候应对与适应协同政策体系。

(二) 农业新技术推广与采纳存在难题

农业技术推广与采纳存在难题,受到市场激励不足的制约。尽管中国正加快推动农业新技术和新品种的研发,推动农业高质量发展,但在实际应用与推广时,农业技术的采纳意愿较低,其原因可能在于市场激励不足。一方面,当前农业技术创新未能有效对接适应气候变化的现实需求。传统技术研发聚焦提高作物产量、降低生产成本和增强抗病虫能力,适应气候变化的创新技术稍显不足,暂未满足实际生产需求。另一方面,技术研发及推广重点关注“增产”目标,对农民的生产成本与经济收益考虑不足,部分农户容易陷入“增产不增收”的困境。农业新技术应用需要较高的初期投入,如购置设备、技术培训等,使农民面临技术采纳的资金压力。同时,气候变化带来的不确定性,在一定程度上增加了新技术应用的风险,增加了农民的短期收益不确定性。在决定是否采纳新技术时,农民主要考虑生产成本、预期收益及其风险偏好与承担能力。对于资金有限、风险偏好低的农户而言,高投入成本与预期收益不稳定,成为阻碍其采纳新技术的关键因素。

农业技术推广与采纳的支撑体系尚不健全,在政策支持与风险担保方面存在短板。一方面,农业补贴政策多集中于传统农业生产投入,虽然政策已经开始逐步向新型技术倾斜,但针对农业气候适应技术的支持政策仍处于起步阶段,尚未构成完整的支撑体系。同时,由于政策设计缺乏对农户适应气候变化的实际需求及风险偏好的充分评估与考量,激励作用相对有限,难以有效缓解农民在采纳新技术过程中可能面临的生产风险,从而影响其采纳意愿。另一方面,金融与保险在气候风险担保支持方面对小农户的覆盖能力不足。在新技术推广与采纳过程中,小农户缺乏有效可担保抵押物及信用评级,难以从传统金融机构获得贷款支持,导致其面临新技术采纳的资金瓶颈,降低了采纳意愿。

(三) 粮食产销区利益补偿机制亟需完善

粮食产销区利益分配失衡,主产区面临生产重任与气候风险双重挑战。受自然资源禀赋与区域经济发展影响,中国粮食生产与消费在区域分布上不均衡。粮食主产区作为国家粮食安全的“压舱石”,肩负着保障粮食供给的重要责任。然而,主产区面临在保障粮食产量与经济收益之间的两难抉择^[15],同时极端天气也加剧了农业生产的不确定性。河南省作为全国小麦主产省,2023年在小麦成熟收获期遭遇持续降雨,导致丰收在田的小麦大面积霉变,形成严重的“烂场雨”灾害。据统计,河南小麦主产区受灾面积达到2790万亩,占全国小麦种植面积的8%^①。此次灾害对河南省的农业生产、经济发展及财政收入造成巨大冲击,农民的经济收益受到严重损失。相较之下,粮食主销区多为经济较发达地区,依赖从主产区调入粮食以保障本地供给。粮食主销区作为粮食供给的受益方,并未分担产区所面临的生产成本与气候灾害损失。产销区之间利益分配不均衡使主产区承担主要的气候风险,却难以获得经济补偿,从而削弱主产区继续从事粮食生产的积极性与可持续性,影响全国粮食稳定供给。

粮食产销区省际横向利益补偿机制有待完善,尚未形成有效的区域风险共担机制。2025年中央一号文件提出“启动实施中央统筹下的粮食产销区省际横向利益补偿”^②,推动由主销区对主产区进行财政资金补偿。目前,粮食主产区补贴政策以中央政府主导的纵向利益补偿为主,粮食产销区省际横向利益补偿机制仍在逐步推进阶段。另外,传统的利益补偿机制主要基于粮食种植成本、粮食调配量等指标,缺乏对气候变化应对与适应成本的系统性评估,无

① 央广网:《农业农村部:“烂场雨”受灾面积占全国小麦面积8%》, https://news.cnr.cn/dj/20230721/t20230721_526338852.shtml。

② 中国政府网:《中共中央 国务院关于进一步深化农村改革 扎实推进乡村全面振兴的意见》, https://www.gov.cn/zhengce/202502/content_7005158.htm。

法在产销区之间形成有效的气候风险共担机制。气候成本在利益补偿中被低估,产销区之间没有形成合理的气候风险共担,导致横向利益补偿机制出现新缺口。未来深入推进粮食产销区省际横向利益补偿机制建设,需要将气候适应成本纳入补偿范围,提升主产区的抗气候风险能力,保障粮食生产的稳定性。

四、气候变化背景下保障粮食安全的新潜力点

(一) 生产方式调整适应气候变化

极端气候事件对粮食生产造成直接且显著的冲击,但农户可通过调整生产策略进行应对。具体而言,农户会采取更灵活的生产策略,通过调整作物组合、投入要素配置、种植时间及种植面积等策略来应对短期天气波动。例如,温度升高,农户会调整作物播种时间,避开高温、霜冻或强降水等不利天气条件,提高作物产量。气候的暖湿化趋势也会影响不同作物种植面积,进而改变种植结构,提高粮食作物产量,抵消部分因气候变化对产量的负面影响^[16]。此外,农户也会根据温湿度变化优化灌溉策略。在高温干旱时期,增加灌溉频率或扩大灌溉面积,以提高水资源利用效率。灌溉技术能够降低作物对气候的敏感性,有效缓解极端高温对作物产量的损失^[17]。因此,气候应对措施能够在一定程度上减缓极端天气事件对粮食生产的冲击,保障粮食安全与兼顾农民收益。

长期来看,气候变化既对粮食生产构成挑战,也创造了新的生产条件和适应机遇。一方面,气候变化重塑了粮食生产的区域格局。气候变化使积温增加,中高纬度地区的作物生长期得以延长,农业种植边界逐渐北移^[18]。这一变化不仅提升了农业生产力,还改变了作物种植的比较优势,推动作物种植区域重新调整。在气候变化背景下,农户可以根据生产力变化优化作物种植结构,充分利用气候变化为农业生产带来的新机遇,以减少极端天气的负面冲击。另一方面,农户可通过主动适应策略提升应对能力。为适应长期气候变化带来的影响,农户通过调整种植日期以适应气候变化,增加灌溉频率和面积以提高水资源利用效率。此外,借助农业技术创新、推广优势品种、优化农业基础设施等系统性措施,也能够进一步提高粮食生产对气候变化的适应性。

(二) 新技术采纳适应气候变化

新技术的推广与采纳是增强农业气候适应的关键途径。新型农业技术通过降低作物对天气波动的敏感度,从而减少极端天气对作物产量造成的损失。除了采用传统的灌溉措施,研究发现新型雨水收集技术还能够通过改善土壤质量以提高作物产量^[19]。我国已尝试将智能气象技术纳入农业生产,解决了制约干旱地区农业发展的难题。智能气象节水灌溉技术基于土壤水分平衡模型和天气预报,通过将气象监测预报技术与滴灌节水技术相结合,在优化灌溉模式的基础上,为农户提供精准的灌溉建议。新型技术能够显著提升水资源利用效率,降低作物对高温的敏感性,解决因缺乏应对高温干旱能力导致的作物歉收难题。另外,新型农业技术也能够通过提高粮食生产效率,增强农业应对极端天气和适应气候变化的能力。如智能播种机能够根据土壤条件和作物生长需求,精准控制播种深度、间距和数量,提高作物产量。智能收割机利用传感器实现自动化收割,提高作业效率并减少损失,可以在极端天气事件突发的情况下,帮助农户收割粮食,最大程度降低经济损失。此外,农户能够应用农业大数据平台和智能决策系统,根据实时气象数据、土壤条件、病虫害风险等预警信息,精准实施种植决策,有效降低作物遭遇霜冻或高温等灾害风险,提高作物产量和品质,增强粮食生产的气候适应能力。

培育和推广抗逆性作物品种是保障粮食生产适应气候变化的重要手段。气候变化引发高温、干旱、洪涝等自然灾害频发,高温胁迫更是加剧病虫害危害,抗旱、抗寒等农业新型技术创新能够提高农业生产力,帮助农民应对极端天气事件^[20]。近年来,中国在抗逆性作物品种研发方面取得了显著进展。通过基因编辑、分子育种等技术,培育具备抗高温、抗低温、抗旱、抗涝、抗盐碱等特性的作物品种,以提高粮食生产的稳定性。例如,甘肃农业大学玉米遗传改良与新品种选育团队培育出“甘农213”等玉米新品种,显著提高了西北干旱区玉米的抗旱、耐密和宜机收能力。该品种在新疆高密种植中平均亩产达1642公斤,为西北玉米增产提供了重要的技术支撑^①。此外,通过转基因技术将抗虫基因导入作物,选育出抗病虫害的优势品种,在高温环境下仍能够保持较高产量,以应对因气候变化引起的病虫害风险。

(三) 贸易格局调整适应气候变化

贸易通过重构农业生产布局,促进粮食生产适应气候变化。气候变化对农业的影响具有空间异质性,不同地区的作物产量对气候变化的响应存在差异。高纬度地区因积温条件改善和作物生长期延长,获得粮食生产新机遇,而热带和干旱地区则可能因极端高温和干旱频发,使得作物产量下降。这种区域性差异改变了全球农业比较优势变化,并通过市场价格得以体现。当部分地区的作物减产导致总供给减少、价格上涨时,其他受益于气候变化的地区将受到价格激励而扩大生产,从而缓解全球粮食市场供需失衡^[14],推动全球农业生产布局的重构(图2)。

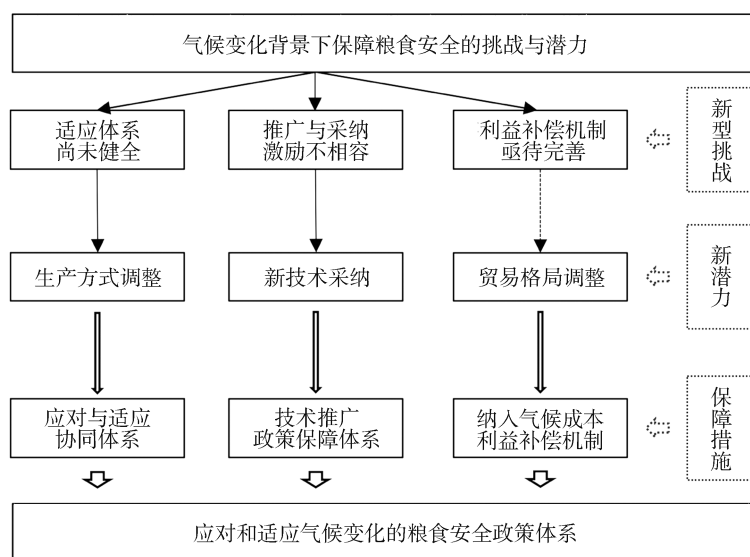


图2 气候变化背景下保障粮食安全的潜力与挑战

贸易通过分散粮食供应风险,提升粮食系统适应气候变化能力。保障粮食供应稳定,不仅依靠国内粮食生产,还依赖国际贸易进口。贸易能够通过进出口调节,缓解局部地区粮食供给短缺,降低全球粮食市场的波动性^[21],增强全球农业系统的适应能力。面对气候冲击频发,各国通过调整关税、出口限制和粮食储备等政策工具,以进口替代、出口转型等方式进行结构性调整,增强粮食供应气候风险应对能力。例如,受气候变化负面冲击较大的国家,其粮食产量可能大幅下降,从而不得不增加粮食进口,甚至可能由传统的粮食出口国转变为净进口国^[8]。一方面,粮食出口国可能受国内农业生产的冲击,导致国内粮食供应不确定性增

① 中国日报网:《“甘农213”:西北玉米产业的希望之“芯”》, <https://cn.chinadaily.com.cn/a/202502/17/WS67b31ffaa310ff9bbd9f376c.html>。

强,而采取粮食出口限制措施;另一方面,粮食进口国则可能通过降低进口关税、增加战略储备等方式,提高对外部冲击的应对能力。例如,2017年,孟加拉国遭遇严重洪灾,导致谷物零售价上涨超过30%。为稳定国内市场,政府通过降低大米关税,增加进口量,从而缓解了国内粮食供应紧张的局面^①。

五、气候变化背景下保障粮食安全的推进路径

建立粮食全供应链气候应对与适应协同体系,推进全路径保障粮食安全。当前,粮食供应链面临的气候风险不仅局限于生产环节,还涉及粮食储运、区域调配、贸易与消费等多方面。因此,需要立足粮食生产,兼顾储藏、运输、贸易、消费等环节,系统评估各环节存在的气候风险点,构建系统性的气候应对与适应体系,保障粮食全链条安全。在生产环节,需要强化粮食生产的抗风险能力。一方面,气候变暖可能为中国农业带来生产潜力,应加强气候变化对农业生产潜力的评估。量化气候变暖对不同区域作物种植适宜性的影响,为农业生产力优化布局提供科学依据。另一方面,通过调整粮食生产方式、推广农业新技术与新品种,提高生产效率,促进粮食生产从短期被动应对向长期主动适应转变。同时,完善农业气象预警系统,增强粮食生产对极端天气的应对能力,降低气候风险与生产损失。在储藏和运输环节,需要改善粮食物流体系。极端气候事件可能增加粮食运储难度,应加快仓储设施升级改造,优化粮食运输装备与仓储设施,减少粮食收储损失。辅助智能监测与管理系统,增强粮食储备体系抗风险能力。同时,改善粮食物流网络,优化粮食区域调配路径,确保粮食主销区之间运输畅通。在贸易与消费环节,需要构建多元化贸易与消费结构。气候变化影响全球粮食供需格局,局部地区面临更严峻的气候风险挑战,影响全球粮食贸易与消费格局。应加强国际合作,拓展新型粮食贸易伙伴,构建多渠道粮食贸易体系,以分散气候冲击带来的供应风险。另外,应树立新型食物消费观,秉持节约减损就是增产的理念,推进全链条节约减损。总体上,加强粮食供应体系适应气候潜力的评估,构建粮食全供应链气候应对与适应协同体系,增强粮食安全体系气候韧性,推动农业高质量可持续发展。

完善技术推广政策保障体系,激励农业新技术采纳。采用农业新技术是粮食供给体系适应气候变化的重要途径。然而,当前农业新技术的推广与采纳仍面临诸多挑战,包括初期投资成本高、收益不确定性大、农民采纳意愿较低及市场需求匹配度不高等。为提高农业新技术的推广和采纳水平,需考虑农民意愿、市场需求,兼顾政策激励效果与金融支持进行多方面优化。一方面,需要完善技术推广政策保障体系,建立兼顾农民收益的正外部性补偿机制。当前农业新技术推广主要依靠政府财政补贴,其他市场主体的参与度相对不足。此外,农业新技术的主要目标是促进粮食产量提升,对气候变化背景下农民的成本收益缺乏考虑,技术推广与采纳面临主体之间激励不相容问题。未来应通过政策引导建立市场化的补偿机制,鼓励龙头企业、科研机构参与技术推广,分担技术采纳所面临的气候风险成本。同时将农民的成本收益纳入补贴,以粮食增产、农民增收为目标推动科技创新,确保农业新技术推广的可持续性。另一方面,降低农民技术采纳成本。高昂的初期投入是农民采用新技术的主要障碍之一,农业新技术需兼顾市场需求与生产成本,尤其是降低初期投入成本,减少农民的畏难心理。充分发挥新型经营主体联农带农的作用,构建专业化的农业技术推广服务体系,为新技

^① 联合国:《气候变化重塑农业 国际贸易对于解决全球粮食问题愈现重要》, <https://news.un.org/zh/story/2018/09/1017852>。

术落地提供技术指导与支持,降低农民学习新技术的培训成本,提高其采纳意愿。

构建粮食产销区利益补偿机制,实现产销区气候风险共担。粮食生产和消费在区域分布上存在不均衡问题,粮食主产区承担粮食供给重任,却面临更高的气候灾害风险;而主销区粮食自给率较低,高度依赖主产区供给,却尚未有效分担产区应对气候变化的风险成本。目前的省际横向利益补偿机制尚未纳入气候适应与应对成本,难以体现跨区域的气候风险共担与公平原则。因此,构建跨区域气候风险补偿机制,通过财政转移、补贴激励等方式,在产销区之间实现风险共担,提升主产区的气候风险保障能力。为建立产销区气候风险共担机制,应开展农业气候资源普查,系统评估粮食生产潜力。结合作物生长需求,深入分析各地区的农业资源禀赋和气候条件,识别潜在的气候灾害风险,量化气候变化为粮食生产带来的损失与适应成本,为构建产销区间补偿标准提供依据。在此基础上,应建立合理的利益补偿机制,在主产区和主销区之间实现气候风险共担,提高主产区气候变化适应能力,保障粮食供给体系安全性与可持续性。

参考文献:

- [1] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Climate Change 2022-Impacts, Adaptation and Vulnerability: Working Group II Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change[R]. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.
- [2] Chen X G, Chen S. China Feels the Heat: Negative Impacts of High Temperatures on China's Rice Sector[J]. Australian Journal of Agricultural and Resource Economics, 2018(4): 576-588.
- [3] 陈帅, 徐晋涛, 张海鹏. 气候变化对中国粮食生产的影响——基于县级面板数据的实证分析[J]. 中国农村经济, 2016(5): 2-15.
- [4] 陈帅. 气候变化对中国小麦生产力的影响——基于黄淮海平原的实证分析[J]. 中国农村经济, 2015(7): 4-16.
- [5] Chen S, Chen X G, Xu J T. Impacts of Climate Change on Agriculture: Evidence from China[J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2016, 76: 105-124.
- [6] Zhang P, Zhang J J, Chen M P. Economic Impacts of Climate Change on Agriculture: The Importance of Additional Climatic Variables Other than Temperature and Precipitation [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2017, 83: 8-31.
- [7] Miao R Q, Khanna M, Huang H X. Responsiveness of Crop Yield and Acreage to Prices and Climate [J]. American Journal of Agricultural Economics, 2016(1): 191-211.
- [8] Costinot A, Donaldson D, Smith C. Evolving Comparative Advantage and the Impact of Climate Change in Agricultural Markets: Evidence from 1.7 million Fields Around the World [J]. Journal of Political Economy, 2016(1): 205-248.
- [9] Cui X M. Climate Change and Adaptation in Agriculture: Evidence from U.S. Cropping Patterns [J]. Journal of Environmental Economics and Management, 2020, 101: 102306.
- [10] Ortiz-Bobea A, Knippenberg E, Chambers R G. Growing Climatic Sensitivity of U.S. Agriculture Linked to Technological Change and Regional Specialization [J]. Science Advances, 2018(12): eaat4343.
- [11] Ortiz-Bobea A. The Empirical Analysis of Climate Change Impacts and Adaptation in Agriculture [J]. Handbook of Agricultural Economics, 2021, 5: 3981-4073.
- [12] Chen S, Gong B L. Response and Adaptation of Agriculture to Climate Change: Evidence from China [J]. Journal of Development Economics, 2021, 148: 102557.
- [13] Nath I. Climate Change, the Food Problem, and the Challenge of Adaptation through Sectoral Reallocation [J]. Journal of Political Economy, 2025(6): 1705-1756.

- [14] Gouel C, Laborde D. The Crucial Role of Domestic and International Market-Mediated Adaptation to Climate Change[J]. *Journal of Environmental Economics and Management*, 2021, 106: 102408.
- [15] 朱晶, 李天祥. 中国式现代化下的粮食安全: 目标任务、转型挑战与实现路径[J]. *学海*, 2024(2): 85-97.
- [16] Cohn A S, VanWey L K, Spera S A, et al. Cropping Frequency and Area Response to Climate Variability can Exceed Yield Response[J]. *Nature Climate Change*, 2016(6): 601-604.
- [17] Wang D, Zhang P, Chen S, et al. Adaptation to Temperature Extremes in Chinese Agriculture, 1981 to 2010 [J]. *Journal of Development Economics*, 2024, 166: 103196.
- [18] 周曙东, 周文魁, 林光华, 等. 未来气候变化对我国粮食安全的影响[J]. *南京农业大学学报(社会科学版)*, 2013(1): 56-65.
- [19] Aker J C, Jack B K. Harvesting the Rain: The Adoption of Environmental Technologies in the Sahel[J]. *Review of Economics and Statistics*, 2023: 1-52.
- [20] Emerick K, De Janvry A, Sadoulet E, et al. Technological Innovations, Downside Risk, and the Modernization of Agriculture[J]. *American Economic Review*, 2016(6): 1537-1561.
- [21] Baldos U L C, Hertel T W, Moore F C. Understanding the Spatial Distribution of Welfare Impacts of Global Warming on Agriculture and Its Drivers[J]. *American Journal of Agricultural Economics*, 2019(5): 1455-1472.

(责任编辑: 蒋玮)

Building a Climate-Resilient Food Security System

CHEN Shuai YANG Xinyun

Abstract: In the face of intensifying climate change, food security is under growing pressure. This study develops a theoretical framework for climate response and adaptation across the full food supply chain, covering production, storage, transportation, and trade. It identifies key pathways through which climate change affects food security and highlights blind spots in the current policy system. Findings show that climate change impacts food production via declining yields, cropping adjustments, and changes in total factor productivity, while also destabilizing supply chains and global trade. Current policies show gaps in production-supply coordination, technology adoption incentives, and cost-sharing mechanisms between producing and consuming regions. The paper proposes three strategies: building a coordinated adaptation system across the supply chain, enhancing incentives for technology adoption, and developing a horizontal compensation mechanism that includes climate-related costs. These measures can strengthen the resilience of the food system and improve the fairness and sustainability of food security governance.

Keywords: Climate Change; Food Security; Climate Adaptation; Benefit Compensation Mechanism