



文献 CSTR:

32001.14.11-6035.nesdc.2025.0003.zh



文献 DOI:

10.11922/11-6035.nesdc.2025.0003.zh

数据 DOI:

10.57760/sciencedb.j00001.01235

文献分类: 生态学

收稿日期: 2025-01-10

录用日期: 2025-07-07

发表日期: 2026-02-02

2000–2020 年广东鼎湖山森林土壤微量元素和重金属 元素含量数据集

邓云轩^{1,2,3}, 褚国伟^{1,2}, 张倩媚^{1,2*}, 张德强^{1,2}, 俞梦笑^{1,2}, 刘世忠^{1,2},

孟泽^{1,2}, 李跃林^{1,2}, 刘菊秀^{1,2}, 闫俊华^{1,2}

1. 中国科学院华南植物园, 广州 510650

2. 国家生态科学数据中心广东分中心, 广州 510650

3. 中国科学院大学, 北京 100039

摘要: 土壤作为森林生态系统的重要组成部分, 为植物生长发育提供必需的水分和营养元素, 也是森林生态系统中物理、化学、生物等生态过程的重要载体。鼎湖山国家级自然保护区地处我国南亚热带, 具有丰富的生态系统多样性和典型的区域代表性, 对全球变化的响应展现出高度敏感性, 是众多学者研究的热点区域。该地区土壤类型主要为发育于砂页岩的赤红壤和山地黄壤以及山地灌丛草甸土, 对土壤化学元素含量的研究也日益成为该区域的焦点之一。为深化对南亚热带森林土壤元素动态及其对全球变化响应的理解, 本数据集整理了广东鼎湖山森林生态系统国家野外科学观测研究站在 2000–2020 年的长期定位观测数据。采样地代表不同演替阶段的马尾松林、针阔叶混交林、季风常绿阔叶林等三个植被类型。主要观测指标包括每年表层土壤速效微量元素 (有效硼、有效钼、有效锰、有效锌、有效铜、有效铁和有效硫)、剖面土壤 10 年一次的微量元素 (全硼、全钼、全锰、全锌、全铜、全铁和硒) 和重金属元素 (钴、镉、铅、铬、镍、汞和砷) 含量。所有指标均在固定采样地采集土壤后, 带回实验室按照标准实验方法分析测定。为确保数据的准确性和可靠性, 研究过程中从样品采集、实验分析及历史数据对比等多个环节对数据的质量进行了控制与评估。本数据集的建立和公开共享, 将为完善区域土壤属性数据库、南亚热带森林生态系统土壤质量监测体系和森林生态系统定位研究网络、优化生态过程模型参数以及区域环境管理提供有价值的长期数据支持。

关键词: 森林生态系统; 土壤化学元素; 土壤监测; 鼎湖山国家级自然保护区

数据库 (集) 基本信息简介

数据库 (集) 名称	2000–2020 年广东鼎湖山森林土壤微量元素和重金属元素含量数据集
数据通信作者	张倩媚 (zqm@scbg.ac.cn)
数据作者	邓云轩、褚国伟、张倩媚、张德强、俞梦笑、刘世忠、孟泽、李跃林、刘菊秀、闫俊华
数据时间范围	2000–2020 年

* 论文通信作者

张倩媚: zqm@scbg.ac.cn

地理区域	广东鼎湖山森林生态系统国家野外科学观测研究站（23°09'21"–23°11'30"N，112°30'39"–112°33'41"E），位于广东省肇庆市鼎湖山国家级自然保护区。
数据量	225 KB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01235
基金项目	广东省科技计划项目（2024B1212080005）；广东省林业局科技项目（2023KYXM09）；广东鼎湖山森林生态系统国家野外科学观测研究站；中国科学院鼎湖山森林生态系统定位研究站。
数据库（集）组成	本数据集共有1个数据文件，包含3个数据表，分别为2000–2020每年表层土壤速效微量元素含量表；2005、2015年剖面微量元素含量表；2005、2015年剖面重金属元素含量表。

引言

土壤是地球表层系统的基本组成成分，既是连接大气圈、岩石圈、水圈和生物圈的关键纽带，也是维持陆地生态系统服务功能的重要基础，在养分储存、植物生长支持、水源涵养和环境变化缓冲等方面发挥着不可替代的作用，其质量状况直接关系到生态环境安全与人类健康福祉。土壤中化学元素的迁移和转化不仅是地球化学循环的重要环节，其动态变化过程也在一定程度上体现了生态系统的稳定性及其对环境变化的响应^[1-2]。因此，长期、可靠的土壤化学元素含量数据，是开展相关研究评估的先决条件^[3-4]。

土壤重金属元素是环境中的重要化学元素，但随着人类活动的加剧，其带来的污染问题日益突出^[5]。重金属元素在土壤中具有移动性差、滞留时间长且难以被微生物降解，这些特性导致污染的治理和生态恢复难度较大^[6-7]。土壤重金属的积累不仅影响动植物生长发育，还可通过食物链进入人体内富集，对生态系统健康和与人类的健康生存和构成极大的威胁^[8-9]。土壤是微量元素的主要来源之一，这些元素在土壤中含量低、空间异质性强，但却是表征土壤环境质量的关键指标。部分微量元素为植物生长代谢所必需，其含量过高或过低均会影响植物的生长与生理活动^[10]。研究表明，植被可以通过生长、根系作用、凋落物输入、冠层截留和淋溶等过程影响土壤化学元素含量，同时土壤特征（母质、成土过程、土壤类型、土壤理化性状等）也对微量元素的含量具有重要的调控作用。因此，不同植被类型下土壤化学元素的含量及有效性呈现显著差异，这是植被过程、土壤特征等多种因素的共同作用的结果^[11-12]。

对南亚热带森林生态系统 30 年的监测发现森林群落结构呈现灌木与小乔木数量增加，并伴随大型乔木的数量减少的趋势^[13]。该区域近 60 年的长期气象观测呈现干季更干，湿季更湿的变化趋势^[14]；气候和植被结构变化的同时，地下部分基岩风化程度、土壤发育进程、以及土壤微生物和动物群落也在同步发生变化，导致植被—土壤系统养分循环的差异。此外，对于同种森林类型，随着时间的推移，植物生长代谢、土壤微生物活动及土壤演化等也会驱动土壤元素含量的变化^[15]。

目前，针对森林生态系统土壤属性研究已有相关数据集报道，如徐丽等（2018）发布了基于 2013 年夏季调查构建的中国南北样带典型森林土壤属性数据集，主要包括中国典型森林的土壤类型、机械组成、土壤元素含量等信息^[16]；颜萍等（2023）发布了 2020 年南岭山地典型森林生态系统土壤养分数据集，包含了该区域典型森林生态系统的表层土壤养分和速效养分数据^[17]；杨阳等（2020）发布了 2005–2015 年青藏高原东南部贡嘎山峨眉冷杉林土壤物理性质和元素数据集，系统

整理了该区域峨眉冷杉林的土壤数据^[18]。这些数据集多关注土壤全量元素和养分含量，尚无聚焦土壤重金属元素或微量元素含量的相关数据集报道，尤其是在深受全球变化活动影响的我国亚热带地区。因此，开展亚热带区域土壤重金属元素和微量元素的长期监测将为评估该区域森林生态系统的土壤养分状况、环境质量和生态学研究工作提供重要的基础数据。

广东鼎湖山森林生态系统国家野外科学观测研究站（简称“鼎湖山站”）自 1998 年起，依据中国生态系统研究网络（CERN）的监测指标体系，建设规范化土壤观测样地，系统开展土壤化学元素含量的长期监测与研究，积累了多年的连续观测资料，为森林土壤理化性质的综合研究提供了优质平台，在森林生态系统长期观测研究中发挥引领作用^[19]。马尾松林（*Pinus massoniana* coniferous forest, PF）、针阔叶混交林（mixed *Pinus massoniana*/broad-leaved forest, MF）和季风常绿阔叶林（monsoon evergreen broad-leaved forest, MEBF）是鼎湖山典型的森林植被类型，本数据集公开报道上述三种林型 2000-2020 年逐年表层速效微量元素含量以及 2005 和 2015 年两次剖面微量元素与重金属元素含量数据，通过对土壤化学元素含量多年连续动态监测，有助于进一步解析植物生长的生境因素，增加对亚热带森林生态系统演替规律的认识。此外，规范化的土壤化学元素含量数据集也可为国民经济社会发展、管理部门决策等提供科学参考^[20]。野外监测工作还将持续开展，进一步凸显长期定位监测的重要性。

1 数据采集和处理方法

1.1 数据采集样地描述

鼎湖山站位于鼎湖山国家级自然保护区（23°09'21"–23°11'30"N，112°30'39"–112°33'41"E），拥有保存完好的近 400 年历史的地带性顶级森林群落及丰富的过渡植被类型。主要地貌地形为丘陵和低山，海拔为 14 m–1000 m，最高峰鸡笼山海拔 1000.3 m。该地区属亚热带季风气候，年降水量为 1900 mm，蒸发量约 1115 mm，年平均湿度为 76%，年干燥度 0.58；4 到 9 月为湿季，10 月到翌年 3 月为旱季，其中 70% 的降雨集中在 4–9 月^[21]。年均温 22.5℃，最冷月（1 月）和最热月（7 月）平均气温分别为 13.8℃和 28.8℃。主要土壤类型为发育于砂页岩的赤红壤和山地黄壤以及山地灌丛草甸土^[14]。鼎湖山植物群落终年常绿，郁闭度约 95%，长期定位观测的森林植被类型主要有 3 种，即季风常绿阔叶林（BF）、针阔混交林（MF）和马尾松林（PF）^[13]。本数据集选取鼎湖山站辅助观测场的马尾松、针阔混交林 II 号和季风常绿阔叶林，分别代表森林演替的初期、中期和后期阶段。鼎湖山站观测场位置如图 1 所示。

1.2 数据来源与实验方法

鼎湖山土壤微量元素和重金属元素含量监测为人工采样。为了避免破坏长期观测样地，2004 年开始，在永久样地周边选择相同林型、坡向和坡度的区域建立破坏性采样地用于土壤采样，每个采样地面积为 180 m²，分成 6 个 5 m × 6 m 的小样方，本数据集中三个土壤采样地土壤均为赤红壤，土壤母质为砂页岩，具体采样地信息如表 1 所示^[19]。

土壤采样分为表层土壤采样和剖面土壤采样。2004 年以前为当年 7 月采样，2005 年开始，根据中国生态系统研究网络（CERN）的统一要求对监测指标进行调整，采样时间改为当年 10 月。同时，为了数据的延续性和课题研究的需要，鼎湖山站除完成 CERN 监测体系的要求外，坚持每年对表层土壤进行采样，全部按照 CERN 监测指标进行分析^[19]。

表 1 鼎湖山三个类型土壤采样地基本信息

Table 1 Basic information of three types of soil sampling sites in Dinghushan

样地名称	样地代码	海拔 (m)	坡度 (°)	坡向	中心点坐标
季风林破坏性采样地	DHFZH01ABC_02	300	30	NE (50°)	112°32'23.14"E, 23°10'12.19"N
针阔 II 号破坏性采样地	DHFFZ02ABC_02	160	40	SW (240°)	112°32'50.77"E, 23°10'26.35"N
马尾松林破坏性采样地	DHFFZ01ABC_02	80	20	SE (135°)	112°33'26.01"E, 23°9'57.55"N

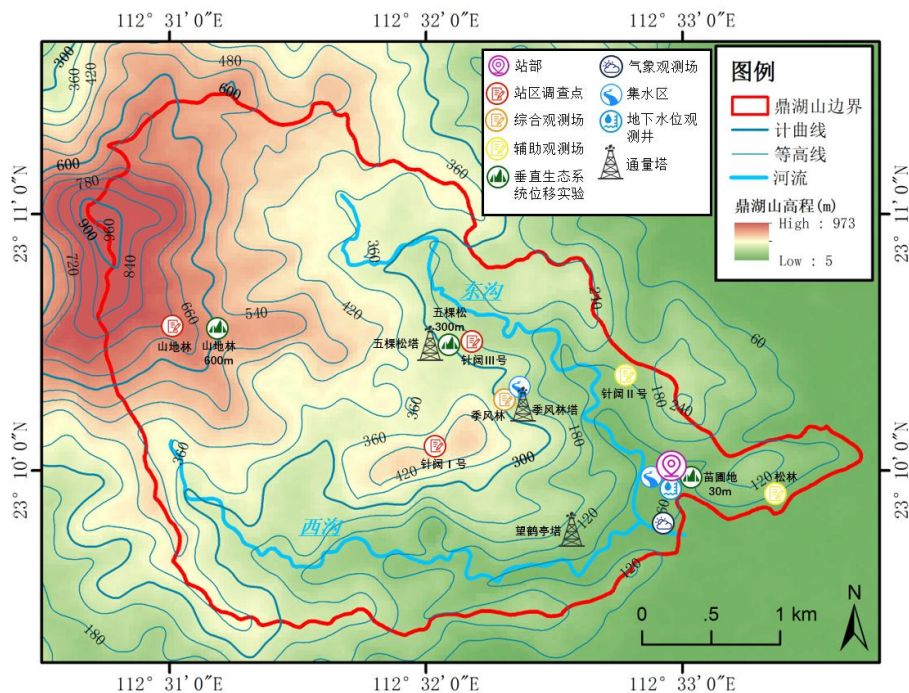


图 1 鼎湖山站区主要观测场地空间位置图

Figure 1 Spatial distribution of major observation sites at Dinghushan Station

表层土壤采样：表层土壤的采样频率为每年进行 1 次采样，每 5 年进行一次动态调查，动态调查当年每季度采样 1 次。采样时，在每个破坏性采样地的 6 个小样方，随机或按 S 形用采土钻采集 0–20 cm 土壤，每个小样方采集 6–8 个点，将这些点的土壤样品混合成 1 个样品。

剖面土壤采样：剖面土壤的采样频率为每 10 年 1 次。在每个林型破坏性采样地周边选择 3 个剖面，按照相同的深度层次进行采样。采样深度分别为 0–10 cm、10–20 cm、20–40 cm、40–60 cm、60–80 cm 或 100 cm（由于土层深度不够，2005 年针阔混交林采样只到 40–60 cm，同年季风常绿阔叶林和马尾松林只到 60–80 cm）。

土壤样品采集后，挑除粗根、石块，在阴凉处风干，过 10 目筛备用，再以多点采样法取约 30g 样品，挑除全部细根和凋落物，过 60 目筛备用。实验分析方法优先选择国家标准方法或行业标准方法，主要参考《中国生态系统研究网络（CERN）长期观测规范》丛书中的《陆地生态系统土壤观测规范》和《土壤理化分析与剖面描述》^[22–23]。由于仪器更新等原因，实验分析方法会有所不同，测定方法如表 2 所示。

表 2 鼎湖山土壤微量元素和重金属元素实验分析方法

Table 2 Experimental analysis method for trace elements and heavy metal elements in forest soil from Dinghushan

指标	年份	测定方法	检测限 (mg/kg)
As、B、Cd、Cr、Cu、 Hg、Mn、Mo、Ni、Pb、 Se、Zn	2005、2015	氢氟酸-盐酸-硝酸酸溶-ICP-MS 法 (2005)、氢氟酸-盐酸-硝酸酸溶-电 感耦合等离子体质谱 (ICP-MS) 法 (2015)	Cd: 0.28、Cu: 2.0、Cr: 8、 Mn: 2.8、Ni: 8、Pb: 8、 Zn: 28、As: 2.4、Mo: 0.4 (2015)
Fe	2005、2015	氢氟酸-盐酸-硝酸酸溶-ICP-OES 法	
B	2005、2015	氢氟酸-盐酸-硝酸酸溶-ICP 法	
有效铁、有效铜、有效锌	2000–2020	盐酸浸提-原子吸收分光光度法 (2000–2015)、盐酸浸提-ICP 法 (2016–2020)	Cu: 2.0、Zn: 28 (2015)
有效硼	2000–2020	沸水浸提-甲亚胺-H-比色法	
有效铝	2000–2020	草酸-草酸铵浸提-原子吸收光谱法	Mo: 0.4 (2015)
有效硫	2000–2020	磷酸盐浸提-硫酸钡比浊法	
有效锰	2000–2020	对苯二酚-乙酸铵浸提-原子分光光度 法 (2000–2015)、对苯二酚-乙酸铵 浸提-ICP 法 (2016–2020)	Mn: 2.8 (2015)

2 数据样本描述

表层土壤速效微量元素含量的数据范围为 2000–2020 年，每年开展 1 次监测，剖面微量元素和重金属元素含量的数据范围为 2005 年和 2015 年，每 10 年进行一次采样。数据集样地代码说明：DHF 为鼎湖山森林站代码，ZH 为综合观测场代码，FZ 为辅助观测场代码。2009 年前，ABC 中 A 代表生物，B 代表土壤，C 代表水分；2009 年后，取消 ABC 的特定指代含义，所有样地均为 ABC，“_02”代表破坏性采样地。

本数据集共有 1 个 Excel 文件，包含 3 个数据表，表 3 为土壤化学元素原始数据表格式样例：

表 3 土壤化学元素原始数据表格式

Table 3 Original data table format for soil chemical elements

序号	字段名称	字段说明	字段类型	小数位	计量单位	示例
1	生态站代码	生态站的代码	字符型	-	-	DHF
2	年	观测年份	数字型	0	-	2000
3	月	观测月份	数字型	0	-	7
4	日	观测日期	数字型	0	-	25
5	样地代码	观测样地的代码	字符型	-	-	DHFZH01ABC_02
6	样地名称	观测样地的名称	字符型	-	-	鼎湖山站综合观测场 季风林破坏性采样地
7	采样分区描述	对采样分区微地形的描述	字符型	-	-	坡中

序号	字段名称	字段说明	字段类型	小数位	计量单位	示例
	(微地形)					
8	土壤类型	样地土壤类型	字符型	-	-	赤红壤
9	母岩	样地土壤母岩	字符型	-	-	砂页岩
10	采样深度	采样的深度	数字型	-	cm	0-20
11	有效铁-有效硫	表层速效微量元素含量	数字型	3	mg/kg	141.130
12	全硼-硒	剖面微量元素含量	数字型	3	mg/kg	148.815
13	钴-砷	剖面重金属元素含量	数字型	3	mg/kg	0.644
14	备注	必要的说明文字	字符型	-	-	-

(1) 2000–2020 年表层土壤速效微量元素含量表：包括生态站代码、采样年、月、日、样地代码、样地名称、采样分区描述（微地形）、土壤类型、母质、采样深度（cm）共 10 个基本字段，分析指标 7 项：有效硼（B）、有效钼（Mo）、有效锰（Mn）、有效锌（Zn）、有效铜（Cu）、有效铁（Fe）、有效硫（S）。

(2) 2005、2015 年剖面微量元素含量表：基本字段与上述表格相同，分析指标 7 项：全硼（B）、全钼（Mo）、全锰（Mn）、全锌（Zn）、全铜（Cu）、全铁（Fe）、硒（Se）。

(3) 2005、2015 年剖面重金属元素含量表：基本字段与上述表格相同，分析指标 7 项：钴（Co）、镉（Cd）、铅（Pb）、铬（Cr）、镍（Ni）、汞（Hg）、砷（As）。所有测定指标单位都是 mg/kg。

3 数据质量控制和评估

鼎湖山站长期监测样地土壤化学元素指标均为在固定采样地采集土样后，带回实验室分析测定的结果。为保证实验数据规范，本数据集中各项指标均按照国家标准方法分析测定。数据质量控制主要从样品采集、实验分析、仪器标定、历史数据对比 4 个方面开展。

(1) 样品采集：在破坏性采样地内按 S 形采样，选择微小地形无较大变化、无隆起、无下陷的地点采样，减少地形间的差异。在固定样方内多点采样，减少由于空间异质性造成的取样误差和结果的不确定性。这 21 年都坚持由同一负责人采样，以减少人为误差。采样时间选择在当年 10 月的晴天，以减少由于时间、天气差异造成的误差。

(2) 实验分析：通过重复测定、加标回收法检查数据的可靠性。实验分析由固定人员操作，除因仪器更新换代改变分析方法外，分析方法和标准基本无变化。自 2004 年开始，在每次实验中都插入标样，检查标样回收率以检验实验过程，并抽样重复测定检查异常值。数据异常值根据分析方法规定的允许误差值进行判断。

(3) 仪器标定：每年对实验分析中用到的仪器进行标定，包括分析仪器与称量天平等。

(4) 历史数据对比：将每年所有的实验数据整合归入数据库，检验数据是否在历史数据范围内，查找数据异常值的产生原因。数据可信度较高，基本可以反映出鼎湖山森林生态系统土壤化学元素的长期变化规律。

在 2000–2020 年监测阶段，各项指标的采样、分析工作均按照标准流程规范开展，以保障所获取数据的一致性和准确性。

2000–2020 年间鼎湖山 3 个林型表层速效微量元素监测数据年动态如图 2 和图 3 所示。整体而言, 在 21 年间 3 个林型中的同种微量元素的变化趋势相似。PF 的有效铁含量呈上升趋势, MF 和 BF 的有效铁含量整体相对稳定, 保持在一定范围内波动; 3 个林型的有效铜、有效硼、有效锰和有效锌的含量均未呈现显著的上升或下降趋势; 有效硫的含量在 3 个林型中均呈下降趋势。有效钼 (Mo) 数据缺失过多, 在此不做分析。

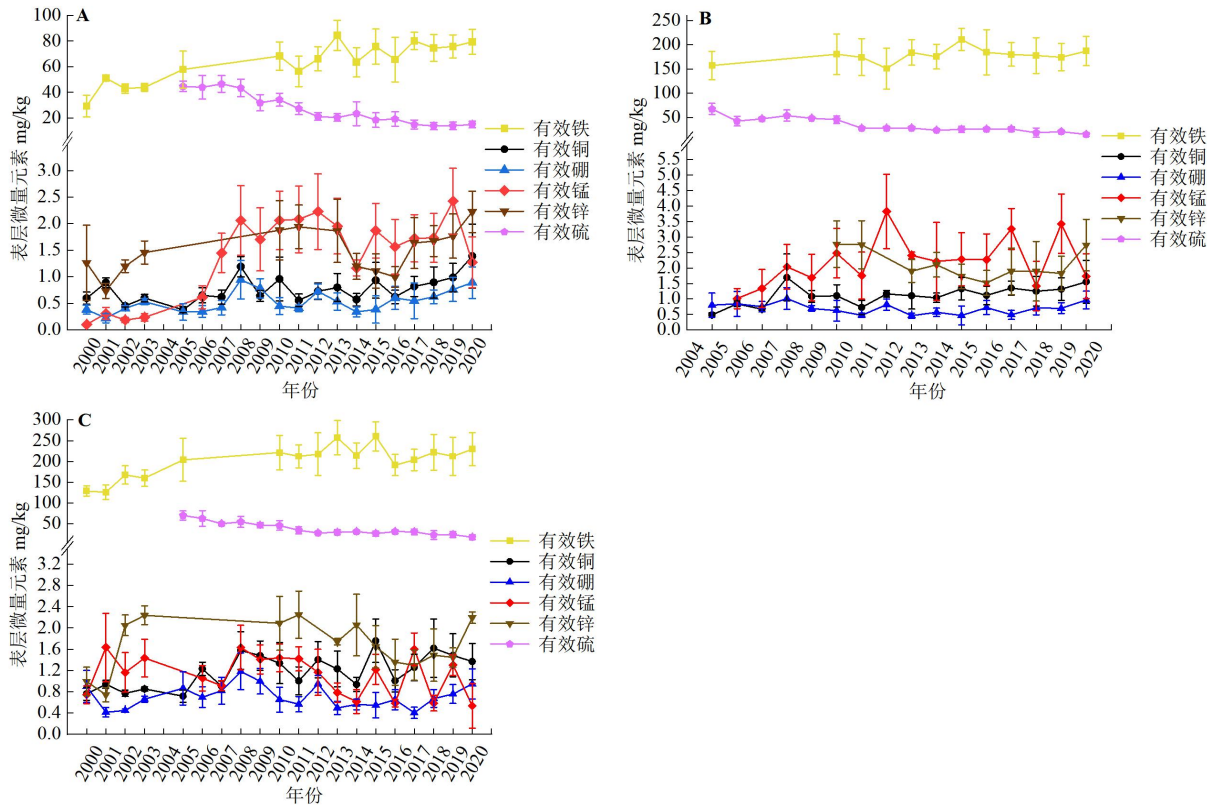


图 2 鼎湖山 3 个林型: PF (A)、MF (B) 和 BF (C) 表层土壤速效微量元素年际变化图

Figure 2 Interannual variation of available trace elements in the surface soil of three forest types at Dinghushan: *Pinus massoniana* coniferous forest (A) mixed *Pinus massoniana* /broad-leaved forest (B) and monsoon evergreen broad-leaved forest (C)

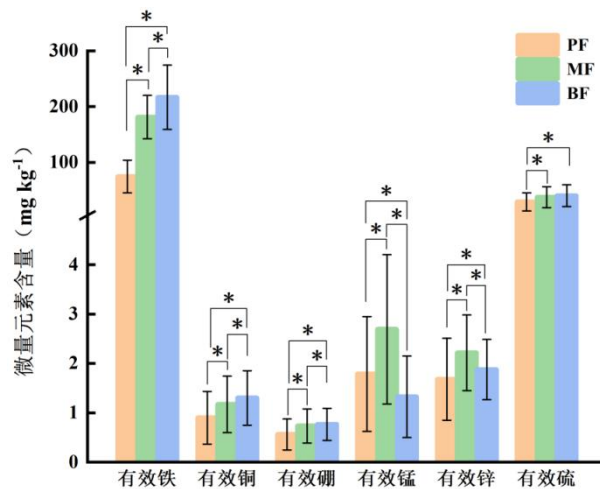


图 3 鼎湖山 3 个林型: PF (A)、MF (B) 和 BF (C) 表层土壤速效微量元素年均值

Figure 3 Annual average values of trace elements in the surface soil of three forest types at Dinghushan: *Pinus massoniana* coniferous forest (A) mixed *Pinus massoniana* /broad-leaved forest (B) and monsoon evergreen broad-leaved forest (C)

由图 3 可知,所有微量元素含量在 PF 中最低。通过 SPSS Statistics 20.0 软件对 3 个林型的土壤微量元素含量进行分析,采用非参数检验 ($P<0.05$)。BF 作为演替后期阶段的顶级群落,其有效铁、有效铜和有效硼的含量均显著高于 PF 和 MF,有效硫的含量显著高于 PF。在代表演替中期的 MF 中,有效锰和有效锌的含量最高,相较于 BF 和 PF 有显著差异,说明不同演替阶段的森林在土壤化学元素含量上有明显的差异。3 个林型的有效铁含量均极高,表现出富铁状况。有效锌和有效铜含量处于中等水平。有效硼的含量处于较低水平,演替初期的 PF 有效硼含量最低。这些与鼎湖山不同演替阶段森林土壤中有效微量元素状况的研究结果一致^[24]。3 个林型中有效硫含量均呈下降趋势,也符合对中国热带森林土壤和水分酸度降低的研究结果^[25],说明本站各项数据可靠。

2005 年、2015 年鼎湖山站 3 个林型重金属元素监测数据年动态如图 4 所示。对 PF 在 2005 年和 2015 年的重金属元素含量进行分析,数据呈现正态或近似正态分布。独立样本 T 检验结果表明 ($P<0.05$),在 2005 年至 2015 年间,3 个林型土壤中的铅 (Pb) 和砷 (As) 含量均呈现显著增加的趋势,而汞 (Hg) 和镉 (Cd) 含量则显著降低,铬 (Cr) 含量在 3 个林型中均保持相对稳定。具体而言,PF 土壤中的铅 (Pb) 和砷 (As) 含量显著上升,而汞 (Hg) 和镉 (Cd) 含量则显著降低,铬 (Cr) 和镍 (Ni) 的含量保持相对稳定,未表现出明显的趋势性变化。采用相同的分析方法,发现在 2005 年至 2015 年间,MF 土壤中的铅 (Pb)、镍 (Ni) 和砷 (As) 含量显著增加,汞 (Hg) 和镉 (Cd) 含量显著降低,铬 (Cr) 含量相对稳定;BF 土壤中的铅 (Pb)、镍 (Ni) 和砷 (As) 含量同样显著增加,铬 (Cr) 含量保持稳定,而汞 (Hg) 和镉 (Cd) 含量则显著降低。除 Cr 外,3 个林型中大多数土壤重金属含量平均值均低于广州市土壤地球化学基准值^[2]。地球化学基线范围代表了土壤元素自然含量的 95% 置信区间,可作为区分地球化学背景和污染的标准,由此说明鼎湖山土壤环境整体较为清洁^[26-27]。钴 (Co) 元素数据缺失过多,在此不做分析。

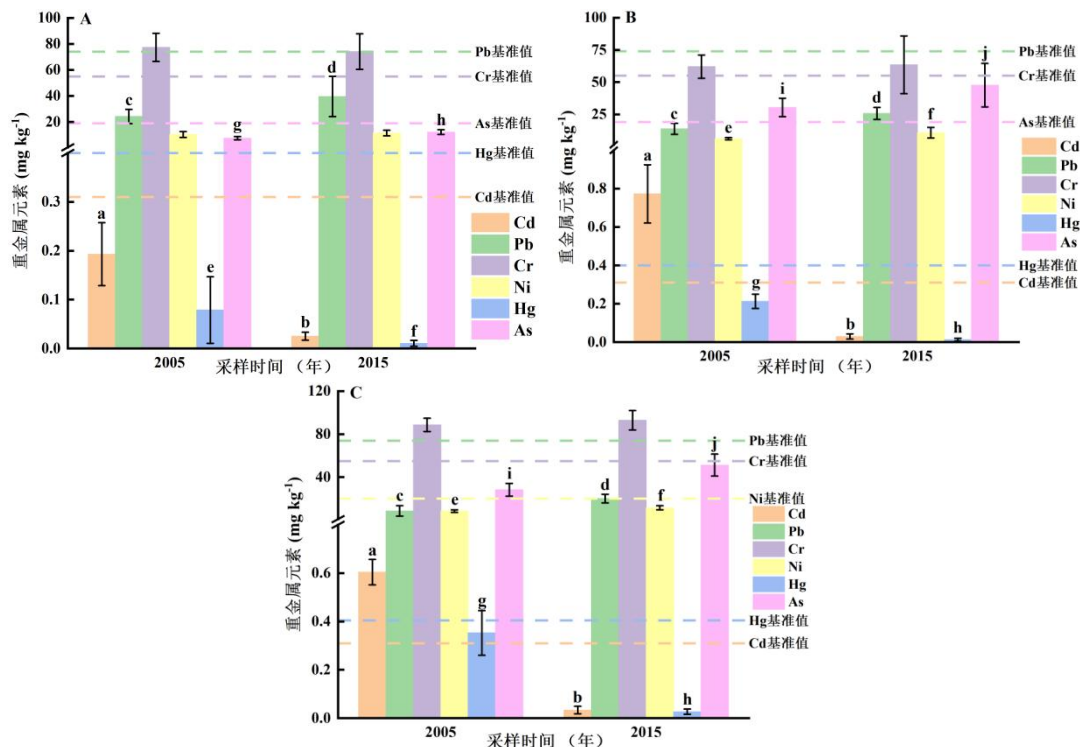


图 4 鼎湖山 3 个林型: PF (A)、MF (B) 和 BF (C) 重金属元素年际变化图

Figure 4 Interannual variation of heavy metal elements in the surface layer of three forest types at Dinghushan: *Pinus massoniana* coniferous forest (A) mixed *Pinus massoniana* /broad-leaved forest (B) and monsoon evergreen broad-leaved forest (C)

4 数据价值

本数据集依托鼎湖山站的长期定位监测，系统整合了 2000–2020 年表层土壤速效微量元素及 2005 年、2015 年剖面微量元素与重金属元素数据，具有重要的科学价值与应用潜力。作为南亚热带森林生态系统的典型代表，鼎湖山的土壤元素动态不仅是理解区域环境变化与物质循环的关键环节，也为探讨全球变化背景下森林生态系统的响应与适应提供了重要平台。

通过比较不同森林类型下土壤微量元素和重金属元素含量的差异，本数据集可揭示不同演替阶段森林土壤化学元素组成的基本特征。例如，数据表明，演替后期的季风常绿阔叶林中有效铁、有效铜和有效硼的含量显著高于演替初期的马尾松林和演替中期的针阔叶混交林，这为理解南亚热带森林土壤元素的生物地球化学演变提供了实证依据^[28]；同时，数据集涵盖 20 年时间跨度的监测数据，能够支持土壤元素年际变化与长期趋势的分析，部分重金属元素含量呈现显著的升降动态，有助于反映全球变化对土壤环境的影响。

此外，通过将鼎湖山土壤元素含量与广东地区土壤地球化学基准值进行对比，本数据集为评估区域土壤环境质量与污染风险提供了依据。结果表明，除个别重金属元素外，鼎湖山土壤环境整体较为清洁，这为构建南亚热带土壤环境质量监测体系提供了长期、可靠的数据支持。鼎湖山站所有观测均遵循标准化方法体系，质量控制严格，数据来源真实可靠。综上，本数据集不仅可为南亚热带森林生态系统土壤养分研究、生态模型参数优化及模型验证提供数据基础，也可为我国华南乃至全球类似生态系统的可持续经营、土地资源管理与土壤退化防治提供科学参考^[29]。

数据作者分工职责

邓云轩（2001—），男，湖南人，硕士研究生，研究方向为生态学。主要承担工作：论文撰写与数据分析。

褚国伟（1976—），男，广东人，高级工程师，研究方向为环境生态学。主要承担工作：土壤采样分析与质量控制。

张倩媚（1970—），女，广东人，正高级工程师，研究方向为森林生态学。主要承担工作：数据前期处理、质量控制与指导论文撰写。

张德强（1963—），男，广东人，研究员，研究方向为土壤生态学。主要承担工作：项目组织与管理、数据质量控制。

俞梦笑（1991—），女，广东人，高级工程师，研究方向为生态系统生态学。主要承担工作：指导论文撰写。

刘世忠（1970—），男，广东人，高级工程师，研究方向为森林生态学。主要承担工作：样地维护与质量控制。

孟泽（1970—），男，湖南人，技术员。主要承担工作：样地维护。

李跃林（1970—），男，湖南人，研究员，研究方向为生态学。主要承担工作：数据质量控制。

刘菊秀（1975—），女，湖南人，研究员，研究方向为生态系统生态学。主要承担工作：项目组织与管理。

闫俊华（1973—），男，广东人，研究员，研究方向为生态学。主要承担工作：项目组织与管理。

参考文献

- [1] 朱永官, 陈保冬, 付伟. 土壤生态学研究前沿[J]. 科技导报, 2022, 40(3): 25 – 31. [ZHU Y G, CHEN B D, FU W. Research frontiers in soil ecology[J]. Science & Technology Review, 2022, 40(3): 25 – 31.]
- [2] 桂翔, 张欣, 占得龙, 等. 基于高光谱的长江中下游沿江地区土壤化学元素含量反演研究[J]. 安徽地质, 2023, 33(3): 259-264. [GUI X, ZHANG X, ZHAN D L, et al. Inversion of soil chemical element content in the Yangtze River basin along the middle and lower reaches based on hyperspectral data[J]. Geology of Anhui, 2023, 33(3): 259-264.]
- [3] 成杭新, 李括, 李敏, 等. 中国城市土壤化学元素的背景值与基准值[J]. 地学前缘, 2014, 21(3): 265 – 306. DOI:10.13745/j.esf.2014.03.028. [CHENG H X, LI K, LI M, et al. Geochemical background and baseline value of chemical elements in urban soil in China[J]. Earth Science Frontiers, 2014, 21(3): 265 – 306. DOI:10.13745/j.esf.2014.03.028.]
- [4] 王学求, 周建, 徐善法, 等. 全国地球化学基准网建立与土壤地球化学基准值特征[J]. 中国地质, 2016, 43(5): 1469 – 1480. [WANG X Q, ZHOU J, XU S F, et al. China soil geochemical baselines networks: Data characteristics[J]. Geology in China, 2016, 43(5): 1469 – 1480.]
- [5] 任宇, 曹文庚, 肖舜禹, 等. 重金属在土壤中的分布、危害与治理技术研究进展[J]. 中国地质, 2024, 51(1): 118 – 142. DOI:10.12029/gc20230320001. [REN Y, CAO W G, XIAO S Y, et al. Research progress on distribution, harm and control technology of heavy metals in soil[J]. Geology in China, 2024, 51(1): 118 – 142. DOI:10.12029/gc20230320001.]
- [6] 钱春香, 王明明, 许燕波. 土壤重金属污染现状及微生物修复技术研究进展[J]. 东南大学学报(自然科学版), 2013, 43(3): 669 – 674. DOI:10.3969/j.issn.1001-0505.2013.03.041. [QIAN C X, WANG M M, XU Y B. Current situation of soil contamination by heavy metals and research progress in bio-remediation technique[J]. Journal of Southeast University (Natural Science Edition), 2013, 43(3): 669 – 674. DOI:10.3969/j.issn.1001-0505.2013.03.041.]
- [7] 郭可欣, 李天元, 宋繁永, 等. 土壤-作物中重金属生物有效性和可给性研究进展[J]. 中国环境科学, 2023, 43(8): 4164 – 4174. DOI:10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20230628.001. [GUO K X, LI T Y, SONG F Y, et al. Review on heavy metal bioavailability and bioaccessibility in soil-crop system[J]. China Environmental Science, 2023, 43(8): 4164 – 4174. DOI:10.19674/j.cnki.issn1000-6923.20230628.001.]
- [8] MARKUS J, MCBRATNEY A B. A review of the contamination of soil with lead II. Spatial distribution and risk assessment of soil lead[J]. Environment International, 2001, 27(5): 399 – 411. DOI:10.1016/S0160-4120(01)00049-6.
- [9] LARISON J R, LIKENS G E, FITZPATRICK J W, et al. Cadmium toxicity among wildlife in the Colorado rocky mountains[J]. Nature, 2000, 406(6792): 181 – 183. DOI:10.1038/35018068.
- [10] 吴彩霞, 傅华, 裴世芳, 等. 不同草地类型土壤有效态微量元素含量特征[J]. 干旱区研究, 2008, 25(1): 137 – 144. DOI:10.13866/j.azr.2008.01.019. [WU C X, FU H, PEI S F, et al. Study on the contents of available trace elements in different grassland soils on the western slope of the Helan Mountain[J]. Arid Zone Research, 2008, 25(1): 137 – 144. DOI:10.13866/j.azr.2008.01.019.]

- [11] 洪涛, 谢运球, 覃星铭, 等. 黔西北土壤-植被系统元素地球化学特征及其生态关系[J]. 生态与农村环境学报, 2018, 34(10): 890 – 896. DOI:10.11934/j.issn.1673-4831.2018.10.004. [HONG T, XIE Y Q, QIN X M, et al. Geochemical characteristics and ecological interaction of earth elements in the soil-plant system in northwest Guizhou Province[J]. Journal of Ecology and Rural Environment, 2018, 34(10): 890 – 896. DOI:10.11934/j.issn.1673-4831.2018.10.004.]
- [12] 刘永红, 倪中应, 谢国雄, 等. 浙西北丘陵区农田土壤微量元素空间变异特征及影响因子[J]. 植物营养与肥料学报, 2016, 22(6): 1710 – 1718. [LIU Y H, NI Z Y, XIE G X, et al. Spatial variability and impacting factors of trace elements in hilly region of cropland in northwestern Zhejiang Province[J]. Journal of Plant Nutrition and Fertilizer, 2016, 22(6): 1710 – 1718.]
- [13] ZHOU G Y, HOULTON B Z, WANG W T, et al. Substantial reorganization of China's tropical and subtropical forests: based on the permanent plots[J]. Global Change Biology, 2014, 20(1): 240 – 250. DOI:10.1111/gcb.12385.
- [14] ZHOU G Y, WEI X H, WU Y P, et al. Quantifying the hydrological responses to climate change in an intact forested small watershed in Southern China[J]. Global Change Biology, 2011, 17(12): 3736 – 3746. DOI:10.1111/j.1365-2486.2011.02499.x.
- [15] 欧阳学军, 黄忠良, 周国逸, 等. 鼎湖山南亚热带森林群落演替对土壤化学性质影响的累积效应研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 51 – 54. DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2003.04.013. [OUYANG X J, HUANG Z L, ZHOU G Y, et al. Accumulative effects of forest community succession on soil chemical properties in Dinghushan of tropical China[J]. Journal of Soil Water Conservation, 2003, 17(4): 51 – 54. DOI:10.13870/j.cnki.stbxb.2003.04.013.]
- [16] 徐丽, 何念鹏. 中国南北样带典型森林土壤属性数据集[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-08-02). DOI:10.11922/sciencedb.602. [XU L, HE N. A dataset of forest soil properties in the north-south transect of eastern China[DB/OL]. Science Data Bank, 2018. (2018-08-02). DOI:10.11922/sciencedb.602.]
- [17] 颜萍, 周平, 苏雅丽, 等. 2020 年南岭山地典型森林生态系统土壤养分数据集[J]. 中国科学数据, 2023, 8(4): 113 – 126. DOI:10.11922/11-6035.csd.2023.0118.zh. [YAN P, ZHOU P, SU Y L, et al. A dataset of soil nutrients of typical forest ecosystems in Nanling Mountain in 2020[J]. China Scientific Data, 2023, 8(4): 113 – 126. DOI:10.11922/11-6035.csd.2023.0118.zh.]
- [18] 杨阳, 李伟, 王根绪. 2005 – 2015 年青藏高原东南部贡嘎山峨眉冷杉林土壤物理性质和元素数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2020, 5(2). DOI: 10.11922/csdata.2020.0003.zh. [YANG Y, LI W, WANG G X. A dataset of soil physical properties and elements of Abies fabri in Gongga Mountain, southeastern Qinghai-Tibet Plateau, during 2005-2015[J/OL]. China Scientific Data, 2020, 5(2). DOI: 10.11922/csdata.2020.0003.zh.]
- [19] 陈宜瑜. 中国生态系统定位观测与研究数据集-森林生态系统卷, 广东鼎湖山站: 森林生态系统卷 广东鼎湖山站: 1998-2018[M]. 北京: 中国农业出版社, 2022. [CHEN Y Y. China ecosystem positioning observation and research data set-forest ecosystem volume, Dinghushan Station, Guangdong: 1998-2018[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2022.]
- [20] 孙宁晓, 殷杉, 郑吉, 等. 2016 – 2021 年上海长三角站长期监测样地土壤基本性状数据集[J]. 中国科学数据, 2023, 8(04): 8 – 16. DOI:10.11922/11-6035.csd.2023.0064.zh. [SUN N X, YIN S, ZHENG J, et al. A dataset of basic soil properties for the long-term monitoring sample plots of Shanghai Yangtze River

- Delta Research Station during 2016-2021[J]. *China Scientific Data*, 2023, 8(04): 8 – 16. DOI:10.11922/11-6035.csd.2023.0064.zh.]
- [21] 邹顺, 周国逸, 张倩媚, 等. 1992—2015 年鼎湖山季风常绿阔叶林群落种间关联动态[J]. *生态学报*, 2019, 39(17): 6362 – 6371. DOI:10.5846/stxb201804030753. [ZOU S, ZHOU G Y, ZHANG Q M, et al. Long-term (1992-2015) dynamics of interspecific associations among tree species in a monsoon evergreen broad-leaved forest in Dinghushan Biosphere Reserve[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(17): 6362 – 6371. DOI:10.5846/stxb201804030753.]
- [22] 孙波, 李志安, 温达志, 等. 中国生态系统研究网络 (CERN) 长期观测规范·陆地生态系统土壤观测规范[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 2007. [SUN B, LI Z A, WEN D Z, et al. *Protocols for Standard Soil Observation and Measurement in Terrestrial Ecosystems*[M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2007.]
- [23] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 中国标准出版社, 1997. [LIU G S. *Soil Physical and Chemical Analysis and Description of Soil Profiles*[M]. Beijing: Standard Press of China, 1997.]
- [24] 李德军, 莫江明, 方运霆, 等. 鼎湖山自然保护区不同演替阶段森林土壤中有效微量元素状况研究[J]. *广西植物*, 2004, 24(6): 529 – 534. DOI:10.3969/j.issn.1000-3142.2004.06.009. [LI D J, MO J M, FANG Y T, et al. Study on availability of micronutrients in soils under three different forests of Dinghushan Nature Reserve[J]. *Guihaia*, 2004, 24(6): 529 – 534. DOI:10.3969/j.issn.1000-3142.2004.06.009.]
- [25] LIE Z Y, HUANG W J, ZHOU G Y, et al. Acidity of soil and water decreases in acid-sensitive forests of tropical China[J]. *Environmental Science & Technology*, 2023, 57(30): 11075 – 11083.
- [26] 汪学金, 孙芳芳, 黎建力, 等. 广州及周边地区森林土壤 As、Se、Hg 质量分数特征及污染评价[J]. *生态环境学报*, 2012, 21(3): 569 – 576. [WANG X J, SUN F F, LI J L, et al. Characteristics and pollution assessment of arsenic, selenium and mercury of forest soils in and around Guangzhou region[J]. *Ecology and Environment Sciences*, 2012, 21(3): 569 – 576.]
- [27] 王越, 莫莉, 余新晓, 等. 粤北典型工矿区土壤重金属富集特征、来源解析及风险评价[J]. *环境科学*, 2023, 44(3): 1636 – 1645. DOI:10.13227/j.hjlx.202204271. [WANG Y, MO L, YU X X, et al. Enrichment characteristics, source apportionment, and risk assessment of heavy metals in the industrial and mining area of northern Guangdong Province[J]. *Environmental Science*, 2023, 44(3): 1636 – 1645. DOI:10.13227/j.hjlx.202204271.]
- [28] 刘兴诏, 周国逸, 张德强, 等. 南亚热带森林不同演替阶段植物与土壤中 N、P 的化学计量特征[J]. *植物生态学报*, 2010, 34(1): 64 – 71. DOI:10.3773/j.issn.1005-264x.2010.01.010. [LIU X Z, ZHOU G Y, ZHANG D Q, et al. N and P stoichiometry of plant and soil in lower subtropical forest successional series in Southern China[J]. *Chinese Journal of Plant Ecology*, 2010, 34(1): 64 – 71. DOI:10.3773/j.issn.1005-264x.2010.01.010.]
- [29] 张杰, 金志农, 张海燕, 等. 鼎湖山不同植被类型下土壤肥力质量变化[J]. *中国土壤与肥料*, 2020(6): 50 – 57. DOI:10.11838/sfsc.1673-6257.19544. [ZHANG J, JIN Z N, ZHANG H Y, et al. Changes of soil fertility quality under different vegetation types of Dinghushan in subtropical China[J]. *Soils and Fertilizers Sciences in China*, 2020(6): 50 – 57. DOI:10.11838/sfsc.1673-6257.19544.]

论文引用格式

邓云轩, 褚国伟, 张倩媚, 等. 2000–2020 年广东鼎湖山森林土壤微量元素和重金属元素含量数据集 [J/OL]. 中国科学数据, 2026, 11(1). (2026-02-02). DOI: 10.11922/11-6035.nesdc.2025.0003.zh.

数据引用格式

邓云轩, 褚国伟, 张倩媚, 等. 2000–2020年广东鼎湖山森林土壤微量元素和重金属元素含量数据集 [DS/OL]. V2. Science Data Bank, 2026. (2026-01-13). DOI: 10.57760/sciencedb.j00001.01235.

A dataset of trace and heavy metal elements in forest soil from Dinghushan, Guangdong (2000–2020)

DENG Yunxuan^{1,2,3}, CHU Guowei^{1,2}, ZHANG Qianmei^{1,2*}, ZHANG Deqiang^{1,2},
YU Mengxiao^{1,2}, LIU Shizhong^{1,2}, MENG Ze^{1,2}, LI Yuelin^{1,2}, LIU Juxiu^{1,2}, YAN Junhua^{1,2}

1. South China Botanical Garden, CAS, Guangzhou 510650, P.R. China

2. National Ecological Science Data Center Guangdong Branch, 510650, Guangzhou P.R. China

3. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, P.R. China

*Email: zqm@mail.cn

Abstract: Soil is a fundamental component of forest ecosystems, providing essential water and nutrients for plant growth and functioning as a crucial medium for various physical, chemical, and biological processes. The Dinghushan National Nature Reserve, located in the South Subtropical Zone of China, is characterized by rich ecosystem diversity and represents a typical region that is highly sensitive to global environmental changes. As such, it has become a hotspot for extensive ecological research. The predominant soil types in the region include lateritic red soil and mountain yellow soil, both developing on sandstone and shale, as well as mountain shrub meadow soil. In recent years, the study of soil chemical element composition in this region has gained increasing attention. To deepen the understanding of soil element dynamics and their responses to global changes in South Subtropical forests, this dataset compiles long-term observational data from the Dinghushan Forest Ecosystem National Field Observation and Research Station, spanning from 2000 to 2020. The sampling sites encompass three vegetation types across different successional stages: *Pinus massoniana* coniferous forest, mixed *Pinus massoniana* broad-leaved forest, and monsoon evergreen broad-leaved forest. The primary observation indicators include annual measurements of trace elements in surface soils (including available B, Mo, Mn, Zn, Cu, Fe and S), decadal assessments of trace elements (including total B, Mo, Mn, Zn, Cu, Fe and Se) and heavy metal elements (including Co, Cd, Pb, Cr, Ni, Hg and As) in soil profiles. All samples were collected from fixed sampling locations and analyzed in the laboratory using standardized experimental protocols. To ensure the accuracy and reliability of the data, the quality of the dataset was controlled and evaluated in multiple links such as sample collection, experimental analysis and historical data comparison during the research process. The establishment and public sharing of this dataset will provide valuable long-term data to improve

regional soil property databases, support monitoring systems for soil quality in subtropical forest ecosystems, enhance forest ecosystem research networks, refine ecological process models, and inform regional environmental management strategies.

Keywords: forest ecosystem; soil chemical elements; soil monitoring; Dinghushan National Nature Reserve

Dataset profile

Title	A dataset of trace and heavy metal elements in forest soil from Dinghushan, Guangdong (2000–2020)
Data corresponding authors	ZHANG Qianmei (zqm@scbg.ac.cn)
Data author	DENG Yunxuan, CHU Guowei, ZHANG Qianmei, ZHANG Deqiang, YU Mengxiao, LIU Shizhong, MENG Ze, LI Yuelin, LIU Juxiu, YAN Junhua
Time range	2000 – 2020
Geographical scope	Guangdong Dinghushan National Observation and Research Station for Forest Ecosystem (23°09'21"–23°11'30"N, 112°30'39"–112°33'41"E) in Dinghushan National Nature Reserve, Zhaoqing City, Guangdong Province.
Data Volume	225 KB
Data formate	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01235
Source of funding	The Science and Technology Program of Guangdong (2024B1212080005); the Science and Technology Program from Forestry Administration of Guangdong Province (2023KYXM09); Guangdong Dinghushan National Observation and Research Station for Forest Ecosystem; Dinghushan Forest Ecosystem Research Station, CAS.
Dataset composition	This dataset consists of one data file containing three data tables: the annual surface soil trace element content table from 2000 to 2020, the soil profile trace element content table for 2005 and 2015, and the soil profile heavy metal element content table for 2005 and 2015.