

复合肥料与有机肥料配施对土壤质量及作物产量的协同效应研究

曹秀芬 张燕燕 李春晖 李云利 张雷
内蒙古通四方农业科技有限公司 内蒙古自治区 通辽 028499

摘要: 为破解单一施肥模式下土壤退化与作物高产矛盾,明确复合肥料与有机肥料配施的协同作用机制,本文系统梳理两者特性差异,从土壤物理结构、化学性质、生物活性三方面解析配施对土壤质量的改良效应,从养分供应、根系发育、抗逆能力维度阐述其对作物产量的提升机制,并提出针对性配施优化策略。研究表明,配施可实现“速效养分供给+长效土壤改良”的协同优势,显著改善土壤质量、提升作物产量与抗逆性。本研究为构建科学施肥体系、推动农业绿色可持续发展提供理论依据与技术支持

关键词: 复合肥料; 有机肥料; 配施; 土壤质量; 作物产量; 协同效应

引言: 农业现代化进程中,肥料施用是保障作物高产的核心措施,但长期单一施肥模式引发系列问题。复合肥料因肥效好、配比精准被广泛应用,却加剧土壤板结、养分失衡;有机肥料虽能改良土壤,但存在养分不足的短板。两者配施作为平衡土壤健康与作物高产的关键技术,其协同效应已成为研究热点。基于此,本文结合国内外研究成果,系统阐述配施对土壤质量与作物产量的协同效应及优化策略,为该技术的规范化推广提供参考。

1 复合肥料与有机肥料特性对比

1.1 复合肥料特性与局限性

复合肥料通过化学合成或物理混合工艺,将氮、磷、钾等大量元素及中微量元素按比例混配,具有养分浓度高、配比精准的特点。其优势在于可快速补充作物生长所需的特定养分。然而,复合肥料的局限性同样显著:其一,长期施用易打破土壤养分平衡,导致微量元素缺乏;其二,高浓度盐离子易造成土壤渗透压升高,抑制根系吸收功能;其三,化学养分易被土壤固定或淋失,利用率普遍较低。

1.2 有机肥料特性与功能

有机肥料以动植物残体、畜禽粪便为原料,经堆肥、发酵处理后形成富含有机质的肥料。其核心功能包括:(1)补充土壤有机质,促进团粒结构形成,改善土壤孔隙度与通气性;(2)激活土壤微生物活性,加速有机物矿化与养分循环;(3)增强土壤缓冲能力,调节酸碱度与重金属活性^[1]。然而,有机肥料的养分释放受温度、湿度等环境因素影响显著和氮、磷、钾养分低,难以满足作物高产需求。

2 配施对土壤质量的协同改良效应

2.1 物理结构的优化

复合肥料与有机肥料配施可显著改善土壤物理性质。有机肥料的腐殖质作为天然胶结剂,可促进微团聚体向大团聚体转化,增加土壤总孔隙度与非毛管孔隙比例。例如,在砂质土壤中配施有机肥与复合肥,可使土壤容重降低,田间持水量提升,有效缓解水分渗漏问题。同时,复合肥料的速效养分可促进作物根系生长,根系分泌物进一步刺激微生物活动,形成“根系-微生物-有机质”的互作网络,加速土壤结构稳定化进程。

2.2 化学性质的平衡

配施对土壤化学性质的调控体现在多方面:一是有机肥料的有机酸可螯合土壤中的钙、镁等离子,减少复合肥料中磷素的固定,提高磷元素的利用率;二是有机质分解产生的腐殖酸可增强土壤阳离子交换量,减少钾元素、氮元素等养分的淋失;三是配施可缓冲土壤酸碱度变化,例如在酸性土壤中,有机肥料的碱性物质可中和部分氢离子,而复合肥料的钙、镁成分可进一步稳定pH值;其四,有机肥料的吸附作用可降低重金属离子的生物有效性,减轻污染风险。

2.3 生物活性的提升

土壤微生物是维持生态系统功能的核心群体。配施通过提供多样化的碳源与能源,显著提升微生物多样性。研究表明,配施处理下土壤细菌群落丰富度增加,固氮菌、解磷菌等功能菌群比例上升,加速了氮、磷等养分的矿化与转化。另外,有机肥料的引入可缓解复合肥料对微生物的抑制作用,恢复土壤酶活性,例如脲酶、磷酸酶活性显著增强,促进养分循环效率^[2]。

3 配施对作物产量的协同提升效应

3.1 养分供应的均衡性

作物高产优质的核心前提是全面、均衡、持续的养分供应，配施可通过“速效+长效”的养分供应模式，完美匹配作物全生育期的养分需求。复合肥料具有肥效释放快的特点，可在作物关键生长期快速补充氮、磷、钾等养分，缓解作物养分亏缺压力。例如，在水稻移栽后返青期、小麦拔节期、玉米大喇叭口期等关键阶段，复合肥中的速效养分可被作物快速吸收利用，促进作物生长发育，构建合理的群体结构。有机肥料则具有养分释放缓慢、持续时间长的特性，可在作物全生育期持续供应养分，弥补复合肥养分释放快、持续时间短的不足。以玉米生长为例，玉米生长中后期对氮、磷、钾养分的需求仍维持在较高水平，单施复合肥易出现后期养分供应不足，导致作物早衰、千粒重下降；而配施有机肥后，有机肥分解产生的有机氮、磷、钾可持续供应，满足玉米后期生长需求，显著提升产量。此外，配施可根据不同作物的养分需求特点，调节肥料养分比例，实现精准供肥。例如，茄果类作物生长后期对钾肥需求增加，通过增加高钾复合肥与有机肥的配比，可显著提升果实糖分积累、着色度与耐贮性；叶菜类作物需氮量高，可适当增加高氮复合肥比例，配合有机肥施用，促进叶片快速生长，提升产量与品质。

3.2 根系发育的促进

根系是作物吸收水分与养分的核心器官，其发育状况直接影响作物生长与产量形成，配施可通过改善土壤环境与养分供应，协同促进根系发育。一方面，有机肥料的施用显著改善土壤物理结构，降低土壤容重，增加土壤孔隙度，为根系生长提供疏松、透气的环境，减少根系生长阻力，促进根系向下延伸与侧根分化。例如，在黏质土壤中，配施有机肥与复合肥可使作物根系入土深度增加，侧根数量增多，根系分布范围扩大^[1]。另一方面，复合肥料中的速效养分可形成局部养分浓度梯度，诱导根系向肥源方向生长，形成“定向根系分布”，提升根系对养分的吸收效率。同时，配施处理下土壤微生物活性增强，微生物分泌的生长素、细胞分裂素等植物生长调节剂，可促进根系细胞分裂与伸长，增强根系活力。研究表明，配施处理下作物根系活力较单施复合肥提升，根表面积与吸收面积显著扩大，根系对氮、磷、钾等养分的吸收量大幅增加。健康发达的根系不仅能提升养分吸收能力，还能增强作物的支撑能力，减少倒伏风险，为作物高产奠定坚实基础。

3.3 抗逆能力的增强

配施可通过改善土壤环境、提升作物养分积累、激活作物防御系统等途径，协同增强作物对干旱、盐碱、病虫害等逆境的抵抗能力。在干旱条件下，有机肥料可显著提升土壤有机质含量，增强土壤保水能力，减少水分蒸发，为作物生长提供稳定的水分供应；同时，配施处理下作物根系发达，根冠比增大，可更高效地吸收土壤深层水分，缓解干旱危害。在盐渍化土壤中，配施处理可降低土壤盐分浓度，调节土壤渗透压，同时促进作物根系吸收钾离子，减少钠离子积累，提升作物渗透调节能力，缓解盐害症状；有机肥料中的腐殖质、氨基酸等成分可诱导作物产生系统抗性，增强作物对病原菌与害虫的抵抗力；同时，配施提升土壤微生物多样性，部分微生物可分泌抗生素等抑菌物质，抑制土传病原菌的生长繁殖，减少土传病害发生。例如，在连作番茄田，配施有机肥与复合肥可显著降低根结线虫病发生率，提升番茄产量。另外，复合肥料提供的充足养分可增强作物细胞壁厚度，提升叶绿素含量与光合效率，增加作物干物质积累，增强作物自身的抗逆能力，使其在逆境条件下仍能维持较高的产量水平。

4 配施技术的优化策略

4.1 配比与用量的精准调控

配施比例与用量的优化需结合土壤肥力水平、作物类型、生育期及气候条件进行动态调整，核心原则是实现“土壤培肥与作物高产”的双赢。在低肥力土壤中，土壤有机质含量低、养分储备不足，应适当提高有机肥比例，占比可达到60%以上，结合适量复合肥，快速提升土壤基础地力；增加有机肥用量，逐步改善土壤结构与肥力水平。在高肥力土壤中，土壤基础条件较好，可适当增加复合肥比例，满足作物高产对养分的高需求，有机肥比例可控制在30%-50%，主要用于维持土壤肥力与微生物活性。不同作物的养分需求差异显著，需针对性调整配施比例。叶菜类作物（如白菜、菠菜）生长周期短、需氮量高，应选择高氮复合肥与有机肥配施，复合肥与有机肥比例可控制在5:5或6:4，确保氮素供应充足，促进叶片快速生长。根茎类作物（如萝卜、马铃薯）需磷钾量高，应增加复合肥中磷钾比例，与有机肥配施，比例可调整为4:6，促进根茎膨大与养分积累。果树类作物（如苹果、柑橘）生育期长，需肥量大且养分需求全面，应采用“基肥+追肥”的配施模式，基肥以有机肥为主，配合适量复合肥，追肥根据不同生育期需求调整复合肥配比，确保养分供应均衡。此外，气候条件也会影响配施效果，在降水充沛地区，应适当增加复合肥比例，减少养分淋失；在干旱地区，应提高有机肥比例，增强土

壤保水能力。

4.2 施用方式的科学选择

科学的施用方式是发挥配施协同效应的关键，需结合作物类型、土壤条件与耕作模式，选择分层施用、混合施用或结合新型施肥技术的施用模式。分层施用适用于多数作物，核心是将有机肥作为基肥深施，复合肥根据作物需求作为底肥或追肥浅施。有机肥深施可促进土壤深层有机质积累，改善深层土壤结构，同时减少养分挥发损失；复合肥浅施可使速效养分集中在作物根系密集区，便于作物快速吸收利用^[4]。例如，在小麦、玉米等粮食作物种植中，有机肥结合深耕深施，复合肥在播种前或生长期浅施，可显著提升肥效利用率；混合施用是将腐熟有机肥与复合肥通过机械混匀后，作为基肥一次性施用，适用于机械化作业场景，可提高施肥效率，实现养分同步释放。需要注意的是，混合前需确保有机肥充分腐熟，避免未腐熟有机肥与复合肥混合后产生高温，烧伤作物根系。此外，滴灌施肥、叶面喷施等新型施肥技术可与配施结合，进一步提升肥效。滴灌施肥将可溶性复合肥与腐熟有机肥浸出液混合后，通过滴灌系统精准输送至作物根系附近，减少养分损失，提升利用率，适用于设施作物与经济作物；叶面喷施则在作物关键生育期，将复合肥溶液与有机肥提取液混合喷施，快速补充养分，缓解作物缺素症状，提升作物品质。

4.3 环境适应性的强化

配施技术需结合不同区域的环境特点进行调整，增强环境适应性，确保在各类环境条件下均能发挥协同效应。在干旱地区，配施需结合保水剂或覆盖技术，减少土壤水分蒸发。将保水剂与有机肥、复合肥混合施用，可显著提升土壤保水能力，同时有机肥与复合肥为作物提供养分，缓解干旱与养分缺乏的双重压力；采用地膜覆盖或秸秆覆盖，可进一步减少水分蒸发，提升土壤温度，

促进有机肥分解与作物生长。在盐碱地，配施需选择耐盐作物品种与酸性有机肥，降低土壤盐分危害。酸性有机肥（如腐熟的羊粪肥、菌渣肥）可中和土壤碱性，降低土壤pH值与盐分浓度；同时，选择耐盐作物品种，配合配施处理，可显著提升作物成活率与产量。在连作障碍严重区域，配施需引入生物有机肥，利用生物有机肥中的功能微生物（如枯草芽孢杆菌、木霉菌）的拮抗作用，抑制土传病原菌生长繁殖，分解土壤中积累的有毒有害物质，改善土壤微生态环境，缓解连作障碍。在高寒地区，应选择腐熟度高的有机肥，减少有机肥分解过程中对土壤温度的消耗，同时适当增加复合肥比例，快速补充养分，满足作物生长期的养分需求。

结束语

复合肥料与有机肥料配施通过协同作用，实现了土壤质量改良与作物产量提升的双赢，其核心机制在于弥补单一肥料的缺陷，发挥“速效养分供给+长效土壤培肥”的优势。配施不仅能优化土壤物理结构、平衡化学性质、提升生物活性，还能通过均衡养分供应、促进根系发育、增强抗逆能力，显著提升作物产量与品质。同时，加强技术推广与培训，提升农户对配施技术的认知与应用水平，推动配施技术在农业生产中广泛应用，为保障粮食安全、推动农业绿色可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]胡月华.化肥减量与生物有机肥配施对土壤质量变化产量与品质的影响[J].江苏农业科学,2022,50(19):204-210.
- [2]柏琼芝,肖石江,等.化肥减量配施生物有机肥产量的影响[J].土壤与作物,2023,8(2):158-165.
- [3]李娜.有机肥料对土壤改良及作物生长的影响研究[J].土壤学报,2023,60(3):123-132.
- [4]陈刚.有机肥料与化学肥料对作物品质影响的比较研究[J].农业科学,2022,34(6):78-85.