

编者按 近年来，气候变化复杂性持续增加，极端气象事件频发且强度不断增强，深刻影响我国农业生产与粮食安全。基于此，《中国科学院院刊》特组织“气候变化与粮食安全”专题，聚焦气候变化对我国不同区域农业的影响及应对策略，系统呈现华北、东北、西北及全国层面的研究成果。本专题立足区域农业生产禀赋，剖析气候变化新特征，梳理“暖湿化”转型、干旱洪涝频发、温度极端性增强等对农业生产影响及风险，提出构建气候智慧型农业、完善监测预警体系、增强农业水资源保障等针对性建议，通过凝聚科研共识、传递科学思路，为我国农业适应气候变化、筑牢粮食安全屏障提供科学支撑与决策参考，助力农业高质量可持续发展。本专题由中国科学院新疆生态与地理研究所陈亚宁研究员，中国科学院遗传与发育生物学研究所农业资源研究中心主任沈彦俊研究员，中国科学院东北地理与农业生态研究所所长姜明研究员共同指导推进。

引用格式：陈亚宁, 沈彦俊, 姜明. 气候变化对我国农业生产的影响及对策建议. 中国科学院院刊, 2026, 41(4): 636-643, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20260109002.

Chen Y N, Shen Y J, Jiang M. Impacts of climate change on China's agricultural production and proposed countermeasures. Bulletin of Chinese Academy of Sciences, 2026, 41(4): 636-643, doi: 10.3724/j.issn.1000-3045.20260109002. (in Chinese)

气候变化对我国农业生产的影响及对策建议

陈亚宁^{1*} 沈彦俊² 姜明³

1 中国科学院新疆生态与地理研究所 乌鲁木齐 830011

2 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 050021

3 中国科学院东北地理与农业生态研究所 长春 130102

摘要 气候变化是当今世界面临的最严峻的全球性挑战之一，直接冲击和影响高度依赖气候条件的农业生产，给我国农业生产带来了多维度、系统性风险与挑战。文章结合观测数据和对文献资料的分析，系统解析了气候变化对我国农业生产的影响。在过去半个多世纪，中国地表年均温以 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ 的速率显著上升，幅度超全球同期平均水平。这一趋势加剧了气候波动性与极端性，打破了原有的农业水资源平衡，旱涝急转、冷暖交替等事件频发广发，引发农业生产的多重风险，包括作物生育期改变与病虫害加剧冲击生产稳定性、“水-热”不同步与干旱常态化激化水资源矛盾、极端事件频发推高生产成本与经营风险。面对挑战，必须将适应气候变化深度融入国家粮食安全战略，以系统思维推动主动适应，加快构建以科技创新为核心、基础设施为骨架、政策体系为保障、产业结构优化为方向的气候智慧型农业体系，全面提升农业气象韧性与可持续发展能力。

关键词 气候韧性，粮食安全，适应气候变化，农业现代化

DOI 10.3724/j.issn.1000-3045.20260109002

CSTR 32128.14.CASbulletin.20260109002

*通信作者

资助项目：河北省创新群体项目（D2025503014）

修改稿收到日期：2026年3月25日

气候变化是21世纪人类面临的最为严峻的全球性挑战之一，其深远影响已经渗透到社会经济的各个领域。其中，农业作为对自然环境，尤其是光、温、水等气候要素高度敏感的基础性产业，首当其冲地承受着气候变化带来的系统性冲击。中国作为世界人口大国和农业大国，其农业生产不仅关系到国家粮食安全与社会稳定，也对全球粮食供应链具有重要影响。然而，近半个世纪以来，在全球变暖的大背景下，中国的气候系统正在发生显著而快速的变化，这种变化正在打破千百年来形成的农业生产与气候环境之间的动态平衡，给我国农业的可持续发展带来了前所未有的、多维度且相互交织的风险与挑战。

在全球变暖背景下，中国的增温趋势尤为突出。在过去60余年间，中国地表年平均气温的上升速率约为 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ，显著高于同期全球平均升温速率($0.15^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$)，且这一趋势在未来仍将持续^[1,2]。这一背景性增温不仅直接影响作物的生理过程，更驱动了降水格局的根本性转变，改变了降水的时空分布，导致区域性干旱与洪涝频率增加，年际变率加大，降水形态趋于极端化，原本相对稳定的农业水资源分配体系因此被扰乱^[3]。与此同时，全球变暖加剧了大气环流的不稳定性，使得我国气候的波动性和极端性显著增强。“冷暖交替”“旱涝急转”等复合型极端事件频繁发生、影响范围扩大，高温热浪、强降水、低温冻害等单一极端天气气候事件的发生强度和频率也呈显著上升趋势^[4]，对农业生产的影响和威胁日益加大。

气候的极端化趋势与我国农业自身存在的脆弱性相互叠加、产生共振效应，使得风险被进一步放大和复杂化。粮食生产稳定性遭受冲击，气候变化通过改变作物光热资源，导致关键生育期提前或延后，物候期紊乱；同时，暖冬与暖湿条件为病虫害的越冬、繁殖和扩散提供了有利环境，加剧了病虫害的流行风险，直接威胁单产与品质的稳定；水资源供需矛盾日益尖锐。气候变化引发的“水-热”不同步问题愈发突

出——气温升高导致农业需水量增加，而降水的不确定性及干旱的常态化趋势加剧了有效供水短缺，尤其在华北、西北等主要农区，水资源短缺已成为制约农业可持续发展的瓶颈；农业生产成本与风险持续升高，生产经营面临的不确定性显著加大。

面对这一长期性、结构性的重大威胁，被动应对和局部调整已不足以保障国家粮食安全与农业现代化目标的实现。为此，需要系统开展气候变化对我国农业生产的影响研究，构建以科技创新为根本动力，以基础设施建设为坚实骨架，以完善政策体系为关键保障，以产业结构与布局优化为战略方向的综合性、韧性农业体系，加快推动传统农业向“气候智慧型农业”转型。本文旨在系统梳理气候变化对中国农业生产造成的多维风险，分析其内在作用机理，并在此基础上，探讨应对气候变化的对策措施，以期为我国农业领域适应气候变化的政策制定与实践提供决策参考。

1 我国气候变化背景

基于地质记录和历史文献研究，我国气候存在显著的世纪尺度自然波动^[5,6]。过去2 000多年温度重建表明，中世纪暖期（约950—1250年）和小冰期（约1450—1850年）等自然气候变率曾导致农业种植界线南北摆动达2—3个纬度^[7,8]。但监测器显示，近50年全球地表温度的增暖在过去2 000多年来前所未有，且伴随降水格局改变的空间异质性显著增强^[9]。这种变化与工业革命以来全球温室气体浓度增速（当前 CO_2 浓度较工业革命前增加50%）呈现明确同步性，表明当代气候变化已超出自然波动范围。在全球变暖背景下，我国正面临气候变化引发的气温显著上升、降水格局改变、极端天气等气候事件频发、重发、广发等变化趋势，这一趋势在我国表现出更为复杂和剧烈的区域性特征。主要体现在以下3个方面。

1.1 气温显著上升，但低温寡照灾害日益凸显

在过去半个多世纪（1961—2024年），中国地表年平均气温呈显著上升趋势，平均升高 $0.31^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ^[2]，高于同期全球平均水平（ $0.15^{\circ}\text{C}/10\text{ a}$ ）。进入21世纪初以来，气温更是显著上升。2025年7月1日—8月5日， 35°C 以上高温影响范围达 $497.9\times 10^4\text{ km}^2$ ，约占国土面积的51.9%； 38°C 以上高温影响范围达到 $251.4\times 10^4\text{ km}^2$ ，约占中国国土面积的26.2%^①。在年内分布上，这种变暖在四季均有体现，但以春季的高温增温最甚。春季高温的大幅增温导致物候提前^[10]，土壤水分提早散失^[11]，并可能引发干旱的季节性转移和夏季的热浪、干热风加剧^[12]。在全球变暖背景下，未来气温仍呈显著上升趋势，一方面，干旱、热浪、干热风等事件的强度、频率将显著增加，农业生产风险将进一步加大^[13]。另一方面，北方地区农业生长季的低温、多雨、寡照等灾害性天气现象日益凸显。例如，我国东北地区2022年6月份低温寡照持续15天左右，2024年从5月份开始，陆续延至7月份，导致农作物生理机能失调、生长停滞、果实异常、产量品质下降^②。

1.2 降水格局改变，农业用水风险加大

气候变化改变了降水格局，打破了原有的农业水资源分配平衡，加剧了降水形态的极端化^[14,15]。在近半个世纪，我国400 mm等降水量线较1972年呈现明显北移趋势，北方降水增多而南方降水减少的现象明显。降水线北移导致区域用水失衡，加剧南方部分地区水资源短缺与农业用水竞争矛盾。同时，降水变化

的区域性差异增加和暴雨强度加大，加剧农业生产波动和农业生产灾害。值得指出的是，尽管北方降水有所增加，但南方水多、北方水少的格局不会发生根本改变。未来，我国西北干旱区可能更干、东部洪涝区风险会进一步加大，农业生产的水分保障不确定性将进一步加剧^[16]。

1.3 极端天气气候事件频发，农业灾害损失加大

全球变暖加剧了我国天气气候的波动性和极端性，冷暖交替、旱涝急转和极端天气气候事件频发、广发。近年来，中国区域性高温、强降水和干旱事件发生频次和强度呈显著增加趋势^③。例如，2022年夏季，中国遭遇了自1961年有完整气象观测记录以来最强的高温过程，长江流域多地持续 40°C 以上高温，对水稻、玉米等作物造成严重热害。2021年河南“7·20”特大暴雨，农作物受灾面积高达 $102.8\times 10^4\text{ ha}$ ^④；2009—2010年西南地区特大干旱，导致数千万亩农作物受灾，数百万人饮水困难。极端天气气候事件对我国农业生产的影响日益显著，主要表现为旱涝灾害叠加、作物减产风险上升及生产成本增加^[17]。在气候变化背景下，未来我国极端高温事件发生频率和强度增加，极端降水事件频发强发，复合型极端事件更加频繁，区域旱涝失衡也将进一步加剧^[18,19]。

2 气候变化带来的农业问题

上述气候变化趋势与我国农业生产的脆弱性相互叠加。我国农业生产将面临粮食生产稳定性下降、水资源供需矛盾加剧、农业生产成本增加的风险与挑战。

① 刘蕊,姚世博. 7月同期气温最高 降水呈两条雨带分开走. (2025-08-07)[2025-10-15]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xqxxw/2011xqxyw/202508/t20250807_7262572.html.

② 2022年6月13日全国农业气象周报. (2022-06-14)[2025-10-15]. https://www.fuzhou.gov.cn/fzgx/gxhz/nzhp/202206/t20220614_4379335.htm.

③ 黄焱,高敬,周圆,等. 新华深读|极端天气警示录. (2024-08-09)[2025-10-20]. https://www.cma.gov.cn/2011xwzx/2011xmtjj/202408/t20240809_6481376.html.

④ 滚动播报|河南特大洪涝灾害共造成302人死亡,50人失踪. (2021-07-20)[2025-09-16]. <https://www.21jingji.com/article/20210720/herald/f94f0e4b70db035a9d38e829fd364cdf.html>.

2.1 气候变化引发作物生育期改变和病虫害加剧，粮食生产稳定性遭受冲击

气温升高导致冬小麦生育期普遍提前，使其更易遭遇晚霜冻（倒春寒）的危害，并造成作物产量波动^[20]。例如，2018年4月初，黄淮海地区一次强降温过程导致正处于拔节孕穗期的冬小麦发生严重冻害，仅安徽省受灾面积就超过1 000万亩，减产幅度达10%—20%^⑤。同时，水稻在抽穗扬花期对高温极为敏感，持续超过35℃的天气会导致花粉不育，结实率下降，可能导致水稻减产5%—20%^⑥。多区域大田验证显示，抽穗期遭遇3天以上35℃高温，结实率下降25%—40%，每上升1℃减产幅度增加7.4%^[17]。更严峻的是，冬季变暖为病虫害的越冬提供了便利，导致其发生范围扩大、世代增加、危害加重。据估算，气候变化可能导致我国农作物病虫害损失增加10%—25%^⑦。

2.2 气候变化导致“水-热”不同步与干旱常态化，加剧水资源短缺矛盾

在华北和东北等主要粮食产区，气温升高导致蒸发加剧，土壤失墒加快，农业干旱风险显著上升。在东北，素有“北大仓”之称的三江平原，近年来也频繁遭遇春旱和夏伏旱，威胁大豆和玉米生产。据水利部统计，我国每年因旱灾造成的粮食损失约占各种自然灾害总损失的60%以上^⑧。2024年8月因降水减少和高温干旱，江南北部、西南地区出现持续高温天气，严重影响水稻、棉花等作物生长；2025年河北、

河南部分地区连续多日气温逼近40℃，农田需水量激增，但有效灌溉面积不足，加剧了用水风险和水资源短缺的矛盾^⑨。

2.3 极端事件导致农业投入增加，农业生产成本与风险升高

气候变化加剧了强降水与洪涝、干旱、热浪和干热风以及旱涝叠加、复合干旱叠加等极端天气气候事件的强度和频度，致使作物减产风险上升、生产成本增加。2021年河南暴雨导致大量农田被淹，大面积绝收；河南2023年的“烂场雨”导致小麦减产6.9%；海河流域2024年发生60年来最大洪水，导致农田灌溉受阻，造成严重经济损失；2025年盛夏，华东、华北多地遭受洪涝灾害，黄淮等秋粮主产区遭受了严重的高温干旱考验，秋收季节连续阴雨天气，机械无法下地作业，秋粮难以收获，冬麦无法按时播种^⑩。极端事件的频发和灾害的不确定性也打击了农民的生产积极性，增加了农业投资的风险。

2.4 气候变化对农业品质的负面影响加大，农产品品质与市场供应链受威胁

气候变化正以前所未有的力度冲击全球农业系统，其对农产品品质的威胁日益凸显^[21]。持续升温与极端天气频发，直接导致农作物内在成分改变。气候变暖使农业热量资源增加的同时，也导致水稻、小麦、玉米生育期缩短，花芽分化、授粉等关键生殖环

⑤ 中国气象局举行5月新闻发布会。(2018-05-02)[2025-10-20]. http://www.scio.gov.cn/xwfb/bwxwfb/gbwfbh/qxj/202307/t20230703_721894.html.

⑥ 水稻扬花期遇持续高温，这些应对措施要知道。(2025-11-25)[2025-11-27]. https://www.agri.cn/sc/scdt/202511/t20251125_8789008.htm.

⑦ 张梦然. 全球变暖或导致虫害增加主粮减产。(2018-09-03)[2025-10-23]. https://www.xinhuanet.com/politics/2018-09/03/c_1123368859.htm.

⑧ 董振国, 陈钢, 李钧德. 旱灾频发恐成我国粮食安全主要威胁。(2010-07-23)[2025-10-25]. http://jjckb.xinhuanet.com/sdbd/2010-07/23/content_240489.htm.

⑨ 陈冰, 李思寻. 天气为什么越来越热?(2025-10-13)[2025-10-20]. <https://www.shobserver.com/statics/res/html/journal/detail.html?code=xmzk&date=2025-10-13&id=467468&page=50>.

⑩ 食气时代|会议报道:极端天气对中国农业的影响。(2024-08-03)[2025-10-26]. <https://www.igdp.cn/the-impact-of-extreme-weather-on-chinas-agriculture/>.

节质量下降，从而造成作物减产和作物品质下降^[22,23]。同时，高温胁迫导致水稻米质变差；降雨不均会影响小麦籽粒的蛋白质含量。这些品质下降直接影响农民收入和农产品市场竞争力。同时，极端天气可能破坏交通、仓储等供应链环节，导致农产品运输困难，腐烂变质风险加大，影响市场稳定供应^[13]。

3 对策建议

气候变化对我国农业生产的影响是长期的、结构性的，其带来的风险与挑战不容低估。中国作为世界的人口大国和农业大国，粮食安全与农业可持续发展与国家命运息息相关。面对当前日益严峻的气候变化趋势，应高度重视气候变化对农业生产带来的可能风险，针对性地从科技创新、基础设施建设、产业结构调整、政策体系完善等方面积极应对，构建以科技创新为核心、以基础设施为骨架、以政策体系为保障、以产业结构优化为方向的气候智慧型农业体系^[24]，从被动应对转向主动适应，以提升农业气象韧性促进农业现代化发展。为此，提出以下建议。

3.1 加快培育与推广抗逆作物品种，强化科技创新与推广

面对气候变化与资源约束的双重挑战，加快培育抗逆作物品种、研发低碳高效农作技术，已成为保障粮食安全与农业可持续发展的关键路径。建议：① 强化科技创新，利用基因编辑等前沿技术，精准选育耐旱、耐盐碱、抗病虫害的作物新品种，从源头上提升农业生产系统的气候韧性；② 同步推进低碳农作技术研发与集成，如水肥一体化、保护性耕作、精准施肥等，旨在减少化肥农药投入，降低农业温室气体排放，实现生产增效与环境减负的双赢；③ 加快构建“研—推—用”一体化的适应性技术体系^①，打破科研与农田应用的壁垒，通过建立示范基地、壮大农技推

广队伍、创新服务模式，确保先进技术真正落地生根，让农户会用、用好。通过品种、技术与推广体系的协同发力，将有效推动农业向高产高效、资源节约、环境友好的方向转型，为应对全球气候变化提供坚实的科技支撑。

3.2 大力发展气候智慧型农业技术，加强农业应对气候变化科技创新

面对日益频发的极端天气事件，高质量推进农业基础设施建设，系统性提升工程抗灾能力，已成为保障国家粮食安全的紧迫任务。建议：① 发展气候智慧型农业技术，加强农业应对气候变化研究，构建从品种到种植的综合智慧管理技术体系^[25]，应对不确定性气候事件的不利影响；② 持续高质量推进高标准农田与配套的现代化水利设施建设，通过土地平整、土壤改良、节水灌溉渠道、智能泵站等配套建设，继续向气候变化脆弱区倾斜，并重点加强农田水利“最后一公里”的建设和维护，实现“旱能灌、涝能排”，构筑起应对旱涝的物理屏障，为农业稳定产出打好基础；③ 划分农业气候微区（如<5 km 网格），完善农业气象灾害监测预警体系，实现作物品种与种植制度的针对性匹配。通过建立县域农业气象灾害联合响应平台，构建“空天地”一体化的农业气象监测网络，整合无人机巡田、土壤墒情站和短临降水预报等多源数据，提升农业抗灾应灾能力。此类精细化农业灾害预报预警技术的发展，有助于推动农业生产模式从“靠天吃饭”转变为“看天管理”。通过将农田、水利、气象等要素整合为一个强韧的有机整体，大幅提升工程管控能力和农业系统抵御自然灾害的硬实力，为端牢“中国饭碗”提供坚实可靠的物质基础。

3.3 科学规划农业生产功能区，主动适应新气候常态

面对气候变化带来的农业资源分布与气象规律改变，优化农业产业结构与布局，推动种植制度与养殖

① 指科研院校、推广机构、涉农企业和广大种植户形成的“研—推—用”一体化链条。

模式创新，已成为保障农业可持续发展的必然选择。

建议：以最新农业气候区划成果为指导，结合中央一号文件关于开展农业气候资源普查和区划的要求，科学调整农业生产布局。具体而言：① 依据区域光、热、水等资源的新格局，科学规划农业生产功能区，明确优势产区，确保农业生产布局与资源环境承载力相匹配。基于气候变化情景，重新评估和调整全国粮食生产功能区和重要农产品生产保护区的布局。例如，在水资源严重短缺的华北地区，可适度压减高耗水作物，发展雨养农业或节水型特色产业。在热量条件改善的东北北部和西北地区，可在科学论证的基础上，稳妥有序地扩大玉米和经济作物的种植面积。在西北干旱区，推广“粮-经-饲”三元结构^②，种植抗旱耐瘠的牧草，发展草食畜牧业，减轻对粮食生产的压力。② 推动种植制度与养殖模式创新。这包括探索新的轮作、间作制度以应对积温带北移，发展“稻渔综合种养”等低碳循环模式，提升系统韧性与资源效率，引导农业生产系统主动适应新气候常态，从被动的灾害应对转向前瞻性的风险管理。③ 通过功能区划、结构优化与技术创新的三重驱动，系统性地重塑农业生产方式，使其在气候变化的挑战中不仅保持稳定，更能捕捉新的发展机遇，构建起更具韧性和竞争力的现代农业体系。同时，要建立气候区划动态更新机制，每5—10年根据最新气候数据调整农业生产功能区边界，并配套开发“气候适宜性-经济效益”双维度评估模型，为种植结构调整提供量化依据。

3.4 健全农业保险与灾害救助机制，进一步完善政策支持与保障体系

面对日益频发的极端气候，建立农业碳汇与生态补偿制度，完善政策支持与社会安全网等保障体系建设。建议：① 健全农业保险与灾害救助机制，完善政策支持与保障体系，为农户迅速恢复生产提供关键保

障，有效抵御自然风险对生计的冲击，为农民恢复再生产提供坚实支持；② 将农业生态价值纳入考量，建立农业碳汇交易机制和生态补偿制度，让采取绿色低碳生产方式的农民获得经济回报，形成正向激励，引导农业生产转向绿色发展，使守护绿水青山者获得实实在在的收益；③ 构建系统性的政策支持与保障体系，通过财政、金融、科技等多部门协同发力，形成激励与约束并重的长效机制，共同编织成一张覆盖经济风险、生态价值与社会公平的“社会安全网”。大幅提升农业系统的韧性与可持续性，为保障粮食安全、促进农民增收、推动乡村振兴和实现农业农村现代化保驾护航。

参考文献

- 1 Sun Y, Zhang X B, Ding Y H, et al. Understanding human influence on climate change in China. *National Science Review*, 2021, 9(3): nwab113.
- 2 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2025). 北京: 科学出版社, 2025.
National Climate Centre, China Meteorological Administration. *Blue Book on Climate Change in China (2025)*. Beijing: Science Press, 2025. (in Chinese)
- 3 黄萌田, 周佰铨, 翟盘茂. 极端天气气候事件变化对荒漠化、土地退化和粮食安全的影响. *气候变化研究进展*, 2020, 16(1): 17-27.
Huang M T, Zhou B Q, Zhai P M. Impacts of extreme weather and climate events on desertification, land degradation and food security. *Climate Change Research*, 2020, 16(1): 17-27. (in Chinese)
- 4 中国气象局气候变化中心. 中国气候变化蓝皮书(2023). 北京: 科学出版社, 2023.
National Climate Centre, China Meteorological Administration. *Blue Book on Climate Change in China (2023)*. Beijing: Science Press, 2023. (in Chinese)
- 5 PAGES 2k Consortium. Continental-scale temperature

^② 指粮食作物、经济作物和饲料作物生产协调发展的种植模式。

- variability during the past two millennia. *Nature Geoscience*, 2013, 6(5): 339-346.
- 6 葛全胜, 刘健, 方修琦, 等. 过去2 000年冷暖变化的基本特征与主要暖期. *地理学报*, 2013, 68(5): 579-592.
Ge Q S, Liu J, Fang X Q, et al. General characteristics of temperature change and centennial warm periods during the past 2 000 years. *Acta Geographica Sinica*, 2013, 68(5): 579-592. (in Chinese)
 - 7 郑景云, 刘洋, 吴茂炜, 等. 中国中世纪气候异常期温度的多尺度变化特征及区域差异. *地理学报*, 2019, 74(7): 1281-1291.
Zheng J Y, Liu Y, Wu M W, et al. Evidences and regional differences on multi-scales in Medieval Climate Anomaly over China. *Acta Geographica Sinica*, 2019, 74(7): 1281-1291. (in Chinese)
 - 8 陈敏鹏, 苏询. 趋利避害: 农业面临的气候变化影响及适应举措. *可持续发展经济导刊*, 2023, (Z1): 66-70.
Chen M P, Su X. Impacts of climate change on agriculture and adaptation measures. *China Sustainability Tribune*, 2023, (Z1): 66-70. (in Chinese)
 - 9 周雪如, 李育. 千百年尺度祁连山地区干湿变化对暖期的响应. *地理学报*, 2022, 77(5): 1138-1152.
Zhou X R, Li Y. Response of dry-wet change to millennial and centennial warm periods in the Qilian Mountains. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(5): 1138-1152. (in Chinese)
 - 10 Sun F, Li Y P, Chen Y N, et al. The dominant warming season shifted from winter to spring in the arid region of Northwest China. *npj Climate and Atmospheric Science*, 2024, 7: 178.
 - 11 Lian X, Piao S L, Li L Z X, et al. Summer soil drying exacerbated by earlier spring greening of northern vegetation. *Science Advances*, 2020, 6(1): eaax0255.
 - 12 Li W T, Migliavacca M, Forkel M, et al. Widespread increasing vegetation sensitivity to soil moisture. *Nature Communications*, 2022, 13: 3959.
 - 13 Benami E, Jin Z N, Carter M R, et al. Uniting remote sensing, crop modelling and economics for agricultural risk management. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2021, 2 (2): 140-159.
 - 14 Suo X H, Jiang Y Y, Chen G L, et al. Spatial and temporal patterns of precipitation concentration and their associated risks. *Scientific Reports*, 2025, 15: 33152.
 - 15 Chang P, Fu D, Liu X, et al. Future extreme precipitation amplified by intensified mesoscale moisture convergence. *Nature Geoscience*, 2026, 19: 33-41.
 - 16 陈发虎, 谢亭亭, 杨钰杰, 等. 我国西北干旱区“暖湿化”问题及其未来趋势讨论. *中国科学: 地球科学*, 2023, 53(6): 1246-1262.
Chen F H, Xie T T, Yang Y J, et al. Discussion of the “warming and wetting” trend and its future variation in the drylands of Northwest China under global warming. *Scientia Sinica (Terrae)*, 2023, 53(6): 1246-1262. (in Chinese)
 - 17 张书睿. 气象灾害对中国农业生产的影响. 杭州: 浙江大学, 2023.
Zhang S R. The Impacts of Meteorological Disasters on Agricultural Production in China. Hangzhou: Zhejiang University, 2023. (in Chinese)
 - 18 Zantout K, Balkovic J, Billing M, et al. Shifting dominant periods in extreme climate impacts under global warming. *Nature Communications*, 2025, 16: 9746.
 - 19 Cheng F Y, Chang M Y, Zuo Z Y, et al. Profile of climate extremes vulnerability in China during 1991-2022. *Science Bulletin*, 2025, 70(16): 2547-2550.
 - 20 Lamichhane J R. Rising risks of late-spring frosts in a changing climate. *Nature Climate Change*, 2021, 11(7): 554-555.
 - 21 Hultgren A, Carleton T, Delgado M, et al. Impacts of climate change on global agriculture accounting for adaptation. *Nature*, 2025, 642(8068): 644-652.
 - 22 宋艳玲, 周广胜, 郭建平, 等. 气候变暖对冬小麦徐麦33产量和品质影响. *应用气象学报*, 2023, 34(5): 552-561.
Song Y L, Zhou G S, Guo J P, et al. Influences of global warming on yield structure and quality of winter wheat xumai 33. *Journal of Applied Meteorological Science*, 2023, 34(5): 552-561. (in Chinese)
 - 23 Proctor J, Zeppetello L V, Chan D, et al. Climate change increases the interannual variance of summer crop yields globally through changes in temperature and water supply. *Science Advances*, 2025, 11(36): eady3575.
 - 24 Pardey P G, Chan-Kang C, Stads G J, et al. Food will be

more affordable—if we double funds for agriculture research now. *Nature*, 2025, 648(8093): 271-274.
25 Bedasa Y, Gemechu A, Bedemo A. Impact of combined

climate-smart agriculture practices on the technical efficiency and efficiency yield gap in Ethiopia. *Scientific Reports*, 2026, 16: 1719.

Impacts of climate change on China's agricultural production and proposed countermeasures

CHEN Yaning^{1*} SHEN Yanjun² JIANG Ming³

(1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China;

2 Center for Agricultural Resources Research, Institute of Genetics and Developmental Biology, Chinese Academy of Sciences, Shijiazhuang 050021, China;

3 Northeast Institute of Geography and Agroecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130102, China)

Abstract Climate change is among the most severe global challenges today. It directly impacts agricultural production, which is highly dependent on climatic conditions, imposing multi-dimensional and systemic risks and challenges on China's agriculture. Drawing on observational data and analysis of the literature, this study systematically examines the impacts of climate change on agricultural production in China. Over the past half century, China's annual mean surface temperature has risen significantly at a rate of 0.31°C per decade, exceeding the contemporaneous global average. This trend has intensified climatic variability and extremes, disrupted the prior balance of agricultural water resources, and led to the frequent and widespread occurrence of rapid drought–flood transitions, alternating cold and warm spells, and similar events. These developments have posed multiple risks for agricultural production, including altered crop phenology and aggravated pest and disease pressures that undermine production stability; asynchrony between water and heat and the normalization of drought, which exacerbate conflicts over water resources; and the frequent occurrence of extreme events, which drives up production costs and operational risks. In response to these challenges, adaptation to climate change must be deeply integrated into the national food security strategy. Systems thinking should be employed to advance proactive adaptation, and efforts should be accelerated to build a climate-smart agricultural system with science and technological innovation at its core, infrastructure as its backbone, a robust policy framework as its safeguard, and optimization of industrial structure as its guiding orientation, so as to comprehensively enhance agrometeorological resilience and the capacity for sustainable development.

Keywords climate resilience, food security, climate change adaptation, agricultural modernization

陈亚宁 中国科学院新疆生态与地理研究所研究员。主要研究领域：干旱区水资源与气候变化。E-mail: chenyn@ms.xjb.ac.cn
CHEN Yaning Ph.D. in science, professor of Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences (CAS). His research focuses on water resources and the climate change impacts in arid regions. E-mail: chenyn@ms.xjb.ac.cn

■责任编辑：张帆

*Corresponding author