专题 中国生态系统研究网络（CERN）

1998–2022 年千烟洲土壤养分数据集

吕云[1,2,3,4]，曾文静[1,2,3,4]，刘源鑫[1,2,3,4]，孟盛旺[1,2,3,4]，

李庆康[1,2,3,4]，杨风亭[1,2,3,4*]

1. 中国科学院地理科学与资源研究所，生态系统网络观测与模拟重点实验室，北京 100101

2. 中国科学院千烟洲亚热带森林生态系统观测研究站，北京 100101

3. 江西千烟洲红壤丘陵地球关键带国家野外科学观测研究站，江西泰和 343700

4. 泰和千烟洲生态研究中心，江西泰和 343700

摘要： 本数据集整合了江西省千烟洲地区典型水稻生态系统长期定位观测数据，即 1998－2022 年三种耕作方式（传统、无施肥、秸秆还田）下不同深度土壤养分数据。在每季作物收获后采集 0–100 厘米深度的土壤剖面样品进行分析化验。核心指标包括 pH 值、土壤有机质、全氮、水解氮、有效磷、速效钾及缓效钾。本数据集按照《陆地生态系统土壤环境观测指标与规范》中针对土壤化学观测指标与规范要求进行。化学分析测试过程中通过空白样及三重平行测试来保证数据准确性。长达 25 年的连续观测完整涵盖了中国农业近现代化发展和气候变化的关键时期。这套系统性、长周期、多层次的综合数据集，对于深入理解南方农田生态系统地力演变规律、评估管理措施长期生态效应、构建区域土壤健康评价体系、校准农田碳氮循环模型以及制定应对全球变化的适应性管理策略，均具有重要的科学价值和广泛的应用前景。

关键词： 土壤养分；水稻；耕作方式；秸秆还田；长时间尺度

www.sciengine.com/CSD
ISSN 2096-2223
CN 11-6035/N

文献 CSTR：
32001.14.11-6035.nesdc.2025.0158.zh

文献 DOI：
10.11922/11-6035.nesdc.2025.0158.zh

数据 DOI：
10.57760/sciencedb.27446

文献分类：农学

收稿日期：2025-09-02
修回日期：2026-02-10
录用日期：2026-02-12
发表日期：2026-06-08

* 论文通信作者
杨风亭（yangft@igsnrr.ac.cn）

数据库（集）基本信息简介

数据库（集）名称	1998–2022 年千烟洲土壤养分数据集
数据通信作者	杨风亭（yangft@igsnrr.ac.cn）
数据作者	吕云，曾文静，刘源鑫，孟盛旺，李庆康，杨风亭
数据时间范围	1998－2022 年
地理区域	江西省泰和县千烟洲站（位置为东经 115° 03′ 29.2″，北纬 26° 44′ 29.1″）
数据量	34KB
数据格式	*.xlsx
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.27446
基金项目	国家自然科学基金（32192432、32201534）；中央引导地方科技发展专项（20241ZDD02020）；千烟洲站开放基金（E5M50290、E6M60230）。

数据库（集）组成	数据集共包括 1 个数据文件：1998-2022 年千烟洲站土壤养分数据集，包含年、月、观测样地、采样深度、pH 值、土壤有机质、全氮、水解氮、有效磷、速效钾、缓效钾 11 个字段，233 条数据。

引　言

土壤是岩石圈与大气圈、水圈和生物圈交互作用的核心介质，扮演着生物地球化学过程的容纳体、储存库与反应器三重角色[1]。作为非均质的复杂体系，土壤为养分循环、水分调控和生物多样性维持提供基础空间场所[2]，成为植物可利用水的容纳体、离子与有机化合物的依附体，以及维系地球生物多样性的复合体[3]。此外，土壤作为最大的碳封存库，仅表层 100 cm 就存储了 1500 PgC，是大气碳储存量两倍、生物圈碳储存量三倍[4]，庞大的体量使其成为生物地球化学引擎。

联合国粮农组织（FAO）2018 年的统计数据显示，人类每日摄取的卡路里中有 98.8%来自土壤，仅 1.2%来自水域资源[5]。土壤通过物理化学过程直接调控着农业生产力。土壤质地决定水力传导度与根系穿透阻力，而其中，碳、氮、磷、钾的各种形态与含量更是直接影响植物生长发育的关键。同时，土壤有机质（SOM）也是影响土壤内部团聚体稳定性和微生物接种潜力的重要指标[6]。但农业管理会反作用于土壤，引起土壤理化特性的改变。例如，机械耕作通过破坏大团聚体加速 SOM 矿化[7]，化肥长期过量施用导致根际酸化[8]，连作制则降低盐基饱和度并削弱微生物多样性[9]。这些人为活动导致了土壤养分淋失、结构崩塌、酸化和碳流失，最终损害农业赖以生存的土壤功能[10]。

千烟洲站的建立是为了验证、完善中国科学院南方山区科学考察队一期考察的成果和观点，提高对红壤丘陵山区的理性认识，进而科学地指导山丘荒地开发治理的生产实践和加速南方山区的综合开发。千烟洲所处吉泰盆地区域，自古以来农业活动丰富。本数据集记录了不同管理模式下土壤基础养分数据在 1998 年到 2022 年间的时空动态变化趋势。包含了 25 年间南方水稻种植的三种耕作模式（常规耕作、无施肥、秸秆还田）下垂直分层（0 - 100 cm）的测量数据。核心参数包含土壤酸碱度（pH）、SOM、全氮（TN）、水解氮（HN）、有效磷（AP）、速效钾（AK）和缓效钾（SAK）。所有指标均按作物种植周期采样并按照标准化方法测定。数据集涵盖了全球气候变化下的中国农业现代化加速期，可以用于揭示气候和管理互作下的土壤肥力演变和养分恢复的迟滞效应；为模拟碳氮耦合模型提供验证基准。此外，对土壤健康指数构建、精准施肥优化及可持续集约化路径评估也提供了科学数据支撑。

1　数据采集和处理方法

1.1　数据采集地点

长期定位观测数据来源于江西省泰和县灌溪镇的中国生态系统研究网络千烟洲红壤丘陵地球关键带国家野外科学观测研究站（东经 115°03′29.2″，北纬 26°44′29.1″）。该站所在区域属典型的红壤丘陵地貌，成土母质多为红色砂岩、砂砾岩或泥岩，以及河流冲积物。平均海拔 110 m，年均温 19.4 ℃，年均降雨量 1463 mm，年均蒸发量 1110.3 mm，属于典型的亚热带季风气候[11]。

千烟洲站农田综合观测场 1985 年建立，占地 1.8 亩，包含 16 个 40 m×30 m 采样小区（样地）。农田辅助观测场的空白样地和秸秆还田样地于 1998 年建立，各有 3 个 3 m×5 m 的养分池，各池之间以水泥田埂相隔，采样小区之间设有保护行，随机分布在农田辅助观测场中。上述 3 个样地土质

为潴育型水稻土，采用水库调节供水灌溉制度，按照传统的双季稻种植制度种植。3 个样地耕作制度不同之处为农田综合观测场样地早稻在移栽期、分蘖期撒施复合肥和尿素，不进行秸秆还田，折合纯氮量、纯磷量和纯钾量分别约为 150 kg/hm^2、30 kg/hm^2 和 60 kg/hm^2；空白样地不施用任何肥料，也不进行秸秆还田；秸秆还田样地不施任何肥料，只进行秸秆还田。

1.2 数据采集和处理

1.2.1 样品采样方法

采用土钻法采集 0–100 cm 不同土层的土壤样品（由于早期和晚期采样标准变化，取样深度略有不同，2005 年之前按照 0–15 cm、15–30 cm、30–60 cm、60–100 cm 层次进行取样，2005 年之后按照 0–20 cm、20–40 cm、40–60c m、60–100 cm 层次进行取样），取出后装入自封袋，送入实验室进行分析化验。在每一个采样小区中按照“W”形采 5 个单点样品，在田间混合均匀，用四分法选出一个混合样品，每个小区采集一个混合样品。其中在千烟洲站农田综合观测场进行土壤取样时，在 16 个采样小区中每年轮换选取 6 个小区进行土壤样品采样，辅助观测场则是对三个小区都进行取样。采样时间主要集中于早稻和晚稻收获后的 7 月和 11 月份前后。部分年份在早稻插秧前，会增加一次土样采集和检测分析。采样后的土壤样品拿至风干室，置于风干架上，每个样品置于布袋中或摊在报纸或塑料膜上，做好标记后进行风干，每个样品之间保留足够间隙，同时避免直接对土壤样品吹风，以免造成样品表面的不均匀干燥或污染。土样在风干室风干后留存备用。

1.2.2 样品分析方法

pH 值的测定是选取风干土样利用电位法测定，具体操作步骤参照《NY/T 1377-2007 土壤 pH 的测定》；土壤有机质是利用测定的有机碳结果乘以折算系数（1.724）得到的，利用重铬酸钾氧化-外加热法测定，具体操作分析步骤参照《森林土壤有机质的测定及碳氮比的计算》（GB7857-87）；全氮采用半微量开氏法测定，具体参照《土壤全氮测定法（半微量开氏法）》（GB7173-87）；水解氮采用碱扩散法测定，具体步骤参照《森林土壤水解性氮的测定》（LYT 1229-1999）；有效磷采用 0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提—钼锑抗比色法进行测定，具体步骤参考《石灰性土壤有效磷测定方法》（GB12297-90）；速效钾采用乙酸铵浸提-火焰光度法按照《森林土壤速效钾的测定》（GB 7856-87）要求进行测定；缓效钾采用硝酸浸提-火焰光度法按照《森林土壤缓效钾的测定》（GB 7855-87）要求进行测定。

2 数据样本描述

本数据集包含 1 个 Excel 文件，收集整理了 1998–2022 年间千烟洲站农田土壤养分的分析数据，该数据集一共有 233 条数据，包含常规水稻种植、无施肥种植和秸秆还田种植三种种植模式下 0–100 cm 的土壤分析数据。数据集所含具体项目名称如表 1 所示。

表 1 土壤养分数据

Table 1 Soil nutrient data

序号	字段内容	数据类型	量纲	样例
1	年	数值型		1998
2	月	数值型		7

序号	字段内容	数据类型	量纲	样例
3	观测样地	字符型		农田综合观测场
4	采样深度	数值型	cm	0-15
5	pH 值	数值型		NA
6	土壤有机质	数值型	%	2.03
7	全氮	数值型	%	0.11
8	水解氮	数值型	mg/kg	166.85
9	有效磷	数值型	mg/kg	8.37
10	速效钾	数值型	mg/kg	13.70
11	缓效钾	数值型	mg/kg	53.62

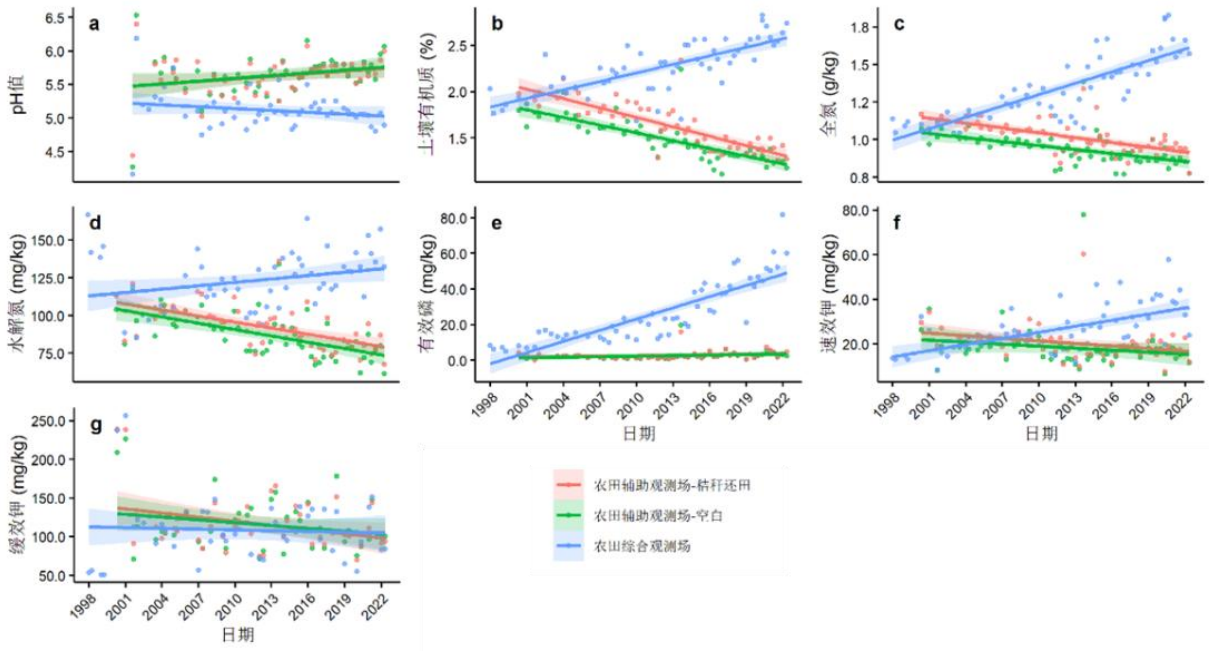
3 数据质量控制和评估

土壤按照第 1.2.1 节中的样品采样方法进行采样和风干，具体技术细则按照《陆地生态系统土壤环境观测指标与规范》中针对土壤化学观测指标与规范要求进行[12]。土壤样品化学分析测试过程中会添加空白样（石英砂）进行比对，发现缺失数据或者异常数据及时进行补测或者重新采样分析。每批次样品分析前会进行预实验，选取代表性样本或者标样进行三重平行测试，来验证实验结果的稳定性。若超出误差阈值，则重新配置实验试剂并校准仪器设备，直至平行测试结果符合质量控制标准。数据录入时，实行双人录入校验方法，一人录入，一人核验，以确保数据的准确性与一致性。数据集中的“NA”为无法通过补充采样或重新分析得到的缺失数据，这些缺失数据一般是由分析测试仪器外送维修导致错过采样时间或者早期无相应分析仪器造成的。

4 数据价值

本数据集通过整合 1998–2022 年不同耕作方式和土层深度的土壤养分数据，揭示了不同耕作方式元素的累积趋势和不同深度离子的迁移富集规律。结果表明，在潴育型水稻土中，化肥施用显著提升了表层土壤有机碳、全氮、有效磷和速效钾含量，而空白对照（不施肥）及秸秆还田（无化肥）模式则呈现持续下降趋势（图 1）。这一现象印证了化肥对土壤养分的补给作用。然而，常规施肥模式也导致了土壤 pH 降低，酸化趋势明显（图 1a）。揭示了当前农业模式过度依赖化肥来维持高产量，但加剧了地力透支与生态环境风险。

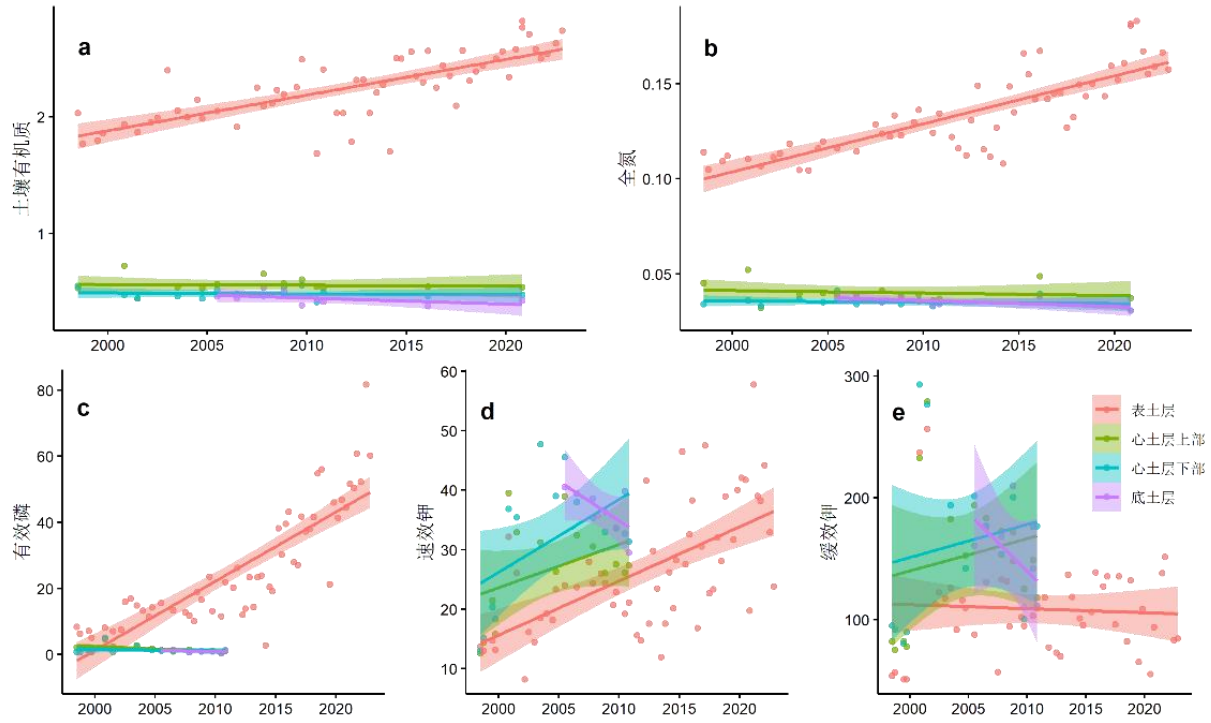
在土壤剖面垂直分布上，常规施肥模式下表层土（由于个别年份取样深度不一致，表层土为 0-15 cm 或 0 - 20 cm 的土层）有机质、全氮和有效磷含量显著高于深层土（图 2a, b, c），而速效钾与缓效钾呈现深层富集特征（图 2 d, e）。氮磷的表层聚效应可能归因于磷在潴育土中铁铝氧化物固定[13]，以及氮素通过氨挥发和表土微生物活动的滞留[14]；钾的深层富集可能由于钾更容易被淋洗以及植物深层根系分泌酸性物质活化矿物钾，促进缓效钾释放[15]。这一分异规律体现了施肥策略需要依据养分迁移特性进行优化。



双季稻种植模式下，对比不施肥和秸秆还田模式，长期的化肥施用使得土壤酸化趋势加剧（a），但土壤有机质、全氮、水解氮、有效磷、速效钾却持续上升（b,c,d,e,f）,只有缓效钾含量维持在稳定水平（g）。Under the double-cropping rice cultivation system, compared with the no-fertilizer and straw-returning treatments, long-term chemical fertilizer application intensified soil acidification (a), while soil organic matter, total nitrogen, water-soluble nitrogen, available phosphorus, and available potassium showed continuous increases (b, c, d, e, f). Only slowly available potassium remained at a stable level (g).

图 1　不同耕作方式土壤养分指标随时间变化趋势

Figure 1　The trend of soil nutrient with different tillage practices over time



长期施用化肥的双季稻种植模式下，表层土的土壤有机质、全氮和有效磷含量增长趋势高于深层土壤（a, b, c），

但在速效钾和缓效钾方面却低于心土层（d，e）。Under the double-cropping rice cultivation system with long-term application of chemical fertilizer application, the contents of soil organic matter, total nitrogen and available phosphorus in the surface soil increased more than in the deeper soil layers (a, b, c), but were lower in the subsoil for available potassium and slowly available potassium (d, e).

图 2　不同深度土壤养分指标随时间变化趋势

Figure 2　Temporal trends of soil nutrients at different soil depths over time

本数据集通过 24 年连续观测，量化了施肥对潴育型水稻土养分动态与酸化进程的长期影响，其核心价值在于：揭示养分库变化的长期性和可变性，为全球稻田可持续管理提供实证基准；为化肥使用导致土壤酸化提供实证；解析养分垂直分异规律以支持精准施肥模型构建。基于此，建议在政策层面推广秸秆还田和化肥减氮模式，例如在田间操作中可以推行氮磷肥深施与钾肥浅施的分层管理。同时，未来研究可以结合微生物组学解析酸化机制研发微生物肥料，以及开发基于不同土壤深度的智能变量施肥系统。

致　谢

感谢邹敬东长期以来在观测系统维护、数据采集以及指标分析方面的贡献，感谢中国生态系统研究网络（Chinese Ecosystem Research Network，CERN）、国家生态系统研究网络（Chinese National Ecosystem Research Network，CNERN）等单位和组织的大力支持和帮助。

数据作者分工职责

吕云（1990—），男，助理研究员，研究方向为生态学。主要承担工作：数据整理和论文撰写。
曾文静（1990—），女，副研究员，研究方向为生态学。主要承担工作：数据收集与处理。
刘源鑫（1988—），男，助理研究员，研究方向为遥感和区域规划。主要承担工作：数据处理和质量控制。
孟盛旺（1989—），男，副研究员，研究方向为森林生态学。主要承担工作：数据处理和质量控制。
李庆康（1973—），男，助理研究员，研究方向为生理生态学。主要承担工作：数据处理和质量控制。
杨风亭（1973—），女，高级工程师，研究方向为森林生态系统物质循环。主要承担工作：设备运行管理和数据管理。

参考文献

[1] LEHMANN J, BOSSIO D A, KÖGEL-KNABNER I, et al. The concept and future prospects of soil health [J]. Nature Reviews Earth & Environment,2020, 1(10), 544–553. DOI: 10.1038/s43017-020-0080-8.
[2] HANS J. Factors of soil formation: A system of quantitative pedology [M]. New York: Dover Publications, 1994.
[3] BARDGETT R D, VAN DER PUTTEN W H. Belowground biodiversity and ecosystem functioning [J]. Nature, 2014, 515(7528), 505–511. DOI: 10.1038/nature13855.

[4] WU J, LIU S, PENG C, et al. Future soil organic carbon stocks in China under climate change [J]. Cell Reports Sustainability, 2024, 1(9), 100179. DOI: https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.crsus.2024.100179.
[5] Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAO Statistical Databases[M/OL] Rome：FAO, 2018. [2019]. https://www.fao.org/faostat/en/#data
[6] BÜNEMANN E K, BONGIORNO G, BAI Z, et al. Soil quality – A critical review [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2018, 120, 105–125. DOI: 10.1016/j.soilbio.2018.01.030.
[7] SIX J, ELLIOTT E T, PAUSTIAN K. Soil macroaggregate turnover and microaggregate formation: a mechanism for C sequestration under no-tillage agriculture [J]. Soil Biology and Biochemistry, 2000, 32(14), 2099–2103. DOI: 10.1016/S0038-0717(00)00179-6.
[8] GUO J H, LIU X J, ZHANG Y, et al. Significant Acidification in Major Chinese Croplands [J]. Science, 2010, 327(5968), 1008–1010. DOI:10.1126/science.1182570.
[9] TSIAFOULI M A, THÉBAULT E, SGARDELIS S P, et al. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe [J]. Global Change Biology, 2015, 21(2), 973–985. DOI: 10.1111/gcb.12752.
[10] MONTANARELLA L, PENNOCK D J, MCKENZIE N, et al. World's soils are under threat [J]. SOIL, 2016, 2(1), 79–82. DOI: 10.5194/soil-2-79-2016.
[11] 李庆康, 吕斯丹, 戴晓琴, 等. 2011–2015 年千烟洲人工针叶林碳水通量观测数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2024, 9(4): 239-49. DOI: 10.11922/11-6035.csd.2024.0142.zh. [LI Q K, LV S D, DAI X Q, et al. A dataset of carbon, water and heat fluxes in coniferous plantations in Qianyanzhou from 2011 to 2015[J/OL]. China Scientific Data, 2024, 9(4): 239-49. DOI: 10.11922/11-6035.csd.2024.0142.zh.]
[12] 潘贤章, 郭志英, 潘恺. 陆地生态系统土壤观测指标与规范[M]. 北京: 中国环境出版社, 2019.[PAN X Z, GUO Z Y, PAN K. Protocols for standard soil observation and measurement in in terrestrial ecosystems [M]. Beijing: China Environmental Science Press, 2019.]
[13] ANTHONIO C K, JING H, JIN C, et al. Impact of long-term fertilization on phosphorus fractions and manganese oxide with their interactions in paddy soil aggregates [J]. Journal of Environmental Management, 2023, 333, 117440. DOI:10.1016/j.jenvman.2023.117440.
[14] 张慧敏, 章明奎. 氮磷在水稻土不同发生层中的穿透性研究 [J]. 环境污染与防治, 2008, (08): 48 – 51. DOI: 10.15985/j.cnki.1001-3865.2008.08.013. [ZHANG H M, ZHANG M K. Transport of phosphorus and nitrogen species in different genetic horizons of paddy soils[J]. Environmental Pollution & Control, 2008, (08): 48 – 51. DOI:10.15985/j.cnki.1001-3865.2008.08.013.]
[15] 孙磊, 徐姗姗, 韩利萍, 等. 水分管理方式对寒地稻田土壤钾的影响 [J]. 东北农业大学学报, 2015, 46(03): 15 – 20. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2015.03.003. [SUN L, XU S S, HAN L P, et al. Effect of water management on potassium in paddy soil in cold region [J]. Journal of Northeast Agricultural University, 2015, 46(03): 15 – 20. DOI: 10.19720/j.cnki.issn.1005-9369.2015.03.003.]

论文引用格式

吕云, 曾文静, 刘源鑫, 等. 1998–2022年千烟洲土壤养分数据集[J/OL]. 中国科学数据, 2026, 11(2). (2026-06-08). DOI:10.11922/11-6035.nesdc.2025.0158.zh.

数据引用格式

吕云，曾文静，刘源鑫，等. 1998–2022年千烟洲土壤养分数据集[DS/OL]. V3. Science Data Bank, 2026. (2026-06-08). DOI: 10.57760/sciencedb.27446.

A dataset of long-term of soil nutrient at Qianyanzhou Station (1998–2022)

LYU Yun [1,2,3,4]，ZENG Wenjing[1,2,3,4]，LIU Yuanxin[1,2,3,4]，MENG Shengwang[1,2,3,4]， LI Qingkang[1,2,3,4]， YANG Fengting[1,2,3,4*]

1. Key Laboratory of Ecosystem Network Observation and Modeling, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, P. R. China

2. Qianyanzhou Ecological Research Station, Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100101, P. R. China

3. National Critical Zone Observatory of Qianyanzhou Red Soil Hilly Region, Taihe, 343700, P. R. China

4. Taihe-Qianyanzhou Ecological Research Center, Taihe, 343700, P. R. China

*Email: yangft@igsnrr.ac.cn

Abstract: This data paper presents a long-term positioning observation dataset of a typical rice ecosystem at Qianyanzhou, Jiangxi Province, China, spanning 1998 to 2022. The dataset systematically integrates soil nutrient measurements across different depths under three different tillage practices: conventional tillage, no-fertilization management, and straw incorporation. Soil profile samples from 0 to 100 cm depth were collected and subjected to laboratory analysis following the harvest of each cropping season. Core parameters include soil pH, soil organic matter (SOM), total nitrogen (TN), hydrolyzable nitrogen (HN), available phosphorus (AP), available potassium (AK), and slowly available potassium (SAK). This dataset was compiled in accordance with the requirements for soil chemical indicators and specifications outlined in the *Protocols for Soil Observation and Measurement in Terrestrial Ecosystems*. During chemical analysis and testing, data accuracy was ensured through blank samples and triple parallel tests. Spanning 25 consecutive years, this dataset covers a critical period of China's agricultural modernization and major climate change events. As a systematic, long-term and multi-layered dataset, it provides a robust foundation for understanding soil fertility dynamics in subtropical croplands, evaluating the long-term ecological effects of management practices, constructing regional soil-health assessment frameworks, calibrating agroecosystem carbon–nitrogen cycling models, and developing adaptive management strategies under global change.

Keywords: soil nutrients; rice; tillage practices; straw incorporation; long-term scale

Dataset profile

Title	A dataset of long-term of soil nutrient at Qianyanzhou Station (1998–2022)
Data corresponding author	Yang Fengting（yangft@igsnrr.ac.cn）
Data authors	LYU Yun, ZENG Wenjing, LIU Yuanxin, MENG Shengwang, LI Qingkang, YANG

	Fengting
Time range	1998 – 2022
Geographical scope	Qianyanzhou Ecological Research Station (115° 03′ 29.2″E，26° 44′ 29.1″N)
Data volume	34KB
Data format	*.xlsx
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.27446
Sources of funding	National Natural Science Foundation of China (32192432, 32201534); Special Fund for the Central Government to Guide Local Scientific and Technological Development (20241ZDD02020); Open Fund of Qianyanzhou Station (E5M50290, E6M60230).
Dataset composition	The dataset consists of a single Excel file titled “A dataset of long-term of soil nutrient at Qianyanzhou Station (1998–2022).xlsx”, containing 233 records and 11 fields: year, month, site, depth, soil pH, soil organic matter (SOM), total nitrogen (TN), hydrolyzable nitrogen (HN), available phosphorus (AP), available potassium (AK), and slowly available potassium (SAK).