

Research progress on the causes of tobacco continuous cropping disorder and ecological restoration technology

Hongbo Liu¹ Liang Li² Na Yu³ Qingshan Xu¹

1. Inner Mongolia Autonomous Region tobacco company Chifeng City Company, Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

2. Chifeng Disheng Pharmaceutical Co., Ltd., Chifeng, Inner Mongolia, 024000, China

3. Baotou City Research Institute of Agriculture and Animal Husbandry Science, Baotou, Inner Mongolia, 014000, China

Abstract

As an important cash crop in China, the frequent continuous cropping obstacle in the continuous planting process of tobacco has restricted the yield and quality. Continuous cropping obstacles not only lead to the nutrient imbalance of soils and microbial structure disorder, but also promote the accumulation of self-toxic substances and the aggravation of disease, forming a vicious circle, which seriously threatens the stability of ecological agriculture system. In order to solve the dilemma of continuous cropping, the current ecological restoration technology has gradually become a research hotspot, covering biological organic fertilizer, microbial agents, plant source conditioner and crop rotation intercropping, emphasizing the reconstruction of healthy soil microenvironment from the whole ecosystem, and realizing the goal of soil ecological function restoration and sustainable tobacco production. On the basis of systematically combing the causes of continuous cropping obstacles, this paper focuses on the principles of ecological restoration and key technologies, aiming to provide feasible countermeasures and theoretical support for tobacco production practice.

Keywords

tobacco; continuous cropping obstacle; soil ecology; microbial regulation; remediation technology

烟草连作障碍成因及生态修复技术研究进展

刘洪波¹ 李亮² 余娜³ 徐青山¹

1. 内蒙古自治区烟草公司赤峰市公司, 中国·内蒙古 赤峰 024000

2. 赤峰迪生药业有限责任公司, 中国·内蒙古 赤峰 024000

3. 包头市农牧科学研究所, 中国·内蒙古 包头 014000

摘 要

烟草作为我国重要的经济作物, 其连年种植过程中频繁出现的连作障碍问题已对产量与品质形成制约。连作障碍不仅导致土壤养分失衡和微生物结构紊乱, 还促使自毒物质积累与病害加剧, 形成恶性循环, 严重威胁生态农业系统稳定。为破解连作困局, 当前生态修复技术逐步成为研究热点, 涵盖生物有机肥、微生物菌剂、植物源调理剂及轮作间作等手段, 强调从生态系统整体出发重构健康土壤微环境, 实现土壤生态功能恢复与烟草可持续生产目标。本文在系统梳理连作障碍成因的基础上, 聚焦生态修复原理与关键技术进展, 旨在为烟草生产实践提供可行性对策与理论支持。

关键词

烟草; 连作障碍; 土壤生态; 微生物调控; 修复技术

1 引言

在烟草主产区的长期农业实践中, 连作现象普遍存在, 并逐渐暴露出一系列农业生态问题。连作障碍不仅降低烟株的抗逆能力, 还使土壤环境恶化、病原生物增殖, 进而导致作物品质与经济效益下滑。传统应对方式多聚焦化学干预与品种改良, 但治标不治本, 难以实现生态系统根本修复。随着农业可持续理念的推进, 基于生态系统稳定性的修复策略

受到广泛关注, 强调调节土壤微生态结构、改善土壤理化性状、恢复作物健康生长环境。本文围绕烟草连作障碍的表现与诱因, 探讨生态修复技术的实施逻辑与研究趋势, 期望为构建高效、绿色的烟草种植体系提供思路支撑。

2 烟草连作障碍的表现特征

2.1 生长发育受限现象

烟草在连作条件下易出现生长迟缓、叶片萎黄、根系发育不良等现象, 植株整体表现为矮小、叶片发育不协调, 根冠比失衡。光合作用效率降低, 叶绿素含量下降, 进而影响有机养分积累。部分区域出现幼苗死亡或植株僵化现象,

【作者简介】刘洪波(1985-), 女, 中国河北秦皇岛人, 硕士, 政工师, 从事农业研究。

无法正常抽芯和分蘖。根部活力衰减,根毛数量减少,吸收能力明显下降,对外界水分和营养的响应迟缓。不同连作年限的种植田块中,烟草生长受限程度呈累积趋势,植株表现出抗逆性下滑、对外界胁迫的适应性减弱,最终导致田间长势差异显著。群体整齐度降低,生产过程中调控难度加大,直接影响田间管理效率与经济效益^[1]。

2.2 土壤理化性状变化

烟草连作使土壤中的理化属性发生多方面改变,表现为结构疏松性降低、有机质含量下降、酸碱度失衡等问题。土壤团粒结构破坏严重,孔隙度减少,水分和养分保持能力减弱,土壤通透性降低。耕层内盐离子分布失调,导致土壤盐化或酸化趋势加剧,进而抑制根系正常吸收功能。部分区域出现重金属离子累积现象,破坏土壤生物活性。有效养分比例紊乱,特别是氮、磷、钾之间的动态平衡被打破,不利于烟草对营养元素的同步吸收。理化性恶化还限制了土壤微生物的正常活动,进一步削弱土壤生态系统的自我调节与修复能力,形成恶性循环。

2.3 病虫害发生频率上升

烟草连作诱发多种病虫害频发,其中以根腐病、青枯病、黑胫病等土传病害为主,虫害则多集中于蚜虫、蓟马及地下害虫群体。土壤中病原菌种群长期积累,因缺乏轮作干扰,其生物多样性受到抑制,优势致病菌不断增强。病害高发区域中,烟株抗病能力下降,病程延长,防治难度增加。虫害随气候变化和土壤微环境恶化而加剧,生物天敌数量减少,生态失衡进一步放大虫害风险。病虫害的连续爆发不仅直接影响产量,也间接引发农药使用频率上升,造成土壤次生污染和生态压力积累,形成病害—化学防治—生态破坏的负向反馈链^[2]。

3 烟草连作障碍的主要成因分析

3.1 土壤养分结构失衡

烟草长期连作导致土壤中养分循环机制紊乱,常见问题为某些养分过量积累而其他养分长期匮乏。高强度种植过程消耗大量氮素与钾素,但有效磷及中微量元素补充滞后,造成土壤中养分结构比例失调。养分供应缺乏系统性调控,影响烟草根际吸收效率。化肥施用模式单一,促使土壤溶液浓度变化剧烈,影响根系代谢平衡。局部地块因施肥盲目导致土壤板结,生物活性下降。养分失衡还加重了植株营养障碍症状,使得烟株表现出缺素与中毒并存的复杂病理状态,降低对养分资源的综合利用率,对烟草品质形成长期隐性负面影响。

3.2 有害微生物积累

烟草连作打破了土壤微生物生态平衡,促使部分致病性微生物种群优势显现,并在根际环境中逐年累积。连作系统缺乏种植结构调节,导致有益微生物种群被削弱,有害菌如真菌类病原体持续扩繁,占据生态位优势。由于土壤环境变化和化学制剂干扰,原本丰富的微生物多样性遭受抑制,

微生态系统趋于单一与脆弱。致病菌与宿主根系间的互作频率增加,诱导发病条件变得宽松,形成高风险的病原富集区。病原菌代谢产物可能抑制作物生长,进一步加剧连作障碍效应。整个过程缺乏生物正向调控机制,阻碍生态系统自然恢复^[3]。

3.3 自毒物质残留

烟草植株在生长过程中分泌出多种酚类、有机酸类及烷基类等自毒化合物,这些物质通过根系释放进入根际土壤,并在连作条件下逐年积累,形成自毒效应。这些残留物质不仅直接抑制烟草种子萌发与根系伸展,还间接干扰土壤微生物结构,影响有益菌群活性。自毒物质不易降解,在微生物数量减少的背景下长期存在,导致土壤毒性水平逐年升高。作物根际分泌代谢产物的类型与浓度受多种因子影响,其积累机制复杂,形成了以自抑为核心的非生物胁迫过程。烟株对这些物质的耐受性有限,长时间暴露后诱导应激反应,降低其生理代谢活性与抗性表达。

4 烟草连作障碍的生态修复原理

4.1 多样性恢复与系统重建

烟草连作障碍本质上体现为土壤生态系统的生物多样性丧失与系统稳定性崩溃。通过恢复生物多样性可增强土壤系统的抵抗力与自我调节能力,从而构建稳定的生态平衡体系。多样性涵盖微生物群落、植被类型及功能性生物之间的复杂网络关系,提升系统的互补性与冗余性,有助于缓冲外部扰动。在连作障碍的修复过程中,应注重提升有益微生物、促生菌与拮抗菌的种群数量,重建微生态系统功能结构。引入轮作作物或种植伴生植物可打破单一植被的压力传导路径,促使根际环境动态演替趋于稳定。生态系统的重建需融合生物、物理与化学过程协同演进,依靠群落间复杂信号传导与资源调节机制实现整体生态功能的系统性复苏,最终形成具有调节、过滤、调控功能的土壤生物网络结构^[4]。

4.2 生态循环功能的激活机制

生态循环功能的激活是烟草连作障碍修复的核心理念,旨在通过恢复土壤物质和能量循环路径,实现养分在系统内的高效流动与再生。耕地系统中营养元素的输入与输出过程应形成稳定闭环结构,以减少外源输入依赖并降低环境负荷。通过引入可降解有机物、生物炭、生物菌剂等生态调理材料,激发土壤中有机质矿化能力,提升微生物介导下的氮磷钾等元素释放效率,实现养分的快速转化与植物有效吸收。生态循环还应覆盖病原物质的自然降解、废弃根系的有机转化与自毒因子的代谢消解,构建功能区位明确的土壤营养再生模式。系统运行中以微生物活性为引擎,推动养分高效流通与能量梯级利用,使修复过程由外源驱动向内源自稳演化,实现系统结构优化与功能稳定的同步提升。

4.3 微生态调控与干预思路

烟草根际微生态环境直接影响其生长状态与连作响应特征,调控微生态结构成为修复障碍的重要手段。微生态调

控以恢复微生物多样性、提升有益菌活性、抑制致病微生物繁殖为目标,依托微生物在物质转化、养分释放与信号传导中的多重功能构建调节路径。外源干预手段包括施用特定功能菌剂、定向调配微生物群落结构、改良根际理化环境以利用有益菌定殖等。生物有机肥作为重要介质,既提供营养又为有益菌创造生存基础,有助于打破不良生态结构的持续稳定态。微生态调控还应关注植物根系分泌物诱导机制,通过调节烟株本身的代谢产物来影响微生物行为,实现植物—微生物协同调控。整体思路强调动态调节与适应性干预相结合,推动微生态环境朝向有利于烟草生长的方向稳定演替^[5]。

5 烟草连作障碍生态修复技术研究进展

5.1 轮作与间作技术优化

轮作与间作技术在烟草连作障碍生态修复中成效显著,通过作物合理配置有效缓解连作导致的土壤退化与病原累积。研究表明,烟草-大豆轮作可使土壤容重降低12.3%~18.7%,孔隙度提升15%~22%,同时促进土壤团聚体稳定性指数(MWD)提高26.5%。微生物群落分析显示,轮作豆科作物后根际细菌Shannon指数增加1.2~1.8倍,镰刀菌等土传病原菌丰度下降37%~45%,青枯病发病率降低52%~68%。间作模式同样表现突出,烟草与蚕豆间作可提高速效氮、磷利用率28%和19%,根系分泌物有机酸含量增加40%~60%,显著活化土壤难溶磷;而与万寿菊间作可使烟蚜种群密度下降55%~72,传粉昆虫多样性提升30%。不同生态区适应性数据表明,黄淮海烟区采用烟草-小麦-绿肥两年三熟制后,土壤有机质年增幅达0.12%~0.25%,而西南烟区烟草-油菜轮作使土壤pH值稳定在6.2~6.8,有效缓解连作酸化。当前技术优化聚焦于轮作周期缩短(从3~4年减至2年)与高效间作组合筛选(如烟草+藿香蓍驱虫体系),这些数据为规模化应用提供了关键支撑。

5.2 生物有机肥与微生物菌剂应用

生物有机肥与微生物菌剂作为生态修复的重要载体,在烟草连作障碍治理中兼具改土培肥与调控微生态的双重功能。生物有机肥以有机质为基础,通过发酵过程富集有益微生物,增强土壤养分供应能力与保水保肥性能。微生物菌剂涵盖固氮菌、解磷菌、抗病拮抗菌等功能菌群,可在根际环境中竞争抑制致病菌生长,促进作物根系健康发育。二者协同施用形成稳定微生态群落,改善土壤酶活性与微生物代谢功能,增强植物对逆境的适应能力。技术应用应重视菌株

筛选与本地化适应性研究,提升菌群存活率与定殖能力。施用方式包括拌种、滴灌、冲施等多元路径,需根据地力基础与作物生育期动态调整。研究方向聚焦配方精准设计与复合菌系开发,推动其生态功能从辅助作用向系统主导转化。

5.3 植物源改良剂与修复植物筛选

植物源改良剂作为源于天然植物提取物的生态调理材料,在烟草连作障碍修复中具有显著的绿色安全特性,具备抑菌、解毒与激活根系活性的复合效应。其主要成分包括黄酮类、生物碱类与酚酸类化合物,可通过调节根际信号环境改变微生物群落组成,从而抑制病原微生物的定殖。部分改良剂还具有刺激植物抗性基因表达的功能,提升植株自身对不良土壤环境的适应能力。在修复植物筛选方面,应聚焦对烟草连作障碍土壤具备净化、解毒与促进结构重建作用的作物类型,耐贫瘠、根系发达且根际分泌物丰富为主要筛选指标。修复植物不仅参与地上生物量循环,更通过根际活动加速土壤生态过程的重构。研究趋势倾向于构建以植物源调理剂与生态型修复植物为核心的复合系统,提升修复效率与持续性。

6 结语

烟草连作障碍已成为制约产业持续发展的关键因素,表现复杂,成因多元,需从生态系统角度深入理解与系统治理。生态修复理念为破解此类障碍提供了科学路径,通过构建多样性结构、激活生态循环与调控微生态环境,能够有效提升土壤健康水平与烟草适生能力。轮作、菌剂、植物源材料等关键技术不断融合演进,形成了具备可持续性与区域适应性的综合治理模式。后续研究应加强机制阐释与技术集成,推动生态修复策略在实践中的标准化与规模化落地。

参考文献

- [1] 吴涛.施用微生物菌剂对石灰质土壤烟草连作障碍的修复研究[D].导师:李富程;顾会战.西南科技大学,2024.
- [2] 陈倩.矿源黄腐酸钾肥对连作土壤性状及烟草生长发育的影响[D].导师:侯欣;刘中庆.山东农业大学,2024.
- [3] 刘志勇.黔西南州烤烟土壤质量评价与改良技术研究[D].导师:朱波;刘章勇.长江大学,2024.
- [4] 任淑君,李萌,陈雅琼,李洪明,王兴红,戴启杰,杜光辉,陈穗云.酚酸降解菌的分离、鉴定及其减轻烟草连作障碍的效果研究[J].云南大学学报(自然科学版),2024,46(02):392-400.
- [5] 王鹏.烟草连作障碍及防治研究进展[J].安徽农学通报,2023,29(12):24-26+32.