

蚯蚓多样性与生态系统服务功能

Earthworm diversity and ecosystem service functions

■文 / 高佳楠 肖能文

蚯蚓为环节动物门寡毛纲后孔寡毛目动物,广泛分布在土壤和淡水环境。蚯蚓在生态系统中起着非常重要的作用,被称为“土壤生态系统工程师”。主要是加速土壤有机质的分解,增强碳、氮营养循环,促进土壤的形成,提高土壤的渗透性和蓄水、保肥能力。蚯蚓能够有效改良土壤,提高土壤的肥力,蚯蚓还被应用于处理有机废弃物,修复被重金属废弃物污染的土壤,以及作为环境污染的指示生物。

一、蚯蚓多样性

世界上有蚯蚓3500多种, *Terrestrial earthworm of China* 一书记录了我国蚯蚓有357种,国内广泛分布的有远盲蚓、腔蚓、爱胜蚓、杜拉蚓等。蚯蚓是土壤生态系统中最大的动物区系,属杂食性环节动物,在土壤生态系统中具有极其重要的地位。

依据生态类型及生态功能可将蚯蚓分为表栖型、内栖型和深栖型三种。表栖型主要在0-5 cm 的浅土层活动,个体较小、性成熟快、种群数量大、呼吸作用强,对环境(温度、湿度、pH值等)的适应性很强,可以取食自然界中的有机质,吞食少量表层土壤,在枯枝落叶的分解和维持森林生态系统平衡中具有极其重要的作用,如赤子爱胜蚓、皮质远盲蚓等。内栖型蚯蚓主要在0-20 cm 的土层活动,性成熟较慢、种群数

量较少、呼吸作用弱、繁殖能力中等,取食有机质含量较高的土壤颗粒,在自然界中主要起到改良土壤结构、提高土壤通气及排水性能的作用,如毛利远盲蚓、日本杜拉蚓等。深栖型蚯蚓在更深的土层中活动,个体大、性成熟慢、种群数量少、呼吸作用弱、繁殖能力低,其砂囊发达,可以磨碎坚硬的有机质,取食地面凋落物的同时吞食大量土壤形成纵深孔道,改良土壤深层结构,如参状远盲蚓、长白山杜拉蚓等。

二、蚯蚓生态系统服务功能

蚯蚓以其特有的生物学特性,在土壤中充当着消费者、分解者和调节者的角色。蚯蚓多样性在维持土壤生态环境稳定方面具有重要的作用(图1)。

1. 改善土壤形成

土壤的基本单元是团聚体,是由土壤孔隙分布构成的,蚯蚓在取食和挖掘中形成的生物空隙和团聚体,强烈地影响了土壤团粒结构形成。团粒结构使土壤疏松、透气性好、保肥保水能力强,促进微生物的生存繁衍。

蚯蚓改善土壤形成的方式主要分为两方面,一是内栖型和深栖型蚯蚓通过蠕动、掘穴的方式产生大量孔洞,提高土壤的孔隙度,改变土壤结构和通气条件,防止土壤板结变硬,保证了在土壤中生活的其他动

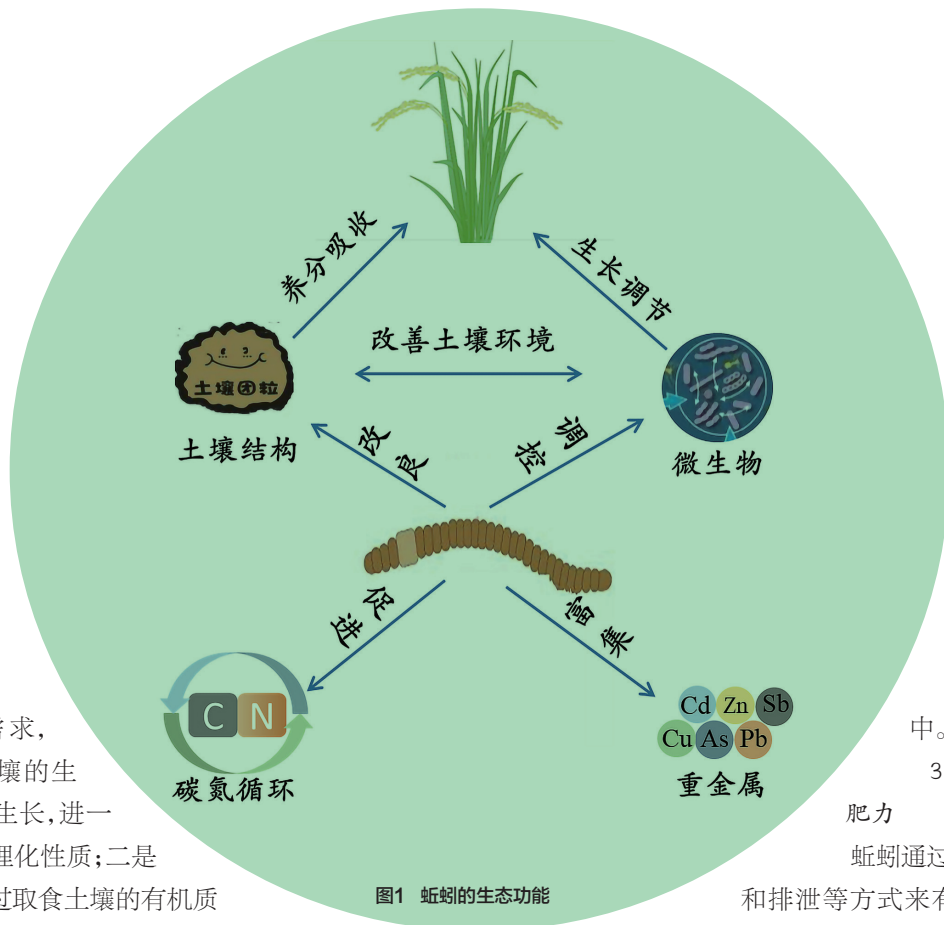


图1 蚯蚓的生态功能

物的氧气需求,促进表层土壤的生物类群繁衍生长,进一步改善土壤理化性质;二是蚯蚓可以通过取食土壤的有机质进行消化,排泄蚯蚓粪来提高土壤有机质含量,间接改变土壤结构,提高土壤营养成分。另外,深栖型蚯蚓的掘穴过程还为其他土壤动物进入较深土层提供了通道,增加了土壤动物生存空间和活动范围,很好地将有机物和土壤进行混合,促进土壤的土肥交融过程和迭代更新,加强了土壤团聚体的形成。

2. 改变土壤碳、氮循环

蚯蚓在陆地生态系统中的碳氮循环中起着重要作用。通过对土壤的取食、钻孔,以及自身代谢产生的粪便和分泌物,蚯蚓对土壤的碳循环产生重要的影响。例如,蚯蚓可以提升土壤肥力,改善土壤通气性来提高地表植被生产力,增加植物对CO₂的吸收,间接加速土壤碳循环的运行。另外,蚯蚓在土壤中取食的过程会对消化道内的微生物进行调整,促进土壤中被微生物固持养分的释放,增强微生物的代谢过程,在一定程度上增加了土壤CO₂的排放。

蚯蚓同样对土壤氮循环起着分解、消费和调节的作用。蚯蚓选择性地取食含氮量高的食物,通过体内的酶和共生菌将其直接转化为植物可以吸收的矿物氮,加速凋落物的氮素归还。另外,蚯蚓活动形成的孔道和孔隙环境有利于固氮菌的生长,促进土壤中氮素含量的增加,蚯蚓粪便中含有的酶也有利于氮素的矿化,吸纳更多的氮素进入对生态环境有利的氮循环

中。
3. 提高土壤肥力

蚯蚓通过取食、消化和排泄等方式来有效分解土壤中存在的有机物质,增强土壤肥力。

蚯蚓粪含有合理的团粒结构,能够有效保持水肥,同时氮、磷、钾等含量也较高,是一种肥效时间较长的有机肥,有利于作物根系生长和微生物繁殖,同时还增强了土壤吸收养分和储存养分的能力。根据有关的数据调查,蚯蚓每年能够消耗浅层土壤中4%~10%的有机质,主要通过蚯蚓肠道、新鲜排泄物和土壤的长期发育影响,能够有效加快地表物的周转,也会有效降低地表土壤中的碳含量,加快植物残体的分解,有效提高土壤中的氮和磷的水平,促进植物生长。蚯蚓的排泄物对土壤转化酶活性的提高有最为明显的作用。另外,蚯蚓通过取食和非取食作用提升土壤蔗糖酶、脲酶以及纤维素酶活性,从而极大地增加土壤酶指标,调节土壤微生物,加速土壤生物化学进程,从而实现土壤养分的提升。

4. 废弃物处理

很多国家已经把蚯蚓作为重要手段来处理废弃物,提升农田土壤肥力,改善生态环境。各种禽粪、畜粪、瓜果皮、菜叶、树叶以及无毒的生活垃圾等都可以作为蚯蚓的食物,这些有机废弃物被蚯蚓吃掉后,通过与微生物的协同合作进行分解,从而促进了土壤生态系统的再循环。并且蚯蚓不能消化掉的食物被排除体外后,更有利于植物的吸收。

蚯蚓培肥技术现在已成功在诸多地方得到了实践,并取得了非常好的效果。将有机基质和蚯蚓按照特定的比例混合放入,有机基质会发酵产生热量促进植物生长,蚯蚓能够取食有机物质,释放出大量无机养分。而由于蚯蚓在土壤中的蠕动作用,植物根系上的共生真菌会更容易在根上定植,达到快速吸收水分和营养元素的目的。以蚯蚓为主体的生物有机培肥技术已经在多个国家被广泛推广,使农作物的产量普遍提高10%~15%,对土壤和生态环境产生良好的社会效益。

5.对土壤污染的修复作用

蚯蚓作为土壤中生物量最大的无脊椎动物类群,具有较强的环境适应性以及对于污染物表现出极强的耐性和抗性,常用于土壤污染修复。

蚯蚓对土壤中的重金属污染和有机物污染修复具有很大的潜力,可以通过肠道消化吸收或表皮接触吸附等途径,从外部环境中吸收污染物达到消除土壤污染的目的。蚯蚓肠道组织中的黄色细胞使得蚯蚓能够吸收较高浓度的重金属。已有研究表明,蚯蚓能够有效吸纳环境中的铜(Cu)和镉(Cd),在高浓度重金属环境中不仅可以有效存活,体内重金属含量还会显著升高。蚯蚓对重金属的生物积累作用与重金属种类和形态有关,即不同蚯蚓对于环境中不同的重金属存在有选择性地吸收。


蚯蚓可以通过不断混合扰动土壤的方式来增加土壤通气性,提高土壤中的碳、氮含量,进一步促进土壤微生物群落特别是有机污染物降解菌的传播扩散,

促进多氯联苯等污染物降解。另外,蚯蚓本身还可以通过富集吸收的方式来降低土壤中的有机物污染成分。蚯蚓的皮肤还具有被动吸收土壤中可溶态的多环芳烃污染物,通过排泄易降解的碳来增加微生物的活性,促进多环芳烃的进一步分解。

三、蚯蚓的环境指示作用

作为土壤中数量最为庞大的动物之一,蚯蚓可以作为指示生物,来间接反映某种污染物对土壤生物的危害程度或者反映区域的环境污染情况。在已经污染的土壤中,不适应的蚯蚓种群会消失,耐受污染物的蚯蚓种群生存下来,蚯蚓的种群结构和数量变化情况,可在一定程度上反映土壤受污染的状况。

在重金属污染程度大的区域,蚯蚓种类减少,优势种群的优势度明显。蚯蚓富集土壤中的重金属元素,为土壤重金属含量提供良好的指示作用,并且为改善治理土壤重金属超标问题提供依据。

土壤中包含丰富的生物多样性,而且土壤生物是陆地生态系统物质和能量循环过程中不可缺少的组成部分。蚯蚓作为自然生态系统中数量庞大的腐生生物,以有机废弃物为食,并且能够将有机废弃物转化为肥沃的有机物质,促进土壤的净化与改良,改善了土壤的化学成分和物理结构,对生态环境的改善具有积极作用。因此保护包括蚯蚓在内的土壤生物多样性对于生态环境的改善具有十分重要的现实意义。

作者单位:1.山西农业大学;

2.中国环境科学研究院

