

气候变化背景下水稻土肥管理适应性策略探讨

赵学东

天津市优质农产品开发示范中心（天津市原种场） 天津 301505

摘要：气候变化通过气温、降水、大气 CO₂ 浓度变化及极端事件，影响水稻土理化性质、养分循环和微生物群落，加剧土壤肥力不稳定性。基于系统性、前瞻性、精准性和协同性原则，从土壤肥力培育、养分精准调控、微生物功能调控、耕作模式优化及监测预警体系构建等方面，提出针对性适应性策略，为缓解气候变化影响、稳定水稻土肥力、保障水稻生产提供核心思路与实践方向。

关键词：气候变化；水稻土；土肥管理；适应性策略；养分循环

引言：全球气候变化引发气温升高、降水格局紊乱、极端气候频发等问题，对水稻土肥系统产生全方位冲击，导致土壤肥力波动、养分利用效率下降，威胁水稻生长与生产稳定。当前，如何应对气候变化带来的负面影响，通过科学的土肥管理调整增强水稻土抗逆能力、维持养分循环稳定，成为农业可持续发展面临的重要课题，下文将围绕相关适应性原则与具体策略展开探讨。

1 气候变化对水稻土肥系统的核心影响概述

气候变化通过多因子协同作用，从土壤理化性质、养分循环、微生物群落三个维度，对水稻土肥系统产生全方位、深层次影响，各因子相互关联叠加，加剧土壤肥力不稳定性。气温升高加速水稻土有机质分解，导致有机碳储量下降、团聚体结构破坏，土壤通透性与保水保肥能力弱化，同时引发 pH 值波动，影响养分形态转化与有效性。降水格局紊乱带来双重影响，干旱期土壤水分匮乏，阻碍养分迁移与水稻吸收；洪涝期土壤积水缺氧，促进养分淋溶流失，加剧土壤酸化与次生潜育化。大气 CO₂ 浓度升高虽能促进水稻光合作用、增加根系生物量，但会引发养分“稀释效应”、降低稻米品质，还会改变土壤碳氮比，影响微生物对养分的转化固定效率。极端气候事件则短期内打破土壤养分平衡，导致肥力急剧下降，对水稻生长造成不可逆影响，凸显土肥管理适应性调整的紧迫性^[1]。

2 气候变化背景下水稻土肥管理的适应性原则与核心思路

2.1 系统性原则

水稻土肥系统是一个由土壤、养分、微生物、水稻及环境因子构成的复杂生态系统，气候变化对各组分的影响相互关联、相互作用。适应性土肥管理需立足系统

视角，统筹考虑气候变化对土壤理化性质、养分循环、微生物活性的综合影响，避免单一措施的局限性，实现土肥管理与水稻生长、环境变化的系统协同，构建“培肥-供肥-保肥-增效”的闭环体系，确保土壤肥力长期稳定，同时减少养分流失对生态环境的潜在影响。

2.2 前瞻性原则

气候变化具有长期性、不确定性和复杂性，其对水稻土肥系统的影响呈现渐进式累积与突发式爆发并存的特点。适应性土肥管理需立足当前气候变化态势，结合未来气候演变趋势，提前预判土壤肥力变化方向与养分需求动态，主动调整管理策略，避免被动应对。通过提前优化土壤培肥方式、调整养分供给结构，增强水稻土对气候变化的缓冲能力，降低极端气候事件对土壤肥力和水稻生产的冲击，实现土肥管理的前瞻性布局。

2.3 精准性原则

不同区域的气候条件、土壤类型、水稻品种存在显著差异，气候变化对各地水稻土肥系统的影响程度与表现形式也有所不同。适应性土肥管理需摒弃“一刀切”的模式，结合区域气候特征、土壤理化性质、水稻生长需求，精准识别土壤肥力短板与养分限制因子，针对性制定培肥、供肥、保肥措施，优化养分施用种类、用量与时期，提升养分利用效率，减少养分浪费，实现土肥管理的精准化、个性化，确保措施的针对性与有效性^[2]。

2.4 协同性原则

水稻土肥管理的适应性调整需与水稻耕作模式、水分管理、品种选择等措施协同推进，形成综合调控体系。土肥管理措施需适配水稻生长节律，结合水分管理优化土壤通气性与水分状况，促进养分吸收；与耕作模式结合，减

少土壤扰动,保护土壤团聚体结构与微生物群落;与品种选择协同,针对耐逆性水稻品种优化养分供给,提升水稻对气候变化的适应能力,实现土肥管理与其他农业措施的协同增效,最大化发挥综合调控作用。

3 气候变化背景下水稻土肥管理的适应性策略

3.1 强化土壤肥力培育,提升土壤抗逆能力

土壤肥力是水稻生长的基础,也是应对气候变化的核心支撑,强化土壤肥力培育需以提升土壤有机碳储量、改善土壤理化性质、增强土壤保水保肥能力为核心,结合气候变化特点,采取综合性培肥措施。首先,优化有机培肥体系,增加有机物料投入,结合秸秆还田、绿肥种植、腐熟有机肥施用等方式,补充土壤有机碳,提升土壤团聚体稳定性,改善土壤通气性与保水保肥能力。秸秆还田可通过粉碎还田、堆沤还田等方式,将水稻秸秆中的碳、氮、磷、钾等养分归还土壤,同时促进土壤微生物活动,加速有机碳积累;绿肥种植可选择紫云英、苕子等适宜水稻田的绿肥品种,利用其固氮能力补充土壤氮素,改善土壤理化性质,提升土壤肥力。其次,合理调控土壤理化性质,针对气候变化引发的土壤酸化、盐渍化等问题,采取针对性改良措施。对于酸化水稻土,可通过施用石灰、白云石等碱性物料,调节土壤 pH 值,改善养分有效性;对于盐渍化土壤,可通过淋溶洗盐、增施有机肥等方式,降低土壤盐分含量,提升土壤通透性。同时,注重土壤质地改良,针对砂质土壤保水保肥能力弱的问题,增施有机肥与黏土改良剂,提升土壤保水保肥能力;针对黏质土壤通气性差的问题,通过掺沙、增施腐熟有机肥等方式,改善土壤通气性,促进根系生长与养分吸收。此外,加强土壤保水能力培育,结合气候变化引发的降水不均问题,通过修筑田埂、覆盖保墒等措施,减少土壤水分蒸发,提升土壤蓄水能力,缓解干旱对水稻生长的影响,同时减少洪涝期土壤养分淋溶流失,维持土壤肥力稳定^[3]。

3.2 优化养分精准调控,提升养分利用效率

气候变化导致水稻土养分循环紊乱、养分有效性下降,优化养分精准调控是提升水稻抗逆能力、保障产量的关键,需立足水稻养分需求规律与土壤养分供应特点,结合气候变化影响,实现养分供给与水稻需求的精准匹配。首先,明确养分限制因子,通过土壤养分监测,精准掌握土壤氮、磷、钾及中微量元素的含量与有效性,结合水稻不同生育期的养分需求,针对性制定养分供给方案,避免盲目施肥。气候变化下,大气 CO₂ 浓度升高会增加水稻对氮素的需求,同时降低氮素利用效率,需适当调整氮素施用量与施用时期,减少前期氮素投入,增加中后期氮素供

给,提升氮素利用效率;磷素在高温、高湿条件下易被固定,有效性下降,需优化磷素施用方式,采用深施、分层施等方式,减少磷素固定,提升磷素有效性;钾素能增强水稻抗逆性,应对干旱、高温等极端气候,需适当增加钾素施用量,提升水稻抗逆能力。其次,优化养分施用方式,推行精准施肥技术,结合测土配方施肥,根据土壤养分状况与水稻生长需求,精确定肥料种类、用量与施用时期,实现“按需供肥”。同时,推广缓控释肥料应用,缓控释肥料可根据水稻生长节律缓慢释放养分,减少养分淋溶流失,提升养分利用效率,同时降低施肥次数,适配气候变化下的农业生产节奏。此外,注重中微量元素补充,气候变化会加剧水稻对中微量元素的需求,且中微量元素参与水稻抗逆性生理过程,缺乏会导致水稻抗逆能力下降,需针对性补充锌、硅、钙、镁等中微量元素,通过叶面喷施、土壤施用等方式,满足水稻生长需求,提升水稻对气候变化的适应能力。同时,协调养分比例,注重氮、磷、钾及中微量元素的平衡供给,避免单一养分过量施用,减少土壤养分失衡,维持土壤养分循环稳定。

3.3 强化微生物功能调控,促进土壤养分转化

土壤微生物是土壤养分循环的核心驱动力,气候变化会显著影响微生物群落结构与活性,进而影响土壤养分转化效率。强化微生物功能调控,需通过人为干预,优化微生物群落结构,提升微生物活性,促进土壤养分转化,增强土壤肥力稳定性。首先,增施微生物菌剂,筛选适配水稻土、抗逆性强的功能微生物菌株,如固氮菌、解磷菌、解钾菌及有益放线菌等,通过施用微生物菌剂,补充土壤有益微生物数量,优化微生物群落结构,提升微生物对养分的转化能力。固氮菌可增强土壤固氮能力,补充土壤氮素;解磷菌、解钾菌可促进土壤中难溶性磷、钾的转化,提升养分有效性,缓解气候变化导致的养分固定问题。其次,优化土壤环境,为微生物生长繁殖提供适宜条件。通过合理调控土壤水分、通气性与 pH 值,避免土壤过干、过湿或酸碱失衡,为微生物生长提供良好环境;增施有机肥,为微生物提供充足的碳源与能源,促进微生物活性提升,加速土壤有机碳分解与养分转化。同时,减少土壤扰动,避免频繁耕作对微生物群落结构的破坏,保护土壤微生物栖息地,维持微生物群落多样性与稳定性。此外,利用生物炭等改良材料,调节土壤微生物群落结构,生物炭具有较大的比表面积与孔隙结构,可吸附土壤微生物与养分,为微生物生长提供载体,同时调节土壤 pH 值,改善土壤环境,促进有益微生物生长繁殖,提升微生物对养分的转化效率,同时增强土壤碳固存能力,缓解气候变化对土

壤肥力的负面影响。研究表明,长期施用生物炭可促进土壤铁矿物转化与有机碳稳定,进而调控磷素循环,提升土壤养分供给稳定性^[4]。

3.4 协同优化耕作模式,适配气候变化需求

耕作模式对水稻土理化性质、微生物群落及养分循环影响显著,协同优化耕作模式是缓解气候变化负面影响、提升土肥管理适应性的重要举措。首先,推行保护性耕作模式,减少土壤扰动,保护土壤团聚体结构与微生物群落,提升土壤保水保肥及抗侵蚀能力,其主要包括免耕、少耕、覆盖耕作,免耕可减少土壤翻动、避免有机碳流失,覆盖耕作能减少水分蒸发、调节土壤温度,缓解高温干旱对土壤肥力的影响,减少养分淋溶流失。其次,优化种植制度,结合气候变化调整水稻种植周期与方式,针对气温升高导致的生育期缩短,选择早熟耐逆品种并调整播种时间;针对降水不均,推行水旱轮作,改善土壤通气性、减少次生潜育化,促进养分循环、提升肥力,同时增强水稻抗逆性。此外,在水稻间隙种植绿肥或豆科作物,利用其固氮能力补充土壤氮素、改善理化性质,增加有机碳输入、增强碳固存能力。同时,结合水稻根系生长特性优化种植密度,促进根系生长、提升养分水分吸收能力,增强水稻抗逆性,同时推动根际微生物活动、加速养分转化。

3.5 构建土壤肥力监测预警体系,实现动态管理

气候变化的不确定性,要求水稻土肥管理实现动态调整,构建科学完善的土壤肥力监测预警体系,是实时掌握土壤肥力变化、预判气候变化对土肥系统影响、为适应性管理提供科学依据的关键。首先,建立全方位监测网络,覆盖不同气候区域、不同土壤类型的水稻田,明确监测指标与频率,监测指标涵盖土壤理化性质、微生物指标及土壤水分状况,重点强化极端气候事件前后的监测,精准捕

捉土壤肥力动态变化。其次,构建土壤肥力预警模型,整合长期监测数据与气温、降水、大气 CO₂ 浓度等气候参数,建立二者关联模型,预判土壤肥力演变趋势,识别退化风险并及时发出预警,针对有机碳下降、养分失衡等问题制定针对性调控措施,及时优化土肥管理方案。此外,建立监测数据共享机制,整合区域监测数据实现互通,为区域尺度土肥管理调整和相关研究提供数据支撑;同时升级精准监测技术,提升数据准确性与时效性,实现土壤肥力实时监测与动态调控,确保土肥管理措施始终适配气候变化与土壤肥力变化需求^[5]。

结束语: 应对气候变化对水稻土肥系统的影响,需立足系统协同视角,遵循科学的适应性原则,整合多种管理措施形成综合调控体系。通过强化土壤培肥、优化养分管理、调控微生物功能、改进耕作模式并建立监测预警机制,可有效提升水稻土抗逆性与肥力稳定性,缓解气候变化冲击。未来需结合区域差异持续优化策略,推动水稻土肥管理向精准化、可持续化发展,为水稻产业高质量发展提供保障。

参考文献

- [1] 姚鑫. 水稻土肥管理技术[J]. 农村科学实验, 2025(16): 85-87.
- [2] 尹映华, 张富林, 范先鹏. 缓控释肥对水稻产量与碳氮排放影响的 Meta 分析[J]. 中国土壤与肥料, 2025(12): 144-153.
- [3] 何昊, 李曼, 刘森. 气候变化对水稻病害影响的研究进展与展望[J]. 气候变化研究进展, 2025, 21(5): 641-658.
- [4] 黄友化. 常德市水稻土肥管理技术探讨[J]. 南方农业, 2025, 19(2): 25-27.
- [5] 刘业成, 曹洪振, 侯仁岳. 智慧农业背景下土肥管理技术及其应用策略[J]. 农村科学实验, 2025(14): 91-93.