

土壤蚯蚓多功能性研究进展

王 健^{1,2,3,4}

¹陕西地建土地工程技术研究院有限责任公司, 陕西 西安

²陕西省土地工程建设集团有限责任公司, 陕西 西安

³自然资源部退化及未利用土地整治重点实验室, 陕西 西安

⁴陕西省土地整治工程技术研究中心, 陕西 西安

Email: WangJian_soil@163.com

收稿日期: 2021年7月8日; 录用日期: 2021年8月9日; 发布日期: 2021年8月17日

摘 要

蚯蚓能够对多种决定土壤肥力的过程产生重要影响, 在自然生态系统中具有非常重要的作用。土壤中的各种有机物经发酵, 蚯蚓食用后, 在蚯蚓体内多种消化酶分解作用下, 转化为蚯蚓粪。在土壤中养殖蚯蚓或施加蚯蚓粪能够加速土壤有机质分解, 改良土壤结构, 缓解农作物的连作障碍, 减轻土壤中病原微生物对蔬菜和农作物的危害, 提高土壤微生物活性, 提高农作物的产量和品质。目前, 蚯蚓及其代谢产物不仅广泛应用于蔬菜、食用菌生产及提高作物品质等方面, 还对土壤污染物消解, 水体污染治理, 大气污染防治等方面有重要贡献。

关键词

蚯蚓, 蚯蚓粪, 土壤改良, 作物种植, 防治污染

Research Progress on the Multifunctionality of Soil Earthworms

Jian Wang^{1,2,3,4}

¹Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

²Institute of Land Engineering and Technology, Shaanxi Provincial Land Engineering Construction Group Co., Ltd., Xi'an Shaanxi

³Key Laboratory of Degraded and Unused Land Consolidation Engineering, The Ministry of Nature and Resources, Xi'an Shaanxi

⁴Shaanxi Provincial Land Consolidation Engineering Technology Research Center, Xi'an Shaanxi

Email: WangJian_soil@163.com

Received: Jul. 8th, 2021; accepted: Aug. 9th, 2021; published: Aug. 17th, 2021

文章引用: 王健. 土壤蚯蚓多功能性研究进展[J]. 世界生态学, 2021, 10(3): 373-377.

DOI: 10.12677/ije.2021.103042

Abstract

Earthworms can influence a variety of processes that determine soil fertility, and play a very important role in natural ecosystems. Decomposed organic matter was digested and converted into vermicompost under the action of a variety of digestive enzymes in the earthworm body. Breeding earthworms in the soil or applying earthworm manure can accelerate the decomposition of soil organic matter, improve the soil structure, alleviate the continuous cropping obstacles of crops, reduce the harm of pathogenic microorganisms in the soil to vegetables and crops, improve soil microbial activity, and increase the yield and quality of crops. At present, earthworms and their metabolites are not only widely used in the production of vegetables and edible fungi and the improvement of crop quality, but also make important contributions to the elimination of soil pollutants, the treatment of water pollution, and the prevention and control of air pollution.

Keywords

Earthworm, Earthworm Manure, Soil Improvement, Crop Planting, Pollution Prevention

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

蚯蚓属于环节动物门寡毛纲后孔寡毛目，依据其栖息环境分为陆生蚯蚓和水栖蚯蚓两大类。依据其习性及其在生态系统中的功能，蚯蚓一般分为三种生态类群，即表栖类、内栖类和深栖类[1]。蚯蚓为雌雄同体且异体受精，一般情况下，每条蚯蚓均可以产卵繁殖。蚯蚓是腐食性动物，以发酵后的禽畜粪便和腐烂的蔬菜、瓜果，凋落的枯枝落叶等为食，能够将禽畜粪便、落叶和秸秆等转化为有机肥料。

蚯蚓粪是一种表面积大，质地均匀疏松，团粒结构良好，具有保水性、通气性和自然泥土味的黑色有机肥料[2] [3]，其中富含大量的有益微生物菌群和植物生长调节物质[4] [5] [6] [7]，具有提高土壤肥力、缓解连作障碍、提高农作物品质和产量的作用[8] [9]。研究表明，500 g 高品质的蚯蚓种苗每年可食用3亩左右的秸秆，生产约600 kg 蚯蚓粪[10]。

2. 蚯蚓及其代谢产物的多功能性

2.1. 蚯蚓可以加速有机质的分解

土壤有机质受土壤中各类生物，如细菌、真菌、植物根系、昆虫和蚯蚓等，土壤团粒结构及其相互作用的调控[11]。蚯蚓在土壤中的活动加速了农作物残体分解的生物过程，富含水解氮的蚯蚓粪又能够加快土壤中凋落物的矿化过程，促进土壤中有机质分解[12]。不同种类蚯蚓的取食偏好不同，因此凋落物的分解过程受到其物理化学组成和蚯蚓种类共同作用的影响[13]。

2.2. 分解废弃有机物

蚯蚓具有较为发达的消化系统，能够以土壤和有机废物为食。除金属、玻璃、橡胶、塑料以外，发酵后的有机废物，通过蚯蚓消化系统中蛋白酶、脂肪分解酶、甲壳酶、纤维素酶和淀粉酶的作用，迅速分解、转化。蚯蚓在获得自身所需营养后，排泄出富含速效氮、速效磷和速效钾等养分的蚯蚓粪[14]。蚯

蚓具有食性广，食量大的特点，可以处理城市垃圾以及造纸、服装、食品加工、屠宰场等产生的工业废渣。现阶段许多国家广泛研究应用蚯蚓防治工业有机废弃物污染。我国的垃圾一般用来堆积发酵做农业有机肥使用。目前，我国已开始利用蚯蚓处理生活垃圾和工业有机废弃物[15]。在此基础上，用蚯蚓分解经发酵有机废弃物，获得大量的蚯蚓粪，作为农业生产和城市绿化肥料，实现变废为宝。

2.3. 改良土壤结构

土壤作为农作物生长的载体，是保证农作物品质和产量的根本要素。大量的研究结果和生产实践表明，土壤中施用蚯蚓粪后，其理化性质和团粒结构均有所改善。邱江平[16]认为，由于蚯蚓粪的相互堆叠形成了许多特殊的网状孔隙和孔道，这种结构大大提高了土壤内部的通气性和透水性。Ketterings 等[17]在苜蓿地中发现，蚯蚓的活动提高了土壤结构的稳定性，增加了土壤碳、氮在团粒结构中的含量。张荣涛等[18]研究表明，施用蚯蚓粪后可以明显提高盐碱土中速效氮、速效磷、速效钾的含量，降低土壤 pH 值，增加土壤的阳离子交换量，改良土壤结构，从而减轻了盐碱土壤对作物的危害。

2.4. 保护水体

现阶段我国大部分污水未经处理直接排放，造成了一定程度的水体污染。在被污染的河流湖泊中，广泛分布着多种水栖蚯蚓。这些栖息在水体底部的蚯蚓，在污染水体的缺氧环境中生长繁殖，成为高密度的底栖动物群落。它们多以腐败物为食，通过其生命活动，对污水有一定的净化作用[19]。它们的存在与否及数量、种群的变化，能够作为水体污染的指标。把水栖蚯蚓作为水体污染的指示生物，能较准确地指示污染源强度及水体净化过程，还可为测定水体中重金属及久效农药残毒提供测试样品，是一种简便准确的河流生态环境监测方法。因此，水栖蚯蚓在水体保护上是易于推广并有重要实用价值的生物。

2.5. 蚯蚓粪便的使用可以降低土壤污染

现阶段，由于在耕作过程中大剂量施用农药和化肥，造成了土壤污染，对农作物、禽畜和人类的危害极大。蚯蚓在土壤中能吸收、富集多种有害物质，根据蚯蚓种群、数量及体内重金属含量的多少，可作为土壤重金属污染的生物指示物。已有试验研究表明：有机氯农药和重金属农药施用后，在土壤中的残留量较高，有的农药半衰期可达 10~30 年。而栖息于土壤中的蚯蚓则能吸收、富集残留农药，特别是位于土壤表层的小型蚯蚓比位于土壤深层的大型蚯蚓富集作用更强，这些蚯蚓机体中的有机氯农药含量比其栖息的土壤环境高出数倍。通过蚯蚓在土壤中的栖息及其水平和垂直运动，不仅对土壤污染物具有疏散作用，而且通过吸收、富集土壤有害物质，降低了土壤中的有害物质积累，利于保护土壤生态环境[20]。利用人工饲养蚯蚓，富集受污染土壤中的有害物质，再采取灌水、电激法等收集蚯蚓进行集中处理，从而达到减轻或清除土壤污染物的目的。

2.6. 蚯蚓粪便的使用提高土壤微生物活性

目前，由于耕作过程中长期大量使用农药和化肥，导致耕地土壤中有益微生物含量降低。蚯蚓粪中微生物含量较高、种类较多，且含有拮抗微生物和多种植物生长素。蚯蚓粪中的有益微生物进入土壤中后，能够迅速抑制土壤中有害菌群的繁育，减少土壤病虫害的发生，提高农作物抗病能力，增加植株根系的固氮、解钾和解磷能力[21]。多种有益微生物的代谢活动能改善土壤理化性状，提高土壤有机物和无机物之间转换的动力，使土壤养分更有利于农作物吸收，保护土壤微生态环境，提高土壤微生物活性。

2.7. 蚯蚓粪便的使用有助于缓解连作障碍

连作是目前农业生产中广泛采用但不合理的一种耕作方式。连作会导致土壤含盐量增加、酸碱度失

衡, 土壤中多种病原菌积累, 微生物种类和含量减少, 农作物病虫害加重。研究表明, 蚯蚓粪具有防治土传病害, 缓解连作障碍的作用[22]。赵凤艳等[23]研究蚯蚓粪对番茄连作土壤中真菌群落结构的影响, 结果表明番茄连作土壤中添加蚯蚓粪后, 可以提高土壤养分的含量, 降低优势真菌的相对丰度, 有效解决了番茄的连作障碍问题。张俊英等[24]研究表明, 大棚黄瓜连作土壤中施加蚯蚓粪可以提高土壤肥力, 改善根际土壤微生物生长环境, 能够有效缓解黄瓜连作障碍的问题。

2.8. 蚯蚓粪便的使用有益于减轻大气污染

畜禽产品加工厂、化粪池、化学制品厂、垃圾处理场和下水道等均检验出多种恶臭气体, 其中危害最大的有二氧化硫、硫化氢、硫醇等。这些有害气体成分是污染大气环境的主要污染物。蚯蚓粪具有高孔隙度、较大的表面积和相当强的脱臭能力等特点, 能够吸附环境中的有害恶臭气体。蚯蚓粪中还含有丝状菌、放线菌、大肠杆菌等多种微生物菌群, 吸附的二氧化硫、硫化氢、硫醇等恶臭气体, 在多种微生物的作用下迅速分解为无臭气体, 改善大气污染状况。因此, 蚯蚓粪可以作为天然的气体脱臭剂。宋忠俭等[25]通过实验室内的模拟试验发现, 蚯蚓粪对以硫化氢和氨气为代表的恶臭气体的吸收效果较好, 随着蚯蚓粪的增加恶臭气体消除效果随之提高, 研究表明一般条件下, 覆盖厚度为 5 cm 的蚯蚓粪对恶臭气体的消除效果最明显。

2.9. 蚯蚓粪便的其它用途

蚯蚓粪不仅在大田蔬菜种植和农作物生产中被广泛应用, 而且在生产食用菌、促进种子萌发、蔬菜育苗和提高蔬菜品质等方面也有大量的应用。韦珂等[26]采用桑枝秆作为培养基, 添加适当比例的蚯蚓粪, 进行鲍鱼菇栽培试验, 发现添加 10%蚯蚓粪的培养基最有利于鲍鱼菇的生长。张玥含等[27]研究表明, 蚯蚓粪浸提液可以促进高羊茅和黑麦草种子的萌发和生长, 进一步满足种植需要。王中旭等[28]研究了蚯蚓粪基质在茄子育苗中的效果, 研究结果表明蚯蚓粪作为穴盘育苗基质, 可以使茄子幼苗质量好, 生长健壮。高明慧等[29]分析了施用蚯蚓粪肥对马铃薯植株生长和产量的影响, 结果表明, 施用蚯蚓粪能显著改善马铃薯植株地上部分的长势, 促进干物质转运, 增加马铃薯产量。崔文静等[30]的试验结果表明, 蚯蚓粪能够代替草炭作为樱桃萝卜和茼蒿等阳台蔬菜的栽培基质。应晓成[31]等进行了蚯蚓粪浸出液浸种育苗和替代化肥施用于甜椒的田间实验, 研究结果表明, 当蚯蚓粪浸出液替代量为 50%时, 甜椒的产量最高。

3. 结论和展望

蚯蚓可以通过取食、消化和排泄等生理活动对土壤生态系统的多种生物反应过程产生影响。蚯蚓粪是一种优质高效的生物有机肥料, 养分全面, 富含有机质和多种有益微生物菌群。在土壤中养殖蚯蚓或添加一定量的蚯蚓粪, 可以改变土壤理化性质, 促使土壤中空气流通, 加速微生物繁育, 利于农作物吸收养分; 增强土壤保水保肥性能, 防止水土流失, 促进土壤中矿物质的分解, 供农作物吸收利用, 增强农作物对病虫害的抵抗能力, 抑制土传病害, 改善农作物品质, 提高产量, 使农民增收。

基金项目

陕西省土地工程建设集团内部科研项目(DJNY2021-34)。

参考文献

- [1] 张卫信, 陈迪马, 赵灿灿. 蚯蚓在生态系统中的作用[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 142-153.
- [2] Atiyeh, R.M., Edwards, C.A., Subler, S., *et al.* (2001) Pig Manure Vermicompost as a Component of a Horticultural

- Bedding Plant Medium: Effects on Physicochemical Properties and Plant Growth. *Bioresource Technology*, **78**, 11-20. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(00\)00172-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(00)00172-3)
- [3] Edwards, C.A. and Burrows, I. (1988) Potential of Earthworm Composts as Plant Growth Media. In: Edwards, C.A. and Neuhauser, E.F., Eds., *Earthworms in Waste and Environmental Management*, SPB Academic Press, Cambridge, 69-71.
- [4] Zaller, J.G. (2007) Vermicompost as a Substitute for Peat in Organic Potting Media: Effects on Germination, Biomass Allocation, Yields and Fruit Quality of Three Tomato Varieties. *Scientia Horticulturae*, **112**, 191-199.
- [5] Atiyeh, R.M., Lee, S., Edwards, C.A., et al. (2002) The Influence of Humic Acids Derived from Earthworm-Processed Organic Wastes on Plant Growth. *Bioresource Technology*, **84**, 7-14. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(02\)00017-2](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(02)00017-2)
- [6] Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Garcia, C. (1997) Soil Agro-Ecological Management: Fertirrigation and Vermicompost Treatments. *Bioresource Technology*, **59**, 199-206.
- [7] 胡佩, 刘德辉, 胡锋, 等. 蚓粪中的植物激素及其对绿豆插条不定根发生的促进作用[J]. 生态学报, 2002, 22(8): 1211-1214.
- [8] 刘大伟, 陈井生, 王芳, 等. 蚯蚓粪在农业生产中的应用研究进展[J]. 湖北农业科学, 2019, 58(14): 8-11.
- [9] 周美荣, 孙振江, 申晓强. 蚯蚓粪的研究及应用[J]. 山西农业科学, 2012, 40(8): 921-924.
- [10] 乔力盘·阿不力米提, 亚库甫, 阿地里. 蚯蚓粪对改良土壤的作用[J]. 现代农业, 2018(1): 10-11.
- [11] Six, J., Feller, C., Denef, K., et al. (2002) Soil Organic Matter, Biota and Aggregation in Temperate and Tropical Soils-Effects of No-Tillage. *Agronomie*, **22**, 755-775.
- [12] Bezkorovainaia, I.N., Klimentenok, L.A. and Efvgrafova, S.I. (2001) Dynamics of the Biological Activity of Litter in Course of Its Transformation by Earthworms. *Izvestiia Akademii nauk. Serii biologicheskaiia Rossiiskaia akademiia nauk*, **2**, 233-236.
- [13] Manna, M.C., Jha, S., Ghosh, P.K., et al. (2003) Comparative Efficacy of Three Epigeic Earthworms under Different Deciduous Forest Litters Decomposition. *Bioresource Technology*, **88**, 197-206.
- [14] 徐立明. 蚯蚓在环境保护中的作用[J]. 农业环境科学学报, 1984(4): 23-25.
- [15] 郝桂玉, 黄民生, 徐亚同. 蚯蚓及其在生态环境保护中的应用[J]. 环境科学研究, 2004(3): 75-77.
- [16] 邱江平. 蚯蚓及其在环境保护上的应用: 蚯蚓及其在自然生态系统中的作用[J]. 上海农学院学报, 1999, 17(3): 227-232.
- [17] Ketterings, O.M., Blair, J.M. and Marinissen, J.C.Y. (1997) Effects of Earthworms on Soil Aggregate Stability and Carbon and Nitrogen Storage in a Legume Cover Crop Agroecosystem. *Soil Biology and Biochemistry*, **29**, 401-408.
- [18] 张荣涛, 周东兴, 申雪庆. 蚯蚓粪对盐碱土壤速效养分和碱化指标的影响[J]. 国土与自然资源研究, 2013(4): 83-86.
- [19] 姚巍. 蚯蚓对土壤污染的修复作用[J]. 陕西林业科技, 2018, 46(5): 105-108, 114.
- [20] 罗固源, 周健, 吉方英, 等. 污水蚯蚓土地处理与资源回归[J]. 重庆环境科学, 1997, 19(2): 27-29.
- [21] 潘政, 郝月崎, 赵丽霞, 等. 蚯蚓在有机污染土壤生物修复中的作用机理与应用[J]. 生态学杂志, 2020, 39(9): 3108-3117.
- [22] 田给林, 田瑞新. 蚯蚓粪在防治土传病害中的应用现状及发展展望[J]. 现代农业科技, 2019(13): 113-115.
- [23] 赵凤艳, 吴盼盼, 李天来, 等. 蚓粪对设施番茄连作土壤真菌群落结构的影响[J]. 生态学杂志, 2016, 35(12): 3329-3334.
- [24] 张俊英, 许永利, 刘志强. 蚯蚓粪缓解大棚黄瓜连作障碍的研究[J]. 北方园艺, 2010(4): 58-60.
- [25] 宋忠俭, 钱晓晴, 柏彦超. 蚯蚓粪覆盖对氨气和硫化氢的去除效果研究[J]. 现代农业科技, 2012(20): 240, 248.
- [26] 韦珂, 阮燕春, 覃培升, 等. 蚯蚓粪-桑枝秆栽培鲍鱼菇的研究[J]. 广西农学报, 2016, 31(2): 14-15, 29.
- [27] 张玥含, 赵树兰, 多立安. 垃圾堆肥与蚓粪浸提液对草坪植物种子萌发及初期生长的作用[J]. 草业科学, 2008, 25(8): 113-117.
- [28] 王中旭, 王波, 杜光, 等. 蚯蚓粪育苗基质在茄子育苗中的应用研究[J]. 安徽农业科学, 2012, 40(25): 12439-12440, 12443.
- [29] 高明慧, 杨平, 高强, 等. 不同蚯蚓粪肥水平对马铃薯生长发育和产量构成的影响[J]. 农业科技通讯, 2018(5): 110-113.
- [30] 崔文静, 孟祥霞, 梁斌, 等. 蚯蚓粪作为阳台蔬菜栽培基质的研究[J]. 北方园艺, 2017(3): 182-187.
- [31] 应晓成, 范鹏, 王凯澄, 等. 不同比例蚯蚓粪浸出液替代化肥施用对甜椒生长的影响[J]. 安徽农学通报, 2019, 25(21): 116-117.