

农田生态系统中的碳循环与低碳农业实践

刘雅婧¹ 陈劲楠²

1 陕西省土地工程建设集团有限责任公司 2 陕西省城乡规划设计研究院

DOI:10.12238/as.v7i4.2449

[摘要] 农田生态系统作为陆地生态系统的重要组成部分,不仅为人类提供了丰富的粮食资源,而且在全球碳循环中发挥着至关重要的作用。然而,随着现代农业的快速发展,农田生态系统的碳循环过程受到了严重影响,碳排放问题日益突出。因此,探究农田生态系统中的碳循环机制,实施低碳农业实践,对于减缓全球气候变化、实现现代化农业的可持续发展具有重要意义。

[关键词] 农田生态系统; 全球碳循环; 低碳农业实践; 可持续发展

中图分类号: S27 **文献标识码:** A

Carbon cycle and low-carbon agriculture practices in agricultural ecosystems

Yajing Liu¹ Shaonan Chen²

1 Shaanxi Land Engineering Construction Group Co., Ltd

2 Shaanxi Institute of Urban & Rural Planning and Design

[Abstract] As an important component of terrestrial ecosystems, farmland ecosystems not only provide abundant food resources for humans, but also play a crucial role in the global carbon cycle. However, with the rapid development of modern agriculture, the carbon cycle process of agricultural ecosystems has been severely affected, and carbon emissions have become increasingly prominent. Therefore, exploring the carbon cycle mechanism in agricultural ecosystems and implementing low-carbon agricultural practices are of great significance for mitigating global climate change and achieving sustainable development of modern agriculture.

[Key words] agricultural ecosystem; Global carbon cycle; Low carbon agricultural practices; sustainable development

引言

低碳经济是2003年英国在能源白皮书《我们能源的未来：创建低碳经济》中首次提出。自本世纪以来，我国为了发展现代绿色农业，也在积极践行这一生态型低碳理念。改革开放以来，我国农业经济逐步向着现代化方向在发展，但在农业经济发展的同时，也对生态环境造成了很大影响，由于农业现代化发展，导致大量化石能源被消耗，空气中二氧化碳浓度增高，给周围的生态环境带来了不利影响。在当前发展生态文明社会的思想引导下，低碳发展逐步成为各行各业发展的重要理念，在此背景下，我国的农业向着低碳化发展则成为一种必然趋势。而农田生态系统中如何实现碳循环，让低碳农业获得更好的发展则成为当今农业领域要重点探究的问题。

1 农田生态系统中的碳循环

农田生态系统，作为地球生物圈的重要组成部分，其内部的碳循环是一个复杂而微妙的过程，对全球碳平衡和气候变化起着关键作用。

农作物是农田生态系统中碳循环的起点。通过光合作用，

农作物从大气中吸收大量的二氧化碳，将其转化为葡萄糖等有机物质，这些有机物质是植物生长发育的基础。这个过程不仅为农作物的生长提供了能量，同时也减少了大气中的二氧化碳浓度，起到了缓解全球变暖的作用。

农作物在生长过程中，一部分有机物质通过凋落物、根系分泌物等形式进入土壤，形成土壤有机碳库。这些有机碳是土壤生物活动的重要能源，对于维持土壤肥力和生物多样性具有重要意义。

然而，这个碳储存的过程并非一成不变。土壤中的微生物和土壤动物会分解有机碳，将其转化为二氧化碳和水，这个过程被称为土壤呼吸。这部分释放的二氧化碳又重新进入大气，构成了碳循环的一部分。土壤呼吸的强度受到许多因素的影响，如土壤温度、湿度、微生物活性以及农作物种类和管理措施等。

农田管理实践，如耕作方式、灌溉策略、肥料施用等，对农田碳循环也有显著影响。例如，采用覆盖作物、免耕或少耕等可持续农业技术，可以减少土壤碳的损失，增强土壤碳汇功能。同

时,合理施用有机肥和化肥,可以提高土壤有机碳的积累,改善土壤结构,提高农田的生产力。

2 低碳农业实践探究

2.1 优化耕作制度

优化耕作制度是迈向低碳农业的第一步。传统的耕作方式,如深翻和频繁耕作,往往会导致土壤结构的破坏,加速土壤有机碳的流失,进而加剧全球温室气体排放。相比之下,保护性耕作技术,如少耕和免耕,能够有效减少土壤侵蚀,保持土壤水分和肥力,从而提高土壤有机碳含量。据研究显示,采用免耕技术的农田,土壤有机碳含量可提高10%~20%。此外,轮作制度也是优化耕作的重要方式,通过合理种植不同作物,可以有效提高土壤有机碳的储存能力,减少碳排放。

2.2 科学调控农业生产

科学调控农业生产是实现低碳农业的关键环节。精确农业技术的应用,如精确施肥、灌溉和病虫害防治,可以显著减少化肥、农药的使用量,降低农业生产过程中的能源消耗和碳排放。据联合国粮农组织报告,通过精准农业管理,可以减少15%~30%的化肥和农药使用,同时降低10%~20%的农业生产碳排放。此外,推广使用生物农药和生物肥料,不仅能够降低农业生产对环境的污染,还能提高农产品的质量,实现农业生产的绿色可持续发展。

2.3 温室大棚土壤有机碳

温室大棚内的土壤有机碳作为碳循环的关键环节,其动态变化对农业生态系统和全球碳平衡具有深远影响。土壤有机碳,主要由植物残体、微生物体和土壤有机质组成,是土壤肥力的核心指标,直接影响作物的生长和产量。同时,它与温室气体,如二氧化碳和甲烷的排放,存在着密切的联系。

土壤有机碳的积累和分解是一个复杂的过程,受到多种环境因素的调控。首先,温度是影响土壤有机碳动态的关键因素。据研究显示,土壤有机碳的分解速率随着温度的升高而增加,这在一定程度上解释了全球变暖可能导致土壤碳释放加速的现象。其次,湿度也起着重要作用,湿润的土壤环境通常有利于微生物活动,从而加速有机碳的分解。此外,作物类型的选择和种植管理措施,如灌溉、施肥、翻耕等,都会对土壤有机碳的积累产生显著影响。

以中国为例,作为全球最大的温室大棚生产国,其温室大棚土壤有机碳的管理策略对全球碳排放具有重大影响。据中国农业科学院的一项研究,通过优化种植结构,例如种植覆盖作物,可以显著提高土壤有机碳的积累,同时减少温室气体排放。另一方面,合理的农业管理,如精准灌溉和有机肥的施用,也可以有效维持土壤有机碳的稳定,促进农业的可持续发展。

2.4 碳循环过程的量化及环境管理机制建立

2.4.1 农田生态系统区域碳循环过程的量化

农田作为人类活动最直接的干预区域,其碳循环过程对全球碳平衡和气候变化具有显著影响。因此,量化农田生态系统中的碳收支,对于理解人类活动如何影响全球碳循环,以及如何通

过农业管理实践减缓气候变化,具有至关重要的意义。

农田土壤呼吸、作物光合作用和有机物质分解是农田碳循环的主要组成部分。土壤呼吸是土壤微生物和作物根系释放二氧化碳的过程,是农田生态系统碳排放的主要途径;作物光合作用则是碳从大气中捕获并储存在植物体内的过程,是农田生态系统的主要碳汇;而有机物质的分解则是这两者之间的桥梁,它既消耗了光合作用产生的碳,又为土壤呼吸提供了碳源。

为了精确量化这些过程,科学家们运用了各种监测技术,如土壤呼吸连续监测系统、同位素示踪技术、冠层气体交换测量等,以获取农田碳循环的实时数据。同时,通过建立农田碳循环的动态模型,可以模拟和预测不同气候条件、管理措施对农田碳收支的影响,为农业碳足迹的计算和碳中和策略的制定提供科学依据。

2.4.2 农田生态系统区域碳循环的环境效应

农田作为全球碳循环的重要组成部分,其碳排放与吸收活动对气候变化具有显著影响。当农田管理不当,如过度耕作、化肥过度使用等,会导致大量碳以二氧化碳的形式释放到大气中,加剧全球温室效应,从而促进全球变暖的进程。据国际气候变化研究组织的数据显示,全球农业活动每年贡献约13%的温室气体排放,其中大部分来自于农田管理。

然而,农田碳循环也有其积极的一面。通过优化管理策略,农田可以成为碳汇,积累和储存大量的有机碳。例如,采用覆盖作物、轮作制度或有机农业等可持续农业实践,可以增加土壤有机碳含量,改善土壤结构。这些有机碳不仅能够提高土壤肥力,增强农田对气候变化的适应能力,而且有助于维持农田生态系统的稳定,促进生物多样性的保护。

此外,农田碳循环对土壤健康的影响也不容忽视。土壤中的有机碳是维持土壤生物活性、保持土壤肥力和防止土壤退化的关键因素。当农田管理策略能够促进土壤有机碳的积累时,可以显著提高土壤的生产力,降低对化肥和农药的依赖,从而形成一个健康的农田生态系统。

2.5 低碳农业分区分级推进技术路径

在全球气候变化的大背景下,农业作为碳排放的重要源头之一,其低碳转型显得尤为迫切。为此,我们应根据不同区域的特性,采取差异化的技术路径,以实现农业的可持续发展。

2.5.1 粮食主产区“双增双减”综合技术路径

粮食主产区通常拥有大面积的农田,是保障国家粮食安全的基石。我们可以通过调整种植结构,比如种植更适应当地气候条件的作物,以提高产量。同时,推广精准施肥和灌溉技术,如滴灌、喷灌等,既能提高作物对养分和水分的吸收效率,又能减少无谓的排放。据研究,优化施肥可以降低农田温室气体排放30%以上。此外,农业废弃物如稻草、玉米芯等,通过堆肥化、沼气化等方式,可以转化为生物肥料或生物能源,既减少了碳排放,又实现了资源的循环利用。

2.5.2 养殖集中区“稳能减排”综合技术路径

养殖集中区通常面临粪便尿液处理和能源供应的挑战。通

过改进饲料配方,提高饲料的消化率和利用率,可以显著减少动物排泄物的产生。例如,添加益生菌的饲料可以降低鸡、猪等的粪便产量。同时,建设沼气工程,将粪便尿液转化为沼气,既可作为清洁能源供应,又能减少甲烷等强效温室气体的排放。据统计,沼气工程可以降低养殖业的碳排放20%以上。

2.5.3生态脆弱区“提能固碳”综合技术路径

生态脆弱区往往生态系统敏感,需要特别关注生态保护和修复。通过种植耐旱、固碳能力强的植物,如沙棘、梭梭等,可以提高土壤的有机碳含量,增强区域的碳汇能力。同时,应限制过度放牧、过度开垦等活动,保护生物多样性,维持生态系统的稳定,防止碳从土壤和植被中快速释放。

总的来说,低碳农业的发展需要结合各地的实际情况,采取针对性的技术路径,实现农业生产和环境保护的双赢。这不仅有助于我国实现碳中和的目标,也有利于全球气候治理的进程。

2.6推广科技创新

科技创新不仅是实现农业可持续发展的关键,也是应对环境挑战的有效途径。科技创新能够帮助我们更好地理解和利用农业生态系统,以更高效、更环保的方式满足全球不断增长的粮食需求。

为了实现精准化的农田水利管理,则需要引入现代化的农业创新技术。例如,无人机可以用于实时监测农田的生长状况,通过高精度的图像分析,农民可以精确地了解作物的生长情况,及时发现并处理病虫害,减少农药的使用。物联网技术则可以实现对农田环境的精确控制,如自动灌溉系统可以根据土壤湿度和作物需水量进行精准灌溉,既节约水资源,又减少了能源消耗和碳排放。

而在当前科技创新背景下,新型碳捕集、储存和利用技术的研发也是推动低碳农业发展的重要方向。农田作为重要的碳汇,其碳汇能力的提升对于全球碳中和具有重大意义。科学家们正在探索如何通过改良作物品种、优化种植模式等方式,提高农田对二氧化碳的吸收能力。此外,研究碳封存技术,如土壤碳固持,可以将大气中的二氧化碳转化为稳定的土壤有机碳,降低温室气体浓度。

如我国某农田生产区,为了实现精准农业管理,则采用了精准农业技术,如GPS导航的精准施肥和播种设备,以及通过物联网技术实现的智能温室。这些技术的应用使得该地区农业生产在保持高农业生产效率的同时,显著降低了农业对周围生态环境的影响。据统计,该地区的精准农业技术已经帮助减少了20%

的化肥使用和30%的水消耗。

总的来说,科技创新为低碳农业的发展提供了无限可能。通过不断的技术创新和实践,我们可以构建一个既满足粮食需求,又保护环境,实现农业与气候和谐共生的未来。

3 结语

总之,农田生态系统在全球碳循环中发挥着重要作用,而低碳农业实践是减缓全球气候变化、实现可持续发展的重要途径。通过优化耕作制度、科学调控农业生产、温室大棚土壤有机碳研究、碳循环过程的量化及环境管理机制建立、低碳农业分区分级推进技术路径、推广科技创新等优化措施,可以有效降低农田生态系统的碳排放量,提高碳汇能力。未来,我们需要进一步加强农田生态系统碳循环机制的研究,探索更多有效的低碳农业实践模式,为全球气候变化应对和可持续发展作出更大贡献。

[基金项目]

陕西省土地工程建设集团内部科研项目;课题名称:基于多尺度分析的保护性耕作系统下土壤碳库与经济效益研究;项目编号:DJNY 2024-42;时间:2024年1月-2025年12月。

陕西省土地工程建设集团内部科研项目;课题名称:土地工程碳汇资源开发及利用创新团队;项目编号:DJTD 2022-1;时间:2022年1月-2024年12月。

陕西省土地工程建设集团渭南分公司2024年度“揭榜挂帅”内部重点科研项目;课题名称:关中地区高标准农田低碳潜力挖掘及技术方法优化研究;项目编号:WNNY-2024-01;时间:2024年5月-2026年6月。

[参考文献]

[1]王学婷.双碳战略目标下农业绿色低碳发展的基本路径与制度构建[J].中国生态农业学报(中英文),2023,30(14):115-116.

[2]姜涛.“十四五”时期中国农业碳排放调控的运作困境与战略突围[J].宁夏社会科学,2023(15):66-68.

[3]周利秋.农业技术创新体系带动低碳农业发展问题研究[J].东北农业大学学报(社会科学版),2023,13(5):124-126.

[4]柯福艳.我国低碳农业发展技术路径及支撑体系研究[J].浙江农业学报,2023,24(4):127-129.

作者简介:

刘雅婧(1991--),女,汉族,内蒙古人,研究生,工程师,研究方向:绿色基础设施规划与设计。

陈劲楠(1991--),男,汉族,江苏省人,研究生,工程师,研究方向:国土空间规划。