

有机肥料对土壤肥力提升及作物生长的影响机制

乔炳鑫

内蒙古鄂尔多斯市东胜区农牧局农牧技术推广中心 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 本文聚焦有机肥料对土壤肥力提升及作物生长的影响机制。阐述了常见有机肥料类型与核心特性,从土壤物理、化学、生物肥力三方面剖析其对土壤肥力的调控机制。探讨了有机肥料通过直接养分供应、根系与微生物互作等途径促进作物生长的机制。还分析有机-无机肥料配施增效机制、环境因素调控作用及应用限制与改进方向,为合理施用有机肥料、实现农业可持续发展提供理论依据。

关键词: 有机肥料; 土壤肥力; 微生物群落; 作物生长

引言: 在农业可持续发展需求下,土壤肥力与作物生长备受关注。化学肥料虽能快速提供养分,但长期使用带来诸多问题。有机肥料作为绿色环保的肥料,具有养分全面、改良土壤等优势。其来源广泛,类型多样,不同类型在养分组成等方面存在差异。深入探究有机肥料对土壤肥力提升及作物生长的影响机制,有助于充分发挥其优势,优化施肥策略,对保障农产品质量安全、推动农业绿色发展意义重大。

1 有机肥料的类型与核心特性

1.1 常见有机肥料类型

常见有机肥料依据来源与加工方式可分为四大类:一是粪尿类有机肥,包括猪粪、牛粪、鸡粪等畜禽粪便及人粪尿,经腐熟处理后养分丰富,是农业生产中应用最广泛的类型,需注意腐熟彻底以杀灭病原菌和虫卵;二是秸秆类有机肥,由玉米秸秆、小麦秸秆、水稻秸秆等农作物残余物粉碎腐熟而成,富含纤维素和木质素,能有效补充土壤有机质;三是饼肥类有机肥,如豆饼、棉籽饼、菜籽饼等,是油料作物加工后的副产物,氮磷钾含量较高,养分释放速度适中;四是堆沤肥与腐殖质类有机肥,堆沤肥由秸秆、杂草、生活垃圾等混合堆制腐熟而成,腐殖质类则包括泥炭、腐叶土等,具有良好的改良土壤结构效果^[1]。不同类型有机肥在养分组成、释放速率和适用作物上存在差异,需根据种植需求合理选择。

1.2 有机肥料的核心组分与特性

有机肥料的核心组分包括有机质、养分元素、腐殖质及生物活性物质。有机质是其核心成分,主要由纤维素、半纤维素、木质素、蛋白质等组成,含量通常在20%以上,是提升土壤肥力的基础;养分元素涵盖氮、磷、钾大量元素及钙、镁、铁、锌等中微量元素,虽含量低于化学肥料,但呈有机态存在,释放缓慢且持久;腐殖

质是有机质腐熟后的核心产物,包括胡敏酸、富里酸等,具有良好的胶体特性;此外还含有酶、维生素、氨基酸等生物活性物质。其核心特性表现为养分全面性,能兼顾作物多种营养需求;缓释性,可避免养分快速流失,提高利用率;改良土壤性,通过有机质积累改善土壤结构;环境友好性,能实现农业废弃物资源化利用,减少面源污染;生物活性,可促进土壤微生物活动,增强土壤生态功能。

2 有机肥料对土壤肥力提升的影响机制

2.1 对土壤物理肥力的调控机制

有机肥料通过有机质的积累与转化,对土壤物理肥力实现多维度调控。一方面,有机肥中的腐殖质作为胶体物质,能与土壤颗粒结合形成水稳性团聚体,显著改善土壤结构,降低黏重土壤的容重,提高砂质土壤的保肥保水能力,一般可使土壤容重降低5%-15%,团聚体含量提升10%-20%。另一方面,有机质能增加土壤孔隙度,优化孔隙结构,提高通气孔隙和毛管孔隙的比例,促进土壤气体交换和水分渗透,减少地表径流和水土流失^[2]。同时,有机肥还能调节土壤温度,有机质颜色较深,可增强土壤吸热能力,缓解低温对作物根系的影响,在高温季节又能通过隔热作用降低土壤温度波动。另外,长期施用有机肥可提高土壤的抗旱性和抗侵蚀能力,为作物生长创造稳定的土壤物理环境,为后续肥力提升奠定物理基础。

2.2 对土壤化学肥力的调控机制

有机肥料通过养分补充与化学作用调控土壤化学肥力。其一,有机肥分解过程中释放的有机态氮、磷、钾等养分,可逐步转化为速效态养分被作物吸收,同时补充土壤中匮乏的中微量元素,平衡土壤养分组成,避免化学肥料单施导致的养分失衡。其二,腐殖质中的羧基、羟基等官能团能调节土壤酸碱度,对酸性土壤可通

过阳离子交换作用中和氢离子,提高pH值;对碱性土壤可释放有机酸降低pH值,使土壤酸碱度趋于适宜作物生长的范围(pH6.0-7.5)。其三,有机肥能增强土壤阳离子交换量(CEC),提升土壤保肥能力,减少养分淋溶损失,一般可使土壤CEC提高15%-30%。有机质还能与土壤中的重金属离子结合形成络合物或螯合物,降低重金属生物有效性,减轻其对作物和环境的危害,优化土壤化学环境。

2.3 对土壤生物肥力的调控机制

有机肥料为土壤微生物提供充足碳源和氮源,是调控土壤生物肥力的关键载体。有机肥中的有机质分解产生的糖类、氨基酸等物质,能显著促进土壤微生物(细菌、真菌、放线菌等)的生长繁殖,提高微生物数量和活性,一般可使土壤微生物总量增加50%-200%。不同类型有机肥对微生物群落结构具有调控作用,如粪尿类有机肥能促进固氮菌、磷解菌等功能微生物增殖,秸秆类有机肥则有利于纤维素分解菌生长。这些功能微生物可参与土壤养分循环,如固氮菌将空气中的氮气转化为氨态氮,磷解菌和钾解菌将土壤中难溶性磷、钾转化为速效态;同时微生物代谢产生的有机酸、酶等物质,能进一步促进土壤养分转化和有机质分解。有机肥还能调节土壤微生物多样性,增强土壤微生物群落的稳定性和抗干扰能力,构建健康的土壤微生态系统,提升土壤生物肥力。

3 有机肥料对作物生长的影响机制

3.1 直接养分供应

有机肥料通过逐步分解释放养分,为作物生长提供持续稳定的直接营养供应。与化学肥料速效养分释放集中不同,有机肥中的养分以有机态形式存在,在土壤微生物的分解作用下,逐步转化为铵态氮、硝态氮、水溶性磷、交换性钾等速效态养分,持续供应作物整个生育期的营养需求,避免前期养分过剩导致的徒长和后期养分匮乏导致的早衰。有机肥不仅能提供氮、磷、钾大量元素,还能补充钙、镁、硫、铁、锌、铜等中微量元素,这些微量元素参与作物叶绿素合成、酶活性调节等关键生理过程,有效缓解作物缺素症状,如缺铁导致的黄化病、缺锌导致的小叶病等。有机肥分解产生的氨基酸、多肽等小分子有机养分,可被作物根系直接吸收利用,参与作物蛋白质合成和能量代谢,提升作物品质,如增加果实含糖量、改善蔬菜口感,同时提高养分利用效率,减少养分浪费。

3.2 根系与微生物互作

有机肥料通过调控根系与微生物的互作关系,间接

促进作物生长。有机肥施用后,土壤微生物数量增加、活性增强,其中的有益微生物(如根瘤菌、丛枝菌根真菌、PGPR等)可与作物根系形成共生关系。丛枝菌根真菌能扩展根系吸收范围,增强作物对水分和磷、锌等养分的吸收能力;根瘤菌可与豆科作物根系共生固氮,为作物提供氮素营养^[3]。同时,作物根系分泌的根际分泌物(糖类、氨基酸、有机酸等)能吸引有益微生物向根际聚集,而微生物代谢产生的生长素、细胞分裂素等物质可促进根系生长,增加根系表面积和根毛数量,提升根系吸收功能。这种互作关系还能抑制根际有害微生物的生长繁殖,减少土传病害发生,如抑制枯萎病病原菌、根结线虫等,构建健康的根际微环境,为作物生长提供良好的基础条件,促进作物地上部生长和产量提升。

3.3 激素与信号物质调控

有机肥料在分解过程中会产生多种激素和信号物质,通过调控作物生理过程影响生长发育。这些物质包括生长素、赤霉素、细胞分裂素、脱落酸等植物激素,以及水杨酸、茉莉酸等信号分子。生长素和赤霉素能促进作物细胞伸长和分裂,加快茎秆生长和花芽分化,提高作物生长速率;细胞分裂素可延缓叶片衰老,增加光合面积,提升光合效率;脱落酸则能在逆境条件下调节作物水分平衡,增强抗逆性。信号物质如水杨酸能激活作物自身防御系统,提高对病虫害的抗性;茉莉酸可调控作物次生代谢产物合成,提升作物品质。此外,有机肥中的腐殖质也能作为信号物质,调控作物基因表达,影响养分吸收、光合作用等关键生理过程,协调作物营养生长与生殖生长,提高作物产量和品质。

3.4 抗逆性提升

有机肥料通过多种途径提升作物抗逆性,增强作物抵御不良环境的能力。在抗旱性提升方面,有机肥改善土壤结构,增加土壤保水能力,同时促进作物根系生长,增强根系吸水能力,减少干旱条件下作物水分胁迫;在抗寒性提升方面,有机肥分解释放的热量可提高土壤温度,同时促进作物积累可溶性糖、脯氨酸等抗寒物质,降低低温对细胞的损伤。在抗病性提升方面,有机肥调控土壤微生物群落结构,增加有益微生物数量,抑制病原菌繁殖,同时激活作物防御系统,提高作物自身抗病能力,减少土传病害和叶部病害发生。在抗盐碱方面,有机肥中的腐殖质可吸附土壤中的盐分离子,降低土壤盐分浓度,缓解盐胁迫对作物的伤害;同时调节土壤酸碱度,改善盐碱地土壤环境。有机肥还能提升作物抗重金属胁迫能力,通过降低重金属生物有效性,减少作物对重金属的吸收积累。

4 有机肥料施用的协同效应与挑战

4.1 有机-无机肥料配施的增效机制

有机-无机肥料配施通过优势互补实现增效，是提升施肥效果的重要模式。一方面，无机肥料能快速提供速效养分，满足作物生长关键期的养分需求，解决有机肥养分释放缓慢、前期养分不足的问题；有机肥则能持续释放养分，弥补无机肥料养分释放快、后期易脱肥的缺陷，实现养分供需精准匹配。另一方面，有机肥中的有机质能吸附无机肥料中的养分，减少氮素淋溶、磷素固定和钾素流失，提高无机肥料利用率，一般可使化肥利用率提升10%-25%。同时，有机肥能改善土壤结构，为无机肥料养分转化提供良好环境，促进作物对无机养分的吸收。另外，配施还能调控土壤微生物群落结构，增强微生物对养分的转化能力，协调土壤物理、化学和生物肥力，实现“1+1>2”的增效效果，既提高作物产量和品质，又减少化肥施用带来的环境风险，实现农业可持续发展。

4.2 环境因素调控

环境因素对有机肥料施用效果具有显著调控作用，主要包括土壤条件、气候因素和耕作方式。土壤条件方面，土壤质地、酸碱度、含水量等影响有机肥分解速率和养分释放，砂质土壤有机肥分解快，需增加施用频率；黏质土壤分解慢，可适当减少施用次数；酸性或碱性土壤需配合调理剂施用，提升有机肥效果。气候因素中，温度影响微生物活性，进而影响有机肥分解，高温季节有机肥分解快，养分释放大，低温季节则相反；降水过多易导致有机肥养分淋溶，降水不足则抑制微生物活动，降低分解效率，需根据气候调整施用时间和用量。耕作方式方面，深耕可将有机肥与土壤充分混合，促进有机质分解和养分均匀分布；免耕或浅耕则有利于保持土壤有机质，减少养分流失。合理调控这些环境因素，能最大化发挥有机肥施用效果，避免环境条件不适导致的肥效降低。

4.3 应用限制与改进方向

有机肥料应用存在诸多限制：养分含量低、释放速

率不稳定，难以满足作物高密度种植的养分需求，且不同批次有机肥养分差异大，施用剂量难以精准把控；体积大、运输成本高，尤其是远距离运输导致施用成本增加，限制其在规模化农业中的应用；部分有机肥存在病原菌、虫卵、重金属等污染物超标风险，未腐熟有机肥还会导致土壤缺氧、烧苗等问题；施用技术复杂，需结合作物类型、土壤条件等调整，农户认知不足导致施用不当^[4]。改进方向主要包括：一是推进有机肥标准化生产，通过配方优化、腐熟工艺升级，提高养分含量稳定性和安全性；二是研发有机肥增效剂，加快养分释放速率，提升肥效；三是发展有机肥区域性加工配送体系，降低运输成本；四是加强技术推广，普及科学施用方法，结合测土配方施肥实现精准施用；五是推动有机-无机复混肥研发，兼顾速效性和长效性，简化施用流程。

结束语

有机肥料在提升土壤肥力、促进作物生长方面作用显著，通过多维度调控土壤物理、化学和生物肥力，为作物提供良好生长环境与稳定养分供应。有机-无机肥料配施可实现优势互补增效。然而，其应用受养分释放不稳定、运输成本高等限制。未来需加强标准化生产、研发增效剂、完善配送体系、推广科学施用技术，充分发挥有机肥料潜力，推动农业向绿色、高效、可持续方向迈进。

参考文献

- [1]余顺平,熊于斌,廖涛,等.连续化肥减量配施有机肥提升植烟土壤肥力质量的综合评价[J].中国土壤与肥料, 2024(1):70-78.
- [2]路文娜.有机肥料在提高土壤肥力中的应用效果[J].农家致富顾问, 2024(3): 65-66.
- [3]杨招弟,王斌.有机肥料对土壤质量及作物产量和品质的影响[J].种子科技, 2025,43(10):210-212.
- [4]陈晓东,赵立涛.生物有机肥料施用对土壤物理性质及微生物群落结构的影响[J].土壤与环境, 2021,30(2):26-32.