

# 钢渣用于改良土壤的多维效应与作用机理

冀晓峰

包钢集团冶金渣综合利用开发有限责任公司 内蒙古 包头 昆都仑区 014010

**【摘要】**：钢渣在土壤改良领域的应用正日益受到广泛关注，尤其在多维度优化土壤特性方面展现出显著潜力。其通过调节土壤酸碱度、补充多种矿物质、改良土壤结构及促进植物生长等关键途径，已成为农业生产中极具应用价值的土壤改良剂。与此同时，钢渣的环保价值亦备受瞩目——作为工业副产物，其合理资源化利用不仅能有效减少资源浪费、降低固废处置压力，更能为可持续农业发展提供有力支撑。研究表明，钢渣对土壤性质的调控效果，与钢渣自身成分、施用量及目标土壤类型等多种因素密切相关。因此，深入探究钢渣改良土壤的内在作用机理，不仅可为农业土壤精准管理提供全新思路，更能加速推动钢渣在农业领域的规范化、规模化应用进程。

**【关键词】**：钢渣；土壤改良；矿物质；土壤酸碱度；环保价值

DOI:10.12417/2811-0722.26.02.001

## 引言

在现代农业生产中，土壤健康已成为制约农业可持续发展的关键因素之一。全球农业生产面临着土壤退化、资源匮乏等严峻挑战，如何有效改良土壤质量成为研究的重点。近年来，钢渣作为一种富含多种矿物质的工业副产物，逐渐进入了土壤改良领域。其不仅能有效提高土壤的养分供应，改善土壤的物理性质，还能通过调节土壤酸碱度和增强土壤微生物活性，为植物提供一个更为适宜的生长环境。探索钢渣在土壤改良中的多维效应及其作用机理，不仅有助于提升土壤健康水平，推动农业生产提质增效，也为钢渣的循环利用开辟了全新路径。

## 1 钢渣的物理化学性质及其土壤改良潜力

钢渣作为一种工业副产物，其在土壤改良中的应用逐渐得到重视。钢渣的主要成分包括氧化钙、氧化硅、氧化铁等，这些化学成分赋予钢渣独特的物理化学性质，使其在土壤改良方面表现出显著潜力。钢渣含有较高的钙元素，能够有效地调节土壤酸碱度，提升土壤的pH值，尤其在酸性土壤中效果尤为明显。钙元素的释放促进了土壤中微量元素的平衡，有助于改善土壤的矿物质结构，尤其是镁、铁、锰等元素的供应，满足作物生长的需求。

钢渣在土壤改良中还有助于改善土壤的物理性质。其颗粒具备良好的疏松性，可以增强土壤的透气性和排水性，进而优化土壤保水性能，促进植物根系的生长<sup>[1]</sup>。添加钢渣可改良土壤结构，减轻土壤板结，提升土壤耕作性。土壤的结构得到改善后，使植物根系能够在土壤中更广泛地伸展和分布，同时也提升了土壤容纳更多水分和养分的能力，进而帮助作物更加高效地吸收水分和养分。

钢渣的矿物质组成对土壤有着积极的作用。在施加钢渣后，土壤中有机质含量往往得到提高，尤其是与土壤中微生物的相互作用，有助于有机质的分解与转化。这些矿物质的释放不仅提高了土壤的肥力，还能够减少土壤中某些有害成分的积

累，从而改善土壤的健康状况。钢渣的矿物质成分与土壤的化学成分之间相互作用，形成一个稳定的生态环境，为植物的健康生长提供了有力的支持。钢渣的物理化学性质赋予了其在土壤改良中的广泛应用前景。通过调节土壤酸碱度、优化土壤矿物质组成、改善土壤物理性状，钢渣可有效提升土壤综合肥力，为农业生产的可持续发展提供坚实支撑。

## 2 钢渣对土壤酸碱度及矿物质供应的调节作用

钢渣在土壤改良过程中对土壤酸碱度的调节作用尤为显著。其主要成分中的氧化钙（CaO）含量较高，能够有效中和土壤中的酸性物质，提高土壤pH值，缓解酸性土壤的酸化问题。酸性土壤中常常缺乏某些重要的植物营养元素，如钙、镁等，而钢渣的使用可以补充这些矿物质元素，改善土壤的矿物质平衡。随着钢渣的施入，土壤中钙离子的浓度显著提高，不仅调节了土壤的酸碱度，还促进了其他矿物质元素的可交换性和可用性。

在土壤酸碱度的调节作用下，钢渣还能够改善土壤的矿物质供应状况。钢渣中富含的矿物质元素，尤其是钙、镁、硅、铝等，对土壤中的植物养分构成和微量元素的释放具有积极的促进作用<sup>[2]</sup>。土壤中的可交换钙离子增加，不仅能够为植物提供更为丰富的营养，还能改善土壤的结构，减少有害金属离子的迁移。尤其在酸性土壤中，某些微量元素的溶解度过高，可能对植物造成毒害，钢渣的施入能够降低这些元素的有效性，避免植物的生长受损。

钢渣对土壤中矿物质的长效供应作用不容忽视。其矿物质成分经过土壤中的微生物作用，能够持续释放有益养分，尤其是促进土壤中铁、锰等元素的有效供应。这些矿物质在土壤中的释放，不仅有利于提高作物的营养吸收效率，还能调节土壤中的氮、磷、钾等主要养分的比例，保持土壤养分的平衡，进一步提高土壤的肥力和植物的生长潜力。通过对土壤酸碱度的有效调节及矿物质元素的补充，钢渣能够显著改善土壤的化学

性质,提升土壤的肥力和植物的营养吸收能力,为作物提供一个更适宜的生长环境。此作用不仅在改善土壤酸化和矿物质短缺的区域表现突出,对于其他土壤类型的改良也具有广泛的应用前景。

### 3 钢渣改善土壤结构与促进植物根系生长的机制

钢渣在改良土壤结构方面彰显出显著潜力,其颗粒粒径适宜且活性较高,能够有效改善土壤的物理性状。施用钢渣后,土壤颗粒结构得以良性重塑,颗粒间孔隙增大,土壤孔隙度明显提高。这直接推动了土壤透水性和透气性的提升。尤其是在黏性较大或结构紧实的土壤中,添加钢渣可有效减轻土壤板结状况,增强土壤的疏松程度,使土壤具备更优的水分渗透和空气交换能力。这种物理结构的改善,为植物根系营造了更为宽松的生长环境,根系能够更轻松地穿透土壤,拓展生长范围,进而增强植物根系的吸水和吸养能力。

钢渣的添加不仅改善了土壤的结构,还为植物根系的健康生长创造了有利条件。土壤的保水性能和氧气供应能力得到了提高,使得根系在生长过程中能够更好地获取水分和养分。土壤通透性的提高使得水分不会在土壤表层滞留,而是能够渗入土壤,满足植物根系对水分的需求。与此同时,钢渣改善了土壤中空气的流通性,根系能够从土壤中获得充足的氧气,避免了由于缺氧而导致的根系腐烂等问题。

钢渣对植物根系生长的促进作用与其化学成分紧密相关。钢渣中所含的钙、镁等矿物质元素在土壤中释放后,能够改善土壤的养分结构。特别是在钙离子浓度较低的土壤里,钢渣的钙含量可弥补这一缺陷。钙离子对植物根系的生长起着至关重要的作用,它能够增强根系细胞壁的稳定性,促进根系的分化和延伸。此外,钙还能激活植物体内某些酶的活性,增强植物对外界环境变化的适应能力。通过为根系提供充足的养分,钢渣能够有效促进根系生长,进而提升植物的生长速度和生物量。钢渣的施用不仅可以改善土壤结构,还能通过调节土壤环境,优化植物根系的生长条件。它能够提高土壤的透气性和保水性,改善土壤中的微生物生态,并提供矿物质养分,从而全面促进植物根系的生长。

上述这些作用共同推动了植物的健康生长,为农业生产的可持续发展奠定了基础。

### 4 钢渣对土壤微生物群落的影响及生态效应

钢渣在改善土壤微生物群落方面成效显著,土壤结构得以优化,为土壤微生物群落的健康发展创造了有利条件<sup>[3]</sup>。土壤中微生物的多样性和活性往往与土壤结构密切相关,优良的土壤结构能为微生物提供更丰富的生存空间和养分来源。钢渣不仅能够通过调节土壤酸碱度来促进有益微生物的繁殖,还可以通过改善土壤的通气性和保水性能,使微生物在养分循环中发挥更充分的作用,从而进一步推动植物根系对养分的吸收。

施用钢渣后,土壤中的微生物种群结构和活性会出现显著改变。钢渣作为一种富含矿物质的物质,其施用能有效改善土壤的物理化学性质,进而影响土壤中微生物的生长环境。钢渣的添加为土壤提供了丰富的矿物质养分,特别是钙、镁等元素,促进了有益微生物的生长与繁殖。在土壤酸碱度较低的环境里,钢渣能够中和土壤中的酸性物质,提高pH值,从而改善微生物的生存状况。许多微生物对土壤酸碱度较为敏感,适宜的pH值能够增强微生物的活性,有助于维持微生物群落的多样性和稳定性。

钢渣施用后,土壤中有机质的含量往往也会有所提升,这为微生物提供了更多的有机碳源。微生物在土壤中的主要功能是参与有机质的分解与转化,钢渣中的矿物质成分不仅为植物提供了养分,也为微生物提供了能量来源。这些矿物质和有机质的相互作用,使得土壤中的微生物群落得到了多样化的滋养,微生物的种类和数量明显增加<sup>[4]</sup>。钢渣能够促进土壤中某些特定微生物群体的增长,如固氮菌、解磷菌等,这些微生物能够提高土壤中养分的有效性,进而提升土壤的肥力。钢渣对土壤微生物群落的影响不仅体现在微生物种群数量的增加,还在于微生物活性和群落结构的改变。钢渣的施用能显著提高土壤中有益微生物的活性,包括细菌、真菌等重要微生物群体。其能够增强土壤中微生物的分解作用,促进有机质的转化及养分的释放。钢渣在土壤中的矿物成分,特别是钙和硅元素的释放,能够促进特定微生物对土壤中矿物质的溶解作用,进而提升土壤的可用养分,改善土壤肥力。

钢渣的过度使用或许会引发一定的生态效应。过量的钢渣可能致使土壤中矿物质失衡,造成某些有害金属元素堆积,这会对微生物群落的健康与稳定构成威胁。过高的钙浓度可能抑制某些微生物生长,影响微生物群落的多样性。倘若钢渣中的某些重金属成分未得到合理处置,可能会对土壤中的微生物群落产生毒害,致使土壤生态系统失衡。钢渣的施用量需依据土壤的具体状况和植物的需求进行调整,从而确保其对土壤微生物群落的积极影响能达到最大,而负面影响减至最小。钢渣通过改善土壤的矿物质含量、调节酸碱度以及提供丰富的有机物质,极大地影响了土壤微生物的种类和活性,推动了土壤生态系统的健康与可持续发展。合理的施用量和管理对于规避潜在的生态风险至关重要。

### 5 钢渣在土壤改良中的应用实践与展望

钢渣在土壤改良中的应用实践已逐渐得到广泛关注,尤其是在一些酸性土壤、贫瘠土壤及受污染土壤的修复过程中,钢渣的作用显得尤为突出。在具体的应用实践中,钢渣被广泛应用于农业土地的改良。对于酸性土壤,钢渣通过中和土壤酸性、提升pH值,改善土壤营养供应能力与结构稳定性;特别是在柑橘、茶叶等对土壤pH要求较高的作物种植中,钢渣的施用能够显著提升作物产量与品质。钢渣作为土壤改良剂,可增强

土壤结构稳定性、提升土壤透气性与保水性能,进而改善土壤耕作性,优化植物根系生长环境。经钢渣处理后的土壤,能有效缓解板结与盐碱化问题,提升土壤理化性状,为植物根系生长提供更适宜的条件。

在盐碱地改良领域,钢渣衍生产品的应用已形成成熟实践案例。例如,包钢冶金渣公司曾利用钢渣脱硫副产物,在内蒙古土右旗、九原区、杭锦后旗等地开展盐碱地改良试验,种植玉米和葵花,试验田由包头市农业推广中心及内蒙古自治区农牧厅等机构合作管理。结果显示,施用该脱硫副产物的试验田作物出苗率高、长势健壮,产量显著高于对比田,验证了其改良盐碱地、提升农作物产量的显著效果。从作用机理来看,钢渣脱硫副产物是钢渣脱硫剂经烟气脱硫、脱水后形成的产物,其中  $\text{CaSO}_4$ 、 $\text{MgSO}_4$  含量较高,可有效置换土壤中的  $\text{Na}^+$ , 改善土壤理化性状并降低 pH 值;同时,其能缓慢、长效释放  $\text{Ca}^{2+}$ , 避免土壤中  $\text{Na}^+$  瞬间急剧增加,减轻洗盐压力。此外,该产物还可有效缓解土壤板结,提升土壤保水性与疏松性,且富含镁、铁、磷、钾等营养元素,各成分相互包裹,随硫酸钙的溶解逐步释放到土壤中,发挥缓释肥效,实现了钢渣资源的循环利用,具备良好的推广前景。

钢渣还在污染土壤的修复中展现了重要应用。许多受工业废弃物污染及重金属污染的土壤,通过钢渣的施用,可有效降低土壤中有害物质(尤其是重金属)的含量。钢渣中的钙、铁等元素能与土壤中的重金属离子发生结合反应,降低有害元素的溶解度与生物有效性,减轻其对作物的毒害作用。此外,钢

渣对有机污染物的降解也具有一定促进作用,为污染土壤修复提供了经济高效的解决方案<sup>[5]</sup>。尽管钢渣在土壤改良中有诸多优势,但过量使用可能带来潜在的生态风险。过多施用钢渣可能导致土壤中矿物质元素失衡,抑制部分植物生长,破坏土壤生态平衡。为此,钢渣的施用量需根据土壤性质、作物需求及具体环境条件精准调控,同时需严格监控钢渣的来源与成分,避免有害成分积累对生态系统产生不良影响。

未来,钢渣在土壤改良领域的应用前景十分广阔。随着研究的持续深入,钢渣的处理工艺将更为多元化,其利用价值也将得到更为全面地发掘。通过进一步优化钢渣的施用量和施用方式,既能推动农业的可持续发展,又能解决钢渣的环保处置难题。针对不同类型的土壤,结合当地生态环境的特点制定科学合理的施用策略,是实现钢渣资源化利用的关键所在。在政策扶持和技术进步的双重推动下,钢渣作为土壤改良剂的应用将逐渐走向成熟,为绿色农业的发展和生态环境保护作出重要贡献。

## 6 结语

钢渣作为一种工业副产物,具备显著的土壤改良功效。它能够调节土壤酸碱度、补充矿物质元素、改善土壤结构,进而有效提升土壤质量,促进植物的健康生长。随着研究的不断深入,钢渣在农业领域的应用将愈发广泛。不过,合理控制施用量以及优化施用方法,仍将是未来的研究重点。钢渣的资源化利用,不仅有助于解决土壤退化问题,还能推动农业的可持续发展。

## 参考文献:

- [1] 于佳宁,王乐,梁精龙.钢渣回收利用现状及其在农业土壤改良领域中的应用[J/OL].矿产综合利用,1-16[2026-01-10].
- [2] 马俊亮.钢渣的还原重构以及对污染土壤的改良效果研究[D].沈阳建筑大学,2024.
- [3] 庄剑恒,朴星君,王冠.我国钢渣特性与主要处理方法及资源化利用现状[J].冶金标准化与质量,2024,62(01):32-36.
- [4] 王安,吴美玲,李忠元,等.钢渣应用于土壤修复的研究进展[J].环境工程技术学报,2023,13(04):1535-1543.
- [5] 龙红明,武皓天,于先坤,等.钢渣用于土壤修复与改良的研究进展[J].中国冶金,2023,33(02):1-7.