

不同施肥模式对设施农业土壤肥力及连作障碍的缓解效应研究

王松焕¹ 高佳楠²

1 奈曼旗青龙山镇人民政府，内蒙古通辽，028200；

2 青龙山镇人民政府，内蒙古通辽，028000；

摘要：设施农业作为高效利用土地与资源的集约化生产模式，在保障农产品供给中发挥关键作用。但长期连作与不合理施肥，导致设施土壤肥力衰退、理化性状恶化，连作障碍问题日益突出，严重制约设施农业可持续发展。不同施肥模式通过调控土壤养分平衡、微生物群落结构及酶活性，对土壤肥力提升与连作障碍缓解具有差异化影响。本文围绕设施农业生产需求，从不同施肥模式的类型与核心特征、施肥模式对土壤肥力的调控效应、施肥模式对连作障碍的缓解机制三个维度，系统分析施肥模式与土壤肥力、连作障碍的内在关联，旨在为设施农业选择科学施肥方案、实现土壤质量提升与连作障碍防控协同推进提供思路。

关键词：设施农业；施肥模式；土壤肥力；连作障碍；缓解效应；养分平衡

DOI：10.69979/3041-0673.26.02.073

引言

随着设施农业规模不断扩大、种植越来越集中，长期连作已经成为常见的生产方式。在连作过程中，作物持续吸收土壤里的特定养分，根系分泌物不断积累，病原菌也越来越多；再加上过量使用化肥、不重视有机肥投入等不合理的施肥行为，导致设施土壤出现很多问题：土壤里的有机质含量下降，养分搭配失衡，酸化和盐渍化越来越严重；同时土壤里的微生物种类和数量失衡，有益微生物减少，病原菌大量聚集，最终引发连作障碍。连作障碍会让作物长得不好、产量降低、品质变差，严重时甚至会出现大面积死苗。施肥模式是调节土壤养分和微生物环境的关键方法，直接影响土壤肥力的变化和连作障碍的严重程度。所以，研究不同施肥模式对提升设施农业土壤肥力、缓解连作障碍的作用，对优化设施农业施肥管理、保障土壤健康和生产可持续发展很有意义。

1 设施农业主要施肥模式的类型与核心特征

1.1 单施化肥模式

单施化肥模式就是只靠化学肥料给作物提供养分，根据作物的需求施加氮、磷、钾单质化肥或者复合肥。这种模式的特点是养分释放快、效果明显、使用方便。在这种模式下，养分供应针对性强，能快速满足作物在特定生长阶段对氮、磷、钾的需求，短期内能明显促进

作物生长。但长期只施化肥容易导致土壤养分失衡，因为人们往往偏重施用氮磷钾，而忽略补充钙、镁、硼、锌等中微量元素，造成这些元素在土壤里缺乏；同时，化肥的养分利用率不高，没被作物吸收的养分容易在土壤里堆积，引发土壤酸化、盐渍化，破坏土壤的团粒结构，导致土壤板结。而且化肥不能给土壤补充有机质，长期使用会让土壤肥力下降，增加连作障碍的风险。

1.2 化肥配施有机肥模式

化肥配施有机肥模式结合了化学肥料和有机肥料的优势，通过化肥快速补充土壤里的速效养分，通过有机肥缓慢释放长效养分，还能改善土壤的物理和化学性质，形成“速效+长效”的养分供应体系。有机肥（比如堆肥、厩肥、商品有机肥）里含有丰富的有机质、氨基酸、腐殖酸以及多种中微量元素。施用到土壤后，能提高土壤有机质含量，帮助形成土壤团粒结构，增强土壤保水保肥的能力；同时，有机肥能给土壤里的微生物提供碳源，促进有益微生物繁殖，改善土壤微生物环境。化肥则能弥补有机肥速效养分不足的缺点，在作物生长的关键时期，满足作物对养分的迫切需求。把化肥和有机肥配合使用，既能保证作物产量，又能缓解只施化肥带来的土壤退化问题，是目前设施农业中应用比较广泛的施肥模式。

1.3 有机替代与生物肥协同模式

有机替代与生物肥协同模式是用有机肥部分或者

完全代替化肥,同时配合使用生物肥料(比如微生物菌剂、生物有机肥)。这种模式注重整体改善土壤生态系统,是一种既能提升土壤肥力又能防控连作障碍的生态型施肥模式。有机替代通过增施有机肥、秸秆还田、种植绿肥等方式,持续给土壤补充有机质,优化土壤的物理和化学性状,为微生物活动创造良好条件;生物肥里的功能微生物(比如固氮菌、解磷解钾菌、能对抗病原菌的菌),可以通过固氮、分解土壤里的磷和钾,让这些养分变得容易被作物吸收,同时抑制病原菌生长繁殖,减少土传病害的发生。这种模式重视土壤养分循环和微生物平衡,长期使用能提高土壤自我调节能力,从根本上缓解连作障碍。但它对有机肥的质量和生物肥里菌株的活性要求较高,而且需要配合科学的养分管理,才能保证作物产量。

2 不同施肥模式对设施农业土壤肥力的调控效应

2.1 对土壤理化性状的改善作用

不同施肥模式通过改变土壤里的有机质含量和养分组成,调节设施土壤的物理和化学性质。单施化肥模式虽然能补充速效养分,但长期使用会降低土壤有机质含量,破坏土壤的团粒结构,导致土壤容重增加、孔隙度减少,土壤保水保肥的能力下降;同时,化肥残留的阴阳离子容易在土壤表层堆积,引发土壤酸化和次生盐渍化。化肥配施有机肥模式,能借助有机肥中的腐殖酸和有机质,促进土壤团粒结构形成,降低土壤容重,增加孔隙度,提高土壤的通气性和透水性;有机肥里的缓冲物质可以调节土壤 pH 值,减少化肥对土壤酸碱平衡的破坏,缓解土壤酸化和盐渍化问题。有机替代与生物肥协同模式对土壤理化性状的改善效果最明显。持续输入的有机质和生物肥里的功能微生物一起发挥作用,能显著提高土壤有机质含量,优化土壤颗粒组成,增强土壤的缓冲能力,长期保持土壤理化性状稳定。

2.2 对土壤养分平衡的调节作用

施肥模式直接影响设施土壤养分的供应、转化和平衡。单施化肥模式容易导致养分失衡,长期偏重施用氮磷钾,会让土壤里的氮磷钾过量堆积,而钙、镁、硫和微量元素供应不足,形成“大量元素过剩、中微量元素缺乏”的局面。这不会降低养分利用效率,还会影响作物正常的生长代谢。化肥配施有机肥模式,通过有机肥补充中微量元素和有机质,能改善养分失衡的状况。有机肥中的腐殖酸可以螯合土壤里的微量元素,提高其

有效性,同时促进土壤中氮磷钾的转化和释放,实现养分均衡供应。有机替代与生物肥协同模式,依靠生物肥里功能微生物的代谢活动,激活土壤中固定态的磷、钾和中微量元素,提高养分利用率;有机替代则通过养分的循环利用,减少养分流失,维持土壤养分长期平衡,避免养分过多堆积或过少缺乏。

2.3 对土壤酶活性的影响

土壤酶就像土壤生态系统的“催化剂”,它的活性能反映土壤养分转化能力和肥力水平,不同施肥模式对土壤酶活性有显著的调节作用。单施化肥模式下,土壤有机质含量降低会减少酶的合成原料,同时化肥中的高浓度盐分和有害物质会抑制酶活性,导致土壤里的脲酶(参与氮转化)、磷酸酶(参与磷转化)、蔗糖酶(参与碳循环)等关键酶的活性下降,土壤养分转化效率降低。化肥配施有机肥模式,通过有机肥提供的有机质和微生物所需的原料,能显著提高土壤酶活性。有机肥中的腐殖酸还能激活酶的催化功能,促进土壤养分转化。有机替代与生物肥协同模式对酶活性的提升效果最好。生物肥里的功能微生物能分泌多种胞外酶,直接增加土壤酶含量;有机肥则通过改善土壤环境,为酶的稳定存在和活性发挥提供保障。二者共同作用,促进土壤酶活性提高,增强土壤肥力的可持续性。

3 不同施肥模式对设施农业连作障碍的缓解机制

3.1 对土壤微生物区系的调控机制

土壤微生物种类和数量失衡是引发连作障碍的核心原因之一,不同施肥模式通过改变土壤中的碳源、养分和环境条件,调节微生物群落结构。单施化肥模式会降低土壤有机质含量,抑制有益微生物(比如芽孢杆菌、木霉菌)生长;同时给病原菌(比如镰刀菌、根腐病菌)创造了适宜的生存环境,导致病原菌大量繁殖,微生物多样性下降,让连作障碍更加严重。化肥配施有机肥模式,借助有机肥提供的碳源和营养物质,能促进有益微生物繁殖,增加微生物的种类和数量,抑制病原菌扩散,改善土壤微生物的平衡状态。有机替代与生物肥协同模式,通过生物肥中的拮抗微生物,直接抑制或杀死病原菌,比如木霉菌能分泌抗菌物质抑制镰刀菌生长;同时,有机肥持续补充的有机质能构建稳定的微生物生存环境,帮助有益微生物成为优势种群,从根本上修复失衡的微生物区系,缓解连作障碍。

3.2 对土壤化感物质的降解与抑制机制

作物连作时,根系分泌的化感物质(比如酚酸类化合物)会在土壤中堆积,抑制后茬作物生长,加重连作障碍,不同施肥模式能降解或抑制这些化感物质。单施化肥模式无法提供降解化感物质所需的微生物和酶,导致化感物质不断累积,让连作障碍更严重。化肥配施有机肥模式,通过有机肥中的腐殖酸吸附化感物质,降低其在土壤中的有效浓度;同时,有机肥促进生长的微生物群落能分泌降解酶,把化感物质分解成无害物质,减少对作物的抑制作用。有机替代与生物肥协同模式,依靠生物肥中的功能微生物(比如假单胞菌、放线菌)分泌的降解酶,高效降解化感物质;有机替代则通过提高土壤缓冲能力,减少作物根系分泌的化感物质数量。二者共同作用,降低化感物质的累积,缓解连作障碍。

3.3 对土壤理化胁迫的缓解机制

连作造成的土壤酸化、盐渍化、板结等理化问题,是引发连作障碍的重要因素,不同施肥模式可通过改善土壤理化性状缓解这些问题。单施化肥会加重土壤酸化和盐渍化,让土壤理化环境更恶劣,连作障碍更严重。化肥配施有机肥模式,通过有机肥中的腐殖酸和缓冲物质,调节土壤pH值,降低土壤盐分含量,改善土壤结构,减轻理化问题对作物根系的伤害。有机替代与生物肥协同模式,通过长期输入有机肥,显著提高土壤有机质含量,增强土壤保水保肥和缓冲能力,有效抑制土壤酸化和盐渍化;生物肥中的功能微生物还能通过代谢活动改善土壤通气性,促进土壤团粒结构形成,缓解土壤板结。从多个方面减轻土壤理化问题,为作物生长创造适宜环境,从而缓解连作障碍。

4 结语

不同施肥模式在设施农业土壤肥力提升与连作障碍缓解方面呈现出的效应差异,其本质在于各模式对设施土壤生态系统内部“养分供应—微生物群落—环境条件”三者平衡关系的调控能力存在显著不同。这种调控能力的强弱,直接决定了施肥模式对土壤肥力演变的引导方向,以及对连作障碍的干预效果。单施化肥模式凭借养分释放快的特点,在短期内可快速满足作物养分需求,实现作物产量的提升,但从长期应用来看,该模式无法维持土壤生态系统的平衡:一方面,其导致的土壤有机质下降、养分失衡会加剧土壤退化;另一方面,对微生物区系的破坏与理化环境的恶化,会显著加重连作

障碍,难以支撑设施农业的长期稳定生产。化肥配施有机肥模式通过整合化肥与有机肥的优势,既能够通过化肥快速补充速效养分保障作物产量,又能借助有机肥改善土壤理化性状、调节微生物区系,实现产量保障与土壤质量改善的双重目标。该模式在当前设施农业生产中,兼顾了实用性与经济性,是衔接传统施肥与生态施肥的过渡性优选模式。有机替代与生物肥协同模式则从土壤生态系统修复与重建的角度出发,通过有机替代持续优化土壤理化基础,依托生物肥精准调控微生物群落结构,形成“有机质提升—微生物活化—养分高效循环—环境稳定”的良性生态链条,能够从根本上提升土壤综合肥力、阻断连作障碍发生的关键路径,是契合设施农业可持续发展需求的理想施肥方向。在设施农业生产实践中,选择施肥模式时需综合考量多方面因素:设施作物的营养需求特性(如喜肥程度、养分敏感期)、土壤的基础理化与微生物状况(如初始肥力水平、酸化盐渍化程度、病原菌基数),以及生产的核心目标(如短期高产、长期土壤养护、生态效益优先),从而筛选出与实际生产条件高度适配的施肥模式。与此同时,还需注重施肥细节的优化,包括根据作物生育期需求精准调控施肥量,结合养分吸收规律确定最佳施用时期,采用沟施、穴施、叶面喷施等科学施用方式,进一步提升施肥效率与效果。唯有通过科学的施肥管理策略,实现土壤肥力提升与生态环境改善的协同推进,才能从根本上破解设施农业连作障碍的核心难题,为设施农业高质量、可持续发展提供坚实的土壤基础支撑。未来设施农业施肥管理,还需结合区域生态特征与种植模式,开展本土化技术创新与实践验证,不断优化施肥参数与配套措施。通过构建“模式适配—细节优化—动态调整”的科学施肥体系,持续增强土壤生态系统的稳定性与自我调节能力,最终实现设施农业生产效益、生态效益与社会效益的统一。

参考文献

- [1] 张建,周岭,朱玉雄,等. 秸秆还田降解对土壤肥力的影响研究现状[J]. 中国棉花, 2023, 50(10): 1-5.
- [2] 刘安凯. 秸秆还田对农作物生长土壤环境的影响及对策分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版) 自然科学, 2023(8): 122-125.
- [3] 刘雅君,夏玉红,王瑞萍. 地方标准助力农业可持续发展——河套灌区向日葵微咸水灌溉栽培技术规程介绍[C]//第十五届中国标准化论坛. 2021.