

湿地土壤动物研究进展

李格格

哈尔滨师范大学, 黑龙江 哈尔滨

收稿日期: 2022年6月10日; 录用日期: 2022年7月6日; 发布日期: 2022年7月13日

摘要

土壤动物在湿地生态系统中发挥着重要作用, 是物质循环和能量流动的关键。土壤动物在湿地生态系统的研究中越来越受到关注。本文主要介绍了湿地土壤动物的类群和采集, 还有湿地土壤动物的群落结构多样性以及与环境因子的关系等。还对土壤动物生态功能研究中的生态指示功能、生态调控功能及对枯落物的分解功能等进行了介绍。最后对土壤动物和湿地生态系统研究做了总结以及展望。

关键词

土壤动物, 湿地, 生态特征, 生态功能

Advances in Wetland Soil Animal Research

Gege Li

Harbin Normal University, Harbin Heilongjiang

Received: Jun. 10th, 2022; accepted: Jul. 6th, 2022; published: Jul. 13th, 2022

Abstract

Soil animals play an important role in wetland ecosystems and are the key to material circulation and energy flow. Soil animals have received increasing attention in the study of wetland ecosystems. This paper mainly introduces the taxa and collection of wetland soil animals, as well as the community structure diversity of wetland soil animals and the relationship with environmental factors. The ecological indicator function, ecological regulation function and litter decomposition function in the study of soil animal ecological function were also introduced. Finally, the research on wetland ecosystem by soil animals is summarized and prospected.

Keywords

Soil Animals, Wetlands, Ecological Characteristics, Ecological Functions



1. 引言

土壤动物是指土壤中生存着的各种动物的总称，它作为生态系统物质循环中的消费者，推动着能量流动，起着至关重要的作用。一方面它需要吸收土壤中有用的物质来满足自身生存发展的需要，另一方面它会将排泄物排到环境中给分解者使其利用促进物质循环用以改造环境[1]。湿地是陆生和水生生态系统之间独特的水文，土壤，植被和生物特征系统[2]。湿地拥有丰富的自然资源，多种功能和生物多样性，在人类社会的生存和发展以及经济发展中发挥着重要的作用[3]。土壤动物是湿地生态系统的重要组成部分，它们在湿地生态系统的物质循环和能量交换，土壤物理和化学性质的变化，土壤微生物的调节功能和生态环境变化指示和全球变化等方面中发挥着极其重要的作用[3] [4]。湿地生态系统土壤动物研究主要集中在土壤动物生态特征和生态功能上。生态特征方面主要研究是土壤动物群体、多样性和环境因素的关系；在生态功能方面，主要研究了生态调控功能、生态指示功能和枯落物的分解功能。湿地土壤动物研究对促进土壤动物多样性发展具有十分重要的意义。

2. 土壤动物的主要类群和采集方法

2.1. 主要类群

1) 大型土壤动物，隶属于4门：线形动物门、环节门、软体动物门和节肢动物门，8纲：线虫纲、寡毛纲、腹足纲、瓣鳃纲、唇足纲、蛛形纲、甲壳纲、和昆虫纲，20目和48科。2组优势类群(蚂蚁科黑蚂蚁、多刺蚯蚓)，12类常见类群(盲蛛目、双翅目幼虫、地蜈蚣科、鞘翅目成虫、蜘蛛目、螨类、鳞翅目幼虫、金龟子科、蛴螬、潮虫科、隐翅甲科、蚁科黄蚂蚁)。

2) 中小型土壤动物，隶属于5门：线形动物门、轮虫动物门、慢动物门、环节动物门和节肢动物门，6纲：线虫纲、轮虫纲、寡毛纲、蛛形纲、综合纲、和昆虫纲，12目：鳞翅目、弹尾目、蜉蝣目、同翅目、半翅目、近孔寡毛目、盲蛛目、鞘翅目、双翅目、膜翅目、综合目、双尾目，12科：球角跳虫科、疣跳虫科、芫菁科、大蚊科、蚜科、蟥科、蚁科、线蚓科、隐翅虫科、象甲科、蚁甲科、叩甲科。有两种优势类群，即线虫和轮虫，以及3种常见类群，即球角跳虫科、螨类、线蚓科。

其中，中小型干生土壤动物，隶属于3门、4纲、12目、12科，优势类群为球角跳虫科、螨类和线蚓科，常见类群为鳞翅目幼虫、疣跳虫科、盲蛛类、鞘翅目幼虫、双翅目幼虫、黑蚂蚁、象甲科幼虫、双尾目。中小型湿生土壤动物，隶属于5门、6纲、7目、4科。优势类群为线虫和轮虫，常见类群只有线蚓科。

2.2. 土壤动物的采集

2.2.1. 干漏斗法

将土壤放在漏斗可移动的上半部分，下面放置一个灯泡。利用光的温度和光线使得土壤中的小动物从土壤中出来沿着漏斗内壁向下运动，从而进入到收集槽中。可以调节灯的位置来改变土壤的温度从而加快或者减慢土壤动物的收集速度。从而也防止某些慢速土壤动物因为温度过高固结在土壤中。如果想要采用湿式采集的方法，就将漏斗灌满了水，然后将薄纱放好，将想要采集的线虫类或其它生物收集在漏斗的底部，然后间隔一段时间，将底部抽出来，有没有灯都可以操作。干式漏斗法使用的装置，它不

仅结构简单，而且制作相对容易，效率高，还可以进行干式或湿式两种采集方式，设计简单，操作方便。

2.2.2. 湿漏斗法

适用于土壤水生动物或土壤湿动物，如姬蚯蚓、线虫、熊虫等，虽然种类不多，但在湿地土壤生态系统中起着重要作用，它在湿地生态系统的结构与功能中发挥着重要作用。采用湿漏斗法收集土壤动物，是因为某些土壤动物迁移能力比较弱，并且不耐干旱和高温，也无法接受比较强的光照，干漏斗法无法将其收集。湿漏斗法将收集的土壤样品放入水中，在土壤样品上方用光照射，使土壤动物因不能接受高温和光照从土壤中出来，从而将其收集起来，达到了收集的目的。

中国的湿地面积约占世界湿地面积的 10%，而且面积很大。湿地被称为地球的“肾脏”，作为珍贵的资源，对于人类生存发展有着重要的作用。湿地中的土壤动物，对于湿地生态系统物质循环、土壤理化性质以及湿地恢复有着重要的作用，所以了解湿地中的土壤动物类群以及采集方式，对湿地土壤动物进行研究，研究湿地土壤动物类群、群落特征和多样性与湿地之间关系，对湿地生态系统的发展有十分重要的作用。

3. 土壤动物在湿地生态系统中的生态特征研究

3.1. 湿地土壤动物群落结构及其多样性

湿地土壤动物群落结构及多样性的研究包括对物种组成(物种数、个体数)、以及群落密度等指标的描述。湿地土壤动物的数量、个体数量、多样性、均匀性和优势度是反映湿地土壤动物群落结构和功能异质性的重要指标[5]。群落数量和各群体个体数量与多样性、均匀性和优势度有关。多样性可以反映群落物种组成是否丰富[6]。大型群落结构的多样性指数更加复杂。均匀性表示群体数量分布均匀，优势度反映群落优势集中度。多样性和均匀度指数越高，优势度指数越低[7]。不同土壤动物群体的生态功能不同，且不同群体的个体数量差异很大，这使得群落多样性和均匀度显著相关，但与丰富度关系不大。因此，组成简单、群体数量较少的群落的值可能高于组成丰富、群体数量较多的群落的更高[8]。不同的土地利用模式会影响土壤动物群落特征，付晓宇等[9]在三江平原湿地选择森林、湿地、农田、退耕地、退耕湿地五种土地利用方式，研究了大型土壤动物的群落结构和多样性特征，在不同的土地利用模式下，大型土壤动物群落结构存在差异。不同土地利用模式下的土壤大型动物数量差异不显著。群落多样性与均匀度呈正相关，但与丰度指数不相关，均匀度与优势度呈负相关。在扎龙国家保护区对四个群落大型土壤动物进行生态特征的研究，发现大型土壤动物的水平分布具有不均匀性；大型土壤动物的垂直分布随土层深度的增加而减小，表现出明显的表面聚集[10]。兰洪波等[11]对茂兰喀斯特森林沼泽湿地的土壤动物群落进行调查发现，湿地土壤动物的种类和数量与湿地的土壤结构和植被有关。湿地土壤动物的多样性、均匀性和优势度取决于群落的数量和不同群体中的个体数量。

3.2. 湿地土壤动物与环境因子的关系

湿地土壤动物是湿地生态系统的重要组成部分。湿地土壤动物的种类、数量、群落结构和多样性与环境因素密切相关。土层厚度越来越深，土壤动物的多样性以及数量会越来越小。温度对湿地土壤动物也有很重要的作用。例如，在永久冻土环境中，水平分布表明土壤中的个体数量与群体数量一致，在垂直分布上，中小型土壤动物种群的数量和垂直分布具有明显的表面聚集，大型土壤动物的表面聚集不明显[12]。由于环境因子，湿地土壤动物为了适应生存，在垂直结构和水平结构也会发生很大的变化。

4. 土壤动物在湿地生态系统中的生态功能研究

湿地生态系统中的土壤动物分解松散的土壤、分解土壤有机质、改善土壤结构、改善土壤质量、参

与养分循环,并在植物的生存和发展中发挥重要的作用。作为生态系统物质循环的消费者,它发挥着重要的作用,并且推动着能量流动。一方面,它需要吸收土壤中的有用物质,以满足自身生存和发展的需要,另一方面它会将排泄物排到环境中给分解者使其利用促进物质循环用以改造环境。可以说土壤动物具有生态指示功能、生态调节功能和湿地生态系统凋落物的分解功能。

4.1. 生态指示功能

土壤动物在湿地生态系统中具有生态指示功能。土壤动物,特别是中型土壤动物,具有密度高,许多物种,广泛分布,小范围的活动,迁移能力较差,对环境变化敏感,常规季节性变化的群落结构、相对稳定的年度变化,简单而有效的调查方法,参与动物和植物的生存和发展等的性质和功能。目前,土壤动物已经开始被广泛用作测量土壤质量和环境质量的措施。作为人类干扰的线虫群落结构现在已经广泛应用于湿地生态系统中。付秀芹等[13]研究了洞庭湖湿地的土壤动物,分析了土壤动物的群落结构、分布特征和季节变化,分析了土壤动物与土壤污染的关系,认为土壤动物与土地污染程度密切相关。土壤动物指数可以作为监测土地污染程度的间接指标。

4.2. 生态调控功能

土壤动物具有生态调控功能,主要体现在对土壤结构、土壤理化性质、土壤微生物和土壤酶活性的影响。大型土壤动物挖洞,建立洞穴,采食活动以及平时活动,疏松了土壤改变了土壤结构,增加土壤孔隙度。土壤动物在生命活动过程中,需要获取食物来满足自身生存发展需要,它们通过食物链和食物网吸收外界环境中的营养物质,它通过排泄或者死亡被微生物分解,并成为可被植物吸收和利用的活性成分。同时,土壤动物也具有净化功能。土壤动物可以通过新陈代谢将部分或全部有毒有害物质从土壤中带走,保护受污染的湿地,使湿地生态系统恢复到原来的状态或恢复得更快,它在退化的湿地中也起着重要的作用。土壤有机质含量也与土壤动物有关,土壤动物通过吸收外来营养或活动将动植物残体带入土壤,然后通过微生物分解成土壤养分。蚯蚓的活动和功能最明显。徐艳等[14]土壤动物在土壤污染治理中的研究表明,土壤动物处于陆地生态系统的底层,可以富集和转化农药、矿物油等。此外,土壤动物通过破碎,消化,吸收和转化机制将生活垃圾和粪便污染物转化为均匀、结构良好的肥料。

4.3. 对枯落物的分解功能

土壤动物参与湿地生态系统的物质循环,在湿地生态系统中起着分解作用,在凋落物分解中起着重要作用。分解垃圾有两种主要方法:通过粉碎和喂养垫料,它直接参与垫料的分解,并通过改变周围的物理、化学和生物性质间接影响垫料的分解。土壤动物将枯落物进行粉碎和采食,加速土壤微生物的分解,使得分解物更快被吸收利用,加速了养分流动。垫料的减少也会减少相应的土壤动物。气候变化也会对破坏枯枝落叶的土壤动物产生影响。全球气候变化可能以两种方式影响土壤动物对凋落物分解的贡献:其一,全球气候变化可能改变土壤动物物种组成和相对丰富度,进而改变土壤动物群落结构;其次,全球变化可能导致土壤动物生态的增加,向北移动或者向上移动到已经稀缺的区域[14]。

5. 结论与展望

湿地土壤动物在湿地生态系统生存发展中扮演着不可缺少的角色,是维持湿地生态系统正常结构和功能的重要组成部分,通过进一步的了解以及研究发现,湿地土壤动物在湿地生态系统的研究中仍然存在着许多问题:1) 土壤动物的研究方法及手段需要进一步完善,基础工作相对薄弱,没有关于土壤动物调查的系统调查数据。关于不同土地利用方式下土壤动物的种类、组成、数量的基础研究较少;2) 缺乏土壤动物在湿地生态系中参与物质循环和土壤动物作为分解者分解过程以及土壤养分变化的研究;3) 土

壤动物在湿地生态系统中的区系组成、种类、数量、分布缺少研究。4) 土壤动物和土壤微生物是分解者，但没有单独研究。它没有解释有多少土壤动物可以分解湿地生态系统中的垃圾。土壤微生物和土壤动物的分解谁的更为明显；5) 缺乏对土壤动物生态功能机制的研究。

今后，还应加强湿地生态系统土壤动物的研究领域，包括以下几个方面：

1) 土壤动物对全球变化反应

土壤动物是湿地生态系统不可分割的一部分，并从环境角度进行分析。温室效应、二氧化碳浓度的升高或者降低、氮沉降、环境污染、气温变化大等对土壤动物的种类以及多样性有什么样的影响，可以作为土壤动物研究领域的热点，今后可以对这方面多做研究。

2) 土壤动物生态功能研究

土壤动物数量庞大、种类繁多，也是土壤有机组分的组成成分，参与生物的物质循环和能量流动。研究了湿地生态系统中土壤动物的生态功能，研究了土壤动物的内部生态过程以及土壤动物的类型和数量，对湿地生态功能的研究都十分的少，今后可以从这几个方面多加研究，将土壤动物生态功能研究更多，了解更多可以使得土壤动物在湿地生态系统中发挥着更重要的作用。

3) 土壤动物在湿地恢复中的应用

研究湿地土壤动物生态指标的功能是生态恢复和湿地重建领域需要研究和解决的重要问题。研究湿地恢复过程中人为干扰过程和土壤动物的变化规律是关键。这些研究可以揭示退化和恢复机制的指标以及可反映退化和恢复过程中生态功能变化的指标[15]。土壤动物在湿地恢复中扮演着消费者和分解者的角色，土壤动物对枯落物的分解以及土壤动物挖洞筑穴、采食活动以及排泄，它促进了湿地生态系统的物质循环和能量流动，是湿地生态系统不可或缺的组成部分。张秀娟等[16]研究了洞庭湖湿地土壤小型节肢动物群落的组成、垂直结构和季节变化。全年共收集了 27,641 只土壤小型节肢动物，隶属于节肢动物 6 纲 24 目。韩立亮等[5]为了解洞庭湖湿地不同生境土壤动物的多样性，对洞庭湖湿地不同生境的土壤动物进行了分类鉴定，共鉴定出 8484 种土壤动物，隶属于 5 门 11 类 32 种。研究表明：退田还湖的洞庭湖相比湿地，生态系统的退化生态恢复较慢，生存的土壤动物也较少。将湿地中引入一些土壤动物，土壤动物可以通过新陈代谢将部分或全部有毒有害物质从土壤中带走，保护受污染的湿地，使湿地生态系统恢复到原来的状态或恢复得更快，在退化的湿地中也发挥着重要的作用可以加快湿地生态系统的恢复。所以今后应该在这方面多加研究，为更多的湿地恢复做出我们应有的贡献。

参考文献

- [1] 王媛, 王庆贵, 孙元, 邢亚娟. 土壤动物生态功能与陆地生态系统各环境因子的关系[J]. 中国农学通报, 2020, 36(23): 54-59.
- [2] 王壮壮, 贺凯, 朱时应, 普布. 西藏年楚河流域湿地大型土壤动物群落特征[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(11): 184-190.
- [3] 罗梦娇, 李松松, 强大宏, 刘长海. 南泥湾湿地土壤动物群落组成与土壤理化性质的关系[J]. 生态环境学报, 2018, 27(8): 1432-1439.
- [4] Riutta, T., Slade, E.M., Bebber, D.P., et al. (2012) Experimental Evidence for the Interacting Effects of Forest Edge, Moisture and Soil Macrofauna on Leaf Litter Decomposition. *Soil Biology and Biochemistry*, 49, 124-131. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.028>
- [5] 韩立亮, 王勇, 王广力, 等. 洞庭湖湿地与农田土壤动物多样性研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(2): 199-206.
- [6] 董满宇, 殷秀琴, 付关强, 郑艳苗, 刘静. 羊草草原植被不同演替阶段土壤鞘翅目昆虫群落特征[J]. 土壤学报, 2011, 48(2): 397-404.
- [7] 孙儒泳, 李博, 诸葛阳, 等. 普通生态学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1999.
- [8] 葛宝明, 孔军苗, 程宏毅, 郑祥, 鲍毅新. 不同利用方式土地秋季大型土壤动物群落结构[J]. 动物学研究, 2005, 26(3): 272-278.

- [9] 付晓宇, 张荣涛, 刘赢男, 伍一宁, 沙威, 王丽媛, 倪红伟. 三江平原湿地不同土地利用方式大型土壤动物群落结构[J]. 国土与自然资源研究, 2018(6): 73-76.
- [10] 潘林, 王文峰, 郭继勋, 孙玉坤. 扎龙自然保护区大型土壤动物的群落结构[J]. 土壤通报, 2012, 43(4): 781-786.
- [11] 兰洪波, 冉景丞, 姚雾清, 姚正明, 王万海, 蒙惠理. 茂兰喀斯特森林沼泽湿地土壤动物群落多样性分析[J]. 安徽农学通报, 2018, 24(15): 64-66.
- [12] 张武, 顾成林, 李富, 王长宝, 张雪萍. 大兴安岭不同冻土环境湿地土壤动物群落特征[J]. 东北林业大学学报, 2014, 42(5): 101-104.
- [13] 付秀芹, 张志罡, 胡波, 等. 洞庭湖湿地土壤动物群落特征与土壤质量的关系探讨[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(6): 685-687
- [14] 徐艳, 邓富玲. 土壤动物在土壤污染修复中的应用[J]. 现代农业科技, 2018(23): 192+197.
- [15] 刘长海, 王希群, 王文强, 徐世才, 苑彩霞, 齐龙. 湿地土壤动物及其与湿地恢复的关系[J]. 生态环境学报, 2014, 23(4): 705-709.
- [16] 张秀娟, 杨晨利, 倪向利, 等. 洞庭湖湿地小型节肢土壤动物群落组成及其特征[J]. 湖南理工学院学报(自然科学版), 2005, 18(3): 62-65.