

Study on Soil Fertility Improvement and Resource Efficient Utilization under Wheat-Maize Rotation System

Hongjian Chen

Zoucheng Beisu Town Agricultural Comprehensive Service Center, Zoucheng, Shandong, 273500, China

Abstract

The wheat-corn rotation system serves as a vital farming model in northern China's major agricultural regions, playing a crucial role in ensuring food security and promoting sustainable agricultural development. Long-term rotation practices have demonstrated that this system effectively improves soil physicochemical properties, optimizes nutrient cycling, and enhances resource utilization efficiency. This study investigates sustainable pathways to achieve both grain yield increases and ecological balance by analyzing soil fertility evolution patterns, nutrient coupling mechanisms, and efficient water-fertilizer resource utilization strategies under the rotation system. Research findings indicate that wheat and corn exhibit significant complementary effects in root distribution, nutrient absorption, and residue incorporation. Rotation effectively mitigates continuous cropping obstacles, promotes microbial community diversification, and enhances soil organic matter accumulation. By optimizing fertilization structures and irrigation strategies, dual objectives of resource conservation and environmental protection can be further achieved. This study aims to provide theoretical foundations and practical references for establishing a green and efficient rotational agricultural system.

Keywords

wheat-corn rotation; soil fertility; nutrient cycling; resource utilization; sustainable agriculture

小麦—玉米轮作体系下土壤肥力提升与资源高效利用研究

陈红建

邹城市北宿镇农业综合服务中心, 中国 · 山东 邹城 273500

摘要

小麦—玉米轮作体系是我国北方主要农区的重要耕作模式, 对保障粮食安全与促进农业可持续发展具有重要意义。长期轮作实践表明, 该体系能有效改善土壤理化性质、优化养分循环并提高资源利用效率。本文通过分析轮作体系下土壤肥力演变规律、养分耦合机制及水肥资源高效利用途径, 探讨实现粮食增产与生态协调的可持续路径。研究指出, 小麦与玉米在根系分布、养分吸收及残体还田方面具有显著互补效应, 轮作能有效缓解连作障碍, 促进微生物群落多样化, 提升土壤有机质积累。通过优化施肥结构与灌溉策略, 可进一步实现资源节约与环境保护的双重目标。本文旨在为构建绿色高效的轮作农业体系提供理论依据与实践参考。

关键词

小麦—玉米轮作; 土壤肥力; 养分循环; 资源利用; 可持续农业

1 引言

我国北方地区气候资源丰富, 冬小麦与夏玉米一年两熟的轮作体系是当前主要的粮食生产模式之一。长期实践证明, 该体系在产量稳定、土地高效利用和土壤改良方面具有显著优势。然而, 随着集约化经营与化肥投入增加, 土壤结构退化、肥力下降和养分失衡等问题逐渐显现, 影响了系统的可持续性。如何在保障粮食安全的前提下, 通过科学管理提升土壤质量与资源利用率, 成为当前农业科研与生产关注的焦点。小麦—玉米轮作体系中, 作物生长季节交替、根系

分布互补、残体还田互助, 为土壤肥力恢复和生态调控提供了可能。本文立足于轮作系统特征, 从土壤肥力演变、养分循环机制与资源高效利用策略三个维度展开分析, 以期农业绿色转型与生态农业建设提供系统化理论支持。

2 小麦—玉米轮作体系的生态特征与土壤效应

2.1 轮作体系的生态学基础

小麦与玉米分别隶属于禾本科的不同属, 其根系形态和生育期具有明显差异, 小麦根系主要分布在土壤中上层, 而玉米根系能深入下层土体, 形成垂直方向上的生态互补。这种根系空间差异使土壤资源利用更加高效, 有助于减少养分竞争与深层养分浪费。轮作体系通过作物交替种植, 促进土壤中水分与养分的分层调节, 避免单一种植导致的养分耗竭与水分失衡。同时, 不同作物残体的性质差异带来有机物

【作者简介】陈红建 (1974—), 男, 中国山东济宁人, 本科, 农艺师, 从事农业技术推广研究。

输入的互补效应,小麦残茬分解速度快,释放可溶性有机碳;玉米秸秆分解缓慢,可增强土壤团聚体稳定性。二者协同作用改善土壤结构,增强通气性与保水性,为根系生长和微生物繁殖创造了更为有利的生态环境。

2.2 轮作对土壤理化性质的改善作用

长期的小麦—玉米轮作能显著提升土壤理化特性与综合肥力水平。实践表明,轮作体系能提高土壤有机质、速效氮、有效磷与速效钾的含量,使土壤养分供给更为稳定。作物残体的交替输入优化了土壤碳氮比,增强了腐殖化过程与微生物分解活性,进而促进有机质的持续积累。土壤结构得到明显改善,容重降低、孔隙度提高、渗透性增强,提升了土壤的通气性与水分调节能力。阳离子交换量的上升增强了土壤的缓冲性能,使其在养分供应和酸碱平衡方面更加稳定。

2.3 微生物群落与养分转化动态

小麦—玉米轮作体系对土壤微生物群落结构与功能具有显著调节作用。不同作物根际分泌物和残体组成的差异,促进了细菌与真菌的互补繁殖,增强了微生物群落的多样性与稳定性。小麦残体富含纤维素与木质素,有利于真菌繁殖并促进有机物分解;玉米根系分泌的可溶性碳源为细菌提供能量,激活氮循环与磷钾转化过程。轮作条件下,固氮菌、硝化细菌及解磷细菌的数量普遍增加,使氮、磷等关键元素的转化效率显著提升。微生物在腐殖化与矿化作用中扮演核心角色,促进养分由有机形态向可吸收形态的转化,形成良性的生态循环。长期轮作通过维持微生态平衡与活性代谢网络,构建了稳定、高效的养分循环体系,进一步强化了土壤生态系统的可持续性[1]。

3 土壤肥力演变与养分循环机制

3.1 有机质积累与碳循环动态

在小麦—玉米轮作体系中,土壤有机质的积累主要依赖于秸秆还田、根系残留及微生物转化等过程。小麦秸秆的碳氮比较低,分解速度快,可在短期内为微生物提供丰富碳源,促进其代谢活动;玉米秸秆含有较多木质素与纤维素,分解较慢,能延长有机碳在土壤中的停留时间,从而形成稳定的碳汇。两者在质量与时间上的互补性,使土壤碳循环趋于均衡,减少碳损失。长期轮作能显著提升土壤有机碳含量,促进大团聚体形成,提高土壤的结构稳定性和保水保肥能力。微生物在有机碳矿化与腐殖化过程中发挥关键作用,促进土壤碳库的建立与循环更新。稳定的碳循环不仅增强土壤肥力,也对减缓农业碳排放、实现生态可持续具有重要意义。

3.2 氮素转化与养分耦合效应

氮素在轮作体系中呈现动态转化与空间耦合特征。小麦残体的分解能释放大量矿质氮,为玉米生长提供持续氮源;玉米根系深扎,可吸收下层残余氮素,减少淋失与挥发,实现氮素在时间与空间上的再分配。轮作促进固氮微生物

(如根瘤菌与白生固氮菌)的繁殖,增强土壤氮素自我补给能力。微生物参与的氨化与硝化作用在不同作物根际交替活跃,使氮素循环更加平衡。通过施用有机肥、缓释肥与微生物肥料,可延长氮素释放周期,减少氮素流失,提升氮肥利用率。氮素转化的高效耦合不仅提高作物产量与品质,还可显著降低农业面源污染,实现经济与生态的双重效益[2]。

3.3 磷钾养分循环与生物有效性提升

磷钾作为植物生长的关键元素,其有效性受土壤理化特性及生物作用共同影响。小麦—玉米轮作体系下,不同作物根系分泌物差异显著,有助于促进磷钾活化与再循环。玉米根际分泌的有机酸可溶解磷矿,提高可利用磷含量;小麦根系则促进钾长石风化,加速钾离子释放。轮作使土壤pH趋于中性,改善了磷钾的吸收环境。微生物在磷钾活化中发挥核心作用,磷细菌与钾溶菌群落在作物根际交替繁衍,增强了养分生物有效性。长期轮作不仅优化了养分循环结构,还形成了较为稳定的磷钾库,为后续作物生长提供持续养分供应。通过生物与化学过程的双向调节,磷钾循环的高效运行成为维持系统肥力与保障高产稳产的重要基础。

4 资源高效利用与系统优化策略

4.1 水分利用效率提升途径

小麦与玉米在生育期上呈现明显的季节互补性,冬小麦主要利用冬春降水与早期灌溉,而夏玉米则依赖夏季雨水与有限灌溉资源。这种时序上的差异使轮作体系能实现水分分阶段高效利用,减少用水高峰重叠,缓解灌溉压力。通过精准灌溉、滴灌、渗灌等技术手段,结合土壤墒情与作物需水动态监测,可实现水分定量调控,提升水分利用效率。秸秆覆盖与免耕栽培能有效降低土壤表层蒸发,提高水分入参与储留能力,使根系区湿度保持稳定。合理的耕作措施与水肥一体化管理可显著改善土壤含水状况,减少无效水分消耗,实现节水与稳产的协同目标,为干旱半干旱地区农业可持续发展提供可行路径。

4.2 养分管理的精准化与协调化

在小麦—玉米轮作体系中,科学施肥是提升养分利用率和减少环境负荷的关键环节。通过测土配方施肥和作物养分诊断,可根据不同生育期的需求动态调整氮、磷、钾比例,实现养分供需匹配。采用有机肥与化肥配合施用的策略,可提高肥料利用率并促进微生物活性,增强土壤供肥能力。现代农业中可引入智能监测系统与决策支持平台,利用传感器与数据分析技术实现精准施肥与动态调控,减少过量施肥导致的养分淋失与地表径流。多次小量施肥、深施与条施等技术能够有效提升肥料吸收效率,促进作物生长与养分再循环。通过构建协调化养分管理体系,不仅可提高作物产量与品质,还能实现经济效益与生态效益的统一。

4.3 秸秆还田与有机循环体系构建

秸秆还田是小麦—玉米轮作体系中提升土壤肥力和实

现养分循环的重要措施。小麦秸秆分解快、碳氮比较低,可迅速释放营养;玉米秸秆分解慢、纤维素含量高,可改善土壤结构,两者协同还田能实现有机质的长短期互补。通过机械粉碎、微生物发酵与高温堆肥处理,可加速分解进程,减少病虫害隐患。秸秆还田结合绿肥种植、畜禽粪肥还田及生物炭施用,可形成“作物—土壤—微生物”闭合循环体系,促进有机质积累与微生态平衡。长期实施有机循环模式,不仅能提升土壤的保水保肥能力,还能改善土壤团聚结构,增强抗旱与抗逆性能,从而实现农业生产的生态化、低碳化与可持续发展目标[3]。

5 生态环境效益与可持续发展路径

5.1 减排固碳与生态系统服务提升

小麦—玉米轮作体系在农业生态环境改善方面表现出显著的减排固碳效应。长期轮作能够通过作物残体还田、秸秆覆盖和有机肥替代化肥等措施促进土壤有机碳的积累,提升土壤碳汇功能。作物残体在分解过程中形成稳定性较高的腐殖质,提高了碳固定效率,减少二氧化碳向大气的释放。与此同时,合理控制化肥施用与优化灌溉制度可显著降低氧化亚氮(N_2O)排放,减少农业生产过程中的温室气体排放总量。轮作体系通过调节土壤水热条件与微生物活性,促进碳、氮循环的协同调控,实现农业生态系统的碳平衡优化。此外,土壤有机碳含量的提升增强了土壤的保水、保肥与抗侵蚀能力,带动生态系统服务功能整体提升,为农业绿色发展提供了生态支撑[4]。

5.2 生物多样性与土壤生态平衡维护

轮作制度在维持土壤生物多样性与生态平衡方面具有不可替代的作用。不同作物根系分泌物组成差异显著,使土壤微生物群落呈现时空互补效应。小麦根际环境有利于真菌繁殖,促进有机质的腐殖化,而玉米根际富含可溶性碳源,为细菌提供充足营养,从而形成多样化、稳定的微生物网络结构。这种交替生长机制可有效抑制病原菌滋生,减少连作障碍与土传病害的发生。轮作体系还能促进土壤动物群落恢复,增加蚯蚓与节肢动物数量,改善土壤通气与结构稳定性。植被多样化不仅提升了生态系统的抗逆性和恢复力,也增强了农田生态系统对气候变化的适应能力。通过促进生物多样性与微生态平衡,轮作体系实现了农业生产与生态保护的协调统一。

5.3 政策引导与技术推广方向

构建可持续的小麦—玉米轮作体系,离不开政府政策支持与科技创新推广的双重驱动。政策层面应完善耕地轮作补贴机制,将轮作纳入农业绿色发展考核体系,建立以生态效益为导向的激励政策,鼓励农户实施节水节肥、秸秆还田与生物肥替代等绿色技术。地方政府可依据气候与土壤特征制定区域化轮作标准,推动差异化管理。科研机构与农业技术推广部门应联合开发高产高效、抗逆性强的作物品种,集成推广智能灌溉、精准施肥和土壤养分监测等数字化技术,实现农田管理智能化与精细化。同时,应构建产学研协同创新平台,加强典型示范区建设,通过政策引导、技术培训与经验复制,形成从科研到生产的系统推广路径,推动小麦—玉米轮作体系在全国范围内的可持续发展与生态效益最大化[5]。

6 结语

小麦—玉米轮作体系在我国北方农业中具有重要的生态与经济价值,其在改善土壤结构、提升肥力水平、优化资源配置及促进生态平衡方面表现突出。通过深化对养分循环与微生态机制的研究,结合精准施肥、智能灌溉及秸秆循环等绿色技术,可显著提高系统的生产效率与资源利用率。未来应以生态可持续与粮食安全为导向,构建多学科协同的农业管理体系,推动轮作农业由经验型向科技型、由高投入向高效益转变。小麦—玉米轮作不仅是提高土壤生产力的重要途径,更是实现农业绿色转型与乡村振兴的关键路径,对保障国家粮食安全与生态文明建设具有深远意义。

参考文献

- [1] 袁世仑.腐植酸有机料对砂质潮土小麦—玉米轮作系统作物产量和土壤肥力的影响[D].河南农业大学,2025.
- [2] 高怡帆.小麦-玉米轮作体系下磷肥和腐植酸配施对土壤磷转化利用的影响[D].河南农业大学,2024.
- [3] 海香.施肥对华北小麦玉米轮作农田土壤碳氮及微生物群落的影响[D].中国农业科学院,2024.
- [4] 常泸尹,王中华,李凤敏,等.玉米根际多功能促生菌的筛选及其对冬小麦-夏玉米轮作体系产量提升效果[J].生物技术通报,2024,40(01):231-242.
- [5] 刘蕊,曹议丹,钱麟君,等.水肥优化配施腐解剂对小麦-玉米轮作体系土壤养分含量和作物产量的影响[J].山东农业科学,2023,55(11):128-137.