



文献 CSTR:
32001.14.11-6035.csd.2025.0249.zh



文献 DOI:
10.11922/11-6035.csd.2025.0249.zh
数据 DOI:
10.57760/sciencedb.j00001.01764

文献分类: 农学

收稿日期: 2025-12-30
修回日期: 2026-04-01
录用日期: 2026-04-21
发表日期: 2026-06-11

2020–2022 年度祁阳站长期施肥定位试验红壤温度 动态数据集

张璐^{1,2}, 刘立生^{1,2}, 文石林^{1,2}, 王伯仁^{1,2}, 蔡泽江^{1,2*}

1. 中国农业科学院农业资源与农业区划研究所, 北方干旱半干旱耕地高效利用全国重点实验室, 北京 100081
2. 中国农业科学院衡阳红壤实验站, 湖南祁阳农田生态系统国家野外科学观测研究站, 湖南祁阳 426182

摘要: 随着全球气候变暖, 土壤温度已成为影响土壤肥力和作物生长的重要因素之一。红壤作为我国南方地区广泛分布的重要土壤类型, 其温度状况直接影响着土壤中微生物活性、养分矿化进程以及作物根系对养分的吸收效率, 进而对作物生长、养分转化和土壤生态过程产生关键作用, 因此开展红壤温度监测工作尤为重要。试验点所在区域属亚热带季风气候, 试验地土壤类型为红壤, 成土母质为第四纪红黏土, 种植制度为小麦玉米一年两熟轮套作。本数据集包括 4 种不同施肥方式(不施肥(CK)、施氮磷钾化肥(NPK)、氮磷钾化肥配施有机肥(NPKM)以及化肥结合秸秆还田(NPKS))。2020–2022 年开展定点连续监测, 采用 WatchDog 2900ET 监测设备配套 SMEC300 传感器, 在 5 cm 土层深度以每半小时一次的频率动态采集土壤温度数据, 以 24 h 均值作为单日土壤温度有效数据; 2020–2021 年同步采用土壤参数速测仪测定土壤温度、土壤水分及土壤电导率指标。本数据集涵盖多维度监测数据, 核心包含 2020–2022 年红壤土壤温度动态监测数据、同期气温、相对湿度、降水量、风向、风速、露点温度、太阳辐射等气象观测数据, 同时配套土壤氮、磷、钾养分含量及作物产量、株高、千粒重等土壤肥力与作物生长指标数据。数据质量方面, 通过两类设备土壤温度测定结果的极显著相关性验证, 佐证了核心土壤温度数据的准确性; 所有气象与土壤监测工作均严格遵循行业规范与标准执行, 有效保障了整套数据集的可靠性与一致性。本长期连续的红壤温度及配套监测数据集, 可为揭示红壤微环境演变机制、解析土壤肥力动态变化规律提供可靠的数据支撑。

关键词: 长期定位试验; 有机肥; 秸秆还田; 红壤温度; 气象数据

数据库(集)基本信息简介

数据库(集)名称	2020–2022 年度祁阳站长期施肥定位试验红壤温度动态数据集
数据通信作者	蔡泽江 (caizejiang@caas.cn)
数据作者	张璐、刘立生、文石林、王伯仁、蔡泽江
数据时间范围	2020–2022 年
地理区域	湖南省祁阳市 (111°52'32"E, 26°45'12"N)

* 论文通信作者

蔡泽江: caizejiang@caas.cn

数据量	11.86 MB
数据格式	*.xls
数据服务系统网址	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01764
项目基金	国家科技基础资源调查专项（2021FY100504）
数据库（集）组成	本数据集以 1 个 Excel 文件形式呈现，该文件内包含 9 张表单，各表单具体命名及详细信息如下：（1）“试验点位信息”表记录了试验开展的具体点位相关信息，包含样地名称、地理位置、海拔高度等字段，为整个数据集提供基础地理信息背景。 （2）“试验前土壤基本性质”表涵盖了长期定位试验开始前 1990 年的土壤基本性质数据，如土壤 pH 值、有机碳、氮磷钾含量等，用于反映试验起始阶段土壤的基础状态。（3）“试验设计”表记录了试验的设计方案，包括处理说明、施肥量、秸秆还田与否等关键信息，是理解整个试验架构和不同处理设置的重要依据。（4）“土壤温度原始数据”表采用 WatchDog 2900ET 监测设备以每半小时为时间间隔记录土壤温度的原始数据，包含记录时间（精确到分钟）、试验处理、土壤温度等字段。该表数据量较大，为后续分析提供了详细且精确的土壤温度原始信息。（5）“土壤温度”表记录了 2020 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日的土壤温度数据，通过“日期”“处理”等字段与“土壤温度原始数据”表及其他相关表建立关联，此表数据是对原始数据进行整理和汇总后的结果，方便用户快速获取特定时间段内的土壤温度信息。 （6）“本地气象数据”表记录了与土壤温度数据同期（2020 年 1 月 1 日至 2022 年 12 月 31 日）每一天的气象数据，包括时间、气温、相对湿度、降水量、风向、风速、露点温度和太阳辐射等字段，通过“日期”字段与“土壤温度原始数据”表、“土壤温度”表等建立关联，便于分析气象因素对土壤温度的影响。（7）“土壤温湿度和电导率”表采用土壤参数速测仪记录了 2020 年 12 月 8 日至 2021 年 10 月 28 日期间不同时间点的土壤温湿度和电导率数据，包含日期、温度、水分、电导率等字段，通过“日期”“处理”等字段与其他相关表建立关联，有助于研究特定时期土壤环境的变化情况。（8）“土壤肥力和作物性状”表记录了土壤氮、磷、钾等养分含量及小麦和玉米产量、株高、千粒重等性状数据，通过“年份”“处理”等字段与其他表建立关联，可用于分析土壤肥力与作物性状之间的关系。（9）“字段说明”表记录了每个字段的定义、所使用的单位以及具体的测定方法，通过“表单名称”和“字段名称”与其他相关表单建立关联，提升了数据集的可理解性和易用性，方便用户从不同角度对数据进行查询、分析和研究。

引言

土壤温度在作物生长周期中扮演着至关重要的角色，它不仅调控作物从播种到收获整个生育过程及其对肥料施用的响应，还深刻影响着作物的最终产量与品质表现^[1]。土壤温度的波动同样会改变土壤中有机质以及氮、磷、钾等关键养分的矿化速度，同时影响根际微生物群落、酶活性以及土壤团聚体的稳定性，进而作用于根系及地上部分的生长发育^[2-3]。适宜的土壤温度环境有助于作物地上与地下部分构建最优的整体结构与功能体系，从而促进作物生长并提升产量^[4-5]。

近年来，土壤温度因在农业生产和生态领域的关键作用，成为众多学者探索的焦点，相关研究

涵盖作物生长、极端天气应对、全球气候变化及施肥策略优化等方面。在农业种植上，土壤温度对作物生长有着直接的调控作用。韩凡香^[6]、申胜龙^[7]等研究发现，不同覆盖方式可有效调控土壤温度，适宜温度能优化作物生长进程、实现增产。同时，针对不同种植场景下土壤温度变化的研究也取得了重要成果。在果园^[8-10]和棉花田^[11-12]的研究中，探明了作物不同生育阶段及不同土壤深度的温度变化规律，据此可制定应对极端高温的有效策略，保障农业稳定生产。土壤温度与全球气候变化密切相关。王小国等^[13]的研究揭示了土壤温度在调控不同土地利用类型（如林地、草地、旱地）土壤呼吸速率中的关键作用，而土壤呼吸影响大气二氧化碳浓度，进而影响全球气候变化^[14]，深入研究二者关系可为应对气候变化提供科学依据。施肥与土壤温度联系紧密。长期施肥试验表明，单纯施用氮肥时，肥效随温度升高而减弱，高温会加速氮肥挥发和淋失；有机无机肥配合施用能提高肥料利用率，减轻高温胁迫^[15]，这为优化施肥策略提供了参考。

为全面了解土壤温度变化，学者们从不同角度研究了其时空变化规律。张天鹏等^[16]利用 1951 至 2010 年间中国 880 个气象站点的观测数据，系统分析了土壤温度的时空变化规律及其驱动因素，揭示了不同地区和时间尺度的变化特征。胡丹丹^[17]、蔡哲等^[18]从施肥方式和土壤层次的角度，对江西省的土壤温度变化特征进行了系统研究。尹春梅等^[19]对桃源站气象综合观测场 2005 至 2014 年间的土壤温度动态进行了整理与分析。这些区域研究有助于我们深入了解不同地区土壤温度的独特变化规律，可为当地的农业生产和生态建设提供针对性的指导。

湖南省红壤面积广阔，达到 863.72 万公顷，占全省土壤总面积的 51.0%，是该省旱粮作物、经济作物、蔬菜及水果的主要种植区域，在保障湖南省农业生产的可持续发展中占据着举足轻重的地位^[20]。然而，红壤旱地在近年来面临着春季土温偏低导致玉米出苗质量下降，以及夏季土温过高引发玉米早衰等挑战，这些问题严重制约了作物的高效生产与发展。湖南祁阳红壤旱地长期施肥试验始于 1990 年，地点设于中国农科院红壤实验站旱地试验基地，该基地地处红壤区域中心地带，享有亚热带季风气候，多年平均气温为 18.1℃，长期不同施肥 30 年后土壤性质和作物生长表现出显著差异。因此，本数据集系统整理了 2020–2022 年该试验地在长期不同施肥措施下的土壤温度数据，并同步提供了当地气象数据、土壤肥力状况及作物性状数据作为辅助参考，旨在为改善红壤的养分保蓄与供应能力、提升红壤生产力提供有力的数据支持。

1 数据采集和处理方法

1.1 样地描述

本数据集基于始于 1990 年的红壤旱地长期施肥试验（图 1），试验设在湖南省永州市祁阳市文富市镇官山坪村的中国农业科学院旱地试验基地（111°52'32"E，26°45'12"N），种植制度为小麦玉米一年两熟轮套作，试验点平均海拔高度 120 m，属亚热带季风气候，年平均降雨量为 1407.5 mm。该地区多年平均气温为 18.1℃，其中 1 月平均气温 3.7℃，7 月平均气温 31.5℃。试验地土壤类型为红壤，成土母质为第四纪红色黏土，属网纹富铁土，表层土壤黏粒含量为 43% 左右，黏粒矿物组成以高岭石为主，其次是 1.4 nm 过渡矿物和水云母，蛭石含量很少。土壤剖面发生层次分化较明显，分为表土层（A）、心土层（B）和母质层（C）。试验前表层土壤其他性质见表 1。

试验地经过匀地后于 1990 年开始试验，每个处理小区面积为 196 m²，小区之间设置 60 cm 深的水泥埂。本试验主要依靠自然降水，无灌溉。在小麦播种前用人工翻耕，耕作深度为 15–20 cm。氮、磷、钾肥种类分别为尿素（46.0% N）、过磷酸钙（12.0% P₂O₅）、氯化钾（60.0% K₂O），猪粪为附

近养猪场的鲜猪粪，小麦季和玉米季施肥量分别占全年的 30%和 70%，所有肥料均用作基肥，采用人工撒施。小麦播种量为 112.5 kg/hm²，播种时间为 11 月上旬，收获时间为 5 月上旬；玉米播种量为 60000 株/hm²，播种时间为 3 月下旬，收获时间为 8 月上旬。作物生长过程中，重点防控玉米螟虫和钻心虫以及小麦蚜虫和赤霉病。



图 1 长期定位试验田间布局示意图

Figure 1 Field layout of the long-term fixed-site fertilization experiment

表 1 试验前表层土壤基本性质表

Table 1 Initial properties of topsoil soil properties prior to the experiment

指标	测定方法 ^[21]	数值
pH	水土比 2.5:1 提取, 电极电位法	5.7
有机碳 (g/kg)	重铬酸钾-外加热法	11.5
全氮 (g/kg)	半微量凯氏定氮法	1.07
全磷 (g/kg)	氢氧化钠熔融-钼锑抗比色法	0.45
全钾 (g/kg)	氢氧化钠熔融-火焰光度法	13.7
碱解氮 (mg/kg)	1.2 mol/L 氢氧化钠碱解-扩散法	79
有效磷 (mg/kg)	0.5 mol/L 碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法	13.9
速效钾 (mg/kg)	1 mol/L 乙酸铵浸提-火焰光度法	104

1.2 数据采集方法

选取长期施肥试验中的不施肥 (CK)、施氮磷钾化肥 (NPK)、氮磷钾化肥配施有机肥 (NPKM)、氮磷钾化肥结合秸秆还田 (NPKS) 4 个典型处理, 采用 WatchDog 2900ET 数据记录仪搭配 SMEC300 型号的土壤温度传感器。安装过程中, 在每个试验小区的中心位置垂直埋入一根长杆作为支撑, 将 WatchDog 2900ET 主机通过扎带稳固地固定在长杆上。在连接传感器时, 确保传感器与仪器接口准确对接并插紧, 避免任何松动现象, 随后紧密盖好仪器外盖以保护内部元件。4 个处理传感器探头的

土壤埋设深度均为 5 cm，埋设后轻轻压实探头周围的土壤，以保证探头稳固且不受外界干扰。田间安装示意图如图 2 所示。为进一步保护探头及其连接线免受施肥、打药等农艺操作的破坏，特别用彩色胶带对连接线进行了醒目标记。同时，建立定期检查机制，确保电池电量充足且数据传输正常在线。

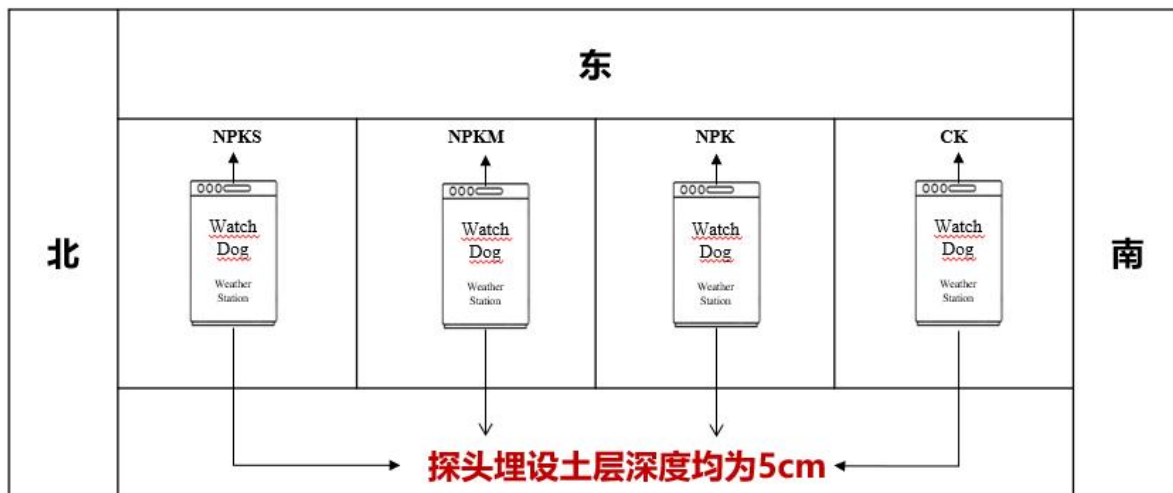


图 2 WatchDog 2900ET 安装示意图

Figure 2 Installation diagram of the WatchDog 2900ET monitoring system

数据采集方面，采用 WatchDog 2900ET 数据记录仪搭配 SMEC300 型号的土壤温度传感器，动态监测，每半小时进行一次数据采集，形成“土壤温度原始数据”表，共计 50586 条数据；取 24 小时的平均值代表当天数据，记录了 4 个处理长期连续施肥 30 年后（2020–2022 年）的土壤温度数据，形成“土壤温度”数据表，共计 1052 条数据。2020 年 12 月–2021 年 10 月在小麦和玉米关键生育期间，采用土壤参数速测仪测定土壤温度、水分和电导率，形成“土壤温湿度和电导率”表，进行相关分析显示土壤参数仪测定的土壤温度数据与自动气象站测定的结果极显著相关。此外，本数据集提供本地 2020–2022 年的气温、相对湿度、降水量、风向、风速、露点温度、太阳辐射等气象数据，形成“本地气象数据”表，以期为研究红壤旱地生态系统及土壤肥力变化提供基础数据支撑。以“土壤温度”表为例，表中土壤温度数据由 WatchDog 2900ET 每半小时自动采集并计算日平均值；土壤养分及作物性状等数据的具体测定方法详见“字段说明”表。

1.3 数据加工过程和处理方法

为保证数据的代表性与可靠性，每半小时自动进行一次土壤温度数据采集。从数据采集器中导出原始土壤温度数据后，首先进行初步筛选。检查数据是否存在缺失值、异常值等情况。对于缺失值，若缺失时间较短（如不超过 1 小时），采用前后相邻时间点的数据平均值进行插补；若缺失时间较长，则对该时间段的数据进行标记说明。对于异常值，通过与相邻时间点的数据对比以及结合当天的气象数据进行分析判断。

经过初步筛选后的有效数据，按照每 24 小时为一个时间段进行划分，计算每个时间段内土壤温度的平均值。通过计算日平均值，能够消除短时间内土壤温度波动的影响，更准确地表征当日的土壤温度状况。

本地气象数据来源于安装在试验基地旱地综合观测区的 WatchDog 2900ET 型自动气象站，该设

备能够持续准确地记录气温、相对湿度、降水量等各项气象要素。数据采集时间与土壤温度设置同步。

小麦和玉米关键生育时期的土壤温度、水分和电导率数据，通过济南科宇电子科技有限公司生产的土壤参数速测仪 PR-TR-4-5 进行实时采集获取，在使用前由专业人员对仪器进行校准。该速测仪具有操作简便、测量准确的特点，能够同时测量土壤温度、水分和电导率。

同时，通过人工记录的方式获取试验定位信息、试验前土壤基本性质、试验设计等数据信息，并进行仔细核对和整理，确保数据的准确性和完整性。对于土壤肥力和作物性状数据，在作物收获后，按照标准方法采集土壤样品和作物样品，由实验室专业人员进行分析和测定。

最终，将数据依据其属性与类别进行梳理与整合，共编制成 9 张表，分别命名为试验点位信息、试验前土壤基本性质、试验设计、土壤温度原始数据、土壤温度、本地气象数据、土壤温湿度和电导率、土壤肥力和作物性状、字段说明。

2 数据样本描述

2.1 数据集结构

本数据集由 9 张数据表组成，分别为：

(1) “试验点位信息”表，记录长期试验点位的地理环境、土壤及耕作等基本信息。本数据表包括样地名称、地理位置、海拔高度、土壤母质和土壤类型、气候条件、小区面积、种植制度、水分管理、耕作、施肥、播种、病虫害防治、收获测产、备注，共计 14 个字段。对长期试验的地理环境、土壤及耕作情况等背景信息做出记录及描述。

(2) “试验前土壤基本性质”表，记录试验前土壤的基本性质。本数据表包括 pH、有机碳(g/kg)、全氮(g/kg)、全磷(g/kg)、全钾(g/kg)、碱解氮(mg/kg)、有效磷(mg/kg)、速效钾(mg/kg)，共计 8 个字段。

(3) “试验设计”表，记录本数据集选用的长期试验中的四个处理施肥情况。本数据表包括处理、处理说明、小麦季 N 施用量(kg/hm²)、小麦季 P₂O₅ 施用量(kg/hm²)、小麦季 K₂O 施用量(kg/hm²)、小麦季猪粪施用量(kg/hm²)、玉米季 N 施用量(kg/hm²)、玉米季 P₂O₅ 施用量(kg/hm²)、玉米季 K₂O 施用量(kg/hm²)、玉米季猪粪施用量(kg/hm²)、秸秆还田方式，共计 11 个字段。

(4) “土壤温度原始数据”表，记录长期定位试验 2020–2022 年间的土壤温度数据，每半小时采集记录一次。数据表包括时间、CK 处理温度(°C)、NPK 处理温度(°C)、NPKM 处理温度(°C)、NPKS 处理温度(°C)，共计 5 个字段。

(5) “土壤温度”表，记录长期定位试验 2020–2022 年间的土壤温度数据，以天为时间单位。本数据表包括日期、CK 处理温度(°C)、NPK 处理温度(°C)、NPKM 处理温度(°C)、NPKS 处理温度(°C)，共计 5 个字段。本表单是数据集的核心组成部分，前 3 个表单均是对本表单数据背景信息的记录，第 4 个表单是每半小时仪器采集记录的原始数据，本表单是对原始数据进行计算处理后能够代表每一天的土壤温度数据。土壤温度可以调控微生物活性与酶功能，影响养分循环、有机质分解和作物生长节律，昼夜温差变化可以改变土壤结构稳定性，影响作物根系环境和土壤生态平衡。

(6) “本地气象数据”表，记录当地 2020–2022 年的温度、相对湿度、风速等数据，每半小时采集记录一次。本数据表包括时间、气温(°C)、相对湿度(%)、降水量(mm)、风向(°)、阵

风风速 (m/s)、平均风速 (m/s)、露点温度 (°C) 和太阳辐射 (W/m^2), 共计 9 个字段。

(7) “土壤温湿度和电导率”表, 记录 2020–2021 年期间某一天的土壤温度、水分和电导率数据。本数据表包括日期、CK 处理温度 (°C)、CK 处理水分 (m^3/m^3)、CK 处理电导率 (mS/cm)、NPK 处理温度 (°C)、NPK 处理水分 (m^3/m^3)、NPK 处理电导率 (mS/cm)、NPKM 处理温度 (°C)、NPKM 处理水分 (m^3/m^3)、NPKM 处理电导率 (mS/cm)、NPKS 处理温度 (°C)、NPKS 处理水分 (m^3/m^3)、NPKS 处理电导率 (mS/cm), 共计 13 个字段。

(8) “土壤肥力和作物性状”表, 记录当年土壤肥力和作物性状数据。本数据表包括年份、处理、温度 (°C)、pH、有机碳 (g/kg)、全氮 (g/kg)、全磷 (g/kg)、全钾 (g/kg)、碱解氮 (mg/kg)、有效磷 (mg/kg)、速效钾 (mg/kg)、玉米产量 (kg/hm^2)、玉米株高 (cm)、玉米棒长 (cm)、玉米尖秃 (cm)、玉米棒粒数、玉米穗粗 (cm)、玉米千粒重 (g)、小麦产量 (kg/hm^2)、小麦株高 (cm)、小麦穗长 (cm)、小麦穗粒数、小麦千粒重 (g), 共计 23 个字段。

(9) “字段说明”表, 记录前面 8 个表单中每个字段的定义、所使用的单位和具体的测定方法。本数据表包括表单名称、字段名称、定义、单位、测定方法, 共计 5 个字段。

2.2 数据分布和初步分析

本数据集的数据来自湖南祁阳红壤旱地长期施肥定位试验, 试验点位于湖南省永州市祁阳市文富市镇官山坪村中国农业科学院旱地试验基地 (地理位置为东经 $111^\circ 52' 32''$, 北纬 $26^\circ 45' 12''$), 种植制度为小麦玉米一年两熟轮套作。时间范围上, 本数据集重点聚焦于 2020–2022 年土壤温度动态变化, 实施每日不间断监测记录。

2020 年 1 月至 2022 年 12 月, CK、NPK、NPKM 和 NPKS 处理的土壤温度均呈现出相似的季节性变化规律, 即先升温, 随后在一段时间内保持相对稳定, 后降温。具体而言, 所有处理土壤温度多在每年 7 月或 8 月达到峰值 (2021 年 NPKM 处理例外, 在 9 月达到峰值), 而多在 1 月或 12 月降至最低 (2022 年 CK、NPK、NPKM 处理例外, 在 2 月降至最低)。在高温阶段, CK、NPK、NPKM 和 NPKS 处理土壤温度变化范围分别为 $32.70\text{--}36.11^\circ\text{C}$ 、 $30.77\text{--}34.68^\circ\text{C}$ 、 $31.99\text{--}34.10^\circ\text{C}$ 和 $29.97\text{--}33.10^\circ\text{C}$, 土壤平均温度分别为 33.92°C 、 33.08°C 、 32.99°C 和 31.21°C , 其中以 CK 处理最高, NPK 处理其次, NPKM 和 NPKS 较 CK 处理分别降低了 2.74% 和 7.99%, 较 NPK 处理分别降低了 0.28% 和 5.66%。在低温阶段, CK、NPK、NPKM 和 NPKS 处理土壤温度变化范围分别为 $7.15\text{--}11.49^\circ\text{C}$ 、 $5.93\text{--}9.70^\circ\text{C}$ 、 $6.23\text{--}9.74^\circ\text{C}$ 和 $6.16\text{--}11.49^\circ\text{C}$, 土壤平均温度分别为 9.34°C 、 8.18°C 、 7.89°C 和 9.22°C , 其中以 NPKM 处理最低, NPK 处理其次, NPKS 较 NPK 处理提高了 12.67%。整体来看, CK、NPK、NPKS、NPKM 处理的土壤温度依次降低, 3 年平均分别为 21.30°C 、 20.69°C 、 20.23°C 、 20.08°C (图 3)。可见, 长期施用有机肥或秸秆还田措施在高温的夏季有利于降低红壤温度; 长期秸秆还田措施在低温的冬季有利于提高红壤温度。

2.3 数据缺失情况

在本数据集的构建过程中, 存在部分时段土壤温度数据缺失的情况。具体而言, 缺失的数据时间段为 2020 年 4 月 24 日 18:30 至 2020 年 5 月 5 日 19:00, 以及 2020 年 12 月 20 日 9:30 至 2021 年 1 月 20 日 11:00。经详细排查与分析, 数据缺失的原因确定为 WatchDog 2900ET 数据记录仪在上述时间段内发生断电故障。仪器断电导致数据采集系统无法正常运行, 进而使得相应时段的土壤温度数据未能成功记录与存储。尽管已采取多种措施进行数据恢复尝试, 但遗憾的是, 由于断电时间较

长且缺乏有效的备份机制，上述时段的土壤温度数据仍无法找回。针对缺失数据时段，详细对比了2020–2022年同期（4–5月以及12月–次年1月）的气候条件，包括气温、降水、太阳辐射等关键气象要素。通过分析发现，这三年同期气候条件整体较为相似、趋势一致，具有较好的可比性，这一定程度上降低了数据缺失对研究结果准确性的影响。在此，对数据缺失情况予以如实说明，以便用户在使用本数据集时能够充分了解数据的完整性与局限性。

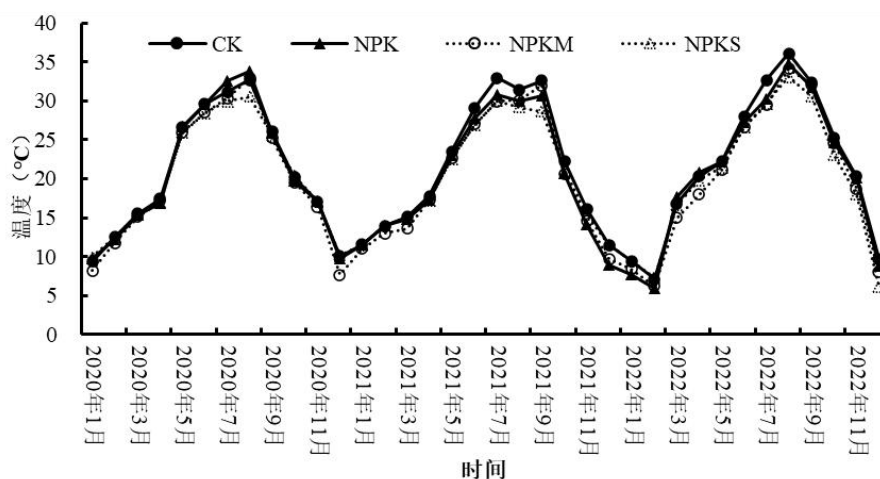


图3 2020–2022年土壤温度变化

Figure 3 Soil temperature changes from 2020 to 2022

关于缺失数据的处理，经过审慎考虑，未采用插值方法。这是因为土壤温度数据受多种复杂因素影响，如气象条件、土壤性质、作物生长状况等，在缺失时段内这些因素的变化情况难以精确模拟和预测。若采用插值方法填充数据，可能会引入不准确的信息，从而影响数据的真实性和可靠性，进而对后续基于本数据集开展的研究分析产生误导。同时，未在 Excel 数据文件中用“NA”标记缺失数据，而是在最初处理时直接删除了缺失时段对应的行数据。这是基于数据使用的便捷性和一致性考虑，若保留“NA”标记，在后续数据读取和分析过程中，可能需要额外的代码或操作来处理这些标记，增加了数据使用的复杂性和出错的可能性。而且，删除缺失数据行后，剩余数据在时间序列上依然是连续且完整的，能够满足大多数研究场景对数据完整性的基本要求。

2.4 数据使用说明及样例

本数据集包含9个表单，各表单之间存在紧密的逻辑联系，为方便用户理解和使用，现对各表单的对应关系及合并使用方法进行说明如下。

“试验点位信息”表记录了试验开展的具体地点信息，包括地理位置详情、气候背景条件、耕作管理方式等。该表是整个数据集的基础，为其他表单提供了空间定位依据及试验地的背景资料，可与其他表单合并使用。

“试验前土壤基本性质”表呈现了试验开始前1990年的土壤基本性质，如土壤pH值、有机碳、氮磷钾含量等。这些数据是评估试验对土壤影响的重要基准，可与其他表单合并使用，将其作为初始状态数据，与试验后的数据进行对比分析。例如，在分析“土壤肥力和作物性状”表中的数据时，对比试验前土壤基本性质，能够更准确地评估试验措施对土壤肥力和作物生长的改善效果。

“试验设计”表描述了试验的设计方案，包括试验处理说明、施肥量、秸秆还田与否等信息。它是理解整个试验逻辑和目的的关键，与其他表单合并使用时，“试验设计”表为其他数据提供了背

景框架。例如，在分析“土壤温度”表中的数据时，结合“试验设计”表可以明确不同处理组下土壤温度的变化情况，以及这些变化是否与试验设计中的预期相符。

“土壤温度原始数据”表记录了土壤温度的原始测量数据，包含测量时间及对应的温度值。这些数据支持精细化的时间序列分析，是研究土壤温度日内动态变化规律的基础，可与其他表单合并使用。例如，通过测量时间可与“本地气象数据”表关联，分析气象因素（如气温、降水等）对土壤温度的影响；结合“试验设计”表，可以按照不同的试验处理对土壤温度原始数据进行分类整理和分析。

“土壤温度”表是对“土壤温度原始数据”进行整理后的结果，主要为土壤温度的日平均值。该表作为核心数据载体，为用户提供了更直观、易用的土壤温度数据，在与其他表单合并使用时，可直接与其他相关数据（如“土壤温湿度和电导率”表）进行对比分析，研究土壤温度与其他土壤性质及作物生长之间的关系。例如，分析作物不同生育期，土壤温度与土壤湿度、电导率之间的相关性。

“本地气象数据”表提供了试验期间本地的气象数据，如气温、降水、风速、太阳辐射等。气象因素对土壤温度、湿度以及作物生长有着重要影响，在与其他表单合并使用时，可通过测量时间与“土壤温度原始数据”表、“土壤温湿度和电导率”表等进行关联，分析气象条件如何影响土壤性质和作物生长。例如，研究降水事件对土壤湿度和电导率的影响，以及气温变化与土壤温度之间的关系。

“土壤温湿度和电导率”表记录了特定时期土壤的温度、湿度和电导率数据。这些数据反映了作物生长过程中土壤环境的变化情况，在与其他表单合并使用时，可结合“试验设计”表分析不同试验处理对作物生长过程中土壤环境的影响；与“土壤肥力和作物性状”表关联，研究土壤环境与作物生长性状及土壤肥力之间的关系。例如，分析在小麦或玉米成熟期，不同土壤肥力条件下土壤温湿度和电导率的变化规律。

“土壤肥力和作物性状”表包含了试验结束后土壤肥力指标（如氮、磷、钾含量等）和作物性状指标（如产量、株高、千粒重等）的数据。这些数据是评估试验效果的重要依据，在与其他表单合并使用时，可与“试验前土壤基本性质”表对比，分析试验措施对土壤肥力的改善程度；结合“土壤温湿度和电导率”表，探究土壤环境与作物生长性状及最终产量的关系。例如，通过分析不同土壤湿度条件下作物的产量和株高，为农业生产中的灌溉管理提供参考。

“字段说明”表作为数据集的关键组成部分，承担着对其他 8 个表单中各字段进行详细阐释的重要功能。该表全面记录了每个字段的精确定义、所使用的单位以及具体的测定方法。通过“表单名称”和“字段名称”这两个关键字段，与其他相关表单建立起清晰、准确的关联关系。这种关联机制极大地提升了数据集的可理解性和易用性，使用户能够快速、准确地把握数据集中各个字段的具体含义以及相应的测定方法，为后续的数据分析、处理和应用提供了坚实的基础。

综上所述，本数据集的各个表单通过试验处理、测量时间等关键字段相互关联，用户可根据具体研究目的，灵活选择相关表单进行合并分析，以全面深入地研究土壤性质、气象因素与作物生长之间的复杂关系。

3 数据质量控制和评估

在数据采集环节，为确保所获取的数据具备充分的代表性和准确性，传感器在使用前经过专业

机构校准，确保测量精度符合要求；数据采集人员经过专业培训，熟悉采集流程和规范，定期检查传感器的埋设状态，对数据采集器进行定期维护和校准；对仪器采集频率进行了科学设置，规定每隔半小时进行一次土壤温度数据采集，采集到数据后，通过计算 24 小时数据的平均值，以此作为当天的土壤温度代表数据。在数据处理过程中，对原始数据进行可视化检查，通过绘制时间序列图、散点图等，直观地观察数据分布情况和变化趋势，及时发现数据中的异常值和离群点；对于异常值，结合实际情况进行分析判断，确定是数据采集错误还是真实的数据波动；如果是数据采集错误，则进行修正或剔除处理；如果是真实的数据波动，则在后续分析中进行特殊说明。在数据存储方面，对数据的存储方式和数据格式进行了标准化与规范化处理，不仅有助于提高数据的可读性，更为后续的数据分析与应用提供了便利条件，进一步保障了数据质量。

针对土壤温度的监测工作采用不同仪器分段开展。其中，2020 年 1 月至 2022 年 12 月运用 WatchDog 2900ET 仪器对土壤温度实施自动监测；另外，在 2020 年 12 月至 2021 年 10 月，采用 PR-TR-4-5 型土壤参数速测仪对土壤温度进行测定。为探究不同仪器测定结果的一致性与可靠性，对土壤参数仪测定的土壤温度数据与自动气象站测定的结果开展了相关性分析（图 4）。分析结果表明，二者呈现出极显著相关关系，决定系数 R^2 为 0.9612。

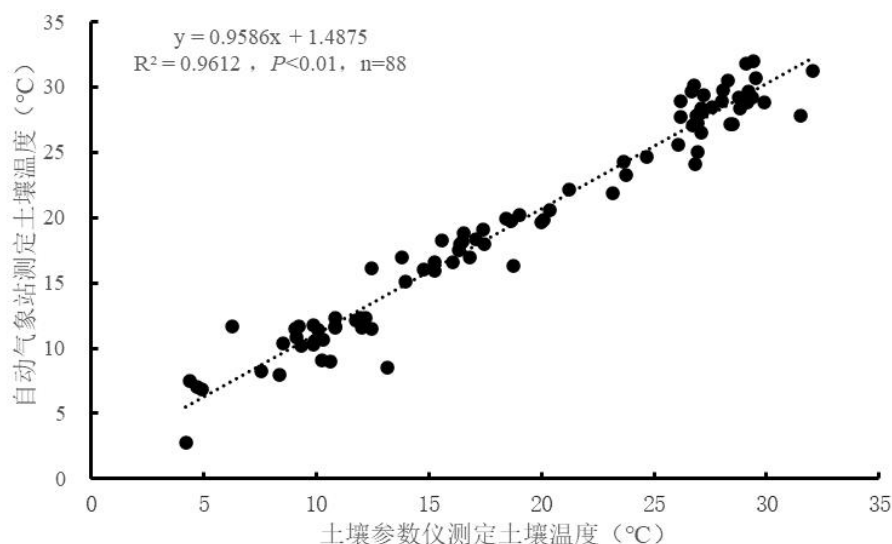


图 4 土壤温度质量控制数据分析

Figure 4 Analysis of soil temperature quality control results

从仪器本身特性来看，自动气象站和土壤参数仪在测量原理和传感器精度上可能存在差异：自动气象站通常需要满足多种气象要素的观测需求，在传感器校准方面可能更侧重于整体性能的平衡，对土壤温度测量的精细校准可能相对不足；而土壤参数仪专注于土壤参数测量，其传感器在制造和校准过程中可能更加注重与土壤环境的适配性，这种仪器制造和校准的差异可能导致两种仪器在测量土壤温度时产生系统性偏差。两种仪器安装方式与位置的选择也会引入系统误差：自动气象站的安装位置通常受到场地条件的严格限制，其土壤温度传感器的埋设深度和周围环境可能无法完全符合土壤温度测量的理想要求；而土壤参数仪在安装时可以根据研究目的精确选择安装位置和埋设深度，以获取更具代表性的土壤温度数据，这种安装差异可能导致两种仪器测量的土壤温度存在系统性的空间差异。环境因素对两种仪器的测量结果也可能产生不同程度的干扰，如强风或降雨会影响土壤的透气性及其与大气之间的热量交换，自动气象站和土壤参数仪对其响应的差异可能会对测量

结果产生影响。尽管存在上述可能的系统误差和环境干扰，但两种仪器测定的土壤温度仍呈现出极高的相关性，这说明在本次研究的观测条件下，这些因素对测量结果的影响相对较小，或者两种仪器受到的影响具有相似性。后续研究将进一步优化仪器安装和校准方法，加强对环境因素的监测和控制，以进一步提高土壤温度测量数据的准确性和可靠性。

4 数据价值

本数据集记录了 2020–2022 年度红壤旱地长期施肥试验的土壤温度数据，为深入探究施肥、土壤温度、气象条件、土壤肥力与作物生长之间的复杂关系提供了丰富详实的基础数据，有助于揭示不同施肥处理下土壤温度的变化规律及其对作物生长的内在机制；在实际农业生产中，基于这些数据可以评估不同施肥处理的效果，农民能够根据当地气象条件和土壤肥力状况，选择最适宜的施肥方式和田间管理策略，提高作物产量；这些数据还可用于评估施肥对土壤生态和区域气候的潜在影响，引导农民采用科学施肥方法，减少对环境的负面影响，促进农业与环境的协调发展。

作者分工职责

张璐（1984—），女，河北石家庄人，博士，副研究员，研究方向为土壤质量提升。主要承担工作：数据分析与论文撰写。

刘立生（1986—），男，黑龙江哈尔滨人，硕士，高级农业师，研究方向为土壤健康。主要承担工作：数据监测与整理。

文石林（1964—），男，湖南宁乡人，博士，研究员，研究方向为红壤生态环境。主要承担工作：数据检查与修正。

王伯仁（1962—），男，湖南祁东人，本科，研究员，研究方向为红壤改良与培肥。主要承担工作：数据获取与检查修正。

蔡泽江（1982—），男，河北唐山人，博士，研究员，研究方向为红壤酸化改良。主要承担工作：项目组织与管理。

参考文献

- [1] RAHMAN MN, HANGS R, SCHOENAU J. Influence of soil temperature and moisture on micronutrient supply, plant uptake, and biomass yield of wheat, pea, and canola[J]. *Journal of Plant Nutrition*, 2020, 43(6): 823–833. DOI:10.1080/01904167.2020.1711941.
- [2] 夏镇卿, 路海东. 土壤温度对作物根区环境及玉米根冠生长的调控研究进展[J]. *玉米科学*, 2020, 28(3): 99–104. DOI:10.13597/j.cnki.maize.science.20200313. [XIA Z Q, LU H D. Research progress in regulation of soil temperature on crop root zone environment and maize root cap growth[J]. *Journal of Maize Sciences*, 2020, 28(3): 99–104. DOI:10.13597/j.cnki.maize.science.20200313.]
- [3] 赵先丽, 蔡福, 谢艳兵, 等. 辽西春玉米苗期地上部和根系生长对土壤温度与土壤湿度的响应[J]. *土壤通报*, 2025, 56(2): 399–408. DOI:10.19336/j.cnki.trtb.2024040201. [ZHAO X L, CAI F, XIE Y B, et al. Response of the shoot and root growth to soil temperature and moisture of spring maize seedlings in western Liaoning Province[J]. *Chinese Journal of Soil Science*, 2025, 56(2): 399–408.

DOI:10.19336/j.cnki.trtb.2024040201.]

[4] 乔鑫阳, 褚丽丽. 土壤水热交互作用对作物的影响综述[J]. 农业与技术, 2021, 41(15): 66–68. DOI:10.19754/j.nyyjs.20210815017. [QIAO X Y, CHU L L. Review on the effects of soil water-heat interaction on crops[J]. Agriculture and Technology, 2021, 41(15): 66–68. DOI: 10.19754/j.nyyjs.20210815017.]

[5] 张书萍, 王延波, 赵海岩, 等. 东北春玉米区温度条件与玉米生长发育及产量形成的量化分析[J]. 玉米科学, 2022, 30(3): 54–62. DOI:10.13597/j.cnki.maize.science.20220308. [ZHANG S P, WANG Y B, ZHAO H Y, et al. Quantitative analysis of temperature conditions and maize growth and yield formation in spring maize region of Northeast China[J]. Journal of Maize Sciences, 2022, 30(3): 54–62. DOI:10.13597/j.cnki.maize.science.20220308.]

[6] 韩凡香. 旱地覆盖种植对夏秋作物土壤水热环境及生长的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2018. [HAN F X. Effects of Mulching on Soil Temperature and Moisture and Growth of Summer- autumn Crops in Semiarid Rain-Fed Regions [D]. Lanzhou: Gansu Agricultural University, 2018.]

[7] 申胜龙. 不同覆盖方式与覆盖量对土壤水热氮利用及夏玉米生长发育的影响[D]. 陕西: 西北农林科技大学, 2018. [SHEN S L. Effects of mulching method and amount on soil moisture, temperature, nitrate nitrogen and summer maize growth [D]. Shaanxi: Northwest A & F University, 2018.]

[8] 朱为静, 吴佳, 洪春来, 等. 秸秆覆盖对土壤水热肥及蟠桃产量和品质的影响[J]. 浙江农业学报, 2025, 37(9): 1924–1932. DOI:10.3969/j.issn.1004-1524.20240689. [ZHU W J, WU J, HONG C L, et al. Effects of straw mulching on water, heat, fertility status of soil and yield and quality of flat peach[J]. Acta Agriculturae Zhejiangensis, 2025, 37(9): 1924–1932. DOI:10.3969/j.issn.1004-1524.20240689.]

[9] 陈皓, 张云贵, 王武, 等. 地面覆盖方法对重庆橘园土壤温湿度变化的影响[J/OL]. 中国南方果树, 2025: 1–13. (2025-08-29). <https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.20250107>. [CHEN H, ZHANG Y G, WANG W, et al. The influence of ground cover methods on soil temperature and moisture variations in Citrus orchards in Chongqing[J/OL]. South China Fruits, 2025: 1–13. (2025-08-29). <https://doi.org/10.13938/j.issn.1007-1431.20250107>.]

[10] 朱士江, 朱子荣, 张友贤, 等. 灌水量对设施柑橘园土壤温湿度及酶活性的影响[J]. 干旱地区农业研究, 2025, 43(4): 160–172. DOI:10.7606/j.issn.1000-7601.2025.04.17. [ZHU S J, ZHU Z R, ZHANG Y X, et al. Effects of irrigation amount on soil temperature, humidity, and enzyme activity in protected Citrus orchards[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2025, 43(4): 160–172. DOI:10.7606/j.issn.1000-7601.2025.04.17.]

[11] 祖米来提·吐尔干, 林涛, 严昌荣, 等. 地膜覆盖时间对新疆棉田水热及棉花耗水和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2018, 34(11): 113–120. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.11.014. [ZUMILAITI T E G, LIN T, YAN C R, et al. Effect of plastic film mulching duration on soil temperature and moisture in field and cotton water consumption and yield in Xinjiang [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2018, 34(11): 113–120. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2018.11.014.]

[12] 章莲, 陈湘耀, 王潭刚, 等. 高强度地膜对土壤温度、湿度及棉花生长的影响[J]. 新疆农业科学, 2025, 62(3): 539–545. [ZHANG L, CHEN X Y, WANG T G, et al. Effects of high-strength mulch on soil temperature, humidity and cotton growth[J]. Xinjiang Agricultural Sciences, 2025, 62(3): 539–545.]

[13] 王小国, 朱波, 王艳强, 等. 不同土地利用方式下土壤呼吸及其温度敏感性[J]. 生态学报, 2007,

- 27(5): 1960–1968. DOI:10.3321/j.issn: 1000-0933.2007.05.036. [WANG X G, ZHU B, WANG Y Q, et al. Soil respiration and its sensitivity to temperature under different land use conditions[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2007, 27(5): 1960–1968. DOI:10.3321/j.issn: 1000-0933.2007.05.036.]
- [14] MCGUIRE A D, MELILLO J M, KICKLIGHTER D W, et al. Equilibrium responses of soil carbon to climate change: empirical and process-based estimates[J]. *Journal of Biogeography*, 1995, 22(4/5): 785. DOI:10.2307/2845980.
- [15] 李昌新. 长期施肥对红壤旱地玉米生产力和土壤肥力的影响及其机制研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2009. [LI C X. Effects of long-term fertilization on corn productivity and soil fertility as well as its mechanisms under upland red soil in subtropical China [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2009.]
- [16] 张天鹏, 保万魁, 雷秋良, 等. 1951–2010年中国土壤温度时空变化特征及其影响因素[J]. *地理学报*, 2022, 77(3): 589–602. [ZHANG T P, BAO W K, LEI Q L, et al. Characteristics of spatio-temporal changes in soil temperature in China from 1951 to 2010 and its influencing factors[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2022, 77(3): 589–602.]
- [17] 胡丹丹, 宋惠洁, 吴艳, 等. 长期施肥下红壤温湿度及电导率2023年度观测数据集[J/OL]. *中国科学数据*, 2025, 10(4). (2025-09-22). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0010.zh. [HU D D, SONG H J, WU Y, et al. A dataset of temperature, moisture and electrical conductivity of red soil under long-term fertilization in 2023[J/OL]. *China Scientific Data*, 2025, 10(4). (2025-09-22). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0010.zh.]
- [18] 蔡哲, 段里成, 郭瑞鸽, 等. 江西省土壤温度变化特征及其与气象要素的关系[J]. *中国农学通报*, 2024, 40(4): 118–125. DOI: 10.11924/j.issn.1000-6850.casb2022-0718. [CAI Z, DUAN L C, GUO R G, et al. Characteristics of soil temperature variation in Jiangxi province and its relationship with meteorological elements [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2024, 40(4): 118–125. DOI: 10.11924/j.issn.1000-6850.casb2022-0718.]
- [19] 尹春梅, 傅心赣, 陈春兰, 等. 2005-2014年桃源站气象综合观测场土壤水热动态数据集[J/OL]. *中国科学数据*, 2020, 5(4). (2020-12-30). DOI: 10.11922/csdata.2020.0011.zh. [YIN C M, FU X G, CHEN C L, et al. A dataset of soil water and heat dynamic from the meteorological observational site of TYA during 2005 to 2014[J/OL]. *China Scientific Data*, 2020, 5(4). (2020-12-30). DOI: 10.11922/csdata.2020.0011.zh.]
- [20] 张杨珠, 周清, 盛浩, 等. 湖南省现行土壤分类体系中红壤分类的现状、问题与建议[J]. *湖南农业科学*, 2014(21): 29–34. DOI:10.16498/j.cnki.hnnykx.2014.21.001. [ZHANG Y Z, ZHOU Q, SHENG H, et al. Current status and some suggestions of red soil classification in Hunan soil classification system[J]. *Hunan Agricultural Sciences*, 2014(21): 29–34. DOI:10.16498/j.cnki.hnnykx.2014.21.001.]
- [21] 鲍士旦. 土壤农化分析 (第三版) [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000. [BAO S D. Soil and Agricultural Chemistry Analysis (The Third Edition) [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2000.]

论文引用格式

张璐, 刘立生, 文石林, 等. 2020–2022 年度祁阳站长期施肥定位试验红壤温度动态数据集[J/OL]. *中国科学数据*, 2026, 11(2). (2026-06-11). DOI: 10.11922/11-6035.csd.2025.0249.zh.

数据引用格式

张璐, 刘立生, 文石林, 等. 2020–2022 年度祁阳站长期施肥定位试验红壤温度动态数据集[DS/OL]. V2. Science Data Bank, 2026. (2026-03-26). DOI: 10.57760/sciencedb.j00001.01764.

A dataset of red soil temperature dynamics from a long-term fertilization experiment at Qiyang Station from (2020–2022)

ZHANG Lu^{1,2}, LIU Lisheng^{1,2}, WEN Shilin^{1,2}, WANG Boren^{1,2}, CAI Zejiang^{1,2*}

1. Institute of Agricultural Resources and Regional Planning, Chinese Academy of Agricultural Sciences/State Key Laboratory of Efficient Utilization of Arid and Semi-arid Arable Land in Northern China, Beijing 100081, P.R. China

2. Hengyang Red Soil Experimental Station of Chinese Academy of Agricultural Sciences/Qiyang Farmland Ecosystem National Observation and Research Station, Qiyang 426182, P.R. China

*Email: caizejiang@caas.cn

Abstract: With global warming, soil temperature has become an important factor affecting soil fertility and crop growth. As an important soil type widely distributed in southern China, the temperature conditions of red soil directly affect microbial activity, nutrient mineralization, and the nutrient absorption efficiency of crop roots. This, in turn, plays a crucial role in crop growth, nutrient transformation, and soil ecological processes. Therefore, it is particularly important to carry out temperature monitoring of red soil. The experimental site is located in a subtropical monsoon climate region, and the soil type is red soil, with Quaternary red clay as its parent material. The cropping system consists of a wheat–maize annual double-cropping rotation. This dataset includes four different fertilization treatments: CK (control, no fertilization), NPK (nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers), NPKM (nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers combined with organic manure), and NPKS (nitrogen, phosphorus, and potassium fertilizers combined with straw incorporation). From 2020 to 2022, continuous monitoring was conducted at fixed points using the WatchDog 2900ET monitoring equipment equipped with the SMEC300 sensors. Soil temperature data were dynamically collected continuously at a depth of 5 cm every half hour, with the 24-hour mean values used as the daily soil temperature record. From 2020 to 2021, soil parameters were simultaneously measured using a soil parameter meter to determine soil temperature, soil moisture, and soil conductivity. This dataset encompasses multidimensional monitoring data, primarily including red soil temperature monitoring data collected from 2020 to 2022, as well as meteorological observation data such as air temperature, relative humidity, precipitation, wind direction, wind speed, dew point temperature, and solar radiation during the same period. It also includes supporting data on soil nutrient content (nitrogen, phosphorus, and potassium), crop yield, plant height, and 1,000-grain weight, representing indicators of soil fertility and crop growth. In terms of data quality, the accuracy of the core soil temperature data was verified through the highly significant correlation between soil temperature measurements obtained from two types of equipment. All meteorological and soil monitoring work was conducted in strict accordance with industry

norms and standards, effectively ensuring the reliability and consistency of the entire dataset. This long-term continuous dataset of red soil temperature and accompanying monitoring data provides reliable support for revealing the evolution of the red soil microenvironment and analyzing the dynamic changes in soil fertility.

Keywords: long-term location experiment; organic manure; straw returning; red soil temperature; meteorological data

Dataset Profile

Title	A dataset of red soil temperature dynamics from a long-term fertilization experiment at Qiyang Station from (2020–2022)
Data corresponding author	CAI Zejiang (caizejiang@caas.cn)
Data authors	ZHANG Lu, LIU Lisheng, WEN Shilin, WANG Boren, CAI Zejiang
Time range	2020–2022
Geographical scope	Qiyang City, Hunan Province (111°52'32"E, 26°45'12"N)
Data volume	11.86 MB
Data format	*.xls
Data service system	https://doi.org/10.57760/sciencedb.j00001.01764
Sources of funding	National Science and Technology Basic Resources Survey Project (2021FY100504)
Dataset composition	This dataset is provided as a single Excel file, containing 9 worksheets. The specific naming and detailed information of each form are as follows: (1) The “Trial Site Information” worksheet records site-related information, including site name, geographic location, elevation, and other fields, providing basic geographical information background for the entire dataset. (2) The “Soil Basic Properties Before Trial” worksheet covers baseline soil property data from 1990 prior to the establishment of the long-term fixed-site experiment, including soil pH, organic carbon, nitrogen, phosphorus, and potassium content, reflecting the initial soil conditions at the start of the experiment. (3) The “Trial Design” worksheet records the experimental design, including treatment descriptions, fertilizer application rate, and straw in corporation practices, providing essential information for understanding the experimental framework and treatment settings. (4) The “Soil Temperature Raw Data” worksheet records raw soil temperature data at half-hour intervals using the WatchDog 2900ET monitoring device, including fields such as recording time (to the minute), treatment, and soil temperature. This worksheet contains a large volume of data, providing detailed and accurate raw soil temperature information for subsequent analysis. (5) The “Soil Temperature” worksheet records soil temperature data from January 1, 2020, to December 31, 2022, and is linked with the “Raw Soil Soil Temperature Data” worksheet and other related sheets through fields such as Date and Treatment. The data in this worksheet are derived from the processing and aggregation of the raw data, facilitating users to efficiently obtain soil temperature information for

specific periods. (6) The “Local Meteorological Data” worksheet records daily meteorological data (from January 1, 2020, to December 31, 2022) corresponding to the soil temperature data, including fields such as time, temperature, relative humidity, precipitation, wind direction, wind speed, dew point temperature, and solar radiation. It is linked to the “Raw Soil Temperature Data” worksheet and “Soil Temperature” worksheet through the Date field, facilitating the analysis of the effects of meteorological factors on soil temperature. (7) The “Soil Temperature, Humidity, and Electrical Conductivity” worksheet records soil temperature, humidity, and electrical conductivity data at different time points from December 8, 2020, to October 28, 2021, including fields such as Date, Temperature, Humidity, and Electrical Conductivity. It is linked to other related sheets through fields such as Date and Treatment, supporting investigations of soil environment changes during the monitoring period. (8) The “Soil Fertility and Crop Traits” worksheet records data on soil nutrient contents (nitrogen, phosphorus, and potassium), as well as wheat and maize yield, plant height, and 1,000-grain weight. These data are linked to other worksheets through fields such as Year and Treatment, and can be used to analyze the relationship between soil fertility and crop performance. (9) The “Field Description” worksheet records the definition, units, and specific measurement method for each field. It is linked to other worksheets through Sheet Name and Field Name, enhancing the interpretability and usability of the dataset, and facilitating data querying, analysis, and research from different perspectives.