

Discussion on the Related Applications of Atomic Absorption Spectroscopy in Soil Trace Element Testing

Weiwei Zhang

Sichuan Tianshengyuan Environmental Protection Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 610000, China

Abstract

Accurate determination of trace elements in soil is crucial for agricultural production, environmental protection and food safety. In the soil, the existence of trace elements has an important impact on crop growth, food quality, ecosystem stability and the prevention and control of environmental pollution. Based on this, this paper discusses the application of atomic absorption spectroscopy (AAS) in the testing of soil trace elements, focusing on its key role in soil quality assessment, fertilizer management and environmental monitoring. As a highly sensitive and selective analytical technique, AAS provides a powerful tool for soil scientists and environmental researchers to determine the concentration of trace elements in soil.

Keywords

atomic absorption spectroscopy; soil; trace element test

略谈原子吸收光谱法在土壤微量元素测试中的相关运用

张卫威

四川省天晟源环保有限公司, 中国·四川成都 610000

摘要

土壤中微量元素的准确测定对于农业生产、环境保护和食品安全至关重要。在土壤中, 微量元素的存在对于农作物生长、食品质量、生态系统的稳定性以及环境污染的防控具有重要影响。基于此, 论文探讨了原子吸收光谱法(AAS)在土壤微量元素测试中的应用, 重点关注了其在土壤质量评估、肥料管理以及环境监测中的关键作用。AAS作为一种高灵敏度、高选择性的分析技术, 为土壤科学家和环境研究人员提供了一个强大的工具, 用以测定土壤中微量元素的浓度。

关键词

原子吸收光谱法; 土壤; 微量元素测试

1 引言

土壤是我们生存的基础之一, 不仅为农业生产提供了必要的生长介质, 还承担着净化水源、维护生态平衡和保护环境的重要职责。土壤中的微量元素影响巨大, 因此, 准确测定土壤中微量元素的含量是土壤科学和环境研究领域的一个至关重要的任务。论文将介绍AAS的基本原理和工作机制以及其在土壤微量元素测试中的优势, 探讨AAS在土壤质量评估方面的应用, 包括土壤肥力的评估、土壤改良措施的制定以及土壤健康的监测。

2 原子吸收光谱法(AAS)的基本原理

2.1 AAS工作原理

原子吸收光谱法(Atomic Absorption Spectroscopy, 简称AAS)是一种分析化学技术, 用于测定样品中微量元素

的含量。其工作原理基于原子吸收现象, 通过测量特定波长的吸收光线, 可以确定元素的浓度, 如表1所示。

表1 原子吸收光谱法

元素	检测波长 (nm)	光谱带宽 (nm)	灯电流 (mA)	时间常数 (s)	计算方式
As	193.7	0.7	4.0	0.04	峰高
Hg	253.7	0.7	4.0	0.04	峰高

AAS的工作原理可以概括为以下几个步骤: AAS使用光源产生特定波长的光线, 通常是中空阴极灯(Hollow Cathode Lamp, HCL)。这些光源能够产生元素特征光谱线, 这是每种元素都有的独特波长。样品首先需要原子化, 这意味着将样品中的化合物分解成其原子状态。通常, 样品被加热到高温, 以使其中的分子分解为原子。经过原子化的样品被暴露于光源产生的特定波长的光线中, 如果样品中包含某种元素, 该元素的原子会吸收光线, 跃迁到激发态。经过样品后, 光线通过检测器, 通常是光电管。检测器测量通过样品的光线强度, 以确定元素的吸收程度^[1]。AAS使用单色

【作者简介】张卫威(1986-), 男, 中国四川乐山人, 硕士, 工程师, 从事环境监测研究。

仪或光栅来选择特定波长的光线。这确保只测量感兴趣元素的吸收光线，排除其他干扰。根据样品吸收的光线强度，使用标准曲线法或方法，可以确定元素的浓度。

2.2 AAS 的应用领域

AAS 广泛应用于各个领域，包括环境科学、农业、地质学、食品分析、药学、金属工业等。以下是一些主要的应用领域：AAS 可用于检测土壤、水和大气中的微量元素，有助于监测环境中的有害物质，如重金属元素，从而提供保护和人类健康的数据。在食品工业中，AAS 用于测定食品中的微量元素，如铁、锌、镉等。这有助于确保食品的质量和安全性。地质学家使用 AAS 来分析岩石和矿石中的元素含量，以寻找矿藏和了解地质过程。AAS 在农业领域中被用来测定土壤中的微量元素，有助于决定肥料施用量，提高农产品产量和质量。AAS 用于药物分析和生命科学研究，如测定药物中的金属杂质或研究生物样品中的微量元素。

2.3 AAS 在土壤微量元素测试中的优势

AAS 在土壤微量元素测试中具有许多显著的优势，使其成为首选的分析技术之一：

高灵敏度：AAS 能够测定极低浓度的微量元素，通常在 ppb (10^{-9}) 或 ppm (10^{-6}) 水平，确保了对土壤中微量元素的高度敏感检测。

高选择性：AAS 通过选择特定波长的光线，能够区分不同元素，减少了干扰的可能性。

精确性和可重复性：AAS 提供了高度准确的测量结果，并且具有较高的可重复性，这对于土壤研究的科学性和可比性至关重要。

宽波长范围：AAS 可以测定多种元素，包括金属元素和非金属元素，因此适用于多种土壤中的微量元素的测定。

相对低的成本：相对于一些其他高级仪器，AAS 设备和维护成本相对较低，使其更具吸引力。

3 AAS 在土壤微量元素测试中的样品制备

3.1 样品采集与处理

土壤样品的采集与处理是土壤微量元素测试中至关重要的步骤，它直接影响到后续 AAS 分析的准确性和可靠性。土壤样品的采集应当遵循一定的采样计划，以确保样品的代表性。通常来说，样品应当从不同地点采集，形成一个代表性的样品集合。深度和数量也需要根据研究目的而定，以充分反映土壤中微量元素的分布。采集后的土壤样品应当储存在干燥、密闭的容器中，以防止湿气和外部污染物的影响。样品在采集后应迅速送至实验室，以避免元素浓度的改变。土壤样品需要在实验室中进行预处理，包括除去杂质和颗粒物。这通常包括干燥、研磨和筛分，以获得均匀的土壤样品。

3.2 预处理方法

预处理是土壤样品准备的关键步骤之一，它的目的是

降低样品中的干扰物质含量，提高 AAS 的准确性。土壤样品通常会被烘干，以去除样品中的水分，这可以通过空气干燥或烘箱中的温度控制来实现。干燥后的样品有助于更准确地测定元素含量。土壤样品通常是非均质的，因此需要经过研磨，将其粉碎成均匀的颗粒。这有助于确保取样的代表性，避免元素分布不均匀的问题。筛分是为了去除大颗粒物和杂质。通过将土壤样品通过筛网，可以分离出精细颗粒，从而获得更均匀的样品。土壤样品中的微量元素通常以不容易被 AAS 测定的化合物形式存在，如氧化物或硫化物。因此，酸溶解是常用的处理方法，它将土壤中的元素转化为可测定的形式。

3.3 样品的酸溶解与分解

酸溶解和分解是将土壤样品中的微量元素从复杂的矿物和有机物基质中提取出来的关键步骤。这些步骤将微量元素转化为离子形式，使其易于 AAS 测定。

酸溶解：通常来说，硝酸 (HNO_3) 和盐酸 (HCl) 是最常用的酸。这些酸具有强酸性，可以溶解土壤样品中的大多数成分。酸溶解的过程中，土壤样品中的金属元素会以阳离子的形式溶解在酸中。此外，硝酸还有氧化作用，可以将一些元素从低价态氧化为高价态，使其更容易测定。

分解：在某些情况下，土壤样品中的微量元素可能以难溶解的氧化物或硫化物的形式存在。这些元素需要经过分解，通常使用过氧化氢 (H_2O_2) 或其他氧化剂来将其转化为可溶解的形式。

蒸发和重溶：在酸溶解和分解后，通常需要将溶液蒸发至干燥，并用适当的酸重新溶解，以浓缩和准备样品进行 AAS 分析。

4 AAS 的样品分析和测定

4.1 样品的原子化

在原子吸收光谱法 (AAS) 中，样品的原子化是将样品中的元素从分子或离子状态转化为原子状态的过程。这一过程对于 AAS 的成功分析至关重要，因为只有原子状态下，元素才能吸收特定波长的光线。最常见的原子化方法是通过加热样品来将其原子化。在 AAS 仪器中，通常使用火焰 (如乙炔-氧气火焰) 或炉子 (如石墨炉) 来提供高温条件。在高温下，样品中的分子和离子会分解成原子，使其能够吸收特定波长的光。石墨炉是一种高度专业化的装置，用于进行高温石墨化原子吸收光谱。这种方法特别适用于微量元素的测定，因为它可以提供更高的温度和更长的原子化时间，从而提高了灵敏度。原子化的效率是指样品中的元素多大比例转化为原子状态。原子化效率的高低受到许多因素的影响，包括样品的性质、加热源的类型和温度、气体流速等。提高原子化效率有助于提高 AAS 的分析性能。

4.2 原子吸收光谱的测定方法

AAS 的核心原理是测定样品中特定元素的吸收光谱。

以下是一些关于原子吸收光谱的测定方法的详细信息：

光源选择：AAS使用特定波长的光线来激发样品中的原子，不同元素需要不同波长的光源。因此，选择适当的空心阴极灯（Hollow Cathode Lamp, HCL）以产生特定元素的光谱线至关重要。

光路设计：AAS仪器通常包括光源、样品室、光栅或单色仪、检测器和数据处理系统。光通过样品室，被样品吸收，然后传入光栅或单色仪，以选择所需波长的光线。此外，检测器测量通过样品的光线强度^[2]。

吸收光谱测定：在AAS中，样品的吸收光谱是通过比较入射光线和通过样品后的光线的强度来测量的。吸收谱中的吸收峰对应于样品中特定元素的浓度。

基线校正：为了准确测量吸收峰的强度，需要进行基线校正，以排除仪器本底的影响。通常，测量在样品中的元素吸收光谱前，测量没有样品的背景光谱。

5 AAS在土壤质量评估中的应用

5.1 微量元素对土壤质量的影响

土壤是生态系统的关键组成部分，其质量对于农业生产、生态平衡、食品安全以及环境保护至关重要。微量元素在土壤中扮演着重要的角色，尽管它们存在的数量很少，但它们对土壤生态系统和农作物生长产生深远影响。微量元素，如铁、锌、铜、锰等，虽然在土壤中的含量非常低，但它们对植物的生长和发育至关重要。这些元素是植物生长的微量营养素，它们在叶绿素合成、根系发育、抗病抗逆性等方面发挥关键作用。微量元素的缺乏或过量都会对土壤生态系统和农业产生负面影响，缺乏会导致植物生长迟缓、产量下降、质量降低，而过量则可能引发土壤污染、毒性效应和环境问题。微量元素的合理平衡是维持土壤生态平衡和农业生产的关键。因此，了解和评估土壤中微量元素的含量对于维持土壤质量至关重要。

5.2 土壤质量评估的指标

为了评估土壤质量，科学家和农民使用一系列指标来衡量土壤的健康和适用性。这些指标考虑了土壤的物理、化学和生物特性以及其中微量元素的含量。土壤的酸碱性对于植物吸收微量元素非常重要。不同微量元素在不同pH条件

下的可用性不同，因此土壤的pH值可以影响这些元素的有效性。土壤中的有机质含量对于微量元素的吸附和供应至关重要。有机质可以提供微生物生长的营养，促进微量元素的解吸和植物吸收^[3]。土壤中的微生物活性直接与土壤质量相关。微生物可以帮助溶解和循环微量元素，促进土壤养分的有效性。土壤电导率是衡量土壤中离子含量的指标，包括微量元素。高电导率可能表明土壤中微量元素的浓度较高，但也可能表明土壤过度盐化。直接测定土壤中微量元素的含量是评估土壤质量的关键。AAS作为高灵敏度和高选择性的分析技术，为测定微量元素提供了有力的工具。

5.3 AAS在土壤质量评估中的案例研究

AAS在土壤质量评估中的应用已在许多案例中得到证明。以下是一些关于AAS在土壤质量评估中的案例研究：

土壤中铁元素的评估：铁是植物生长所必需的微量元素，但土壤中铁的含量对于不同土壤类型和地理位置可能存在差异。使用AAS，研究人员能够测定土壤中铁的含量，评估土壤对植物的铁供应能力，并采取必要的肥料管理措施，以提高农产品质量和减少铁缺乏症的风险。

土壤重金属污染的监测：某些微量元素如铅、镉、铬等，即使以微量存在，也可能对土壤质量和生态系统产生严重影响。使用AAS，科学家能够监测土壤中这些重金属元素的含量，及时发现土壤污染，并采取适当的措施进行修复，以保护环境和人类健康。

6 结语

综上所述。在土壤微量元素测试中，AAS作为一项重要的分析工具，将继续为科学研究、农业生产和环境保护作出积极贡献。期待未来AAS技术的不断创新，以更好地满足社会的需求，同时也为土壤科学领域的进步和可持续发展提供坚实的支持。

参考文献

- [1] 陈玲.原子吸收光谱法在土壤微量元素测试中的应用[J].新疆有色金属,2021,44(5):67-69.
- [2] 滕建玮.原子吸收光谱法在土壤环境监测中运用分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)自然科学,2022(3):3.
- [3] 万莉,夏建平.原子吸收光谱法在土壤检测中的应用研究[J].生态环境与保护, 2019(12):46-47.