

# Trial Analysis of the application of biological monitoring technology in soil environmental monitoring

Dengyun Liang

Guangxi Minsheng Inspection Union Testing Co., Ltd., Nanning, Guangxi, 530000, China

## Abstract

With the increasingly serious environmental pollution problem, the monitoring of soil environmental quality has become an important link in ecological protection and sustainable development. Although the traditional physicochemical monitoring technology has some advantages in the quantitative analysis of pollutants, it is difficult to fully reflect the soil ecological health status due to the insufficient consideration of the complexity of the soil ecosystem. In recent years, biological monitoring technology has gradually attracted wide attention as an emerging monitoring method. Through the analysis of the response of organisms and their population changes in soil, biological monitoring technology can comprehensively evaluate the soil environmental quality from an ecological perspective, making up for the deficiency of traditional monitoring methods. This paper summarizes the current application status and advantages of biological monitoring technology in soil environmental monitoring, discusses the role of different biological indicators in soil pollution monitoring, and prospects the future development direction of this technology.

## Keywords

soil environment monitoring; biological monitoring technology; characteristics

# 试析土壤环境监测中生物监测技术的应用

梁登雲

广西民生中检联检测有限公司, 中国 · 广西 南宁 530000

## 摘要

随着环境污染问题日益严重, 土壤环境质量的监测成为生态保护与可持续发展的重要环节。传统的物理化学监测技术虽然在污染物定量分析上具有一定优势, 但由于其对土壤生态系统的复杂性考虑不足, 难以全面反映土壤生态健康状况。近年来, 生物监测技术作为一种新兴的监测手段, 逐渐受到了广泛关注。生物监测技术通过对土壤中生物体的反应及其种群变化的分析, 能够从生态学角度全面评估土壤环境质量, 弥补了传统监测方法的不足。本文综述了生物监测技术在土壤环境监测中的应用现状及其优势, 探讨了不同生物指标在土壤污染监测中的作用, 并对未来该技术的发展方向进行了展望。

## 关键词

土壤环境监测; 生物监测技术; 特点

## 1 引言

生物监测技术以土壤中的生物体为监测对象, 通过观察微生物、植物、无脊椎动物等生物群落的变化, 能够从生态学角度更全面、动态地评估土壤健康。这一技术不仅能够揭示土壤污染物对生物体的毒性效应, 还可以反映土壤生态系统的自我修复能力及长期污染影响。因此, 生物监测技术逐渐成为土壤环境监测领域的重要补充手段。

## 2 土壤环境监测中生物监测技术特点

### 2.1 灵敏性

与传统的物理化学监测方法相比, 生物监测利用生物

体的反应来指示环境质量的变化, 灵敏度往往更高。许多生物指示物种对污染物的敏感性, 使得它们在环境监测中发挥了重要作用。例如, 某些植物、微生物和土壤动物对重金属、农药等污染物的积累和生理反应, 可以为我们提供关于土壤污染的及时信息。通过观察这些生物的生长、繁殖和行为变化, 我们可以更早地发现潜在的环境问题, 从而采取相应的防治措施。

### 2.2 连续性

在土壤环境监测中, 连续性意味着能够在较长时间内持续跟踪和评估土壤生态状态。生物体的生长和繁衍过程是一个长期的动态变化过程, 通过定期监测和评估, 可以获得土壤环境变化的长期趋势<sup>[1]</sup>。这种连续性不仅有助于科学家和管理者及时了解土壤的健康状况, 还能为政策制定提供数据支持。例如, 某些生物的生命周期与季节变化密切相关, 因此它们的监测可以帮助我们了解土壤在不同季节下的生

【作者简介】梁登雲(1989-), 男, 中国广西玉林人, 本科, 工程师, 从事环境监测研究。

态变化,进而更好地进行农业管理和生态保护。

### 2.3 生态保护性

生物监测不仅关注土壤的污染物质,更强调生态系统的整体健康。通过关注生物多样性和生态平衡,生物监测可以为生态保护提供科学依据。当我们采用生物监测技术时,实际上是在关注土壤中生物群落的整体健康状况,保护生物多样性,维护生态系统的稳定性。例如,某些特定的生物指示种可以反映土壤的肥力和微生物活动,从而帮助人们了解土壤的生态功能。通过对这些生物的保护和恢复,我们不仅能够改善土壤质量,还能促进整个生态系统的可持续发展。

## 3 土壤环境监测中的生物监测技术应用

### 3.1 微生物监测

#### 3.1.1 微生物群落结构分析

土壤中的微生物群落结构复杂多样,不同类型的微生物在土壤生态系统中扮演着不同的生态角色,参与诸如有机物降解、养分循环、污染物转化等关键过程。因此,分析土壤微生物群落结构不仅能够反映出土壤的健康状况,还可以揭示污染物对土壤生态系统的潜在影响。近年来,高通量测序技术的迅速发展,使得科学家能够通过土壤微生物DNA或RNA的提取和测序,精确分析微生物群落的组成和丰度变化。这些数据不仅能够揭示土壤中优势微生物类群的变化趋势,还可以帮助识别某些特定的生物指示种,用于评估特定污染物的生物效应。例如,某些放线菌类群在重金属污染条件下会表现出显著的丰度变化,而这种变化可以作为土壤受污染程度的一个重要参考指标。

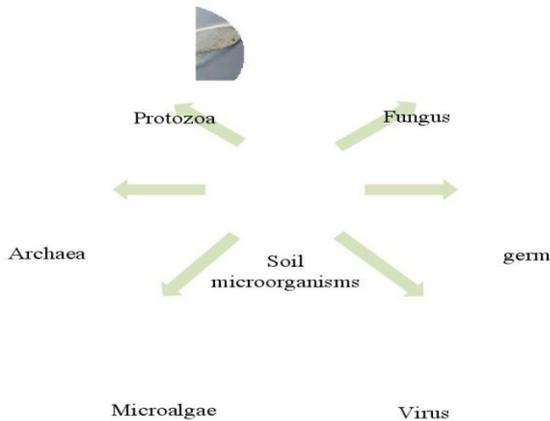


图1 土壤微生物的种类

#### 3.1.2 微生物活性测定

土壤中的微生物活性直接关系到土壤生态系统的物质循环和能量流动,其活性水平的高低往往可以作为土壤健康与否的一个重要评判依据。微生物活性的测定方法多种多样,其中最常用的包括酶活性测定、呼吸作用测定和基于代谢产物的监测等。酶活性测定通过研究微生物分泌的各种酶类(如脱氢酶、脲酶、磷酸酶等)的活性,来反映土壤中微生物的代谢水平和对外界环境变化的响应。例如,土壤中脱

氢酶的活性可以作为有机质降解能力的一个重要指标,而磷酸酶的活性则与土壤中磷素的循环密切相关<sup>[2]</sup>。此外,土壤微生物的呼吸作用测定也常常被用于评估土壤微生物的整体代谢水平和活性。通过测量微生物在呼吸过程中释放的二氧化碳量,可以间接推断土壤中有有机物的降解速率和微生物对土壤污染物的分解能力。这些方法不仅可以反映土壤中的污染物对微生物功能的抑制效应,还能够通过长期监测微生物活性的变化,评估污染物的生态风险和土壤生态系统的恢复情况。

#### 3.1.3 微生物多样性评估

一般情况下,土壤微生物多样性越高,土壤生态系统的稳定性和抗逆性也就越强。污染物的存在往往会导致土壤微生物多样性的下降,进而削弱土壤的生态功能。因此,评估土壤中微生物多样性的变化情况,可以为土壤污染的生态效应评估提供直接证据。在微生物多样性的研究中,常用到传统的培养法和现代分子生物学技术。培养法虽然简单易行,但由于土壤中绝大多数微生物无法在实验室条件下培养,因而其局限性较大。近年来,分子生物学技术,尤其是基于高通量测序的分析方法,为微生物多样性的研究提供了更为全面和精准的工具。通过对微生物的DNA或RNA进行测序,可以获得土壤中微生物物种的详细信息,并通过分析微生物群落的多样性指数(如香农指数、辛普森指数等),评估土壤生态系统的健康状况。

### 3.2 植物监测

#### 3.2.1 植物生长状况评估

土壤中的污染物会影响植物的根系发育、叶片形态、株高等多项生长指标,从而影响植物的整体生长状况。通过对植物生长状况的监测,可以初步判断土壤污染的存在及其影响程度。在受污染土壤中,植物可能出现发育迟缓、叶片黄化、根系萎缩等症状。这些表征不仅可以为土壤污染的初步识别提供线索,还能为污染程度的量化提供参考。在一些特定情况下,植物接触到某些污染物后会出现特殊反应,例如金属污染物会导致植物叶片变色或生长畸形。因此,基于对植物生长状况的评估,可以实现对土壤污染的早期预警。这种监测方法相对简单,成本低廉,且监测数据具有较强的直观性和可操作性,特别适用于大范围的初步调查。但与此同时,植物生长状况的监测结果容易受到多种外界因素的干扰,如气候、降水、光照等,因此需要结合土壤理化性质的分析,才能得出更为准确的结论。

#### 3.2.2 植物体内污染物累积分析

不同植物对土壤中的污染物具有不同的吸收和富集能力,通过对植物体内污染物含量的分析,可以明确土壤中污染物的类型、浓度及分布情况。例如,某些植物对重金属具有较强的富集能力,这类植物被称为“超富集植物”,通过分析这些植物体内的重金属含量,可以推断出土壤中的重金属污染程度。此外,植物体内污染物的累积还具有时间累积

效应,长期的污染物吸收过程可以反映出土壤污染的历史积累状况。通过对植物叶片、根系等不同部位的样本采集与分析,研究人员可以获得更加全面的污染物分布信息。这一技术尤其适用于土壤中重金属、有机污染物等难以降解的污染物监测。由于植物体内的污染物浓度通常与土壤中的浓度成正相关关系,因此通过植物体内污染物的累积分析,能够为土壤污染的修复提供针对性的指导意见。

### 3.2.3 植物群落结构变化监测

土壤污染会对植物群落的物种组成、物种多样性及群落稳定性产生深远影响。长期处于污染环境中的植物群落,其物种组成往往更加单一,耐污染的植物种群占据优势,而敏感种群则逐渐减少甚至消失。这种群落结构的改变是土壤污染对生态系统影响的直接表现。通过对植物群落结构的长期监测,可以动态反映出土壤环境的变化趋势。例如,在一些重金属污染严重的区域,植物群落中往往以耐重金属的植物为主,而其他植物难以存活。这样的群落结构变化不仅揭示了污染物的存在,还能为土壤污染的长期监测提供数据支持。植物群落结构监测的优势在于其时间跨度大,能够从生态系统的整体角度评估土壤污染对生态环境的影响,尤其是在大面积区域的生态监测中,具有不可替代的作用。

## 3.3 动物监测

### 3.3.1 土壤动物群落结构分析

土壤动物群落结构的变化,可以有效反映土壤环境的变化过程。群落结构是指在特定土壤环境中,不同种类的土壤动物及其种群数量的分布情况。通过对土壤动物群落结构的分析,可以了解土壤中生物之间的相互作用,以及生物与环境之间的关系<sup>[3]</sup>。通常,研究人员会通过采集土壤样本,采用浮选法、筛选法等技术手段分离出土壤动物,并对其种类和数量进行统计分析。土壤动物在不同污染条件下的群落结构会呈现出显著差异。例如,在重金属污染较为严重的土壤中,某些对污染敏感的土壤动物种群数量会显著减少,甚至消失,而一些耐污染的物种则可能会相对增加。因此,土壤动物群落结构的变化不仅能够反映污染物的存在,还能够为污染物的类型、来源以及污染程度提供参考依据。

### 3.3.2 土壤生物多样性评估

生物多样性是衡量生态系统健康与稳定性的重要指标,土壤动物多样性反映了土壤环境的复杂性以及其对外界干扰的抵抗能力。通过评估不同区域、不同污染程度下的土壤生物多样性,可以推断出土壤生态系统的健康状况以及其受污染的程度。通常,研究人员采用多样性指数(如Shannon-Wiener指数、Simpson指数等)来定量分析土壤动

物多样性。多样性指数能够综合反映土壤动物的种类丰富度以及各物种的均匀度,从而揭示土壤生态系统的复杂性及其稳定性。在受到污染的土壤中,通常会出现某些特定物种的占比异常增加或减少,导致整体多样性下降。例如,在受到有机污染或农药污染的土壤中,某些耐药性强的物种往往占据主导地位,而那些对污染敏感的物种则会大幅减少,甚至消失。这种多样性的变化不仅反映了土壤中污染物的存在,也间接揭示了污染物对土壤生态系统的破坏程度。

### 3.3.3 土壤动物生物标志物分析

生物标志物是指生物体在受到外界环境因素(如污染物)影响时,生理、生化水平或基因表达发生变化的特定指标。在土壤监测中,土壤动物作为生物标志物,能够通过其体内特定的生理或生化反应,反映出土壤污染的存在及其程度<sup>[4]</sup>。例如,重金属污染通常会导致某些土壤动物体内抗氧化酶(如超氧化物歧化酶、过氧化氢酶等)的活性显著变化,从而可以作为重金属污染的生物标志物。此外,某些污染物还会导致土壤动物的基因表达发生异常变化,研究这些基因表达的变化也能为污染物的检测提供线索。通过对这些生物标志物的分析,可以更为灵敏地检测出土壤中的污染物,甚至在污染物浓度较低、尚未对群落结构和多样性产生显著影响时,就能够及早发现污染的迹象<sup>[5]</sup>。这种监测手段不仅能够提高土壤污染的检测灵敏度,还能够为污染的早期预警提供依据。

## 4 总结

总的来说,生物监测技术为土壤环境监测提供了一种全新的视角,弥补了传统物理化学监测的不足,具有广阔的发展潜力。未来,随着技术的不断进步和应用范围的扩大,生物监测技术将在土壤环境保护与污染防治中发挥更加重要的作用。

### 参考文献

- [1] 张诗涵.土壤环境监测中生物监测技术的运用研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(20):73-75.
- [2] 李磊,张敬讲.浅析土壤环境污染中监测技术的应用[J].工程建设(维泽科技),2024,7(5):195-197.
- [3] 曹如星.生物监测技术在水环境监测中的应用[J].皮革制作与环保科技,2024,5(2):72-74.
- [4] 马玲.试析生物监测及其在环境监测中的具体应用策略[J].生态与环境科学,2023,4(1).
- [5] 黄湘云,钟文军,刘训杰,等.基于环境DNA的复合污染土壤生物评价和胁迫诊断[J].环境科学,2023,44(7):4130-4141.