

山东省禹城市土壤养分数据集（2007–2020）研发

许素素^{1,2}, 公华锐³, 李 静^{2,4*}, 刘洪光^{1,5*}

1. 石河子大学水利建筑工程学院, 石河子 832003; 2. 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; 3. 中国科学院地理科学与资源研究所黄河三角洲现代农业工程实验室, 北京 100101; 4. 中国科学院大学资源与环境学院, 北京 100190; 5. 石河子大学, 石河子 832003

摘 要: 作者以山东省禹城市小麦-玉米轮作地区为研究对象, 2007–2020 年连续 14 年秋收后(10 月份)开展农田土壤调查。通过系统采集 0–20 cm 耕层土壤样品, 在中国科学院禹城综合试验站采用标准化分析方法测定关键指标: 土壤 pH 值(水土比 5:1 浸提法)、全氮(凯氏定氮法)、速效磷(碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法)及速效钾(乙酸铵浸提-火焰光度法), 得到山东省禹城市土壤养分数据集(2007–2020)。该数据集包含禹城市以下数据: 2007–2020 年每年土壤采样点的地理坐标, 土壤 pH、全氮、速效磷、速效钾和土类、亚类数据。该数据集以.xlsx、.gdb 格式存储, 由 94 个数据文件组成, 数据量为 2.26 MB(压缩为 1 个文件, 1.17 MB)。

关键词: 禹城; 集约化农区; 小麦-玉米轮作; 土壤养分

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.01.12>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.01.12>

数据可用性声明:

本文关联实体数据集已在《全球变化数据仓储电子杂志(中英文)》出版, 可获取:

<https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.06.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.06.V1>.

1 前言

相对于常规农业管理, 集约化农业生产是满足快速增长人口的营养需求的主要途径, 其带来每单位土壤面积作物产量的增加^[1]。禹城市(116°36'E, 36°57'N)处于华北平原的中部, 是典型的集约化农业生产区, 作为中国最早完成吨粮田建设的县城, 也是持续保持高产的一个区域。关注禹城市农田土壤养分的变化, 有助于为华北平原抵御气候变化及未来集约化农业管理等方面提供数据支撑。

土壤要素通过影响土壤内部碳氮周转效率影响作物生长, 决定了耕作、施肥以及作物根系、残茬输入对土壤肥力增长或减少的贡献。土壤类型作为是土壤最基本的性质, 决定土壤养分积累的速率。pH 可通过对作物生长的作用限制土壤碳输入, 从而改变土壤底物分

收稿日期: 2025-01-05; 修订日期: 2025-02-19; 出版日期: 2025-03-25

基金项目: 国家自然科学基金(42271278, 42401119)

*通讯作者: 李静, 中国科学院地理科学与资源研究所, jingli@igsrr.ac.cn; 刘洪光, 石河子大学, liuhongguang-521@163.com

数据引用方式: [1] 许素素, 公华锐, 李静等. 山东省禹城市土壤养分数据集(2007–2020)研发[J]. 全球变化数据学报, 2025, 9(1): 108–113. <https://doi.org/10.3974/geodp.2025.01.12>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2025.01.12>.

[2] 许素素, 公华锐, 李静等. 山东省禹城市土壤养分实测数据集(2007–2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.06.V1>.

解类型。研究发现，氮、磷和钾作为作物生长的主要竞争性养分，其土壤含量直接影响作物生长发育。例如，速效磷作为根系生长的限制性元素，对地下生物量的积累起限制作用^[2]。

连续的土壤数据监测，使我们能够准确评估禹城市土壤相关因素的数据变化趋势，而避免较长时间间隔所带来的偶然性。本数据通过长期定点的实地调查，于 2007–2020 年每年十月份，对土壤相关养分数据进行测定，整理形成了山东省禹城市土壤养分实测数据集（2007–2020）。

2 数据集元数据简介

《山东省禹城市土壤养分实测数据集（2007–2020）》^[3]的名称、作者、地理区域、数据年代、数据集组成、数据出版与共享服务平台、数据共享政策等信息见表 1。

表 1 《山东省禹城市土壤养分实测数据集（2007–2020）》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	山东省禹城市土壤养分实测数据集（2007–2020）
数据集短名	YuchengSoilNutrient2007–2020
作者信息	许素素，石河子大学，20222110063@stu.shzu.edu.cn 公华锐，中国科学院地理科学与资源研究所，hrgong@igsnrr.ac.cn 李静，中国科学院地理科学与资源研究所，jingli@igsnrr.ac.cn 刘洪光，石河子大学，liuhongguang-521@163.com
地理区域	山东省禹城市
数据年代	2007–2020 年
数据格式	.xlsx、.gdb
数据量	2.26 MB（压缩为一个文件，1.17 MB）
数据集组成	采样点地理坐标，土壤 pH、全氮、速效磷、速效钾，土类、亚类
基金项目	国家自然科学基金（42271278）
出版与共享服务平台	全球变化科学研究数据出版系统 http://www.geodoi.ac.cn
地址	北京市朝阳区大屯路甲 11 号 100101，中国科学院地理科学与资源研究所
数据共享政策	（1）“数据”以最便利的方式通过互联网系统免费向全社会开放，用户免费浏览、免费下载；（2）最终用户使用“数据”需要按照引用格式在参考文献或适当的位置标注数据来源；（3）增值服务用户或以任何形式散发和传播（包括通过计算机服务器）“数据”的用户需要与《全球变化数据学报（中英文）》编辑部签署书面协议，获得许可；（4）摘取“数据”中的部分记录创作新数据的作者需要遵循 10%引用原则，即从本数据集中摘取的数据记录少于新数据集总记录量的 10%，同时需要对摘取的数据记录标注数据来源 ^[4]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS, GEOSS, PubScholar, CKRSC

3 数据采集

禹城市（116°36'E，36°57'N）处于华北平原的中部，是典型的集约化农业生产区，区域内面积 988.6 km²。小麦-玉米轮作是主要种植制度。地貌类型为黄河冲积平原，土壤母质为黄河冲积物，以潮土和盐化潮土为主。海拔高程 23 m，属暖温带半湿润季风气候，多年平均气温 13.1 ℃，多年平均降水量为 538 mm，降水集中在 6–8 月，占全年降水的 68% 左右，年太阳辐射总量 5,215.6 MJ/m²，日照时数 1,920 h，≥0 ℃积温为 4,951℃，无霜期 200 d，光热资源丰富，雨热同期。

作者团队在研究区（图 1）的小麦-玉米轮作区内，于 2007–2020 年间每年玉米收获季，进行了连续的土壤采样活动（表 2）。采样点均位于农田内，随机分布。在每个采样点，采集 0–20 cm 耕层土壤，3 个子区样品混合为 1 个样品，用于进一步分析。采样过程中记录各采样点的地理坐标以及 0–20 cm 耕层土壤的颜色、质地、结构等形态特征，在中国科学院禹城综合试验站采用标准化分析方法测定关键指标。

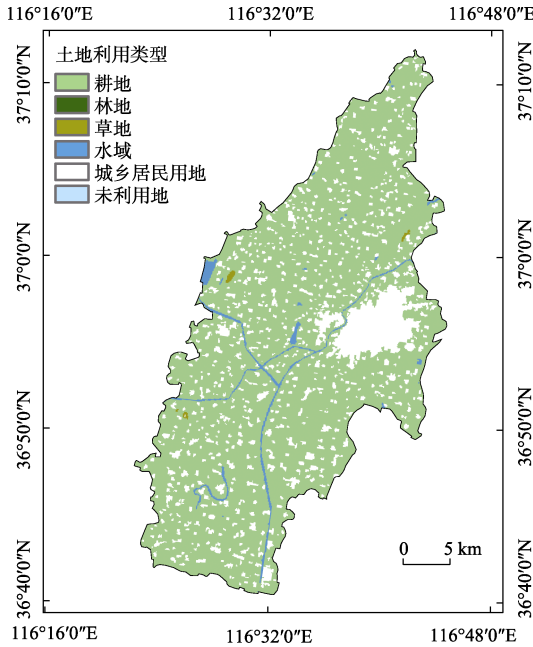


图 1 山东省禹城市土地利用图

表 2 2007–2020 年采样点数量统计

时段	土地利用类型	数量	时段	土地利用类型	数量
200710	耕地	2,306	201410	耕地	508
200810	耕地	1,362	201510	耕地	632
200910	耕地	597	201610	耕地	443
201010	耕地	574	201810	耕地	146
201110	耕地	427	201910	耕地	155
201210	耕地	414	202010	耕地	171
201310	耕地	419			

注：因土壤样品测定工作问题，缺少 2014 年 TN 与 2017 年整体数据。

土壤 pH 采用水土比（5：1）浸提后测定；全氮（TN）采用凯氏定氮法测定；速效磷（Avail-P）采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定；速效钾（Avail-K）采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定；土类、亚类的确定通过实验室测定土壤理化指标（pH、电导率、颗粒组成、矿物分析）、形态观测，并依据《中国土壤系统分类》进行系统检索和综合判定。

4 数据结果

4.1 数据集组成

数据集共 94 个数据文件，为该区域 2007–2020 年的农田 0–20 cm 耕层土壤 pH、TN、Avail-P、Avail-K、土类、亚类等信息（主要缩写说明见表 3）。根据数据采集时间（每年 10 月秋收后采样），所有空间图命名遵循“年份+月份”的格式。示例：200710 为 2007 年 10 月数据。

表 3 数据集主要缩写数据说明

全称	缩写	单位
全氮（Total nitrogen）	TN	g/kg
速效磷（Available phosphorus）	Avail-P	mg/kg
速效钾（Available potassium）	Avail-K	mg/kg

4.2 数据结果

2007–2020 年，禹城市农田土壤类型整体表现为潮土，在本研究采样数据中，亚类中典型潮土占比最大，其次为盐化潮土（图 2）。禹城市土壤亚类的转变，是自然过程与人类活动长期交互作用的结果。自 20 世纪 60 年代起，由多部门共同组织的黄淮海平原旱涝盐碱综合治理工作相继启动，针对盐碱地的系统性改良显著降低了土壤盐分^[5]。此外，本次采样结果表明，随着长期耕作的持续，碱化盐土的占比在持续下降。小麦-玉米轮作体系下的高量化肥投入、秸秆还田，加速了土壤有机质积累和结构改良，促进了典型潮土的发育。

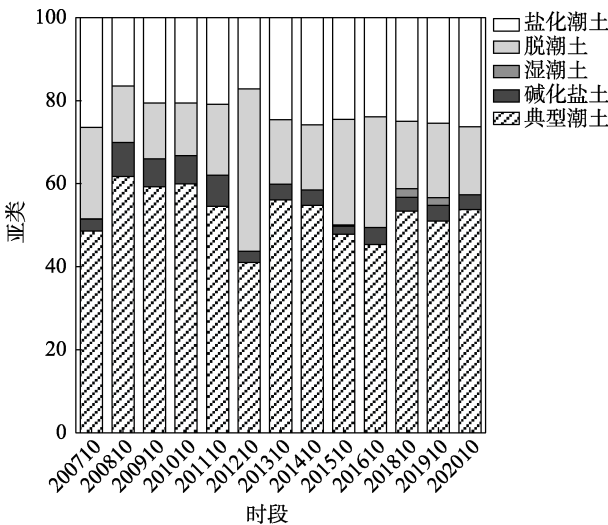


图 2 禹城市土壤亚类变化图（2007–2020）

2007–2020 年，禹城市农田土壤全氮（TN）和速效钾（Avail-K）均呈现增长趋势，速效磷（Avail-P）变化较小（图 3）。土壤全氮由 0.82 g/kg 增长到 0.97 g/kg，平均值为 0.86 g/kg，2018 年最高，显著高于其他年份。速效钾在 13 年间由 122.06 mg/kg 增长到 269.23 mg/kg，平均值为 163 mg/kg，2016–2020 年间出现显著增加的趋势。速效磷由 22.81 mg/kg 增长到

25.19 mg/kg，年均增长量为 0.17 mg/kg。整体上土壤养分的增加，得益于长期推广的测土配方、秸秆还田措施，通过促进土壤养分积累，对作物增产以及土壤肥力的提高产生重大影响。化肥通过促进作物生长带来了更多的根茬、凋落物等有机碳输入，又促进了全氮的积累^[6]。速效磷变化不明显，原因在于禹城地区土壤 pH 偏碱性的背景下，磷易与钙、镁等离子结合形成难溶性化合物^[7]，导致其有效性降低，且磷肥利用率长期偏低，进一步限制了农田土壤速效磷含量的提高^[8]。相比之下，速效钾含量呈现快速增长趋势。华北平原农田钾素长期处于亏缺状态，近年通过增施钾肥和秸秆还田措施，土壤 Avail-K 水平得到显著提升。

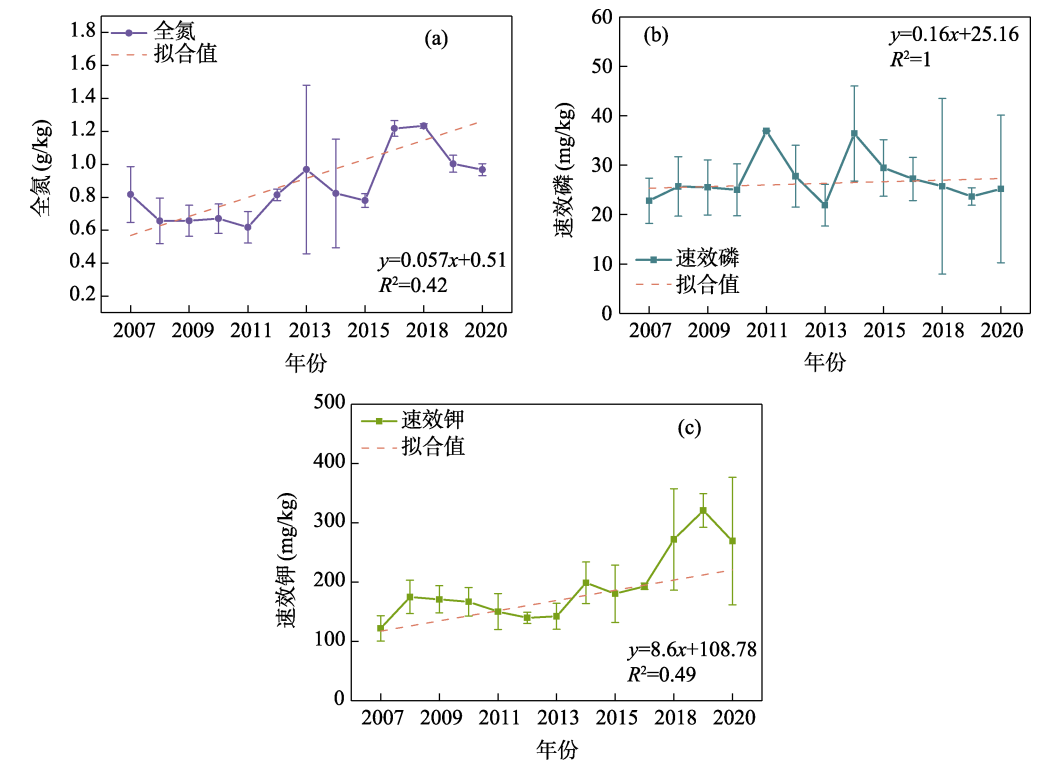


图3 禹城市土壤全氮、速效磷与速效钾含量变化情况（2007–2020）

5 讨论与总结

基于本数据集，通过克里金插值法构建空间插值图，分析 2007 至 2020 年禹城市土壤全氮在空间上的变化（图 4）。在禹城市空间范围内，土壤养分变化的时空分布呈现显著异质性。研究表明，全氮含量在西南部和东北部区域呈现下降趋势，13 年间最低降幅达 20.30%；与之相反，东南部区域则表现出明显的全氮含量增加现象，最大增长率高达 84.85%。需要指出的是，本研究数据采样均来自于农田土壤，采样点位集中分布于耕地区域，因此城市周边区域的插值结果可能存在较大不确定性。这一空间采样局限可能导致城市近郊区的评估结果可靠性降低。

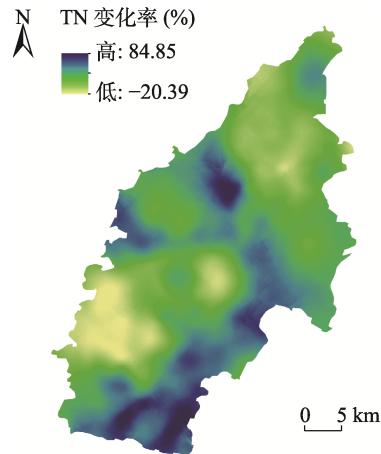


图4 禹城市 2007–2020 年间土壤全氮含量变化率情况

本数据集以 2007–2020 年山东省禹城市采样数据为基础，构建 2007–2020 年禹城市土壤数据集，通过对数据的连续监测，显著提升了数据的连贯性和分析的可靠性。结果表明，禹城市整体土壤 TN、Avail-P、Avail-K 呈增加趋势。且通过构建数据应用场景，发现在禹城市空间范围内，土壤养分变化的时空分布呈现显著异质性。该数据集可用于后续土壤质量分析、碳排放预测、农业措施影响分析等研究。探究禹城市长期高强度耕作下土壤相关因子的变化，给全面评估长期农业生产对土壤肥力的动态影响提供具体的指标和数据，也为应对气候变化下集约化农业管理措施提供规范有效、准确、实时的基础数据支撑。

作者分工：许素素、公华锐、李静、刘洪光对数据集的开发做了总体设计；许素素、公华锐、李静采集和处理了所有数据；许素素撰写了数据论文等。

利益冲突声明：本研究不存在研究者以及与公开研究成果有关的利益冲突。

参考文献

- [1] Rosa, L., Chiarelli, D. D., Sangiorgio, M., *et al.* Potential for sustainable irrigation expansion in a 3 °C warmer climate [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2020, 117(47): 29526–29534.
- [2] Ruehr, S., Keenan, T. F., Williams, C., *et al.* Evidence and attribution of the enhanced land carbon sink [J]. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2023(4): 518–534.
- [3] 许素素, 公华锐, 李静等. 山东省禹城市土壤养分实测数据集(2007–2020)[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2025. <https://doi.org/10.3974/geodb.2025.03.06.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2025.03.06.V1>.
- [4] 全球变化科学研究数据出版系统. 全球变化科学研究数据共享政策[OL]. <https://doi.org/10.3974/dp.policy.2014.05> (2017 年更新).
- [5] 欧阳竹, 邓祥征, 孙志刚等. 面向国民经济主战场的区域农业研究[J]. *地理学报*, 2020, 75(12): 2636–2654.
- [6] Shi, W., Tao, F., Liu, J. Changes in quantity and quality of cropland and the implications for grain production in the Huang-Huai-Hai Plain of China [J]. *Food Security*, 2013, 5(1): 69–82.
- [7] 张福锁, 王激清, 张卫峰等. 中国主要粮食作物肥料利用率现状与提高途径[J]. *土壤学报*, 2008, 45(5): 915–924.
- [8] 鲁如坤. 土壤磷素化学研究进展[J]. *土壤学进展*, 1990, 18(6): 1–5+19.