

# 蚯蚓对不同地区农田土壤性质的影响研究

李容城, 胡龙炫, 王兴明

安徽理工大学, 安徽 淮南 232001

DOI: 10.61369/SSSD.2026080038

**摘 要 :** 本综述系统梳理了蚯蚓对不同地区农田土壤理化性质及重金属含量的影响。研究表明, 蚯蚓通过取食、掘穴和排泄活动, 可改善土壤结构, 降低容重, 增加孔隙度与含水量, 促进有机碳转化与团聚体形成; 同时通过蚯蚓粪和代谢作用调节土壤 pH, 提高有机质及氮磷钾等养分含量。在重金属污染土壤中, 蚯蚓具有富集与固定作用, 可降低 Cd、As、Cr 等元素的有效性。然而, 不同地区土壤类型、母质条件及管理方式差异显著, 导致蚯蚓作用效果存在差异。综述为农田土壤改良与生态修复提供了理论依据。

**关 键 词 :** 蚯蚓; 土壤; 重金属

## Study on the Effects of Earthworms on Soil Properties in Farmland Across Different Regions

Li Rongcheng, Hu Longxuan, Wang Xingming

Anhui University of Science and Technology, Huainan, Anhui 232001

**Abstract :** This review systematically examines the effects of earthworms on the physicochemical properties and heavy metal content of agricultural soils across different regions. Research indicates that through feeding, burrowing and excretion, earthworms improve soil structure by reducing bulk density, increasing porosity and water content, promoting organic carbon transformation and aggregate formation. Concurrently, earthworm faeces and metabolic activities regulate soil pH while enhancing organic matter and nutrient content, including nitrogen, phosphorus and potassium. In heavy metal-contaminated soils, earthworms exhibit enrichment and immobilisation effects, reducing the availability of elements such as cadmium (Cd), arsenic (As), and chromium (Cr). However, significant variations in soil types, parent material conditions, and management practices across different regions lead to differing outcomes of earthworm activity. This review provides a theoretical basis for farmland soil improvement and ecological remediation.

**Keywords :** earthworms; soil; heavy metals

土壤是不可替代的自然资源, 也是水体和大气之间物质转移、停留和积淀的重要场所, 是人类农业生产的基地和陆地生态系统的基础, 对维护生态平衡以及促进人类健康都至关重要<sup>[1]</sup>。土壤环境是生态系统构成的基础, 其中, 土壤中各类生物及其活动是影响土壤物理和化学性质的主要因素之一。作为土壤中的大型动物, 蚯蚓在促进有机质循环和调控土壤微生物群落方面发挥着不可替代的作用, 并且对土壤健康具有重要指示作用<sup>[2]</sup>。研究表明, 蚯蚓活动对土壤肥力具有改善作用, 可以改善土壤的物理结构、促进物质养分的循环、稳定土壤的 pH 值。蚯蚓在土壤空隙中穿梭时可以改变土壤的团聚体结构, 影响土壤的物理性质; 同时, 蚯蚓活动时分泌的粘液会进一步提高土壤中的微量元素的种类及数量<sup>[3]</sup>; 最后, 蚯蚓在肠道里进一步消化、分解和发酵的排泄物(蚯蚓粪)——现已作为重要有机肥料——其特点是通气性好且价格低廉, 含有多种微量元素和激素, 其中赤霉素和生长素等作为植物重要的调节激素可以提高土壤质量, 促进土壤中植物的成长<sup>[4]</sup>。但是由于形成土壤的母岩和土壤所在的地理条件不同, 不同地区的土壤性质也有所不同<sup>[5]</sup>。同时土壤受到土壤植被组成、管理措施和扰动强度的差异的影响<sup>[6]</sup>, 蚯蚓活动对不同类型土壤的作用效果差异显著。综述通过总结和对比对蚯蚓对不同地区农田的影响, 为土壤修复和土壤生态等方面的研究提供理论依据和新的思路。

### 项目信息:

2025年质量工程项目: 大中小课程思政一体化示范课程(生态学-小学科学课程);

2023年度省级新时代育人质量工程(研究生教育)(2023zyxwjk069);

安徽理工大学大学生创新创业训练计划项目资助(项目编号: 202410361022);

安徽理工大学大学生创新创业训练计划项目资助(项目编号: 202410361022)。

## 一、蚯蚓对不同地区农田土壤物理性质（孔隙度、密度、容重、含水量等）的影响研究

土壤的重要物理性质包括孔性、结构性和物理机械性，常因自然因素和人为因素的影响而改变<sup>[7]</sup>，是研究土壤肥力和培肥土壤时首先需要探索的土壤基本性质。蚯蚓在土壤中的活动主要有取食、挖洞、排泄等，其中挖洞和排粪会改变土壤中的凝聚团体，使土壤的土质更加疏松，增加了土壤的孔隙度<sup>[8]</sup>。土壤的孔隙度越大，代表土壤的通气性越好，土壤中的含氧量越高，有利于土壤中的微生物的繁衍。土壤容重作为判断土壤理性质的重要指标之一，其值可以反映土壤的有机碳含量，过高的土壤容重不利于土壤的通气性和土壤养分的循环。蚯蚓的活动可以影响土壤的孔性，进而影响土壤的有机碳含量；使土壤容重降低，有利于土壤中作物根系的发育。土壤孔隙会影响土壤对水分的吸收，同时影响水分在土壤的流速、流态和流量。蚯蚓活动所产生的粘液及粪便所含的微量元素会影响土壤的电荷，使土壤结构体的电荷发生改变，进而使土壤结构性发生改变，使土粒相互团聚成大小、形状和性质不同的团聚体<sup>[9]</sup>。

艾锋、李强和任浩东等<sup>[10]</sup>在“蚯蚓肥复配土壤调理剂对毛乌素沙地土壤性质及中科羊草生长的影响”的研究中针对毛乌素沙地土壤肥力低下、保水保肥能力差的问题，以中科羊草为指示作物，通过田间小区试验方法，施用蚯蚓肥复配土壤调理剂来探究蚯蚓对土壤物理和化学性质的影响。研究发现，施用蚯蚓肥复配土壤调理剂的组分相较于对照组的土壤含水率提高了29.62%；施用蚯蚓肥复配土壤调理剂的组分相较于对照组的土壤土壤容重降低了6.79%；施用蚯蚓肥复配土壤调理剂的组分相较于对照组的土壤孔隙度升高了9.93%。研究说明施用蚯蚓肥复配土壤调理剂可以改变土壤物理性质。

李丹丹、马莉和陈漾在“蚯蚓活动对宝鸡地区农田土壤水分入渗过程的影响”的研究中选取了关中平原壤土作为实验原料，采用土柱实验法，设置了3种土壤容重（ $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ,  $\rho_3$ 分别为1.28, 1.32和1.36 g/cm<sup>3</sup>）条件，研究蚯蚓活动下土壤水分入渗过程的变化规律。土壤中接入蚯蚓后其土壤入渗率随时间呈现“先降低—增加—降低”趋势，但是在每个阶段土壤水分较对照组均有所提升。蚯蚓活动通过改变土壤孔隙，可促进极端强降雨条件下的土壤水分入渗，减少土壤表面侵蚀，提高深层土壤含水量，进而对植被生长产生重要影响。

李超在“油—稻免耕系统蚯蚓种群数量特征及其对耕层结构和作物产量的影响”的研究中选取湖南某一村庄的泥土（其土壤类型主要为碱性紫潮泥，黏土）作为实验材料，采用试验田实验法，发现土壤容重与蚯蚓密度呈极显著的负相关关系，土壤硬度与蚯蚓密度呈显著负相关关系。研究说明蚯蚓粪可显著改变土壤的孔隙度，从而改变土壤的物理性质。

于建光在“蚯蚓活动对农田土壤有机碳转化的影响”的研究中选取江苏南通市的潮土和江西进贤的红壤作为实验土壤，通过筛湿法发现蚯蚓通过影响土壤结构、土壤通气保水性能等物理性质而影响土壤有机碳的呼吸与淋失等，通过改变土壤中养分的供

应状况及组成而影响土壤有机碳的含量与组成，通过改变土壤微生物的组成、结构、活性等而影响土壤有机碳的循环和转化。研究表明：蚯蚓活动可加快土壤有机碳的更新，显著影响土壤活性有机碳的含量，使土壤团聚作用增强。

熊莉军、马莉等在“免耕条件下蚯蚓对农田水分及土壤物理性质的影响”的研究中选取关中平原的黄土作为实验材料，设置四组数量不同的实验对照组，探究蚯蚓活动对土壤容重、土壤含水率的影响。结果显示，蚯蚓活动提高了0~100cm的土壤深度的土壤含水量，且土壤含水量与土壤容重呈显著负相关。

通过对比分析，虽然蚯蚓可以提升土壤的含水量，但是不同实验的提升效果存在显著的差异。李丹丹、马莉等在实验中通过研究分析土壤水的入渗率，设置不同容重的土壤作为实验组，研究结果表明土壤中接入蚯蚓后其土壤入渗率随时间呈现“先降低—增加—降低”趋势，但是在每个阶段土壤水分较对照组均有所提升。熊丽军在实验中采用露天土壤实验的方法，设置实验组的变量为蚯蚓数量，选取相同面积的实验土壤（土壤来自西北黄壤）进行实验。结果表明不同蚯蚓数量的实验组中土壤的含水量均得到提升，且土壤的含水率随着蚯蚓数量的增多而降低。造成这种差异的原因可能是前者所选用土壤入渗率作为衡量土壤含水能力的重要参数，并对每组土壤入渗率进行测定；而后者则比较注重土壤团聚体稳定性的测定，进而计算土壤容重及土壤含水率。于建光在蚯蚓活动对农田土壤有机碳转化的影响研究中选用不同类型的土壤作为实验材料，发现经过一个月培养，实验材料为潮土的实验组很难形成大的土壤团聚体，而实验材料为红土的实验组则已经出现较小的土壤团聚体；原因可能是潮土的土壤含砂量较高，而红土的土壤含砂量较低。

## 二、蚯蚓对不同地区农田土壤化学性质（pH EC 有机质 氮磷钾、速效氮磷钾等）的影响研究

土壤的理化性质主要包括 pH、EC、有机质含量以及 N、P、K 含量等。蚯蚓活动可以促进土壤腐殖化速率，增加土壤矿化度，从而改变土壤的化学性质。蚯蚓粪具有丰富的营养元素可直接提升土壤肥力，同时，蚯蚓活动改变了土壤微生物的生存环境，促进了微生物的代谢繁殖，使土壤中的氮磷钾等重要元素含量提高，有利于作物的生长。但不同地区的土壤由于土壤母质不同受蚯蚓活动及其代谢产物的影响差异较大，作用效果也不尽相同。

张孟豪在“赤子爱胜蚓在华南退化土壤综合质量的影响”的研究中选用华南地区酸化赤土壤作为实验材料，针对土壤酸化的问题展开了深入的研究。通过盆栽实验，比较分析了土壤中培养蚯蚓前后各化学性质的变化。实验结果表明，蚯蚓可有效提高土壤的 pH 值、有机碳和全氮含量，有效降低土壤的碳氮比。其中相较于对照组，实验组土壤的 pH 提高了0.55~1.27。研究结果显示，土壤的 pH 与交换性钙镁含量的提升存在着极显著的正相关关系。

李云龙、许益伟在“蚯蚓对 Cd 在土壤和豌豆中的残留动态影响”的研究中选取华南地区滨海盐碱地土壤作为实验材料，设置

实验变量为蚯蚓粪的施用量，探究蚯蚓粪的添加对滨海盐碱地土壤理化性质的影响。实验结果表明，蚯蚓粪可显著降低滨海盐碱地的 pH 值，且施用蚯蚓粪最多的实验组降低土壤 pH 能力最强。盐碱化土壤中加入蚯蚓粪之后土壤中 N、P、K 元素含量呈显著上升趋势，但是土壤中的盐分含量却呈显著的下降趋势。相较于对照组，V50、V100、V200 处理组的土壤有机碳含量均显著提升，分别达到 13.40 g/kg、18.23 g/kg 和 24.96 g/kg。

张薇、荣飞龙等在“添加蚯蚓粪对酸性稻作土壤肥力及酶活性的影响”的研究中以酸性水稻土和两个不同品种的水稻作为实验对象，开展添加蚯蚓粪的盆栽实验。实验结果表明添加蚯蚓粪的实验组的 N、P、K 含量明显高于对照组的含量；且速效钾含量与对照组相比也有显著的提高；但添加蚯蚓粪对土壤微生物量含碳量的影响不显著。添加蚯蚓粪后各土壤的平均 pH 由原来的 5.87 提升至 7.48。研究发现，蚯蚓粪可提高不同种植作物土壤的有机质，进而提高土壤的肥力。

袁中友、瑟竟在“接种蚯蚓对公路工程建设损毁赤红壤肥力及籽粒苋生长的影响”的研究中选取来自花岗岩的赤红壤，设置四组对照实验组进行盆栽实验。实验结果表明，接种蚯蚓的实验组相较于对照组速效磷、速效钾含量显著降低，且速效养分残留量之间呈显著的负相关关系，但是 pH、全氮、有机质含量与对照组相比无显著差异，且土壤中的磷元素的含量相对于处理组减少，处理间的差异主要由土壤速效养分含量的差异所决定。

通过对比分析，上述前三个研究中添加蚯蚓代谢产物的土壤实验组中的总氮、总磷和总钾含量均有所提升。张薇等选取的是酸性稻作土壤作为实验材料，研究分析得出结论：添加蚯蚓粪的实验土壤总氮总磷含量提升是土壤酸碱度改善所引起的，并且 pH 提升可增加土壤中的 N 元素有效含量，同时降低土壤中磷的固定

值；其次是蚯蚓粪本身存在丰富的 N、P、K 元素，可直接提高土壤肥力。但是袁中友等在研究中得到了不同的结论，其原因可能是袁等实验中选取的实验材料为公路旁农田红土壤，其本身缺乏磷元素，实验土壤中的磷元素经蚯蚓活动激活后，迅速被实验植株吸收导致土壤中的磷元素缺失。张孟豪、袁中友等和张薇等在各自的实验研究中发现蚯蚓活动或蚯蚓代谢产物均可提高土壤中的 pH 值，但是李云龙等在研究中却发现可显著降低滨海盐碱地的 pH 值。其原因可能是，李云龙等在研究中指出蚯蚓粪呈酸性，加入后稀释作用和中和作用使土壤中的 pH 降低。张微等在研究中指出蚯蚓表面吸附能力强，缓冲作用大，施加蚯蚓肥可有效提升土壤微生物活性，进而改善土壤酸性。

### 三、蚯蚓对不同地区农田土壤微量元素（Pb Cd Cu Zn Ni Mn Cr Hg As 等）的影响研究

土壤中的重金属污染一直是影响人体健康的重要问题。土壤中的重金属因其隐蔽性、累积性、潜伏性、不可逆性等特点会导致土壤质量下降，土壤肥力流失，土壤结构丰富性缺失，对土壤造成不可逆转的危害。蚯蚓可以通过自身富集作用改变土壤的结构，提升土壤质量，使土壤中的重金属有效态转变为固定态。蚯蚓通过富集作用将土壤中的重金属封存在身体细胞内，可降低土壤中重金属含量，从而降低环境的风险。并且将蚯蚓或其分泌物与生物炭联合施加入土壤内对土壤也能起到一定的修复效果。不同区域土壤受重金属污染程度不同，有研究表明南方土壤受重金属污染程度比北方土壤严重。蚯蚓对不同地区土壤的适应能力有差异，同时受土壤本身和实验方法选择的影响，导致蚯蚓活动及其代谢产物对土壤重金属的修复作用存在差异。

### 参考文献

- [1] 高飞, 范珊珊, 刘继远, 等. 北京市各区县耕地建设保护实验室现状与建议 [J]. 智慧农业导刊, 2022(14): 40-42.
- [2] Sharma DK, Tomar S, Chakraborty D. Role of earthworm in improving soil structure and functioning. Current Science, 2017, 113: 1064-1071.
- [3] 王玉平, 陈静, 杨倩楠, 等. 蚯蚓和香蕉秸秆对土壤团聚体和有机碳稳定性的影响 [J]. 福建农林大学学报 (自然科学版), 2026, 55(01): 107-117. DOI: 10.13323/j.cnki.j.fafu(nat. sci.).202501001.
- [4] 程培军, 徐敏, 李亮, 等. 花生饼和蚯蚓粪配施对烤烟产量、品质及土壤特性的影响 [J/OL]. 河南农业科学, 1-14[2026-01-09]. https://link.cnki.net/urlid/41.1092.S.20251217.1921.008.
- [5] 赵明雨, 姚名泽, 李波, 等. 蚯蚓粪调控番茄连作障碍研究进展 [J/OL]. 北方园艺, 1-13[2025-02-24].
- [6] 马凯, 黄财德, 郭铭, 等. 不同土地利用类型下蚯蚓生态型的分布及蚓粪对土壤性质的影响 [J/OL]. 生态学杂志, 1-14[2026-01-09]. https://link.cnki.net/urlid/21.1148.Q.20251126.1608.009.
- [7] 刘佳铭, 王楠, 马志梅, 等. 蚯蚓-秸秆联合修复设施盐渍化土壤的效果及其作用机制 [J/OL]. 浙江农业学报, 1-13[2026-01-12]. https://link.cnki.net/urlid/33.1151.S.20251229.1430.004.
- [8] 谭舒丹, 张慧杰, 邹辉, 等. 环带在蚯蚓繁殖过程中的生物学作用 [J]. 现代农业科技, 2025, (22): 153-157.
- [9] 赖海龙. 不同温度下微塑料对蚯蚓和土壤生物学性质的影响特征 [D]. 扬州大学, 2025. DOI: 10.27441/d.cnki.gyzdu.2025.001620.
- [10] 艾锋, 李强, 任浩东, 等. 蚯蚓肥复配土壤调理剂对毛乌素沙地土壤性质及中科羊草生长的影响 [J]. 陕西农业科学, 2022, 68(08): 11-17.
- [11] 李丹丹, 马莉, 陈漾漾, 等. 蚯蚓活动对宝鸡地区农田土壤水分入渗过程的影响 [J]. 宝鸡文理学院学报 (自然科学版), 2022, 42(03): 81-85. DOI: 10.13467/j.cnki.jbuns.2022.03.015.
- [12] 李超. 油-稻免耕系统蚯蚓种群数量特征及其对耕层结构和作物产量的影响 [D]. 湖南农业大学, 2022. DOI: 10.27136/d.cnki.ghunu.2022.001413.
- [13] 于建光. 蚯蚓活动对农田土壤有机碳转化的影响研究 [D]. 南京农业大学, 2007.
- [14] 张孟豪. 赤子爱胜蚓对华南退化土壤综合质量的影响 [D]. 华南农业大学, 2021. DOI: 10.27152/d.cnki.ghanu.2021.000458.
- [15] 李云龙, 许益伟, 郁洁, 等. 蚯蚓粪施用对滨海盐碱地土壤质量及玉米产量的影响 [J]. 江苏农业学报, 2024, 40(11): 2053-2061.
- [16] 张薇, 荣飞龙, 朱洪好, 等. 添加蚯蚓粪对酸性稻作土壤肥力及酶活性的影响 [J]. 核农学报, 2025, 39(03): 615-623.
- [17] 袁中友, 瑟竟, 李强, 等. 接种蚯蚓对公路工程建设损毁赤红壤肥力及籽粒苋生长的影响 [J]. 福建农业学报, 2015, 30(10): 970-977. DOI: 10.19303/j.issn.1008-0384.2015.10.010.