

工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化 特性实测数据集

许 喆^{1,2}, 米文宝^{2,3}, 米 楠², 田 英^{4*}

1. 中国科学院生态环境研究中心城市与区域生态国家重点实验室, 北京 100089;
2. 宁夏大学农学院, 银川 750021; 3. 宁夏大学地理科学系与规划学院, 银川 750021;
4. 宁夏林业研究院种苗生物工程国家重点实验室, 银川 750004

摘 要: 随着工业化的快速发展, 在生产、燃烧、运输等过程中容易释放出不容性的污染物, 导致土壤质量下降, 荒漠草原生态安全问题一直是人们关注的热点。2019年6月本研究以盐池县高沙窝工业园附近的荒漠草原为采样区, 距离工业园区不同方向, 间隔 1–2 km, 随机布点。采用五点交叉取样法取表层土壤 (0–20 cm), 并从每个样地中混合 5 个土壤样本, 总共收集了 76 份土壤。通过室内试验测定土壤全氮、全磷、有机质、速效磷、速效钾、铵态氮、硝态氮和 pH 含量, 利用相关系数法确定土壤质量指标权重, 建立隶属函数模型并通过土壤质量公式计算出研究区土壤质量状况。在此基础上使用 ArcGIS10.2 中地统计学方法制作空间分布图。数据集中土壤指标及分析方法有助于了解工业活动下荒漠草原的土壤质量状况, 为今后荒漠草原生态环境保护提供参考。该数据集包括: 样点的地理位置数据和土壤理化指标的含量数据。数据集储存为.xls 格式, 压缩为 1 个数据文件, 数据量为 16.64 KB。

关键词: 荒漠草原; 土壤质量; 理化性质; 空间插值

DOI: <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.02.14>

CSTR: <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.02.14>

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.2021.06.09.V1> 或 <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.06.09.V1>.

1 前言

土壤质量是指土壤在生态系统中保持生物的生产力、维持环境质量和促进动植物健康的能力^[1,2], 影响生态系统的多样性和功能性^[3,4], 是生态系统持续健康发展的重要因素^[5]。土壤质量的空间差异不仅受到自然因素的影响, 而且还受到土地利用, 人类活动和农业管

收稿日期: 2021-06-30; 修订日期: 2022-02-17; 出版日期: 2022-06-25

基金项目: 宁夏回族自治区重点研发项目 (2020BBF02027)

*通讯作者: 田英, 宁夏林业研究院, 179070565@qq.com

数据引用方式: [1] 许喆, 米文宝, 米楠等. 工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据学报, 2021. 6(2): 273–279. <https://doi.org/10.3974/geodp.2022.02.14>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.14.2022.02.14>.
[2] 许喆, 米文宝, 米楠. 工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.06.09.V1>. <https://cstr.escience.org.cn/CSTR:20146.11.2021.06.09.V1>.

理的影响^[6]。在过去的几十年中,中国的城市化和工业化以前所未有的速度发展^[7],在生产、运输和燃烧过程中容易释放出溶解性的污染物,大规模,高强度的煤矿开采活动进一步威胁了西北部脆弱的生态环境。宁夏地处中国西北地区东部,气候干旱,境内草原类型主要以荒漠草原、干草原为主,成片分布于宁夏南部、东部地区,该区域蕴藏大量煤炭、石油、天然气资源。以这些自然资源开发、加工为核心的工业活动极大促进了当地的经济的发展,但也随之产生了许多负面影响,由于区域生态环境脆弱、承载力低,资源开发利用不当极易引起草地退化等严重的生态环境问题。因此,客观、准确的评价土壤质量是防止土壤退化的前提。

研究区位于宁夏盐池县高沙窝镇西部(106°49'6.18"E, 38°07'9.93"N),北部与内蒙古自治区鄂托克前旗的毛乌素沙漠相连,占地面积约 80.46 km²,海拔高度 1,409 m,属于典型中温带大陆性气候,气温冬冷夏热,平均气温 22.4 ℃,年平均降水量 276 mm。区域内以缓坡丘陵为主,起伏缓和。草地类型包括干草原与荒漠草原,主要植物有短花针茅(*Stipa breviflora* Griseb.)、冰草(*Agropyron cristatum*(L.) Gaertn.)、白草(*Pennisetum centrasiaticum* Tzvel.)、牛枝子(*Lespedeza potaninii* Vass.)、萎陵菜(*Potentilla chinensis* Ser.)、猪毛蒿(*Artemisia scoparia* Waldst. et Kit.)等。研究区主要发展煤炭开采、煤化工、电力等上下游产业,区域内青银高速公路、307 国道、太中银铁路穿境而过,形成便利的交通网络。工业活动下荒漠草原表层土壤质量实测数据集^[8]表征了研究区荒漠草原土壤质量评价指标的实测含量,希望为今后荒漠草原的保护和健康发展提供帮助。

2 数据集元数据简介

《工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集》^[8]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 《工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集》元数据简表

条 目	描 述
数据集名称	工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集
数据集短名	SoilDesertSteppeYanchi
作者信息	许喆 AAS-2907-2021, 宁夏大学, 496409847@qq.com 米文宝 AAS-2933-2021, 宁夏大学, miwbao@ nxu.edu.cn 米楠 AAS-2920-2021, 宁夏大学, 705484905@qq.com
地理区域	106°47'17.16"E-107°0'33.59"E, 38°03'12.46"N-38°9'24.95"N
数据年代	2019 年 6 月
数据格式	.xls
数据量	16.64 KB (压缩后)
数据集组成	76 个采样点的经纬度, 全氮、全磷、有机质、速效磷、速效钾、铵态氮、硝态氮、pH 的实测结果
基金项目	宁夏自治区重点研发项目 (2018BEB04007)
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

续表 1

条 目	描 述
数据共享政策	全球变化科学研究数据出版系统的“数据”包括元数据（中英文）、通过《全球变化数据仓储电子杂志（中英文）》发表的实体数据集和通过《全球变化数据学报（中英文）》发表的数据论文。其共享政策如下：（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 ^[9]
数据和论文检索系统	DOI, CSTR, Crossref, DCI, CSCD, CNKI, SciEngine, WDS/ISC, GEOSS

3 数据研发方法

3.1 样品收集及测定

2019 年 6 月下旬，在草地资源野外调查方法指导下，综合分析工业园区范围、土壤类型、地形地貌、景观特征及可达到性等因素。在距离工业园区不同方向，间隔 1–2 km，随机布点。采用五点交叉取样法取表层土壤（0–20 cm），并从每个样地中混合 5 个土壤样本，样品的原始重量大于 1 kg，总共收集了 76 份土壤样品（图 1）。在野外采样期间，根据预设采样点周围的实际环境进行了适当的调整。GPS 在采样过程中记录了每个采样点的纬度和经度，并记录了采样点周围的更多环境信息。在土样采集完毕后立即带回实验室，立即装入保鲜袋中低温保存，用于室内土壤铵态氮和硝态氮的测定。其他指标在土壤风干后剔除根系、石块等杂物，研磨过 1 mm 尼龙材质的筛子后装袋备用。测定重金属元素需要过 100 目的尼龙筛，土壤理化性质分别过 0.149, 0.25 和 0.5 mm 孔径筛备用，土壤测定指标采取 3 组平行试验，取平均值。土壤理化性质参照《土壤农化分析》^[10]的方法测定：全氮采用凯式定氮法，全磷采用近红外光谱法，速效磷采用 NaHCO₃ 浸提-钼锑抗比色法，速效钾采用火焰光度法，有机质含量采用重铬酸钾法，硝态氮采用紫外分光光度法，铵态氮采用纳氏试剂比色法，pH 采用电位法（水土比为 5 : 1）。

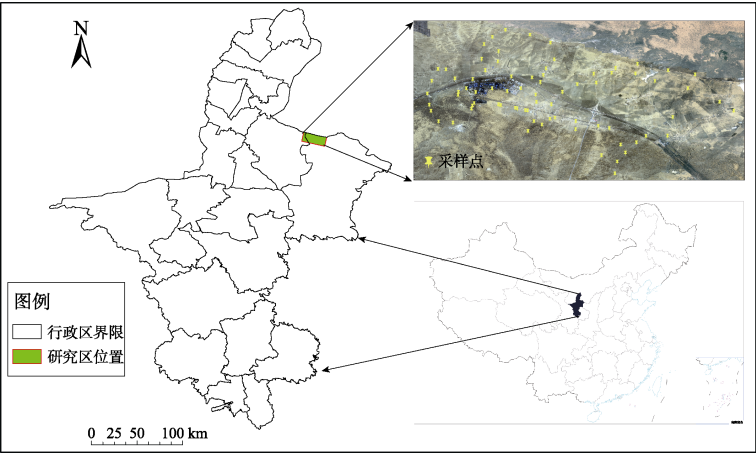


图 1 研究区土壤采样点分布示意图

3.2 算法原理

采用相关系数法确定各土壤质量指标权重，避免人为主观影响。首先计算单项指标间的相关系数（表2），根据相关系数获得单项指标与其他指标的相关系数均值，该均值与所有指标相关系数均值总和之比作为该项因子的权重（表3）。

表2 指标间相关系数

质量指标	全氮	全磷	速效磷	速效钾	有机质	铵态氮	硝态氮	pH
全氮	1							
全磷	0.446	1						
速效磷	-0.364	-0.231	1					
速效钾	0.373	0.207	-0.113	1				
有机质	-0.122	-0.099	0.000,3	-0.222	1			
铵态氮	-0.069	0.104	-0.014	-0.147	0.044	1		
硝态氮	0.368	0.123	-0.115	0.171	-0.008	-0.07	1	
pH	-0.075	-0.17	0.212	0.214	0.08	0.017	-0.114	1

表3 平均相关系数及指标权重

指标	相关系数均值	权重	指标	相关系数均值	权重
全氮	0.259	0.212	有机质	0.082	0.067
全磷	0.197	0.161	铵态氮	0.066	0.054
速效磷	0.149	0.122	硝态氮	0.138	0.113
速效钾	0.206	0.168	pH	0.126	0.103

建立各个指标的隶属函数模型，计算相应的隶属度值，土壤全氮、全磷、速效磷、速效钾、有机质、铵态氮和硝态氮属于戎上型隶属函数（公式1）。

$$f(x)=\begin{cases}1.0 & x\geqslant x_2 \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1)+0.1 & x_1< x < x_2 \\ 0.1 & x\leqslant x_1\end{cases}\tag{1}$$

结合研究区实际，以各指标的最小值和最大值作为函数的转折点 x_1 和 x_2 ，全氮、全磷、速效磷、速效钾、有机质、铵态氮和硝态氮隶属度转折点取值见表4，pH值的隶属度，取值见表5。

土壤质量的计算公式为

$$SQI=\sum_{i=1}^nW_i\cdot N_i\tag{2}$$

表4 隶属度函数曲线中评价指标的转折点取值

转折点	全氮	全磷	速效磷	速效钾	有机质	铵态氮	硝态氮
	(g·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(g·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)	(mg·kg ⁻¹)
x_1	0.07	0.11	5.4	23	1.38	6.38	2.97
x_2	0.91	0.49	17.4	155	45.51	38.11	11.27

表5 pH值的隶属度值

pH值	隶属度	pH值	隶属度	pH值	隶属度
<6.50	0.5	7.51-8.00	0.7	8.26-8.50	0.2
6.50-7.00	1	8.01-8.25	0.5	>8.51	0.1
7.01-7.50	0.9				

式中， W_i 为第 i 个指标的权重值， N_i 为第 i 个指标的隶属度， SQI 为土壤质量指数， n 为评价指标数。

4 数据结果

4.1 土壤指标描述统计

对研究区所有采样点进行土壤养分统计分析(表 6),结果显示,pH 的均值为 8.13 ± 0.25 ,土壤呈碱性。全氮、全磷和有机质的含量分别为： $0.44\pm0.19\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $0.19\pm0.06\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $11.08\pm6.57\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，速效磷、速效钾、铵态氮和硝态氮的均值分别为： $8.4\pm3.04\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $56.85\pm25.31\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、 $18.13\pm6.76\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $5.62\pm1.76\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。pH 的变异系数为 0.03，表现为空间弱变异。其他质量指标的变异系数在 0.31–0.59，属于中等变异，变异系数大小依次为：有机质>速效钾>全氮>铵态氮>速效磷>全磷>硝态氮>pH。研究区土壤质量指标处于较为贫瘠的中低水平，全氮、全磷和速效磷的总体含量偏低。

表 6 各项指标含量描述性统计

质量指标	最大值	最小值	平均值	标准差	变异系数
全氮 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0.91	0.07	0.44	0.19	0.43
全磷 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	0.49	0.11	0.19	0.06	0.32
速效磷 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	17.4	5.4	8.4	3.04	0.36
速效钾 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	155	23	56.85	25.31	0.45
有机质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	45.51	1.38	11.08	6.57	0.59
铵态氮 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	38.11	6.38	18.13	6.76	0.37
硝态氮 ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	11.27	2.97	5.62	1.76	0.31
pH	9	7.43	8.13	0.25	0.03

4.2 土壤指标空间分布

通过各指标的实测数据的空间分布图可知，研究区全氮(图 2)、全磷(图 3)和速效钾(图 5)的分布特征相似，高值集中在研究区高速路两侧，工业园区西南方向含量较低。速效磷(图 4)和有机质(图 6)呈西南高东北低的分布格局，硝态氮(图 8)的高值区域分布在高速以南。可以看出，大部分指标表现出以高速路为分界点呈现出南高北低趋势。我们在之前土壤重金属污染特征的研究中发现，研究区整体属于中等生态危险，以高速路为分界点，高浓度的污染物主要分布在研究区以北的区域，工业园区的下游相对较为安全^[11]。由此可知，重金属等污染物降低了研究区域内部分土壤养分的含量。但是，铵态氮(图 9)的空间分布状态与其他指标相反，高值集中高速路以北，这可能与土壤 pH 含量有关。结合图 7 可知，高速路以南土壤的 pH 含量较高。火力发电厂、有色金属的冶炼以及煤化工行业的生产中容易释放出硫氧化物，这导致汇集的污染物中含有酸性物质，造成了 pH 的空间分布差异性。由于铵态氮易溶于土壤，并且在碱性土壤中容易挥发，进而影响土壤中铵态氮的含量。通过土壤质量的公式计算并结合图 10 可知，研究区大部分土壤质量在 0.383–0.404，整体土壤质量较低。

综上，研究区土壤质量指标间的空间分布具有一定的规律性，说明交通运输和工业生

产等行为中产生大量污染物，受到南高北低和西北风的影响，容易汇集到高速路以北的地势低的区域，因此，导致研究区土壤质量指标间的空间分布的差异性。

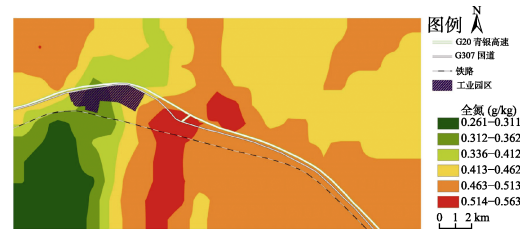


图2 土壤全氮含量空间分布图

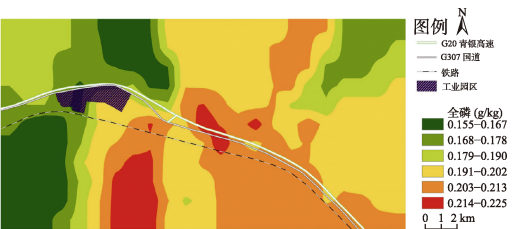


图3 土壤全磷含量空间分布图



图4 土壤速效磷含量空间分布图

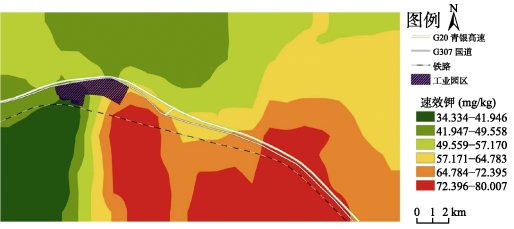


图5 土壤速效钾含量空间分布图

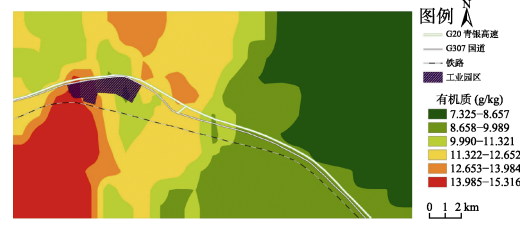


图6 土壤有机质含量空间分布图

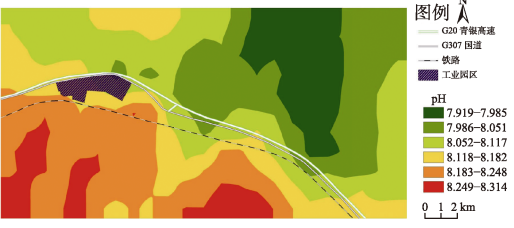


图7 土壤pH空间分布图

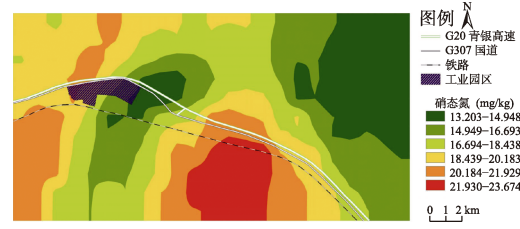


图8 土壤硝态氮含量空间分布图

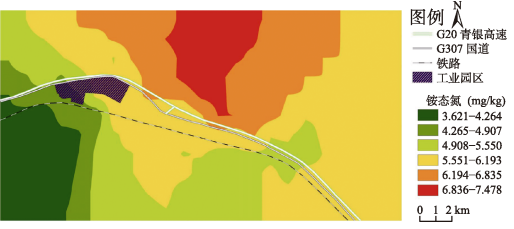


图9 土壤铵态氮含量空间分布图

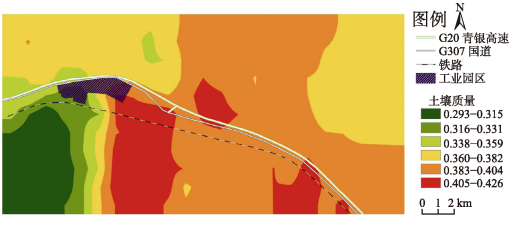


图10 土壤质量空间分布图

5 讨论和总结

工业活动下荒漠草原表层土壤质量实测数据集表征了研究区表层土壤中全氮、全磷、有机质、速效磷、速效钾、铵态氮、硝态氮和 pH 的实测含量, 通过相关系数法和隶属函数法计算得出研究土壤质量状况, 结合空间插值图从而更加直观地了解研究区土壤质量分布状况。本研究位于北方荒漠草原地带, 常年干旱少雨并且土壤沙化严重, 水分和养分缺乏, 土壤持水能力较低, 土壤氮、磷、有机质等养分含量均较低, 区域内的工业生产和运输活动进一步降低了研究区荒漠草原土壤质量。本数据集中土壤质量指标和空间分布图有助于了解工业活动下荒漠草原的土壤质量状况, 可为生态环境较为脆弱地区的环境保护提供参考。

作者分工: 米文宝和米楠对数据集的开发做了总体设计; 许喆和田英采集和处理了土壤质量指标数据并撰写了数据论文。

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] Doran, J. W., Parkin, T. B. Defining and assessing soil quality [C]//Defining soil quality for a sustainable environment. Special Publication, Soil Science Society of America, Madison, WI. 1994, 35: 3–21. <https://doi.org/10.2136/sssaspecpub35.c1>.
- [2] Karlen, D. L., Andrews, S. S., Doran, J. W. Soil quality: current concepts and applications [J]. *Advances in Agronomy*, 2001, 74: 1–40.
- [3] Nehrani, S. H., Askari, M. S., Saadat, S., *et al.* Quantification of soil quality under semi-arid agriculture in the northwest of Iran [J]. *Ecological Indicators*, 2020, 108: 105770. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105770>.
- [4] Nakajima, T., Lal, R., Jiang, S. Soil quality index of a crosby silt loam in central Ohio [J]. *Soil Tillage Research*, 2015, 146: 323–328.
- [5] 马芊红, 张光辉, 耿韧等. 黄土高原纸坊沟流域不同土地利用类型土壤质量评价[J]. *水土保持研究*, 2018, 25: 30–35, 42.
- [6] Yang, Q. Q., Li, Z. Y., Lu, X. N., *et al.* A review of soil heavy metal pollution from industrial and agricultural regions in China: pollution and risk assessment [J]. *Science of The Total Environment*, 2018, 642: 690–700. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.068>.
- [7] Huang, Y., Kuang, X., Cao, Y., *et al.* The soil chemical properties of reclaimed land in an arid grassland dump in an opencast mining area in China [J]. *RSC Advances*, 2018, 8(72): 41499–41508. <https://doi.org/10.1039/c8ra08002j>.
- [8] 许喆, 米文宝, 米楠. 工业活动下盐池荒漠草原表层土壤理化特性实测数据集[J/DB/OL]. 全球变化数据仓储电子杂志, 2021. <https://doi.org/10.3974/geodb.2021.06.09.V1>. <https://cstr.science.org.cn/CSTR:20146.11.2021.06.09.V1>.
- [9] 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).
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析(第3版)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2007: 268–270, 389–391.
- [11] Xu, Z., Mi, W., Mi, N., *et al.* Characteristics and sources of heavy metal pollution in desert steppe soil related to transportation and industrial activities [J]. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020, 1–14.