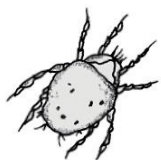


第二部分

包括：引言、土壤食物网、土壤食物网与土壤健康（部分内容）



美国农业部

《土壤健康管理指南》



山东益禾箭生物技术有限公司 编译



第1章 引言

什么是健康的土壤？

土壤健康，也称为土壤质量，是指土壤作为维持植物、动物和人类生存的重要生态系统继续发挥作用的能力。这个定义说明了对土壤进行管理的重要性，这样土壤才能为子孙后代提供可持续性。要做到这一点，我们需要记住，土壤中包含有活着的生物，当提供基本的生活必需品——食物、住所和水时，它们就发挥了生产食物和纤维所需的功能。

只有“活着”的东西才能拥有健康，因此将土壤视为一个活着的生态系统，反映了我们关心土壤方式的根本转变。

土壤不是一种惰性生长介质，而是由数十亿的细菌、真菌和其他微生物组成的团队，它们是优雅的共生生态系统的基础。



土壤是一个生态系统，可以设法为植物的生长提供营养，吸收和保持雨水用于干燥期间，过滤和缓冲潜在污染物离开我们的田地，作为农业生产活动的一个坚实的基础，并为土壤微生物提供繁荣和多样化的栖息地，以保持土壤生态系统的平稳运行。

土壤能做什么？

健康的土壤为我们提供了清洁的空气和水、丰富的作物和森林、肥沃的牧场、多样的野生动物和美丽的风景。土壤通过执行五项基本功能来实现这一切：

- 调节水分-土壤有助于控制雨水、融雪和灌溉用水的去向。水和溶解的溶质在土地上流动，或者进入和通过土壤。
- 维持植物和动物的生命-生物的多样性和生产力依赖于土壤。
- 过滤和缓冲潜在污染物-土壤中的矿物质和微生物负责过滤、缓冲、降解、固定和解毒有机和无机材料，包括工业和城市副产品和大气沉积物。

- 循环养分—碳、氮、磷和许多其他养分在土壤中储存、转化和循环。
- 物理稳定性和支撑——土壤结构为植物根系提供了介质。土壤还为人类结构提供支撑，为考古宝藏提供保护。

土壤内在的和动态的特性

土壤既有内在的特性，也有动态的特性。内在的土壤质量是土壤的一个天生的发挥作用的能力。例如，沙土比粘土排水快。深层土壤比表层的基岩土壤有更多的空间容纳树根。这些特性不容易改变。

动态的土壤质量是土壤如何变化取决于如何管理。管理的选择影响土壤有机质的数量、土壤结构、土壤深度、水和养分的保持能力。土壤健康研究的一个目标是学习如何以改善土壤功能的方式管理土壤。土壤对管理的反应不同，取决于土壤的固有属性和周围的地貌。

理解土壤健康意味着评估和管理土壤，以使其现在就发挥最佳功能，而不是为未来提供退化的土壤。通过监测土壤健康的变化，土地管理者可确定一套做法是否可持续。有关更多信息，请参见土壤健康评估和土壤健康管理原则。

第2章 土壤生物入门

生活在土壤中的生物对土壤的健康至关重要。它们影响土壤结构，从而影响土壤侵蚀和水的的天效性。它们可以保护农作物免受病虫害。它们是分解和养分循环的中心，因此影响植物生长和环境中污染物的数量。最后，土壤是世界上很大一部分遗传多样性的家园。

土壤生物学入门是介绍土壤的活性成分，以及它如何对农业生产力、空气和水质作出贡献。入门教材包括描述土壤食物网及其与土壤健康的关系的章节，以及关于土壤细菌、真菌、原生动物、线虫、节肢动物和蚯蚓的章节。

在线初级读本包含了印刷的原始版本的所有文本，但不是土壤有机体的所有图像。在印刷版本的插图的帮助下，土壤食物网的完整故事更容易理解。

致谢

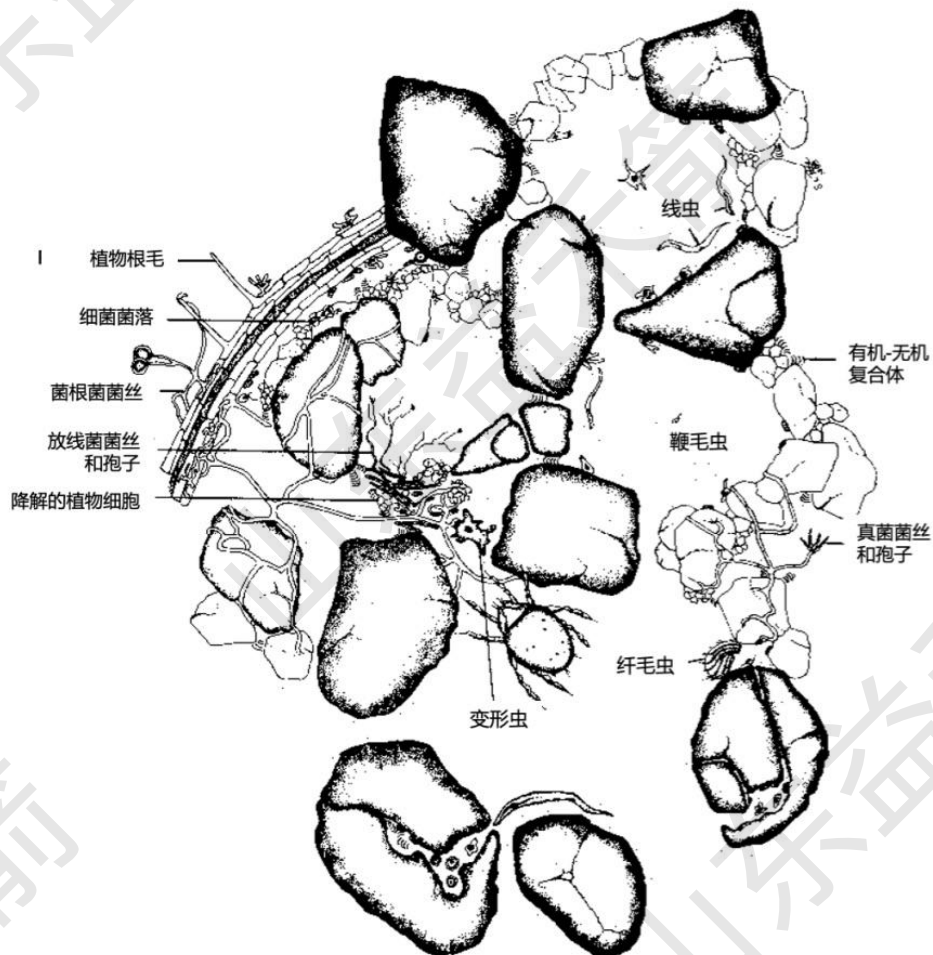
在保护技术信息中心的协助下，自然资源保护服务处领导了这个项目。自然资源保护署和水土保持协会对以下人员的贡献表示感谢。（省略）

第 1 节 土壤食物网

By Elaine R. Ingham

1. 土壤生物及其图景

令人难以置信的生物多样性构成了土壤的食物网。它们的大小从最微小的单细胞细菌、藻类、真菌和原生动物，到更复杂的线虫和微型节肢动物，再到肉眼可见的蚯蚓、昆虫、小型脊椎动物和植物。



生物在土壤团聚体内的生存状态

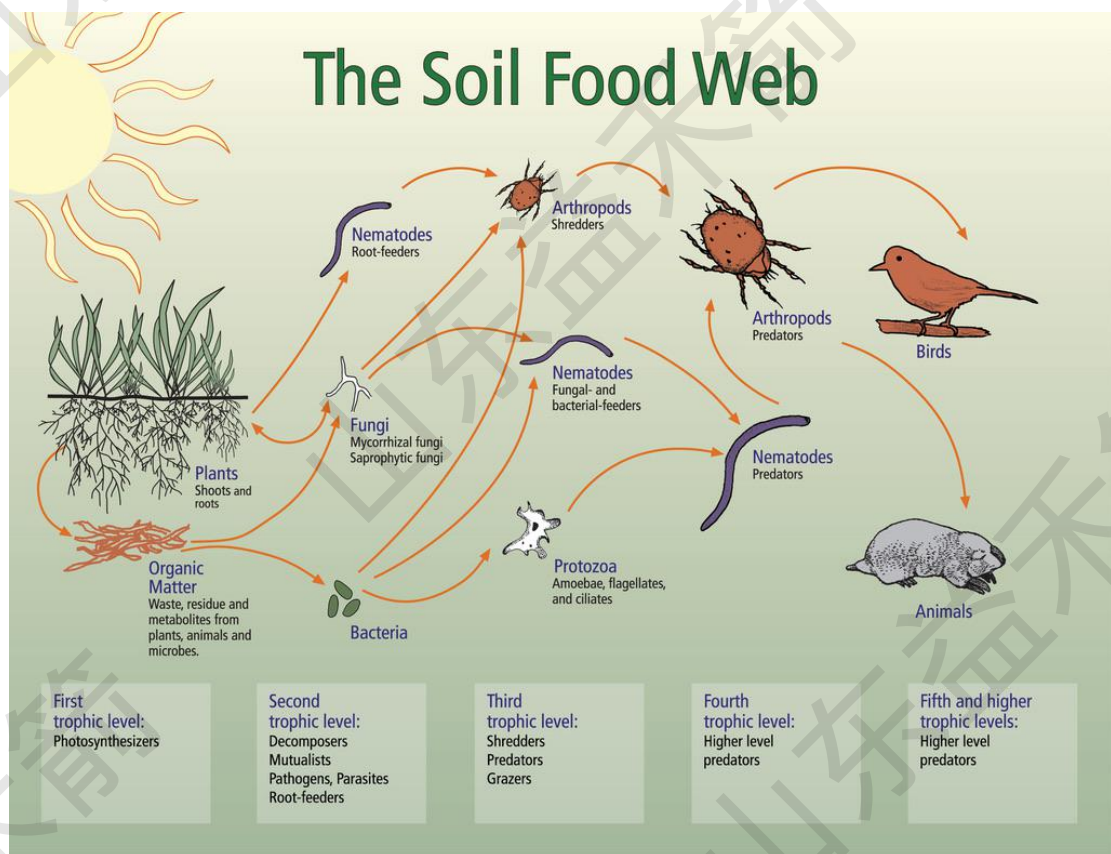
土壤环境。生物生活在土壤颗粒内部和之间的微尺度环境中。在很小的间距上，pH 值、湿度、孔隙大小和可用的食物类型的差异创造了广泛的栖息地。

当这些生物体在土壤中进行食、生长和移动时，它们就有可能获得干净的水、干净的空气、健康的植物和温和的水流。

土壤食物网在很多方面都是图景形成过程中不可或缺的一部分。土壤中的生物分解有机化合物，包括粪肥、植物残渣和杀虫剂，防止它们进入水中成为污染物。它们将氮和其他可能进入地下水的营养物质隔离起来，并将大气中的氮固定下来，使其能够被植物利用。许多生物增强了土壤的聚集性和孔隙度，从而增加了渗入，减少了径流。土壤生物以农作物害虫为食，也是地上动物的食物。

2. 食物网：生物及其相互作用

土壤食物网是指生命的全部或部分生活在土壤中的生物群落。食物网图显示



了一种生物吃另一种生物时能量和营养的一系列转换(用箭头表示)。

所有的食物网都是由主要生产者供能的:植物、地衣、苔藓、光合细菌和藻类,它们利用太阳的能量固定大气中的二氧化碳。大多数其他土壤生物通过消耗植物、其他生物体和废物副产品中的有机化合物来获得能量和碳。一些被称为“化学自养生物”的细菌从氮、硫或铁化合物中获取能量,而不是从碳化合物或太阳中获取能量。

土壤食物网术语

节肢动物	带有关节腿的无脊椎动物
细菌	微小的单细胞生物,大多数无光合作用。它们包括以前被称为蓝-绿藻的蓝细菌和放线菌(健康土壤特有泥土味的线状细菌)
真菌	真菌是多细胞、无光合作用的生物,既不是植物也不是动物。真菌细胞形成长的链条状菌丝。象霉菌和蘑菇的菌丝上可形成释放孢子的子实体。某些真菌如酵母菌是单细胞的。 腐生真菌:可以降解有机物的真菌。 菌根菌:和植物根形成联盟、从植物获得能源,帮助植物取得营养的真菌。
吞食者	象原生动物、线虫、微小节肢动物一样,以细菌和真菌为食的生物。
微生物	一个不太严谨的术语:指一切微观的、肉眼不可见的生物。一般地,微生物指细菌、真菌和原生生物。
共生生物	生活在一个联盟体中、彼此有益的2个生物,如根-菌根菌或根-固氮菌联盟体
线虫	微小的、通常在显微镜可见的不分节蠕虫,多数自由生活在土壤中,某些须寄生植物或动物。
原生动物	微小的单细胞生物包括:变形虫、鞭毛虫、纤毛虫。
营养层级	食物链的层级。第一营养层级包括从太阳获取能源的光合者。那些以光合者为食的生物构成了第二营养层级。第三营养层级的生物又以第二层级为食,以此类推。这是一个简单思考食物网的方法,实际上,有些生物可能以几个层级的生物为食。

当生物体分解复杂物质或消耗其他生物体时，营养物质从一种形式转化为另一种形式，并为植物和其他土壤生物体提供养分。所有的植物——草、树、灌木、农作物——都依赖食物网获得营养。

1. 土壤生物能做什么？

生长和繁殖是所有生物体的主要活动。当单个的植物和土壤有机体生存下来

土壤生物的作用	
典型的土壤生物	主要作用
光合者 - 植物 - 藻类 - 细菌	捕获能量 - 利用太阳能固定CO₂ - 向土壤加入有机质（死细胞、植物碎片、次生代谢物）
分解者 - 真菌 - 细菌	裂解残渣 - 把营养固定在生物物质中 - 产生新的有机化合物（细胞成分、副产品），这些新有机物是其他生物体的能源或营养。 - 真菌菌丝捆绑土壤团聚体。 - 产生化合物，帮助土壤形成团聚体。 - 硝化与反硝化细菌转化不同形式的氮。 - 竞争或抑制致病菌。
共生生物 - 真菌 - 细菌	促进植物生长 - 保护植物根系免受病原菌侵害 - 某些细菌可固定氮素 - 某些真菌可形成与植物根共生的菌根，向植物提供营养（如磷素）和水分。
病原菌 - 真菌 - 细菌	产生疾病 - 消耗根系或植物其他部分，产生病害。 - 寄生线虫或昆虫，包括致病生物。
寄生者 - 线虫 - 微小节肢动物	破坏植物根 可能显著造成作物产量损失。
食根者 - 线虫 - 大型节肢动物	“放牧” - 当以细菌为食时，释放出植物可利用性氮（NH₄⁺）或其他营养 - 控制很多食根性或致病性昆虫。 - 刺激或控制细菌种群的活动。
食细菌者 - 线虫 - 原生动物	“放牧” - 当以细菌为食时，释放出植物可利用性氮（NH₄⁺）或其他营养 - 控制很多食根性或致病性昆虫。 - 刺激或控制细菌种群的活动。
食真菌者 - 线虫 - 微小节肢动物	破碎残渣和强化土壤结构 - 象进食细菌、真菌一样，将植物撕碎成小块 - 在它们的内脏或粪球中为细菌提供栖息地 - 当它们产生粪球或钻入土壤时强化了土壤结构
碎料机 - 蚯蚓 - 大的节肢动物	控制种群 - 控制较低营养层级种群数量。 - 更大的生物通过掘穴和让土壤经过其内脏改善了土壤结构 - 较大的生物远距离搬运较小的生物。
高级捕食者 - 蚯蚓 - 大型节肢动物	

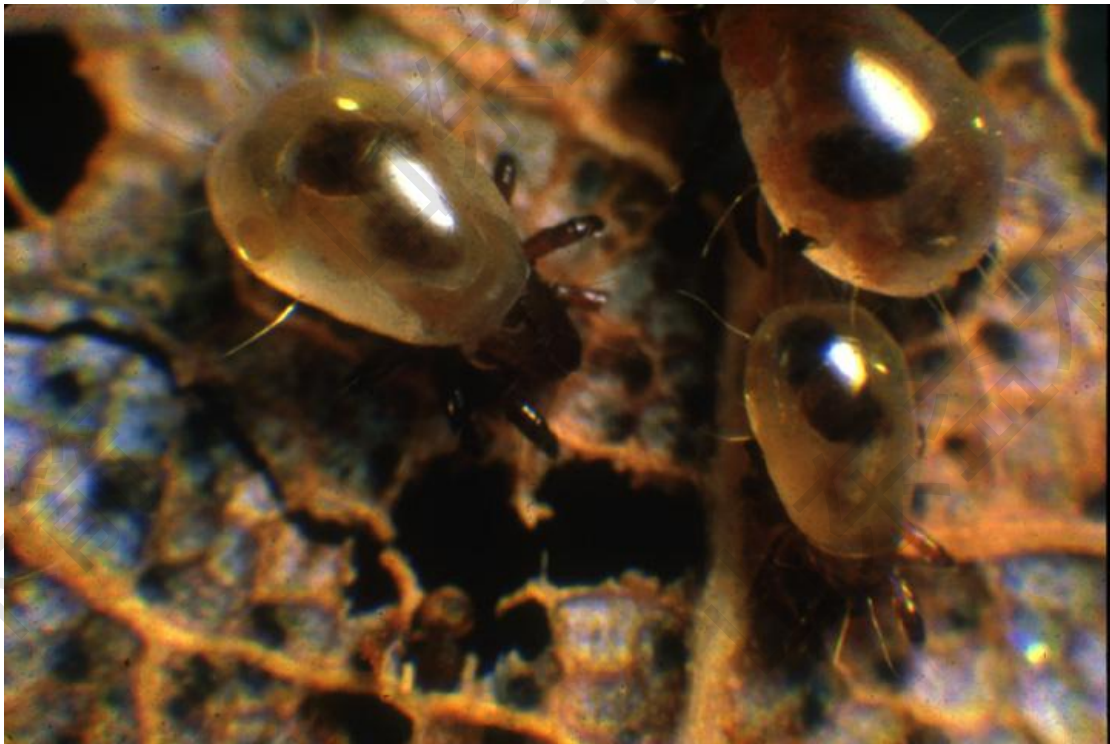
时，它们依赖于彼此之间的相互作用。根和植物残渣产生的副产品是土壤生物的饲料。反过来，土壤生物通过分解有机质、循环养分、增强土壤结构和控制包括作物害虫在内的土壤生物的种群，从而支持植物的健康。

3. 有机物质为食物网提供能源

有机物是许多不同种类的化合物-有些化合物对生物体比其他化合物更有用。一般来说，土壤有机质是由腐殖质和活性有机质 2 个大致相等的部分组成。活性有机质是土壤生物可利用的部分。细菌倾向于利用更简单的有机化合物，如根的分泌物或新鲜的植物残渣。真菌倾向于利用更复杂的化合物，如纤维状的植物残基、木材和土壤腐殖质。

密集耕作在细菌和其他生物之间引发了活动的爆增，这些活动消耗有机物(将其转化为二氧化碳)，首先消耗了有机质的活性部分。增加土壤有机质的做法(减少耕作和定期添加有机质)在远能够测量到总有机质提高之前，首先会先提高活性有机质的比例。随着土壤有机质水平的上升，土壤生物在向腐殖质的转化中发挥了作用。腐殖质是一种相对稳定的碳形式，在土壤中被封存了几十年甚至几个世纪。

土壤有机质是植物和其他生物体所使用的能量和营养物质的仓库。细菌、真菌和其他土壤居民从有机物中转化和释放养分。这些微型粉碎机-未成熟的甲螨，



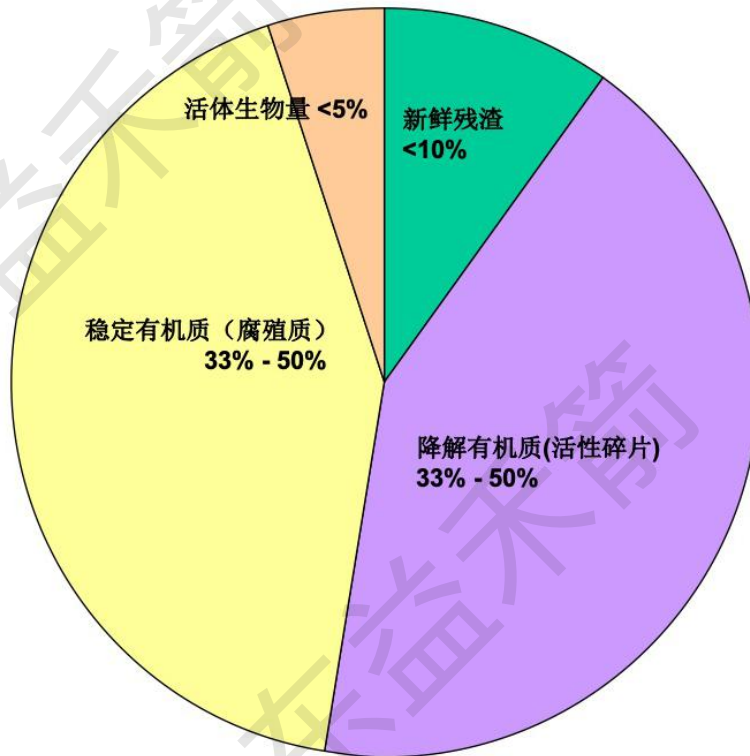
使植物叶片骸骨化。这启动了碳、氮和其他元素的营养循环。

4. 土壤生物的食物来源

“土壤有机质”包括土壤内或土壤上的所有有机物质。以下是用于描述不同类型有机物的术语。

- (1) 活的生物体:细菌、真菌、线虫、原生动物、蚯蚓、节肢动物和根系。
- (2) 死亡的植物材料;有机材料;碎屑;表面残留物:所有这些术语都是指最近添加到土壤中并且刚刚开始出现腐烂迹象的植物、动物或其他有机物质。腐食生物是以这些物质为食的生物。
- (3) 活性组分有机物:可被微生物用作食物的有机化合物。活性组分比总有机物对管理变化的响应更快。
- (4) 不稳定有机物:容易分解的有机物。
- (5) 根分泌物:由根分泌的可溶性糖、氨基酸和其他化合物。
- (6) 颗粒有机物(POM)或轻质碎片(LF)有机物:POM和LF有明确的大小和重量定义。它们被认为代表了有机物质的活性部分,这些有机质是比较难以定义的。由于POM或LF比其他类型的土壤有机质更大、更轻,它们可以通过大小(使用筛子)或重量(使用离心机)从土壤中分离出来。
- (7) 木质素:一种难以降解的化合物,是大龄植物的纤维的一部分。真菌可以利用木质素中的碳环结构作为食物。
- (8) 顽固的有机质:很少有土壤生物能够分解的有机质,如腐殖质或含木质素的物质。

(9) 腐殖质或腐殖化的物质：在许多生物利用和转化了的原始物质后遗留下来的复杂有机化合物。腐殖质不易分解，因为它要么在物理上被保护在聚合物中，要么在化学上过于复杂，大多数生物无法利用。腐殖质在捆绑微小聚合体方面是重要的，并改善了水和养分的保持能力。



5. 土壤生物居住在哪里？

食物链中的生物并不是均匀地分布在土壤中。每个物种和群体都存在于它们能找到的适当空间、营养和水分的地方。它们出现在有机物出现的任何地方-大部分在土壤的最上面几英寸处(见下图)，尽管在 10 英里(16 公里)深的油井中也发现了微生物。土壤生物集中在：

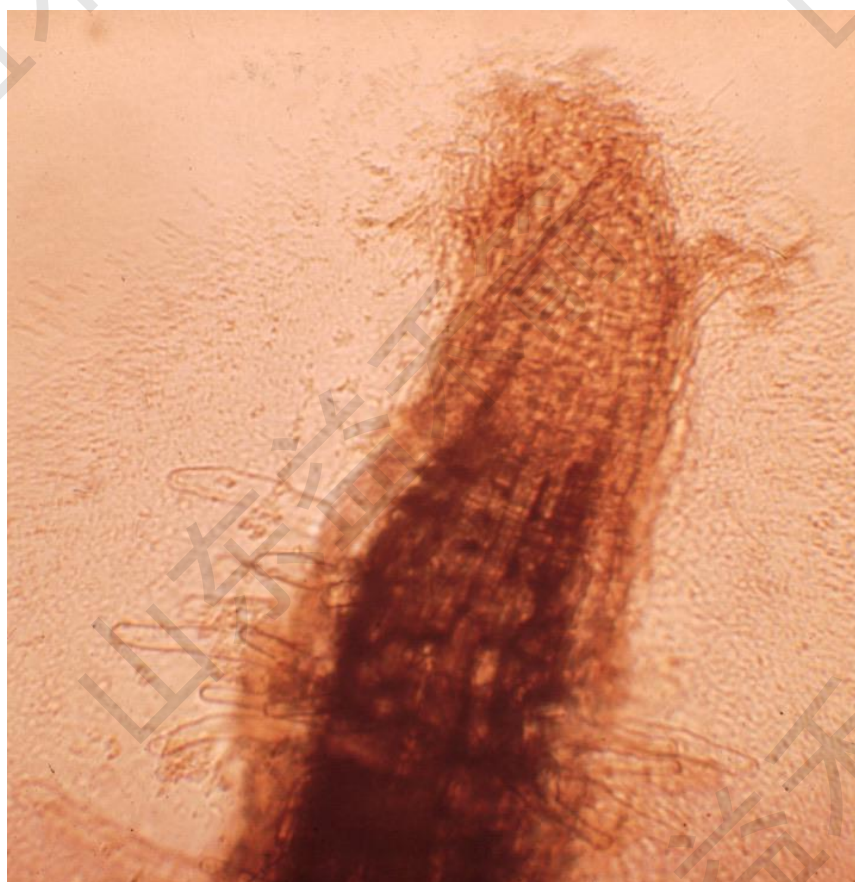
根周围：根际是直接围绕根的狭窄土壤区域。它充满了以脱落的植物细胞和根释放的蛋白质和糖类为食的细菌。以细菌为食的原生动物和线虫也集中在根部附近。因此，植物所需要的养分循环和疾病抑制就发生在紧邻根的地方。

垃圾中：真菌是植物凋落物的常见分解者，因为凋落物中含有大量复杂的、难以分解的碳。真菌菌丝(细丝)可以将氮从下层土壤“输送”到凋落物层。细菌

不能远距离输送氮，这使真菌在分解凋落物方面具有优势，特别是当凋落物没有混合到土壤剖面中时。然而，细菌在年轻植物的绿色凋落物中大量存在，与老植物相比，绿色凋落物中的氮和简单的碳化合物含量更高。蚯蚓、食叶昆虫、千足虫和其他节肢动物等生物将植物残渣分解成小块后，细菌和真菌就能接触到更大的植物残渣表面积。

腐殖质：真菌在这里很常见。土壤中的许多有机物已经被细菌和真菌多次分解，并且/或通过蚯蚓或节肢动物的肠道。产生的腐殖质化合物很复杂，可利用氮含量很少。只有真菌才能产生降解腐殖质中复杂化合物所需要的某些酶。

土壤团聚体的表面：土壤团聚体表面附近的生物活性，特别是好氧细菌和真菌的生物活性，大于团聚体内部的生



根尖(根际)周围有大量的细菌，分解丰富的简单有机质

物活性。在大型聚集体中，可以进行不需要氧气的过程，如反硝化作用。许多聚集体实际上是蚯蚓和其他无脊椎动物的粪便颗粒。

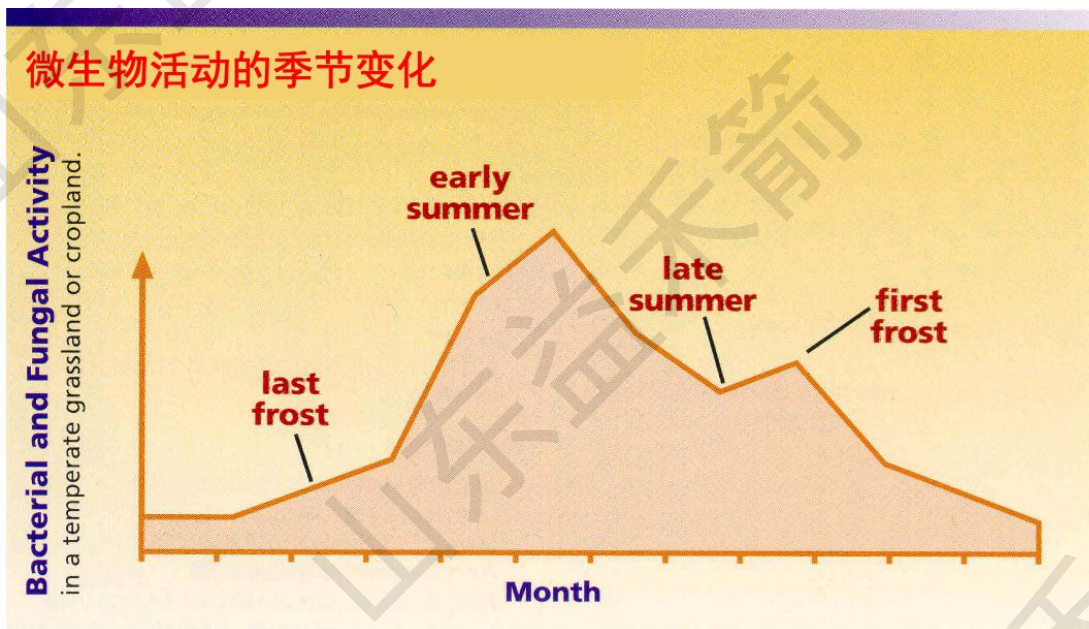
土壤团聚体之间的空隙：那些不能在土壤中钻洞的节肢动物和线虫在土壤团聚体之间的孔隙中移动。对干燥敏感的生物，如原生动物和许多线虫，生活在充满水的孔隙中。

6. 它们什么时候开始活动？

土壤生物的活动既遵循季节规律，也遵循日常规律。在温带系统中，最活跃的活动发生在晚春，此时温度和湿度条件最适合生长。然而，某些物种在冬天最活跃，其他在干旱时期，还有一些在洪水条件下。

季节性的微生物活动并不是所有的生物体都在特定的时间内活动。即使在高度活跃的时期，也只是一小部分生物在忙碌地进食、呼吸和改变环境，剩下的部分几乎没有活动，甚至是休眠。

不同生物在不同的时间活跃，并与其他生物、植物和土壤相互作用。综合起



来的结果就表现为许多有益的功能，包括营养循环、减缓水流和虫害控制。

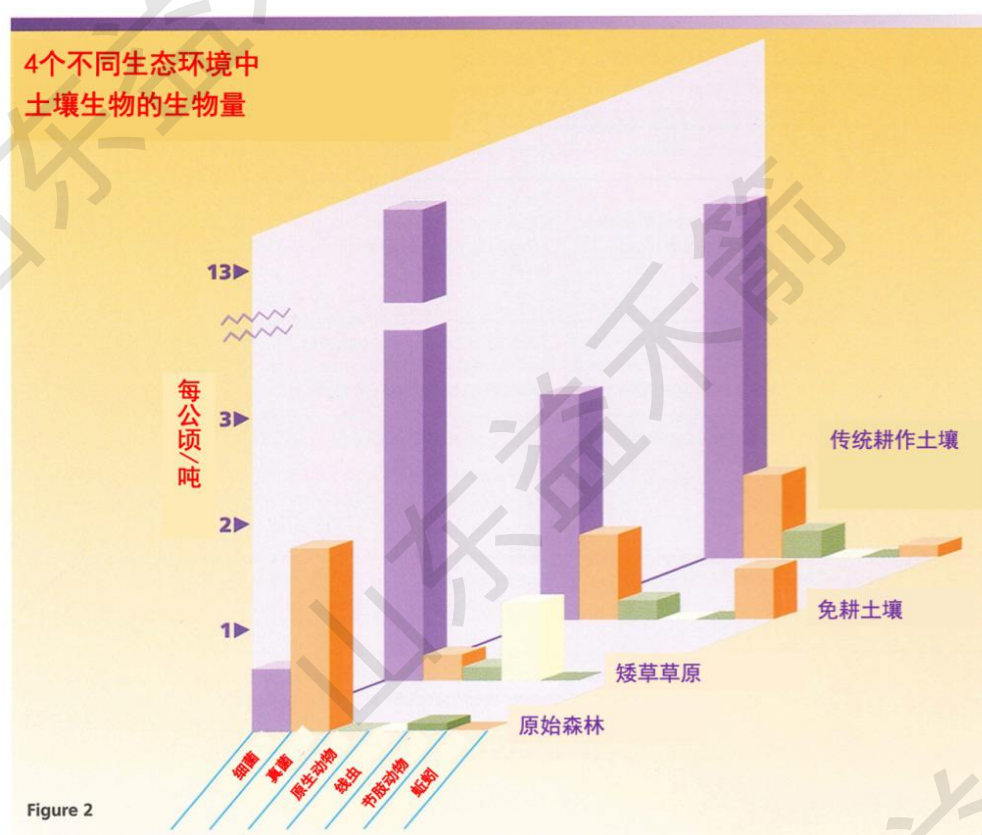
7. 土壤食物网的重要性

土壤的活性成分，即食物网，是复杂的，在不同的生态系统中有不同的组成。对农田、牧场、林地和花园的管理受益于并影响着食品网。土壤生物学入门的下一个单元，食物网与土壤健康，介绍了土壤生物学与农业生产力、生物多样性、碳封存以及空气和水质的关系。土壤生物学入门的其余六个单元描述了土壤生物的主要类群：细菌、真菌、原生动物、线虫、节肢动物和蚯蚓。

第2节 食物网与土壤健康

1. 不同生境的食物网有什么不同？

每一块田地、森林或牧场都有一个独特的土壤食物网，其中有特定比例的细菌、真菌和其他种群，以及每一群生物体中特定程度的复杂性。这些差异是土壤、



植被和气候因素以及土地管理行为的结果。

2. 典型的食物网结构

食物网的“结构”是指土壤系统中每一组生物的组成和相对数量。每种生态系统都有其特有的食物网结构。食物网的结构包括：

- 真菌和细菌的比例是系统类型的特征。草地和农业土壤通常有细菌主导的食物网——也就是说，大多数生物量是以细菌的形式存在。高产的农业土壤真

菌与细菌生物量的比率往往接近 1:1 或稍低。森林里的食物网往往以真菌为主。在落叶林中，真菌与细菌生物量的比率为 5:1 至 10:1，在针叶林中为 100:1 至 1000:1。

- 生物体反映它们的食物来源。例如，细菌多的地方原动物就多。在细菌比真菌占优势的地方，以细菌为食的线虫比以真菌为食的线虫要多得多。

- 管理实践改变了食品网。例如，在减少耕作的农业系统中，真菌与细菌的比例随着时间的推移而增加，蚯蚓和节肢动物变得更加丰富。

3. 食物网是如何测量的？

用来描述食物网特征的测量技术包括：

计数。生物组，如细菌、原动物、节肢动物等；或亚组，如食细菌、食真菌和掠食性线虫，被计数并通过计算，可以转化为生物量。

- 直接计数-用肉眼或显微镜计数单个生物体。所有的生物体都可以被计数，或者只能被荧光染色的活性生物体。

- 平板计数-计算从土壤样本中生长出的细菌或真菌菌落的数量。

测量活动水平。活性是通过测量副产物的数量，如在土壤中产生的二氧化碳，或物质的消失，如植物残渣，或大量群落或特定生物体使用的甲烷，来确定的。

这些度量反映了群落能做的全部“工作”。整个生物活动是所有生物活动的总和，尽管只有一部分在特定时间是活动的。

- 呼吸-测量二氧化碳的产生。这种方法无法区分是哪些生物体(植物、病原体或其他土壤生物体)产生了二氧化碳。

- 硝化速率-测量那些与铵转化为硝酸盐有关的物种的活性。

- 分解率-测量有机残留物或标准化棉条的消失速度。

测量细胞成分。所有土壤生物体的总生物量或群落的具体特征可以通过测量土壤生物体的组成来推断，如以下所示。

- 生物量碳、氮或磷-测量活细胞中营养物质的数量，然后可以估计生物体的总生物量。氯仿熏蒸是一种常用的方法，用于估计土壤中所有生物的碳或氮的总量。
- 酶-测量活细胞或附着在土壤上的酶。测定法可用于估计潜在活性或表征生物群落。
- 磷脂和其他脂类-提供一种群落的“指纹”，用于量化真菌或放线菌等类群的生物量。
- DNA 和 RNA-提供群落的“指纹”，可以探测特定物种或群体的存在。

健康生态系统中土壤生物的典型数量			
	农业土壤	放牧土壤	森林土壤
细菌	1亿-10亿	1亿-10亿	1亿-10亿
真菌	几码（扩展范围） 丛枝菌根真菌（VAM）占优势地位	几十-几百码（扩展范围） 丛枝菌根真菌（VAM）占优势地位	几百码（扩展范围） 外生菌根真菌占优势地位
原生生物	几千个鞭毛虫和变形虫，一百到几百个纤毛虫	几千个鞭毛虫和变形虫，一百到几百个纤毛虫	几十万个鞭毛虫、变形虫和纤毛虫
线虫	十到二十个食细菌线虫，少量的食真菌线虫。很少的捕食性线虫。	几十到几百个	几百个食细菌和食真菌线虫。很多捕食性线虫。
节肢动物	最多可达一百个	几百个到二千个	一万到二万五千个。相比农业土壤有更多的种类。
蚯蚓	五到三十个。高有机质含量的土壤会更多。	十到五十个。干旱、半干旱区域可能一个都没有。	在落叶森林中十到三十个。针叶森林中很少。

4. 什么是复杂性？

食物网的复杂性是土壤中物种数量和不同种类物种数量的一个因素。例如，有十种以细菌为食的线虫的土壤比有十种包括以细菌为食、以真菌为食和食肉线虫的土壤要简单得多。

复杂性可以部分地从食物网图中确定，如下图所示，它代表了原始生长的道格拉斯冷杉林中的土壤。食物网图的每一个方框都代表了在土壤系统中发挥相似

作用的一组生物。能量的转移由图上的箭头表示，当一种生物吃掉另一种生物时就会发生。复杂的生态系统比简单的生态系统有更多的功能群和更多的能量转移。

在能量离开土壤系统之前转换能量的功能组的数量对每个生态系统来说都是不同的(和不同的特征)。在道格拉斯冷杉系统中，能量从一个生物体转移到另一个生物体，或在功能组之间转移超过 20 次。相比之下，洞穴或低残留耕作系统不太可能包括土壤食物网图右侧的各种各样的高级掠食者。能量和营养将在更少的生物体中循环。

土地管理实践可以改变土壤中功能组的数量或复杂性。集约化管理系统，如农田，有不同数量的功能组。作物选择、耕作方式、残留管理、杀虫剂使用和灌溉改变了土壤生物的栖息地，从而改变了食物网的结构和复杂性。

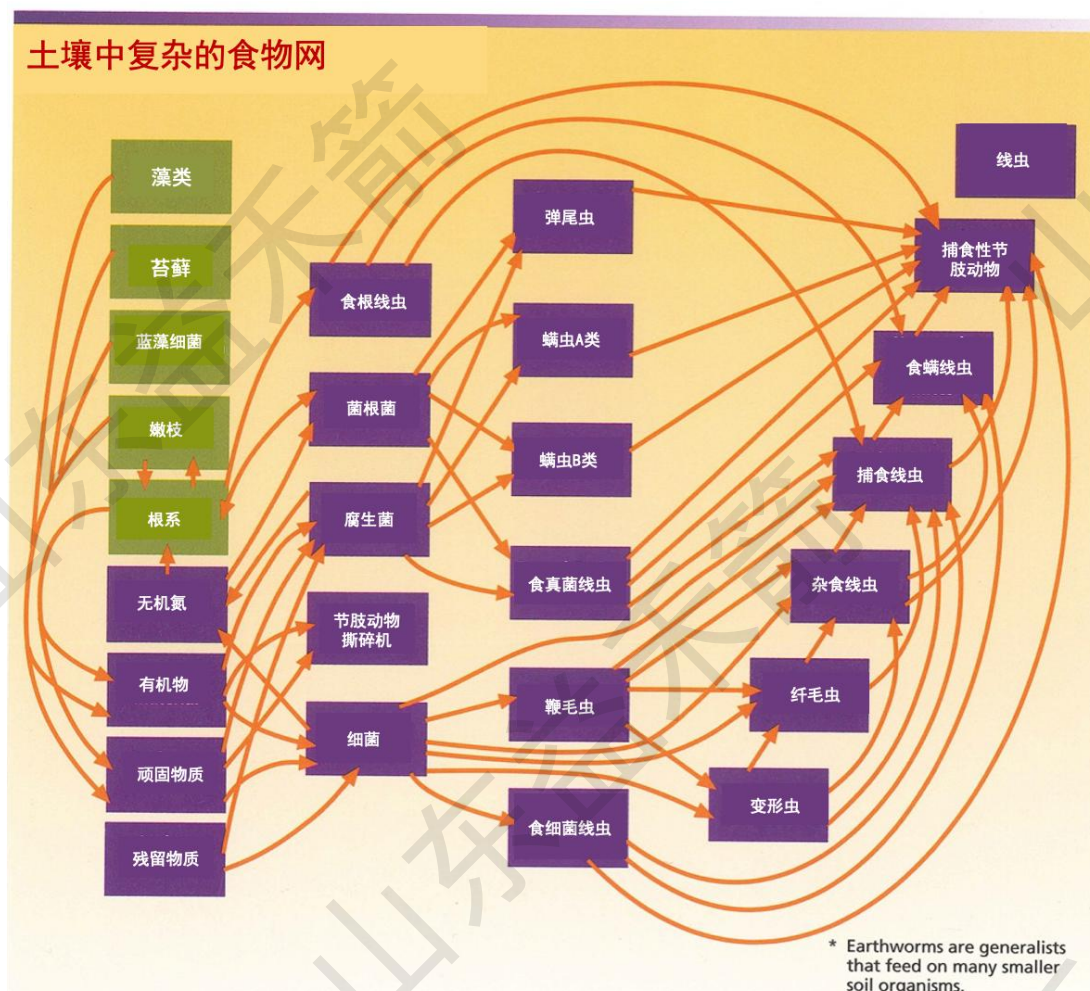
5. 复杂性的益处

土壤系统的生物复杂性可以影响养分循环、土壤结构形成、害虫循环和分解率等过程。研究人员还没有确定在管理的生态系统中，有多少和何种食物网的复杂性对这些土壤过程是最佳的。

养分循环。当生物消耗食物时，它们会产生更多自己的生物量，并释放废物。对作物生长最重要的废物是铵。铵和其他容易利用的养分很快被其他生物吸收，包括植物的根。当生物体种类繁多时，营养物质可能在植物能够或不能利用的形式之间更快更频繁地循环。

营养保留。除了矿化或向植物释放氮外，当植物不是很迅速生长时，土壤的食物网还能固定或保留氮。土壤有机质和生物的生物质形式的氮素比无机盐(NO_3^-)和铵(NH_4^+)更不易从生根区迁移和流失。

改善了结构、渗透性和保水能力。许多土壤生物参与了土壤团聚体的形成和稳定性。细菌活动、有机物和粘土颗粒的化学性质是单个土壤颗粒产生微团聚体



的原因。蚯蚓和节肢动物消耗矿物颗粒和有机物质的小聚集物，并在肠道产生更大的包裹着化合物的粪便颗粒。这些粪便颗粒成为土壤结构的一部分。真菌菌丝和根毛结合在一起，帮助稳定较大的聚集体。这些与蚯蚓和节肢动物的洞穴一起，提高了聚集体的稳定性，增加了孔隙度、渗水性和保水能力。

疾病的抑制。一个复杂的土壤食物网包含许多能与致病生物体竞争的生物体。这些竞争者可能阻止土壤病原体在植物表面建立，阻止病原体获取食物，以病原体为食，或产生对病原体有毒或抑制病原体的代谢物。

污染物的降解。土壤的一个重要作用是净化水。复杂的食物网包括在各种环境条件下消耗(降解)各种污染物的生物体。

生物多样性。更复杂的食物网意味着更大的生物多样性。生物多样性是通过物种的总数、这些物种的相对丰度以及生物的功能类群的数量来衡量的。

6. 管理与土壤健康

健康的土壤有效地支持植物生长，保护空气和水质，并确保人类和动物的健康。土壤的物理结构、化学组成和生物成分共同决定了土壤如何执行这些服务。在每一个健康的系统或流域中，土壤食物网对土壤的主要功能至关重要，包括：

- 维持生物活动、多样性和生产力；
- 调节水和溶解营养物的流动；
- 营养和其他元素的储存和循环；和
- 过滤、缓冲、降解、固定化和解毒潜在污染物的有机和无机材料。

生物之间的相互作用增强了这些功能。

成功的土地管理需要保护所有的资源，包括土壤、水、空气、植物、动物和人的方法。许多管理策略改变土壤生境和食物网，改变土壤质量，或土壤执行其功能的能力。改变土壤群落的复杂性和健康的一些做法的例子包括：

- 与 2 年轮作的农田相比，4 种作物轮作的农田可能有更丰富的食物来源(即根和表面残留物)，因此可能有更多种类的细菌、真菌和其他生物。
- 一块耕作干净的、边缘没有植被的农田，节肢动物的栖息地可能比一块被青草覆盖的水道、梯田或栅栏分隔的土地要更少。
- 尽管杀虫剂对土壤生物的影响各不相同，但高水平的杀虫剂使用通常会降低食物网的复杂性。一个极端的例子是反复使用甲基溴，观察到它可以消灭除少数细菌以外的大多数土壤生物。

7. 食物网和碳封存

可以选择土地管理措施以增加作为土壤有机质的碳的封存量，并减少释放大气中的温室气体二氧化碳的量。

当土壤的食物网分解有机物质时，它将碳以二氧化碳的形式释放大气中，或者将其转化为各种形式的土壤有机质。有机物质的不稳定或活性部分会在土壤中存留数年。稳定形式的有机质会在土壤中存在数十年或数百年。物理上稳定化的有机质被保护在由土壤生物帮助创造的土壤团聚体内。腐殖化有机质是稳定的，因为细菌和真菌帮助形成了分子，这些分子太复杂，太大，土壤生物无法分解。

8. 期待

食物网的功能对植物的生长和环境质量至关重要。良好的资源管理将把强化食品网的策略整合到农场、牧场、森林或后院的日常活动中。所需要的研究将检查整个系统内的食物网功能，并将支持技术发展。将开发评估和维护土壤食物网功能的技术，以协助土地管理者和研究人员努力提高土壤生产力和管理能力。在接下来的几年里，我们可以期待在回答土壤生物学问题方面的进展，如下面的问题：

什么是健康食物网？什么样的测量或观测可以用来确定一个特定的生物群落是否适合预期的土地用途？对于高产和可持续的作物、牧场或林地来说，什么程度的复杂性是最佳的？

计算物种数或生物的类型更有用吗？土壤生物学入门将食物网生物分为六组。实现这些群组的最佳平衡是管理食物网的一种方法。另一种方法是，确定一组中存在的物种和复杂性可提供关于土壤健康和生产潜力的其他有用信息。

土壤的生物应该如何来管理？在未来，土地管理者可能能够更精确地预测管理决策的影响，如耕作的时机、某种堆肥的使用或某种杀虫剂的使用。他们可以选择带有造成土壤食物网组成某些改变意图的操作。

土壤生物功能管理的成本和收益是什么？需要确定实现高度多样化或复杂土壤群落的成本。这些可与生物服务所提供的益处相比较，例如养分循环、疾病抑制和土壤结构改善。

下期（2）内容预告：土壤细菌、土壤真菌、土壤原生生物。