

秸秆还田对土壤理化性质及作物生长的长期影响研究

程方方¹ 王犁烨² 张永庆¹

1. 昌吉市滨湖镇人民政府, 中国·新疆 昌吉 831103

2. 伊宁市农产品质量安全监测检验站, 中国·新疆 伊宁 835099

摘要: 农业生产在保障全球粮食安全中扮演着至关重要的角色, 但随着其快速发展, 一系列生态问题也逐渐凸显。秸秆还田技术作为连接资源循环与土壤健康的关键手段, 具有多维度的战略价值。深入探究秸秆还田对土壤理化性质及作物生长的长期影响, 明确其作用机制和累积效应, 并根据不同区域特点进行技术优化, 对于实现农业可持续发展、保障国家粮食安全具有重要的理论和实践意义。论文旨在通过对相关研究的综合分析, 全面评估秸秆还田的长期效益, 为农业生产中秸秆还田技术的科学应用提供参考。

关键词: 秸秆还田; 土壤理化性质; 作物生长; 长期影响

Research on the Long - term Effects of Straw Returning on Soil Physical and Chemical Properties and Crop Growth

Fangfang Cheng¹ Liye Wang² Yongqing Zhang¹

1. People's Government of Binhu Town, Changji City, Changji, Xinjiang, 831103, China

2. Yining Agricultural Product Quality and Safety Monitoring and Inspection Station, Yining, Xinjiang, 835099, China

Abstract: Agricultural production plays a crucial role in ensuring global food security. However, with its rapid development, a series of ecological problems have gradually emerged. Straw returning technology, as a key means connecting resource recycling and soil health, has multi - dimensional strategic value. Conducting in - depth research on the long - term effects of straw returning on soil physical and chemical properties and crop growth, clarifying its mechanism of action and cumulative effects, and optimizing the technology according to the characteristics of different regions have important theoretical and practical significance for achieving sustainable agricultural development and ensuring national food security. This paper aims to comprehensively evaluate the long - term benefits of straw returning through a comprehensive analysis of relevant studies, and provide references for the scientific application of straw returning technology in agricultural production.

Keywords: straw returning; soil physical and chemical properties; crop growth; long - term effects

1 概述

1.1 研究背景

农业生产的快速发展在保障粮食安全的同时, 也带来了显著的生态问题。作为主要农业废弃物之一, 秸秆的处置长期以来面临严峻挑战。传统处理方式中, 焚烧因其便捷性被广泛采用, 但这一行为释放的大量温室气体(如 CO₂、CH₄)和有害颗粒物(如 PM_{2.5}、PM₁₀)不仅加剧区域雾霾现象, 还直接威胁人体健康与生态系统平衡。与此同时, 过度依赖化学肥料和单一耕作模式导致土壤退化问题日益突出, 表现为有机质流失、微生物活性降低及土壤板结等现象。这种恶性循环不仅削弱了农田的生产潜力, 还加剧了农业系统对自然资源的依赖, 进一步威胁粮食安全的可持续性。在此背景下, 如何通过技术创新实现秸秆资源的高效利用, 并同步修复土壤功能, 成为全球农业生态转型的核心议题。

1.2 研究意义

秸秆还田作为连接资源循环与土壤健康的关键技术,

具有多维度的战略价值。从生态视角看, 其通过替代焚烧减少碳排放, 同时将有机质重新输入土壤, 能够有效改善土壤结构、增强保水保肥能力, 并促进微生物群落的多样性恢复, 从而构建更具韧性的农田生态系统。从农业生产角度, 秸秆还田不仅降低了化肥投入成本, 还能通过养分缓释作用提升作物对逆境的适应能力, 如干旱、盐碱等非生物胁迫。从政策层面, 秸秆还田与中国“双碳”目标及乡村振兴战略高度契合, 其推广既能缓解环境压力, 又能推动农业绿色转型, 助力实现经济效益与生态效益的协同发展。因此, 系统探究秸秆还田的长期效应, 不仅是农业科学研究的理论需求, 更是实现农业可持续发展、保障国家粮食安全的实践基石。

2 秸秆还田的内涵

秸秆还田的本质是通过将农作物收获后的残体重新归还土壤, 实现物质与能量的闭合循环, 从而重构农业生态系统的自组织能力。其核心在于利用秸秆的物理、化学与生物学特性, 协调土壤—微生物—作物之间的互作关系, 形成可

持续的资源利用模式。

从操作层面, 秸秆还田可分为多种技术路径, 每种路径均基于区域资源禀赋与生产需求设计。例如, 全量还田强调秸秆的完整性保留, 通过机械粉碎与均匀分布实现快速腐解, 适用于降水充沛、耕作机械化程度高的平原地区; 而覆盖还田则侧重秸秆的地表覆盖功能, 利用其物理屏障作用减少水分蒸发、抑制杂草萌发, 尤其适合干旱半干旱地区的保墒需求。翻埋还田则通过深耕将秸秆与土壤混合, 借助土壤微生物的活跃活动加速分解, 同时改善深层土质结构, 适用于需要打破犁底层或改良黏重土壤的区域。此外, 部分还田作为折中方案, 通过调整秸秆还田比例平衡土壤改良与耕作便利性, 在避免过量还田引发短期碳氮失衡的同时, 逐步提升土壤肥力。

3 秸秆还田对土壤理化性质的影响

3.1 土壤有机质与碳库提升

秸秆作为植物残体的主要组成部分, 富含纤维素、半纤维素和木质素等难分解有机物, 其还田后通过微生物的逐步降解转化为腐殖质, 直接参与土壤有机碳库的构建。有机碳不仅是土壤肥力的核心指标, 更是维持土壤团聚体结构、增强保水保肥能力的关键物质。例如, 吉林黑土区连续 13 年的机械化全量秸秆还田试验表明, 表层土壤 (0~20cm) 有机碳含量从初始的 1.2% 提升至 1.79%, 年均增幅达 0.05%, 且活性有机碳 (易分解部分) 占比显著增加, 表明土壤碳库的稳定性和可利用性同步增强。从理论层面, 秸秆还田通过“碳输入—转化—固定”的循环过程, 促进土壤碳氮比的动态平衡, 尤其在长期实践中, 腐殖化过程形成的有机—无机复合体可有效延缓碳的矿化流失, 从而构建更为持久的碳汇效应。

3.2 氮磷钾养分的循环与富集

秸秆中氮、磷、钾等元素的释放与再分配是秸秆还田的核心功能之一。在分解过程中, 微生物通过酶解作用将秸秆中的有机态养分转化为无机形态, 逐步释放至土壤供作物吸收。例如, 河南小麦种植区连续 5 年的秸秆还田实践显示, 土壤全氮含量增加 21%, 速效磷和速效钾分别提升 18% 和 25%, 显著减少了对化学肥料的依赖。然而, 这一过程并非线性均衡, 初期因碳氮比 (C/N) 偏高可能导致微生物与作物竞争氮素, 引发短暂的“氮饥饿”现象。对此, 华北平原的农户通过配施速效氮肥或添加腐熟菌剂, 有效调节分解速率, 实现养分供应的时空匹配。

3.3 土壤水分保持与温度调控

秸秆还田通过改变地表覆盖状态, 显著影响土壤水热动态。在物理层面, 秸秆覆盖层可减少太阳辐射对地表的直接加热, 降低水分蒸发速率, 同时截留降水, 促进水分下渗。例如, 河北半干旱区研究表明, 30% 秸秆还田使 0~40cm 土层含水量增加 11%~14%, 尤其在春旱频发期, 这一保墒效

应为作物播种和苗期生长提供了关键水分保障。温度调控方面, 秸秆的隔热作用可缓冲昼夜温差, 东北玉米—花生轮作试验发现, 秸秆还田区域夜间土壤温度较传统耕作提高 0.2°C~1.1°C, 而白天高温时段则降低 0.5°C~1.0°C, 这种“削峰填谷”的效应缓解了作物根系的热胁迫, 尤其对温度敏感的花生结荚期具有积极意义。此外, 秸秆覆盖还可减少冻融交替对土壤结构的破坏, 在北方寒区保护越冬作物的根系安全。

3.4 微生物活性与土壤结构改善

秸秆还田为土壤微生物提供了丰富的碳源和能量底物, 驱动微生物群落数量、多样性及功能活性显著提升。江苏稻麦轮作区的长期定位试验显示, 秸秆还田后土壤细菌丰度增加 40%, 放线菌与真菌的比例趋于协调, 形成更为稳定的微生物网络。这些微生物通过分泌胞外多糖、脂类等黏结物质, 促进土壤微团聚体的形成, 进而改善孔隙结构和通气透水性。例如, 山东保护性耕作区的土壤孔隙度在秸秆还田 5 年后提高 5%~8%, 土壤容重降低 0.1~0.2g/cm³, 显著增强了根系的穿透力与扩展范围。此外, 微生物代谢产生的植物生长调节物质 (如赤霉素、细胞分裂素) 可间接促进作物养分吸收, 形成“秸秆—微生物—作物”的互利共生体系。这种生物驱动的土壤结构改良, 相较于机械深耕, 更具生态可持续性, 尤其适合长期退化土壤的修复。

4 秸秆还田对作物生长的长期影响

4.1 作物产量与品质的持续提升

秸秆还田通过改善土壤理化性质和微生态环境, 为作物生长提供稳定的养分供给和适宜的根际环境, 从而推动产量与品质的协同提升。从理论层面, 秸秆腐解释放的有机酸和矿质养分可增强土壤缓冲能力, 减少养分流失, 同时调节根际 pH 值, 促进作物对微量元素的吸收。例如, 山东诸城市连续 12 年的保护性耕作实践表明, 小麦免耕播种结合秸秆还田使亩产增加 100 公斤以上, 且籽粒蛋白质含量提高 2%~3%, 显著提升市场竞争力。在东北玉米—花生轮作系统中, 秸秆还田的土地当量比 (LER) 稳定在 1.05~1.16, 表明单位面积的土地利用效率较传统单作提高 10% 以上。这种增产效应在长期实践中呈现累积性特征, 初期因土壤改良的滞后性可能表现不显著, 但随着还田年限延长, 土壤碳氮库的平衡与微生物群落的稳定逐步转化为作物的生长优势。

4.2 根系发育与抗逆性增强

秸秆还田通过优化土壤结构和水热条件, 直接促进作物根系的纵深扩展与侧根分化, 进而增强植株的抗逆能力。在河北冬小麦种植区, 长期秸秆还田处理下, 根系生物量增加 25%, 根系分布深度较传统耕作增加 10~15cm, 显著提升了作物在干旱胁迫下的水分获取能力。研究表明, 深层根系的发育可有效缓解季节性干旱导致的减产, 在极端干旱年

份, 还田处理的小麦减产幅度较对照减少 50%。此外, 秸秆腐解过程中释放的酚类物质和微生物代谢产物(如吡啶乙酸)能够刺激根尖细胞分裂, 加速根系形态建成。这种生理调控机制在盐碱地改良中尤为重要, 例如黄淮海平原的盐渍土区, 秸秆还田结合有机肥施用使土壤电导率降低 30%, 棉花根系的耐盐性显著增强。

4.3 轮作系统的协同增效

秸秆还田与轮作制度的结合可打破连作障碍, 实现养分资源的高效利用与病虫害的生态防控。在东北玉米 || 花生轮作系统中, 秸秆还田显著提高了花生种植区的速效钾含量(较单作提升 1.1~1.8 倍), 而玉米区的全氮分层比(SR1)达 1.2~1.4, 表明养分在土壤剖面中的空间分布更加均衡。这种互补效应源于不同作物根系对养分的差异化吸收与秸秆分解的阶段性释放。例如, 玉米秸秆的高碳氮比在分解初期优先释放钾元素, 满足花生结荚期的需求; 而花生残体的快速腐解则为后续玉米生长提供速效氮源。此外, 轮作结合还田可抑制土传病原菌的积累, 吉林地区的长期试验显示, 玉米一大豆轮作系统中, 秸秆还田使根腐病发病率降低 40%, 减少农药投入的同时保障了系统稳定性。

4.4 区域适应性与技术优化

秸秆还田的实践需紧密结合区域气候、土壤类型与作物需求, 通过技术适配实现效益最大化。在华北平原, 全量粉碎结合深翻还田的模式能够充分利用丰富降水资源, 加速秸秆腐解, 同时配合滴灌技术缓解春季干旱对苗期的影响; 而东北黑土区因低温延缓分解, 采用 30%~60% 还田量并结合高碳氮比调节剂(如尿素), 可避免秸秆滞留地表影响播种质量。南方稻作区则通过淹水条件与腐解菌剂的联合应用, 将秸秆分解周期缩短至 20~30 天, 减少甲烷排放的同

时提升还田效率。此外, 西北旱作农业区推广覆盖还田与集雨技术的结合, 使降水利用率提高 15%, 在年降水量不足 400mm 的区域实现玉米稳产。这种因地制宜的技术优化不仅放大了秸秆还田的生态效益, 也为不同农业生态系统的转型升级提供了可行路径。

5 结语

综上所述, 秸秆还田作为一项连接资源循环与土壤健康的关键技术, 在改善土壤理化性质和促进作物生长方面展现出显著的长期效益。它不仅能够有效解决秸秆处置难题, 减少环境污染, 还能增强农田生态系统的韧性, 提升作物产量与品质, 实现经济效益与生态效益的协同发展。然而, 秸秆还田的实践需要充分考虑区域气候、土壤类型和作物需求等因素, 通过因地制宜的技术优化, 才能实现效益的最大化。未来, 应进一步加强对秸秆还田技术的研究和推广, 深入探索其作用机制和长期效应, 为农业的可持续发展提供更加坚实的技术支撑和理论依据, 助力中国“双碳”目标和乡村振兴战略的实现。

参考文献:

- [1] 姚凡云,曹玉军,王虹霏,等.秸秆还田对东北半干旱区玉米 || 花生轮作系统土壤水热特性及作物产量的影响[J].玉米科学,2020(4): 86-95.
- [2] 徐春光.秸秆还田让土地变成“海绵田”——诸城市推广应用保护性耕作技术纪实[J].农机质量与监督,2020(2):35-36.
- [3] 姚小萌,周正朝,田霄鸿,等.长期机械化秸秆全量还田对土壤养分分层的影响[J].土壤通报,2015(2):198-202.
- [4] 田海涛.秸秆还田机在小麦种植中的覆盖效果与土壤保护研究[J].河北农机,24(3):28-30.