

气候智慧型技术助力四川水稻低碳生产

实现碳达峰、碳中和，是我国做出的重大战略决策，是着力解决资源环境约束突出问题的必然选择。农业是重要的温室气体排放源，农业农村减排固碳，既是重要举措，也是潜力所在，要制定可行方案，采取有力措施。

2022年，农业农村部出台《农业农村减排固碳实施方案》，要求以保障粮食安全和重要农产品有效供给为前提，全面提升农业综合生产能力，降低温室气体排放强度，建立完善监测评价体系，并提出六项重点任务。



农业农村减排固碳六项重点任务

四川是我国农业生产大省，做好农业减排固碳是四川省实现碳达峰、碳中和的重要方面。2023年《四川省农业农村减排固碳实施方案》提出构建全省农业农村减排固碳与粮食安全、乡村振兴、农业农村现

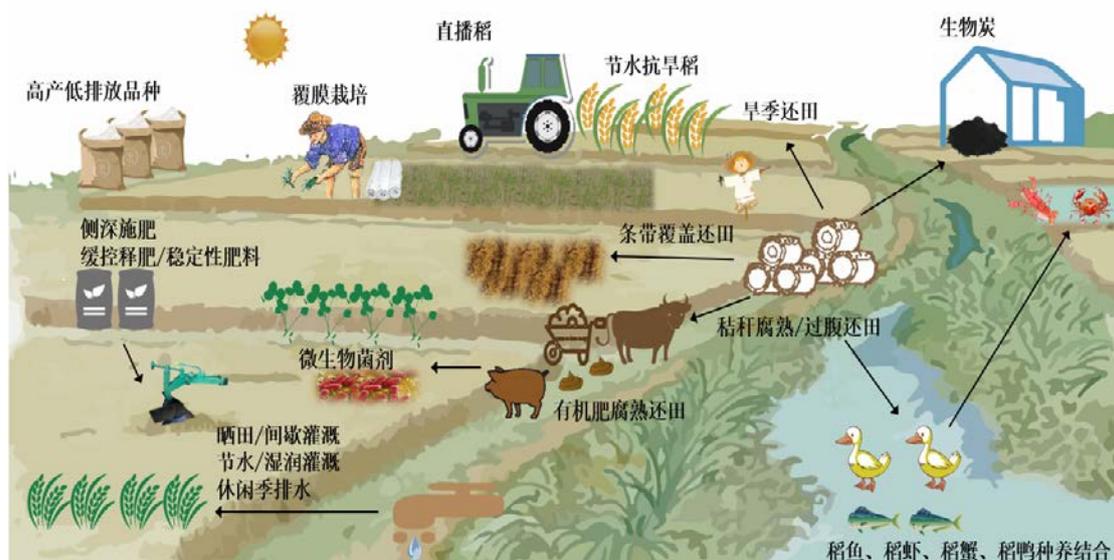
代化统筹融合的格局。水稻是四川的主粮作物，稻田也是主要的农业温室气体（甲烷）排放源，在保障稳产增产前提下如何实现水稻的低碳生产，气候智慧型农业技术提供了可行的解决方案。

气候智慧型农业是利用各种技术手段，对气候、作物、土地、生态等多种因素进行分析、调控和管理，以达到提高农业产值、保护生态环境、应对气候变化和实现农业可持续发展的一种现代农业模式。气候智慧型农业生产技术具有以下三个方面特性：1) 能持续增加农业产量、收入和生产能力，2) 可建立或提高气候变化适应能力和气候韧性，3) 在可能情况下降低或避免温室气体排放。



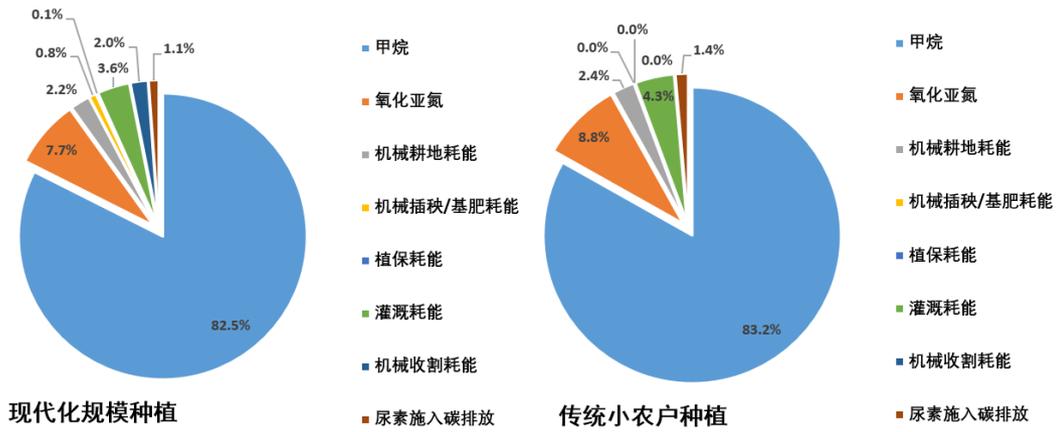
气候智慧型农业图片素材

项目组通过技术梳理、文献汇整、政策调研、专家咨询、实地走访等方式，对四川典型水稻种植系统开展碳足迹核算，分析适用于四川水稻低碳生产的气候智慧型技术，构建减排技术路径，可为四川农业绿色低碳和可持续发展、农业生态环境保护提供科学参考依据。



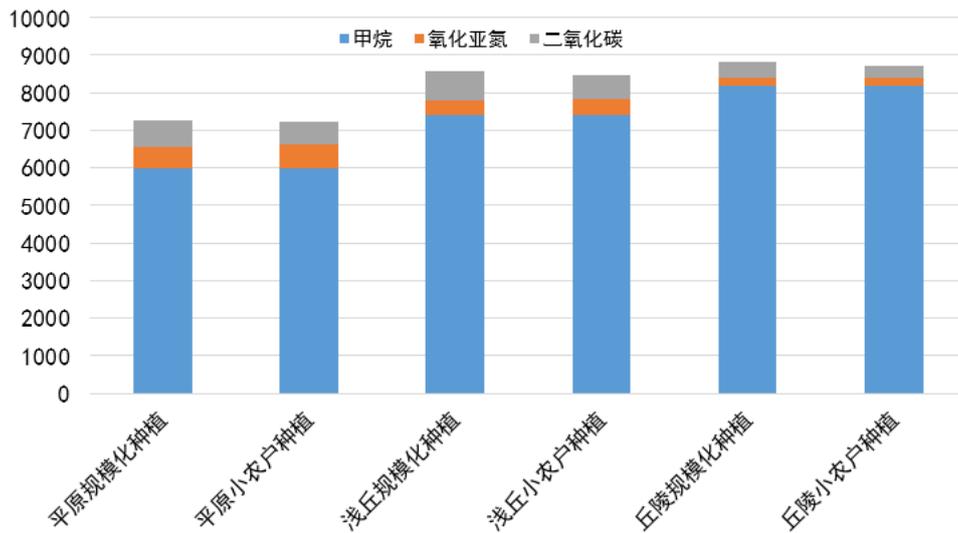
气候智慧型水稻低碳生产技术

项目研究发现，四川平原稻田、浅丘稻田和丘陵山地稻田类型下规模化种植和小农户种植的碳足迹分别为 7273.2、7210.1、8577.6、8474.0、8832.6 和 8707.9 kg CO₂e 每公顷，其中甲烷排放占比 80% 以上。现代化规模种植具有显著的增产效果，单位产量的碳排放强度低于传统小农户种植 12.9%–17.8%。随着土地流转加速和高标准农田建设，未来现代化、集约化的水稻种植是必然趋势，通过加强稻田中期晒田、间歇性灌溉、精准施肥、合理减氮、选用高产低排放品种、优化秸秆利用、种植绿肥等技术措施，可在稳产增产前提下有效降低稻田碳排放，并实现土壤培肥、绿色减污、资源高效、气候韧性提升等多目标效益协同。

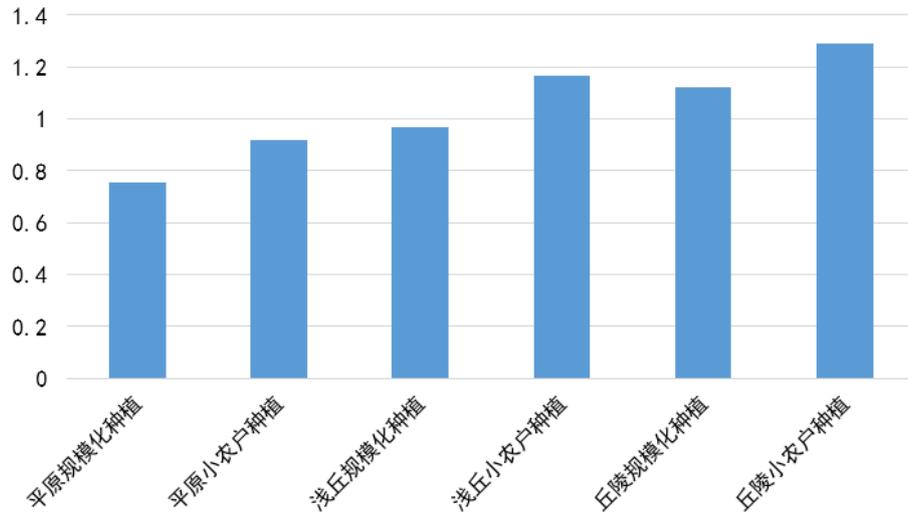


不同水稻种植模式的碳足迹组成

不同水稻种植模式碳排放 (kg CO₂e ha⁻¹)



不同水稻种植模式单位产量碳排放强度 (kg CO₂e kg⁻¹)



气候智慧型水稻低碳生产技术列表

技术分类	技术名称	对照	CH ₄ 减排效果	协同效应或风险
灌溉	中期晒田/间歇性灌溉	持续淹水	38%-59%	稳产，提高水分利用效率，但促进 N ₂ O 排放
	薄浅湿晒节水灌溉/湿润灌溉	持续淹水	55%-76%	提高水分利用效率，促进 N ₂ O 排放，降低土壤固碳能力，关键生育期水分胁迫可能存在一定减产风险
	休闲季冬水田落干	休闲季淹水	33%-56%	稳产，休闲季促进 N ₂ O 排放，降低土壤固碳能力
化肥	侧深施肥	表施翻耕	25%-43%	稳产或增产，减少 NH ₃ 挥发和 N ₂ O 排放，提高肥料利用率，可减少肥料用量 10%-20%，CH ₄ 减排效果存在争议
	缓控释肥/稳定性肥料	常规肥料	13%-36%	增产，减少 NH ₃ 挥发和 N ₂ O 排放，提高气候韧性和肥料利用率，可减少肥料用量 10%-20%，控释肥包膜材料和肥料添加剂对土壤健康存在一定风险，CH ₄ 减排效果存在争议
有机肥	腐熟还田（沼渣、厩肥等）	新鲜还田	29%-75%	稳产，有机肥可部分替代化肥，减少化肥用量
生物肥	有效微生物菌剂	无菌剂添加	20%-35%	稳产或增产，提高土壤微生物多样性和作物抗性，提高气候韧性，CH ₄ 减排效果存在争议
秸秆	秸秆腐熟还田/过腹还田	新鲜还田	34%-72%	稳产，加速秸秆腐解，不影响水稻插秧和生长
	秸秆旱作季还田	水稻季还田	58%-75%	稳产，降低土壤固碳能力
	秸秆条带状覆盖还田	土壤混合还田	21%-32%	可能影响水稻插秧和生长，不利于高产
生物炭	施用生物炭	不施用生物炭	7%-35%	稳产或增产，改善土壤质量，增强土壤固碳能力，CH ₄ 减排效果存在争议
品种	高产低 CH ₄ 排放品种	常规品种	15%-30%	高产增效
	节水抗旱稻品种	常规品种	51%-76%	稳产，配合节水灌溉/旱管种植可提高水分利用效率，提高气候韧性，降低土壤固碳能力
耕作栽培	水稻直播	育秧移栽	16%-50%	稳产，节本省工降耗，消除秧田 CH ₄ 排放
	开沟起厢覆膜栽培	常规栽培	50%-86%	稳产，提高水分利用效率，促进 N ₂ O 排放
种养结合	稻鱼、稻虾、稻蟹、稻鸭	单一水稻种植	19%-35%	稳产，提高经济收入，促进养分循环，CH ₄ 减排效果存在争议