

的水稳定性。

温度升高会造成植物早衰，叶片光合能力受限。高温使植物叶绿素失去活性，降低光合作用速率。白天高温会抑制植物自身的光合作用，减少植物的糖分的合成累积；夜晚高温会加速植物呼吸作用，消耗植物更多的营养物质，降低作物的产量品质。温度升高影响植物的光合作用酶的活性，加速植物叶片的气孔关闭，减少植物的二氧化碳的吸入量，降低叶片的光合能力。由于叶片光合能力受限，植物光合碳向根的分配比例降低。温度升高显著抑制了植物参与光合作用和碳水化合物合成代谢通路的基因表达，导致光合碳在植物根系中的分配比例显著下降。虽然温度升高降低光合碳向根的分配，但对根系碳净增加量未产生影响。由于温度升高时促进植物的根系生长和土壤微生物的活性，维持根系碳净增加量的稳定，如表 3 所示。

表 3 不同 CO₂ 浓度和温度水平下土壤碳含量、微生物生物量、土壤呼吸速率等指标的变化

CO ₂ 浓度水平	温度水平	土壤碳含量 (g/kg)	微生物生物量 (g/kg)	土壤呼吸速率 (μg CO ₂ -C/g soil/h)
对照 (400ppm)	对照 (20℃)	20	1.2	1.5
中等升高 (550ppm)	中等升高 (25℃)	22	1.5	2.0
高升高 (700ppm)	高升高 (30℃)	18	1.8	2.5

5 微生物在农田土壤碳库中的作用机制

微生物在农田土壤碳库中展开生物化学过程调控着土壤碳循环，微生物参与土壤有机碳的分解转化。土壤中的微生物，如细菌、真菌和放线菌等能够分泌胞外酶，催化分解土壤中的有机底物，将其转化为无机物，释放出 CO₂。该过程是土壤碳库输出的重要途径，对土壤碳平衡有直接影响。

土壤中微生物来源的酶对土壤有机底物催化分解产生的 CO₂ 可高达土壤呼吸的 1/2，充分说明微生物在土壤碳循环中的重要性^[4]。微生物通过自身的生长繁殖，将土壤中的有机碳转化为自身的生物量，形成稳定有机碳库。微生物与土壤中的黏土矿物和金属氧化物发生物理化学吸附作用，形成有机矿物复合物，保护土壤有机碳不被分解。微生物参与土壤养分的转化循环，利用固氮、解磷、解钾等作用，将土壤中的无机养分转化为植物可吸收利用的形式，促进植物生长。长期大气 CO₂ 浓度和温度升高对微生物作用机制产生深远影响，大气 CO₂ 浓度升高增强植物的光合作用，促进光合碳向土壤中的输送^[5]。

6 结论

长期大气 CO₂ 浓度升高和温度升高对农田土壤碳库产生影响，微生物是土壤碳循环的关键驱动者，后续的研究需要进一步探讨 CO₂ 浓度升高和温度升高的交互作用，分析二者是否对农田土壤碳库产生积极影响，表明微生物群落结构和功能变化对土壤碳库稳定性的影响。关注土壤碳库长期稳定性与全球碳循环的关联，为应对全球气候变化提供科学依据。

参考文献

[1] 吴群文,宋佩鸿,黄健华,等.基于麦-玉种植系统农田土壤碳库与作物产量的周年秸秆还田量评价[J].环境科学, 2024(5).

[2] 刘强,梁鑫,董佩丽,等.不同施肥措施对黄土丘陵区农田土壤有机碳组分和碳库管理指数的影响[J].土壤, 2023, 55(2):446-452.

[3] 吴超玉,王洋,牛晓倩,等.关中平原地区果园和农田土壤有机碳组分及碳库特征[J].中国土壤与肥料, 2023(5):158-163.

[4] 杭胜,侯瑞星,李泽红,等.基于土壤碳平衡的黑土区县域种养规模优化[J].农业工程学报, 2023, 39(6):204-213.

[5] 候婷婷,于德水,何鑫,等.从微生物角度揭示气候变暖对土壤有机碳转化的影响[J].土壤科学, 2025, 13(1):9.

Innovation and application of soil improvement technology for greening projects

Yi Tong

Yangtze River Three Gorges Ecological Garden Co., Ltd., Liangshan, Sichuan, 615000, China

Abstract

Under the background of rapid urbanization in China, urban greening has become an important measure to improve the quality of urban ecological environment. Soil is the material basis for the survival of garden plants, but at present, many urban green spaces have problems such as insufficient fertility, poor structure and environmental pollution, which affect the normal growth of green space vegetation. In view of the existing problems in the construction of urban green space in China, a new soil improvement measure is proposed, that is, the use of biotechnology to improve soil fertility, improve soil structure, and develop environmentally friendly new materials. Through case analysis, the effect of this technology on improving plant survival rate, promoting plant growth and improving soil ecological function is illustrated. It is hoped that it will provide more scientific and effective soil improvement methods for the construction of urban green space in China in the future, and promote the sustainable development of urban ecological environment.

Keywords

greening engineering; Soil improvement; technological innovation; Application Cases; Ecological environment

绿化工程土壤改良技术的创新与应用

佟毅

长江三峡生态园林有限公司, 中国 · 四川 凉山 615000

摘 要

在我国城市化快速发展的背景下, 城市绿化已成为提高城市生态环境质量的重要措施。土壤是园林植物赖以生存的物质基础, 然而目前很多城市绿地存在肥力不足、结构不良、环境污染等问题, 影响了绿地植被的正常生长。针对目前我国城市绿地建设中存在的问题, 提出了一种新的土壤改良措施, 即利用生物技术提高土壤肥力, 改善土壤结构, 开发环境友好的新材料。通过实例分析, 说明了该技术对提高植物成活率、促进植物生长及提高土壤生态功能的作用。希望为我国今后的城市绿地建设提供更加科学有效的土壤改良方法, 促进城市生态环境的可持续发展。

关键词

绿化工程; 土壤改良; 技术创新; 应用案例; 生态环境

1 引言

城市绿化对于改善我国的生态环境具有重要的作用, 然而目前我国不少城市绿地存在着土壤肥力不足、结构不佳、污染严重等问题, 从而制约了绿地植物的生长与绿化。面对日益复杂的土质问题以及大规模的绿化要求, 传统的土培技术已日益显现其局限性。近年来, 随着生物技术和材料科学等学科的不断进步, 土壤改良技术不断革新, 如通过微生物技术改良土壤肥力, 改善土壤结构, 开发环境友好的土壤改良材料等。本文为了提高土壤改良效率, 降低其对环境的不利影响, 促进我国园林绿化的可持续发展, 为改善城市生态环境提供重要支撑。

【作者简介】佟毅 (1976–), 男, 中国湖北宜昌人, 本科, 工程师, 从事园林工程及园艺技术研究。

2 绿化工程土壤改良技术存在的问题

2.1 土壤改良技术适应性问题

不同绿化地区土壤状况有明显的差别, 如土壤质地、pH 值、肥力等级和污染类型等。但目前已有的改良方法普遍存在适应性差、无法根据具体地区的具体情况精准高效的改良。在实践中, 有些措施在部分区域取得了较好的成效, 而在另一些区域则达不到预期的效果。比如, 通过投加石灰调控土壤 pH 值, 在一定程度上可以提高土壤 pH 值, 但对某些具有特殊抗酸功能的植物或具有一定碱性的土壤, 会引起土壤结构的破坏、营养失衡和阻碍植物生长。

2.2 技术实施成本与效益平衡问题

很多先进的改良方法都需要采用新的改良材料、先进的机械和复杂的生化工艺, 造成了工程造价高。比如, 某些新的改性材料如微生物菌剂、生物炭等, 其成本偏高, 需要

考虑运输、贮存和施用设备等附加费用。另外,一些物理措施,如深耕,排水系统的优化,都要耗费大量的人力、物力和财力。但是,目前我国城市公共绿地、生态修复等环境工程建设中,由于缺乏必要的资金投入,很难实现对其长期运营及效果评价的有效保障,制约了该技术的可持续发展。

2.3 土壤改良技术的协同性问题

为了实现土壤理化及生物性质的提高,必须采用多种技术手段进行土壤改良。然而,在实践中,不同改良措施间的协同效应却很难得到充分发挥。比如,生物改良和化学改良两种技术在施用过程中,会发生交互作用,使微生物的生长、代谢活性被抑制或增强,同时,这些物质的残留又会对土壤造成长期的影响。此外,若二者施入次序与用量不能合理匹配,则会造成土壤结构失稳或养分失衡。缺乏协同效应的土壤改良技术,既不能充分发挥其优势,又会造成资源浪费、环境污染等问题。

2.4 技术专业性和操作难度问题

目前,我国已有多项土壤改良措施,但仍存在着许多问题,如土壤学、生态学、化学、生物学等,对作业人员有很高的要求。但在实践中,由于施工人员的素质参差不齐,使得对复杂的施工工艺很难把握和执行。比如,利用微生物菌剂改良土壤,就必须掌握微生物的生长条件、适宜的施用时机、方式、与其它改良措施的协同作用,以免造成处置不合理,导致菌剂失效而达不到预期的改良效果。此外,一些新型土壤改良设备的操作和维护也较为复杂,需要经过专业培训的人员才能熟练使用,这在一定程度上限制了这些技术的广泛应用和推广。

2.5 土壤改良技术的长期效果评估与可持续性问题

目前,我国已有多项研究提出了一种基于多学科交叉的综合评价方法,但其作用机理尚不明确。很多绿化项目实施后,往往只是短期效应的观测,不能精确评价其长期效应和可持续性。另外,部分改良措施虽能在短时间内收到良好成效,但若长期不采取相应的养护与管理措施,又有可能导致新一轮土壤退化。此外,一些改良措施也会对土壤环境造成较大的负面效应,例如,一些化学物质在土壤中的累积,会造成土壤污染、生态毒性及生物富集,进而影响土壤生态系统的可持续发展。

2.6 监测与管理不足

目前,我国土地整治项目的监控和管理还存在明显不足。一方面,由于监测方法的局限性,缺少对土壤多项指标进行实时、精确的监测。目前,利用该技术对土壤微生物群落进行监测,不仅操作繁琐,而且成本较高,很难推广到实际工程中,而且由于受时间、资金和人力等因素的制约,难以对其进行长时间连续监测,难以对其进行综合评价。另外,由于城市绿化项目的管理体制不健全,各个部门之间的责任分工不清,容易造成管理上的空白和重叠;同时,由于缺少有效的监管机制,建设单位在进行改建工程时,往往会违反

规范,偷工减料,这就导致了土质改良的质量得不到保障,从而影响到整个绿化工程的质量与效益^[1]。

3 绿化工程土壤改良技术的创新方法

3.1 生物改良技术

生物改良是指通过有机体或其代谢物对土壤进行改良。在园林绿化中应用微生物制剂日益引起人们的重视。其中,包括固氮菌、磷细菌和钾菌等一系列的有益菌,可在土壤中大量增殖。固氮细菌能将大气中的氮固定,并将其转换成可被植物利用的氮元素;磷菌、钾菌能降解难溶的磷、钾等矿物,增加土壤中的速效磷、钾。将这种微生物制剂加入到土壤中,可以有效地提高土壤的肥力。在生物改善的过程中,还应增加绿肥的种植。苜蓿等绿肥类植物具有发达的根系,可以渗透到紧固土中,提高土质结构。在绿肥种植达到一定时期后,利用秸秆还田,提高土壤有机质,为土壤微生物提供营养物质,从而形成一个良好的生态循环。

3.2 有机物料改良法

有机物料是改善土壤肥力的一种有效手段。堆肥是以枯枝落叶、畜禽粪便、农作物秸秆等为原料,经堆肥发酵而成的一种常用的有机材料。堆肥中含有丰富的有机质、腐殖酸和多种养分。在施用有机肥后,有机物料能有效地改善土壤的物理特性,促进土粒的团聚,从而提高了土壤的透气持水能力。腐殖酸具有调控土壤 pH 值、螯合重金属离子等作用,从而减少对植物的伤害。泥炭土也是一种常见的有机物。草炭吸附能力强,保水能力强,能提高土壤孔隙结构,有利于植物根系的生长。同时,泥炭腐熟后还能缓慢地释放营养物质,使其在很长一段时间内保持肥沃^[2]。

3.3 新型土壤改良材料的应用

近几年,随着材料科学的进步,出现了一系列新的土质改良材料。生物炭就是其中的一类。生物炭是生物质在缺氧条件下经热裂解生成的一种富碳多孔材料。该材料的结构稳定,比表面大,能有效地吸附土壤中的水分、营养物质和污染物。生物质炭具有丰富的孔隙空间,为微生物的生长与代谢提供了有利条件。同时,生物质炭还能调控土壤 pH 值,增加阳离子交换率,增加土壤保肥能力。此外,目前也有大量的聚合物改性材料,例如保水剂等。保水剂具有较强的吸蓄功能,在干旱区或持水性较差的地区,可有效降低土壤蒸发,增强其抗旱性,为作物的生长提供较为稳定的水分环境。

3.4 物理改良技术创新

物理改良技术创新主要包括土壤疏松和排水系统的优化。传统的土壤翻耕虽然可以疏松土壤,但在一些特殊情况下,如坡地或土壤易板结区域,可能会引起水土流失等问题。现在采用的免耕结合局部破垄技术是一种创新方法。免耕可以减少土壤扰动,保持土壤结构和水分,而局部破垄是在特定位置打破土壤硬壳,为植物根系提供生长通道,同时又避免了大面积翻耕带来的问题。在排水系统优化方面,以往的