

Discussion on the environmental benefit optimization based on the coupling mode of photovoltaic and ecological agriculture

Hongwei Cui¹ Baoli Zhang^{2*}

1. China Energy Engineering Group Yunnan Electric Power Design Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650100, China

2. Baoshan Ecological Environment Engineering Assessment Center, Baoshan, Yunnan, 678000, China

Abstract

The coupling mode of photovoltaic and ecological agriculture is an innovative mode that integrates renewable energy utilization and green agriculture development, which has important environmental benefits. By installing photovoltaic systems in agricultural production areas, the model realizes light energy conversion while optimizing land use, improving agricultural production efficiency, and reducing carbon emissions. The shading effect of photovoltaic systems can improve soil water retention capacity, reduce evaporation, improve the resistance of crops, and reduce water consumption in agricultural production. This paper focuses on the environmental benefits of the coupling model of photovoltaic and ecological agriculture, discusses its optimization path, and puts forward strategies to deal with the challenges, in order to provide theoretical support and practical guidance for the development of sustainable agriculture and clean energy.

Keywords

photovoltaic agriculture; ecological agriculture; coupling mode; environmental benefits; optimization path

基于光伏与生态农业耦合模式的环境效益优化探讨

崔红伟¹ 张宝丽^{2*}

1. 中国能源建设集团云南省电力设计院有限公司, 中国·云南 昆明 650100

2. 保山市生态环境工程评估中心, 中国·云南 保山 678000

摘 要

光伏与生态农业耦合模式是一种集可再生能源利用与绿色农业发展于一体的创新模式, 具有重要的环境效益。该模式通过在农业生产区域安装光伏系统, 实现光能转换的同时, 优化土地利用, 提高农业生产效率, 并减少碳排放。光伏系统的遮光效应能够改善土壤水分保持能力, 降低蒸发量, 提高农作物抗逆性, 同时减少农业生产中的水资源消耗。本文围绕光伏与生态农业耦合模式的环境效益展开分析, 探讨其优化路径, 并提出应对挑战的策略, 以期为可持续农业和清洁能源的发展提供理论支持和实践指导。

关键词

光伏农业; 生态农业; 耦合模式; 环境效益; 优化路径

1 引言

随着全球能源短缺与环境污染问题日益严重, 如何在保障农业可持续发展的同时, 提高清洁能源利用率成为当前研究热点。传统农业生产过程中存在高能耗、高污染的问题, 而光伏农业作为一种融合清洁能源与现代农业的新型模式, 为农业可持续发展提供了新的解决方案。光伏系统不仅能够为农业生产提供稳定的电力支持, 还能通过调节微气候、改善土壤环境等方式促进农业生态系统优化。近年来, 国内外

对光伏与生态农业耦合模式的研究逐渐深入, 并在部分地区取得了实践成效。本文将从环境效益优化的角度, 探讨光伏与生态农业耦合模式的关键问题, 分析其在碳减排、土壤水分保持、生物多样性提升等方面的贡献, 并提出优化路径, 以促进该模式的科学化、可持续化发展。

2 光伏与生态农业的概念及特点

光伏与生态农业耦合模式是一种结合可再生能源与绿色农业发展的创新模式, 利用太阳能光伏技术在农业生产区域进行发电, 同时优化农业生态环境, 提高土地资源利用率。光伏系统通过光电转换提供清洁能源, 减少对化石能源的依赖, 降低农业生产中的碳排放。农业生产与光伏发电相结合, 使土地实现复合利用, 在不影响农业产出的基础上, 提高能源供应的稳定性和可持续性。光伏设施能够改变农业微环

【作者简介】崔红伟 (1983–), 女, 中国黑龙江明水人, 硕士, 高级工程师, 从事环境工程研究。

【通讯作者】张宝丽 (1976–), 女, 中国云南保山人, 本科, 高级工程师, 从事环境工程研究。

境,对温度、湿度、风速等因素产生调节作用,有助于减少极端天气对作物生长的不利影响。光伏板的遮光效应可以降低地表温度和蒸发速率,改善土壤水分保持能力,提高水资源利用效率。在生态农业模式下,该耦合体系还能够促进生物多样性,通过合理的作物布局和土壤管理减少化肥、农药的使用,降低农业面源污染,形成更加友好的农业生态系统。这一模式不仅能够提升农业的环境效益,同时也为乡村能源结构优化、农业经济发展和农民增收提供了新的路径^[1]。

3 光伏与生态农业耦合模式的类型

3.1 光伏+种植模式

光伏+种植模式是在农业生产区域安装光伏发电系统,使光伏板与农作物共存,实现农光互补。光伏板架设于农田上方,可以根据作物生长需求调整高度和间距,以确保光照资源的合理分配。这种模式不仅能够在农田上同时进行光伏发电和作物种植,还能改善农业微环境,提高水资源利用效率。光伏板的遮阴作用在高温干旱地区表现尤为明显,能够降低土壤水分蒸发量,提高作物的耐旱能力,同时减少灌溉成本。在适宜的光伏布局下,部分耐阴性作物如药材、蔬菜、食用菌等能获得良好的生长环境,达到增产增收的效果。该模式既提高了土地利用效率,又减少了农业生产对传统电力的依赖,在农业现代化发展过程中具有较高的推广价值。

3.2 光伏+养殖模式

光伏+养殖模式是在畜禽养殖区域建设光伏发电设施,使光伏电站与养殖场相结合,既提供清洁能源,又优化养殖环境。光伏板可以为养殖区域提供遮阴,降低夏季高温对畜禽生长的不利影响,从而减少热应激带来的健康问题,提高饲养效率。在寒冷季节,光伏发电可支持养殖场内部供暖,保障畜禽的生长环境,减少因温度波动造成的损失。光伏系统还能用于养殖废弃物处理,如驱动沼气发电、生物质能转换等,实现能源的循环利用。在土地资源紧张的地区,该模式能够优化空间利用,使原本单一的养殖场具备能源自给功能,提高经济效益。部分光伏养殖模式还结合智能化管理技术,通过监测光照、温湿度等环境参数,优化养殖场运营,提高生产效率。这种模式不仅降低了养殖业的能源消耗,也减少了环境污染压力,有助于构建绿色、低碳、高效的畜禽养殖体系。

3.3 光伏+水产养殖模式

光伏+水产养殖模式是将光伏发电系统与水产养殖相结合,通过在养殖水面上方搭建光伏板,实现水面空间的高效利用。光伏板的覆盖可以减少水体蒸发,降低水温波动,改善水质环境,减少蓝藻等有害生物的生长风险,从而提升水产品的养殖质量。该模式能够有效缓解高温对水产养殖的不利影响,适用于鱼类、虾蟹、贝类等水产品养殖区域。光伏系统所产生的电力可用于水产养殖场的日常运营,包括水泵供电、增氧设备运行、水质监测等,提高养殖的智能化

管理水平。这一模式特别适用于水资源丰富但土地有限的地区,能够提高单位面积的经济产出,实现绿色可持续发展。光伏板的布置需要合理规划,避免影响水体的光合作用,确保持续养殖生物的生长环境。此外,该模式还能够减少对传统电力的依赖,降低碳排放,是推动渔业绿色转型的重要途径^[2]。

4 光伏与生态农业耦合模式的环境效益分析

4.1 碳减排效益

光伏与生态农业耦合模式在碳减排方面具有显著优势,通过光伏发电替代化石能源,减少农业生产过程中化石燃料的消耗,降低温室气体排放。农业活动中的机械化生产、灌溉系统、农产品加工等环节通常依赖传统电力和燃料,而光伏系统提供清洁能源,使农业生产实现低碳化发展。光伏电站在农田、养殖场和水产养殖区域的应用,使这些区域具备自给自足的能源供应能力,减少外部能源输入所带来的碳排放。此外,光伏设施的建设可以促进土地的综合利用,避免因能源开发导致的额外土地开垦和生态破坏,从而间接减少碳排放。

生态农业本身强调绿色低碳,通过减少化肥、农药使用和优化耕作方式,降低农业生产过程中的碳足迹。光伏农业遮挡部分阳光,降低蒸发量,使土壤有机质含量得到保持,提高碳固存能力,同时减少灌溉过程中水泵等设备的能源消耗,进一步降低碳排放。部分模式结合生物质能源技术,如沼气发电、秸秆发电等,实现农业废弃物的资源化利用,减少秸秆焚烧产生的碳排放。通过光伏发电与生态农业的协同作用,该模式在减少碳排放的同时提升了农业生产的可持续性,为实现农业低碳转型提供了可行路径。

4.2 土壤环境优化

光伏与生态农业的耦合模式在改善土壤环境方面发挥了重要作用。光伏板的覆盖可以减少地表温度过高引起的土壤水分蒸发,保持土壤湿度,提高土壤有机质含量,为农作物提供更适宜的生长环境。土壤湿度的稳定有助于微生物群落的繁衍,提升土壤养分循环能力,使土壤肥力得到有效提升。在生态农业的管理模式下,通过合理的作物轮作和间作方式,避免土壤养分单一消耗,减少土壤退化和盐碱化的风险,提高土壤长期生产能力。

该模式通过减少化肥和农药的使用,降低土壤污染,提高土壤生态系统的稳定性。光伏板的遮阴作用减少了土壤暴露在高温环境下的时间,降低紫外线对土壤微生物的破坏,使土壤中有益微生物群落更为稳定。农业生产过程中,光伏发电所提供的电力可用于驱动智能灌溉系统,实现精准水肥管理,减少过量施肥对土壤结构和地下水资源的影响。光伏农业模式在一定程度上减少了大面积机械作业的需求,降低土壤的碾压强度,避免土壤结构破坏,提高土壤的透气性和持水能力。通过光伏设施与生态农业的协同作用,土壤质量得到长期优化,为农业可持续发展奠定良好基础^[3]。

4.3 水资源利用优化

光伏与生态农业的结合在水资源优化利用方面具有显著优势。光伏板的覆盖降低了土壤水分蒸发速率,使农田和养殖场的水资源消耗减少,提高了水分利用效率。在干旱地区,这种模式能够有效延长土壤水分的存留时间,减少频繁灌溉带来的水资源浪费。在水产养殖模式下,光伏板遮挡部分太阳直射,降低水温波动,减少水体蒸发量,有助于水体环境的稳定,使水质保持在更适宜的范围内,从而减少了因水质恶化引发的养殖风险。

光伏系统的能源供应可支持智能化水资源管理,如精确控制灌溉、调节水泵运行时间,降低不必要的水资源消耗。在生态农业模式下,水肥一体化技术结合光伏能源供电,可实现按需供水供肥,提高水资源的利用率,避免过量灌溉对土壤和地下水造成的污染。在光伏+养殖模式中,部分区域采用雨水收集系统,将光伏板表面的雨水导入蓄水池,实现农业用水的循环利用,减少地下水开采压力。

光伏农业模式减少了传统农业中大量依赖地下水灌溉的需求,降低了水资源的过度开采风险。结合生态农业技术,通过秸秆覆盖、植被保持等方式,进一步增强土壤的保水能力,提高农田的抗旱性能,使农业生产能够在水资源有限的情况下保持较高的稳定性。光伏与生态农业耦合模式不仅优化了水资源的配置,也提高了水资源的循环利用效率,为缓解农业生产中的水资源短缺问题提供了有效解决方案^[4]。

4.4 生物多样性保护

光伏与生态农业的结合为生物多样性保护提供了重要支持。光伏板的设置能够降低农田和养殖区域的温度波动,使动植物能够在更稳定的环境中生存。光伏设施减少了强烈日照对生物栖息地的影响,为昆虫、鸟类等提供了适宜的生境,使农业生态系统的生物链更加完整。在农田种植模式下,光伏板提供的遮阴环境适合一些耐阴植物的生长,增加了作物的种类,提高了农业生态系统的多样性。

生态农业强调减少农药和化肥的使用,避免对土壤和水体造成污染,从而保护农田周边的野生动植物资源。光伏农业通过智能化管理减少机械化作业的频率,降低了对野生动物的干扰,使农业生态系统更加稳定。在水产养殖模式下,光伏板的覆盖减少了水体温度的剧烈变化,使水生生物在更适宜的环境中生长,降低了水生生态系统的破坏风险。此外,部分光伏农业项目结合生态补偿机制,建立生物栖息地和生

态廊道,为鸟类、昆虫、两栖动物等提供庇护空间,增强生物多样性保护效果。

光伏农业模式减少了农业生产对土地资源的破坏,提高了生态系统的承载能力。合理的光伏布局与生态种植相结合,使动植物能够在多样化的环境中繁衍生息,提升农业生态系统的稳定性和可持续性。通过优化土地利用方式,该模式不仅提高了农业生产的经济效益,同时也为生物多样性保护提供了新的途径,在推动农业绿色发展方面具有重要价值^[5]。

5 结语

光伏与生态农业耦合模式作为一种融合清洁能源与绿色农业的创新 development 路径,在提升土地利用效率、优化农业生态环境、降低碳排放等方面展现出显著优势。通过光伏发电减少农业生产对传统能源的依赖,在保障农作物、畜禽及水产养殖正常运行的同时,实现低碳化发展。光伏设施的合理布局能够改善土壤环境、优化水资源利用、促进生物多样性保护,为农业生态系统的稳定提供支持。通过合理的政策引导和市场激励,可以推动光伏农业向更加可持续的方向发展。未来,随着技术进步和管理模式的完善,光伏与生态农业的协同效益将进一步提升,为农业绿色转型和清洁能源发展提供更广阔的空间。

参考文献

- [1] 生态光伏思想农业规划先行系统工程方法生态光伏-沙戈荒大基地光伏不能穿新鞋、走老路[A].第十九届中国太阳级硅及光伏发电研讨会(19th CSPV)论文集[C].上海市太阳能学会:2023:511-532.
- [2] 杨洪明,许丁中,项胜,刘城宇,赖明勇,孟科,肖建红.适应乡村振兴与可持续发展的农村光伏发电生态补偿优化决策[J].农业工程学报,2023,39(17):218-226.
- [3] 姜飞,肖昌麟,易子木,何桂雄,郭祺,彭星,肖国骏.含光伏与生物质的生态农业综合能源系统多能协同及低碳运行策略[J].中国电机工程学报,2024,44(04):1352-1364.
- [4] 许婕.光伏大棚在生态农业中的应用分析[J].陕西农业科学,2020,66(12):88-90.
- [5] 梁家豪,问涛,梁钜文,陆元丁,刘广斌,宋卧龙,徐明,钟晓东,陈志刚.广东铨镁能源集团有限公司,光谱光伏可移动农业生态综合体应用与示范[Z].项目立项编号:201802021.鉴定单位:云浮市生产力促进协会.鉴定日期:2020-09-02.