



## 土壤中的超小型捕食者：类型和作用

Stefan Geisen <sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup>Laboratory of Nematology, Wageningen University, Wageningen, Netherlands

<sup>2</sup>Department of Terrestrial Ecology, Netherlands Institute of Ecology NIOO-KNAW, Wageningen, Netherlands

### YOUNG REVIEWERS:



AYA

年龄：9岁

土壤中生活着数以百万计的物种，构成了土壤生物多样性。土壤生物多样性大部分是由细菌和真菌组成的，这些微小的生物体构成了土壤微生物组。土壤微生物组的大小和组成主要由原生动物和线虫这两类捕食者控制。原生动物是微小的单细胞生物，而线虫（一种微小蠕虫）是地球上数量最多的动物，原生动物和线虫加起来的重量比地球上所有其他动物的重量总和都要大！原生动物和线虫通过保持土壤微生物组的平衡，来帮助植物生长并保持土壤的正常运作。如果没有原生动物和线虫，土壤提供的功能和服务将发生巨大变化，甚至可能影响地球的气候。因此，我们不能忘记这些微小土壤生物的重要性！

## 生物多样性

生态系统中物种的多样性。

## 土壤微生物组

生活在土壤中的所有微生物。

## 微生物组捕食者

以细菌和真菌为食的生物。

## 微生物

肉眼难以看清，需要借助光学显微镜或电子显微镜才能观察到的一切微小生物的总称，包括细菌、真菌和原生动物等。

## 线虫

生活在所有环境和宿主体内的微小蠕虫，是地球上数量最多的动物。

## 原生动物

除真菌、动物和植物外的所有真核生物，其中大多数是单细胞的。

## 真核生物

细胞内有细胞核（内含DNA）的生物，包括真菌、原生动物、植物和动物。

# 土壤生物多样性

土壤不仅仅是由沙子、粘土和黄土组成的深色泥土，还具有高度的**生物多样性**，生活着数以百万计的各种类型和大小的生物。土壤不仅比地球上任何其他生态系统具有更多的生物多样性，而且所有土壤生物（包括根部约占土壤生物一半的植物）的重量远远大于所有其他生物的重量总和[1]。土壤生物大小不一，包括微小的病毒、可以蔓延几百米的巨大真菌，以及介于这两者之间的一切！土壤中的微观生命被称为**土壤微生物组**，主要由细菌和真菌组成。如果没有具有生物多样性的微生物组，土壤将无法回收养分并促进植物生长。本文重点介绍原生动物和线虫这两类很少有科学家研究的土壤生物。读完本篇文章后，希望大家能理解为什么需要更多的研究来集中在这些微小的生物体上！

## 原生动物和线虫：微型捕食者

**微生物组捕食者**是以细菌和真菌等**微生物**为食的生物[2]。原生动物和线虫是最重要的微生物组捕食者之一。**线虫**超级小，比人类头发的宽度还要小100倍，所以肉眼无法观察到它们。科学家最熟悉的线虫是一种被称为***Caenorhabditis elegans***的蛔虫，经常被用于研究中。许多科学家、医生、农民和园丁都知道线虫是害虫，因为有些物种可以感染人类，有些则会引起植物疾病。在土壤中，线虫捕食细菌、真菌或其他线虫，并可能成为动物和植物的寄生虫。虽然大多数线虫看起来基本相同，但却有着数十万个不同的物种（**图1A**）<sup>1</sup>。地球上10个动物中有8个是线虫，换句话说，每一个人身上就有600亿条线虫[3]！

土壤中的**原生动物**比线虫多1000倍！原生动物是一种不能被归为动物或植物的微生物，是**真核生物**，它们像动物、真菌和植物的细胞一样含有细胞核。虽然“原生生物”一词对你来说可能很陌生，但你应该听说过一些著名的原生生物的例子：比如湖泊和海洋中进行光合作用的所有真核藻类都是原生生物，导致疟疾的恶性疟原虫（*Plasmodium falciparum*）也是原生动物。除了变形虫（*Amoebae*）和草履虫（*Paramecium*），世界上还有很多其他的原生动物！地球上大部分真核生物多样性可能是由有着数百万种的原生生物组成的，但是我们对现有的原生生物物种的了解还不到百分之一。在土壤中，原生动物有着广泛的功能。大多数原生动物以细菌为食，但也有原生动物以真菌甚至较大的动物为食。一些原生动物是植物和动物的寄生虫，而一些原生生物（如地衣）与真菌有密切关系[4]。原生动物有超级多样且漂亮的形状（**图1B**）<sup>2</sup>。与狮子或其他大型捕食者类似，微生物组捕食者也会捕食许多它们可以捕获的东西（**图1C,D**）；这样，这些微型捕食者可以控制微生物的生长，改变土壤生态系统中的生物种类，并帮助土壤发挥其重要功能。对微生物组的捕食还会导致营养物质释放到土壤中，从而被其他微生物和植物吸收，帮助其生长。微生物组捕食者通常以不太活跃的微生物为食，从而使整个微生物

物组呈现更加活跃的状态——这种捕食策略类似于狮子：通过捕食年龄较大、速度较慢和较弱的个体来诱导猎物向更健康的状态发展。

图 1

显微镜下的线虫 (A) 和原生动物 (B)。与草原生态系统中著名的捕食者狮子 (C) 类似，微生物组捕食者 (D) 在地下生态系统中也发挥着类似的重要作用。原生动物和线虫以细菌和真菌为食，改变了土壤生物的组成和活动，有助于保持土壤的健康。图片来源。A：线虫

(*Anaplectus porosus*和 *Aphelenchoides*) 来自 Hanny van Megen)；

B：原生动物

(*Hyalosphenia papilio*、*Heliamoeba* sp和

*Mayorella viridis*) 来自 [www.penard.de](http://www.penard.de)，获得 Eckhard Völcker和Steffen

Clauß许可；C：狮子和斑马图片来自

<https://purepng.com/> (获得CCO许可)。D：

细菌漫画，来自维基百科，获得CCO许可。

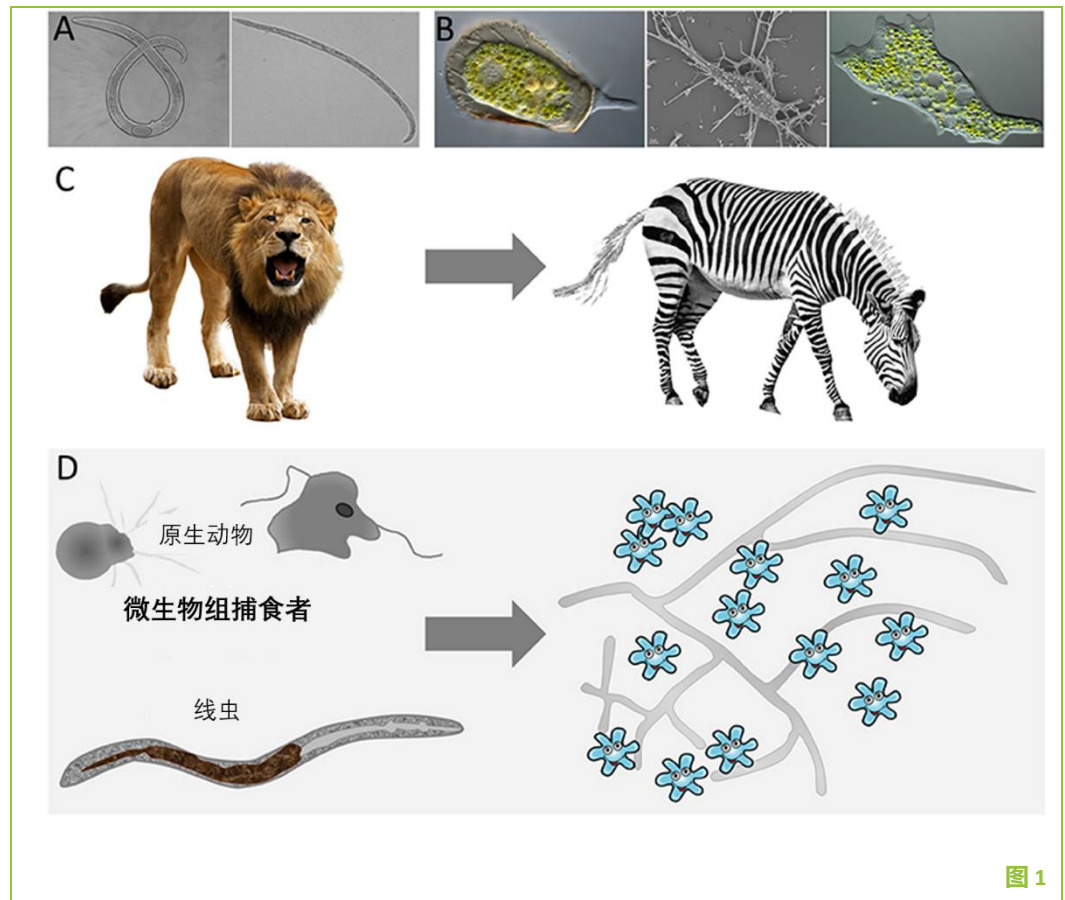


图 1

## 我们应该如何研究微生物组捕食者？

由于线虫和原生动物很小，在土壤中是不可见的，所以科学家们不能在其自然栖息地直接研究。用于研究这些生物的一个方法是将它们从土壤中分离出来。这种方法对线虫来说比较容易，你甚至可以在家里使用咖啡滤纸或纸巾、水和一个碗等工具进行尝试（图2）！<sup>3</sup>

研究原生动物则更为复杂。土壤中大多数的原生动物都强烈地附着在土壤颗粒上，过去研究它们最好的方法是将少量的土壤与细菌放在一起，然后提取以细菌为食的原生动物。然而，只有少数类型的原生动物可以通过这种方式生长，因此许多原生动物物种仍然是未知的。今天，大多数研究人员使用分子工具，如从土壤中提取的DNA来识别这些微型生物。因为每个生物体都有独特的DNA序列，我们可以通过DNA测序技术，根据其独特的DNA来区分各个物种。尽管我们用肉眼观察不到，也不能在实验室里培养它们（图3），但这种方法可以告诉我们究竟存在哪些土壤生物。

这些提取、培养和测序的方法向我们展示了土壤样品中存在哪些物种，但并没有展示这些物种的作用。有些方法可以了解土壤中原生动物和线虫的功能，包括将捕食者与各种猎物微生物结合起来，观察它们是如何

## DNA测序

一种确定生物体DNA序列的方法，可用于识别生物体。

相互作用的；还有一些科学方法可以通过[5]中所述的特殊方法追踪某些土壤化合物，从而揭示土壤中的生物以什么为食。

## 图 2

在家提取线虫。如图所示：将一把土壤放在两个咖啡滤纸上，用衣夹封住，然后将滤纸放在一个装满水的碗里（水应覆盖住滤纸中的土壤）。第二天，取出咖啡滤纸，混合溶液并将其转移到一个薄玻璃杯中，等待一小时，然后小心地倒掉大部分液体，只留下一点在玻璃杯底部。现在你就可以用放大镜或显微镜观察剩余溶液中的线虫了。



图 2

## 我们为什么要关心微生物组捕食者？

如果没有微生物组捕食者，土壤会出现大问题，这会给人类带来麻烦！几乎所有进入土壤的营养物质都被细菌和真菌吸收了，所以如果不加以控制，那么数量最多的细菌就会吸收并长期保留所有的营养物质。土壤中的微生物在没有捕食者的情况下可以存活数月，甚至可以进入长期生存阶段（可存活数十年）。这样会使得食物链终止，导致更大的生物无法生存。植物从土壤中吸收的养分也会少得多，从而生长缓慢。但通过捕食微生物并释放营养物质，微生物组捕食者可以确保植物能够获得营养物质；并且微生物组捕食者本身也可以作为较大生物的猎物。因此，微生物组捕食者通过帮助土壤发挥其关键功能，最终拯救了我们的食物供应。

图 3

除了在土壤中隐藏得很好之外，微生物组捕食者也太小了，所以肉眼无法看到。为了研究这些生物，科学家们通常通过从土壤中提取DNA并对该DNA进行测序来确定所有存在的原生动物和线虫的种类。（图片来源：

<https://www.bioanalysis-zone.com/>，版权免费（CC0）。



图 3

## 结论

原生动物和线虫是地球上生物多样性最丰富、数量最多的生物之一；也是重要的微生物组捕食者，在确保土壤正常运作方面发挥重要作用。如果没有微生物组捕食者，地下和地上的生命就不可能存在！微生物组捕食者对植物生长至关重要，而且在其他微生物过程中也发挥着关键作用。通过对微生物组原生动物和线虫的了解，我们也将对土壤的工作方式有更好的理解。如果清楚如何调整土壤中微生物组捕食者的类型和数量，就可以帮助保持土壤微生物组的健康并保护土壤功能。微生物组捕食者在土壤中的关键作用清楚地表明，我们不应该忘记地球上的任何生命群体，因为即使是最小的生物体也会有独特的功能重要性，这有助于维持包括人类在内的许多其他生物的生存。

## 参考文献

1. Bar-On, Y. M., Phillips, R., and Milo, R. 2018. The biomass distribution on Earth. *Proc. Natl. Acad. U.S.A.* 115:6506–11. doi: 10.1073/pnas.1711842115
2. Thakur, M. P., and Geisen, S. 2019. Trophic regulations of the soil microbiome. *Trends Microbiol.* 27:771–80. doi: 10.1016/j.tim.2019.04.008
3. van den Hoogen, J., Geisen, S., Routh, D., Ferris, H., Traunspurger, W., Wardle, D.A., et al. 2019. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. *Nature* 572:194–98. doi: 10.1038/s41586-019-1418-6
4. Geisen, S., Mitchell, E. A. D., Adl, S., Bonkowski, M., Dunthorn, M., Ekelund, F., et al. 2018. Soil protists: a fertile frontier in soil biology research. *FEMS Microbiol. Rev.* 42:293–323. doi: 10.1093/femsre/fuy006
5. Erktan, A., Pollierer, M., and Scheu, S. 2020. Soil ecologists as detectives discovering who eats whom or what in the soil. *Front. Young Minds* 8:544803. doi: 10.3389/frym.2020.544803

**EDITED BY:** Rémy Beugnon, German Centre for Integrative Biodiversity Research (iDiv), Germany

**CITATION:** Geisen S (2021) Super-Small Predators in Soils: Who Are They and What Do They Do? *Front. Young Minds* 9:597620. doi: 10.3389/frym.2021.597620

**CONFLICT OF INTEREST:** The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

**COPYRIGHT** © 2021 Geisen. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

## 小审稿人



**AYA, 年龄：10岁**

Aya想学习海洋生物学。她想专攻鲨鱼和鳐鱼。她在学校最喜欢的科目是阅读、写作、数学和音乐。在空闲时间，她喜欢看书，尝试挑战性的谜题，进行田径和越野训练，尝试不同的艺术技巧，以及轮滑。

## 小审稿人 (CHINESE)

**刘沛桓**

福建省厦门市滨水学校

## 作者



**STEFAN GEISEN**

Stefan是荷兰瓦赫宁根大学线虫学实验室的助理教授。他试图了解土壤中的所有生物体。也就是说，他想探索在土壤中生活的东西，以及这些生物体通过引导植物生长为生态系统和我们做了什么。他工作的一个重点是原生动物和线虫，这些小生物是土壤中微生物最重要的捕食者。他是三个男孩的父亲，在剩下的时间里，他喜欢和朋友聚会，做运动。

\*stefan.geisen@wur.nl

## 翻译

**唐仲辉**

硕士研究生（中国科学院城市环境研究所）

**廖紫君**

硕士研究生（中国科学院城市环境研究所）

## 校稿

**孙新**

研究员（中国科学院城市环境研究所）