

文章编号: 1672-3317(2023)07-0117-06

基于最小数据集的典型绿洲农田土壤质量评价

周文宇, 杨小虎, 杨海昌*, 张凤华

(石河子大学/新疆生产建设兵团绿洲生态农业重点实验室, 新疆 石河子 832003)

摘要:【目的】基于最小数据集对新疆莫索湾灌区农田土壤质量进行评价。【方法】利用GPS定位和随机均匀抽样的方式采集新疆莫索湾灌区内共50个土壤样品,测定土壤有机质、速效磷、速效钾、碱解氮、pH值、EC、K⁺、Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻共13项指标,采用主成分分析和聚类分析分别构建最小数据集,基于土壤综合指数法对新疆莫索湾灌区农田土壤质量进行评价,并比较主成分分析和聚类分析得出的结果与灌区土壤实际条件的符合程度。【结果】莫索湾灌区农田土壤有机质含量较少,碱解氮含量较低,速效磷量和速效钾量较为丰富但分布不均;盐分空间分布差异大,土壤盐碱化程度高。大部分土壤质量处于中等偏下水平,且土壤质量差异较大。主成分分析法得出的评价结果更符合莫索湾灌区土壤质量的实际条件。【结论】新疆莫索湾灌区土壤质量水平总体较差,采用不同分析方法对其进行评价,主成分分析法最合理,聚类分析法次之。

关键词: 土壤质量评价; 最小数据集; 主成分分析; 聚类分析; 莫索湾灌区

中图分类号: X825

文献标志码: A

doi: 10.13522/j.cnki.ggps.2022475

OSID: 

周文宇, 杨小虎, 杨海昌, 等. 基于最小数据集的典型绿洲农田土壤质量评价[J]. 灌溉排水学报, 2023, 42(7): 117-122.
ZHOU Wenyu, YANG Xiaohu, YANG Haichang, et al. Assessing Soil Quality in Oasis Ecosystems Using a Minimum Dataset[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2023, 42(7): 117-122.

0 引言

【研究意义】土壤质量的概念不仅包括土地生产力、土壤环境安全,还包括粮食生产安全和生态健康^[1]。因水土资源开发利用不当所导致的土壤盐渍化、沙漠化、水土流失等问题日益突出^[2],提高土壤质量是当前生态环境发展的一项重要课题^[3],土壤质量评价是当前的国际研究热点^[4]。科学的评价指标与评价方法是土壤质量评价的前提^[5]。土壤质量评价在评估土壤肥力、提高作物生产力、改良土壤、促进农业发展、降低生产成本、保护生态环境等方面具有十分重要的作用^[6]。【研究进展】国内外对土壤质量评价的研究日益增多^[7]。张雪等^[8]以胶州湾滨海湿地为研究对象,评价了不同土地利用类型的生态功能指数以及综合质量指数,得出研究区的土壤养分状况为中等水平,耕地土壤养分状况最优,而建设用地和未利用土地的土壤养分处于中等偏下水平。刘文民等^[9]采用主成分分析法筛选具有代表性的土壤质量指标,构建了最小数据集,评价了青藏高原3个典型沙化区不同沙化程度下的土壤质量。董茜等^[10]基于聚类分析与

主成分分析法建立最小数据集,对云南喀斯特区不同植被恢复条件下的土壤质量进行了评价。【切入点】以往研究的重点大多聚焦于评价因子的多样性与不同评价方法结果比较,但对于不同构建方法的比较研究较少。【拟解决的关键问题】因此本研究以新疆莫索湾灌区的农田土壤为研究对象,聚焦于莫索湾灌区的土壤有机质、速效磷、速效钾、碱解氮、pH值、EC、K⁺、Ca²⁺、Na⁺、Mg²⁺、Cl⁻、NO₃⁻、SO₄²⁻共13项土壤质量指标,采用主成分分析法与聚类分析法分别得到土壤质量最小数据集(MDS),并应用土壤质量综合指数法对2种方法取得的最小数据集进行土壤质量评价。对2种方法的结果进行对比,探讨不同方法对莫索湾土壤质量综合评价的合理性,为新疆莫索湾灌区农田土壤质量的合理评价提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于准噶尔盆地南缘莫索湾灌区,地处玛河流域下游,临近沙漠边缘,地势平坦。莫索湾灌区海拔346 m,属典型大陆性干旱气候,年平均气温为6.6℃,≥0℃积温为4 126.0℃,≥10℃积温为3 752.3℃。年平均降水量为117 mm,年平均蒸发量为1 979.5 mm,年平均日照时间为2 774.1 h。无霜期为135~205 d。

1.2 土壤样品采集

于2019年10月采集土壤样品,采样点使用GPS

收稿日期: 2022-08-29 修回日期: 2023-03-07 网络出版日期: 2023-05-18
基金项目: 国家自然科学基金项目(42167036); 兵团科技计划项目(2022ZD055); 自治区重点研发计划项目(2022B02020-1)
作者简介: 周文宇(2001-),女,硕士研究生,主要研究方向为农业资源与环境。E-mail: zwy_0810@163.com
通信作者: 杨海昌(1990-),男,副教授,硕士生导师,主要研究方向为绿洲生态与农业资源高效利用。E-mail: yhc2012@126.com
©《灌溉排水学报》编辑部,开放获取CC BY-NC-ND协议

定位, 根据空间变异性设置土壤采样点, 采样点间距为 30 km, 用网格法随机选取 50 个点, 采用五点采样法取样, 在每一取样点利用土钻采集表层 0~20 cm 土壤, 共采集土壤样品 50 个, 并记录取样点的土壤类型。土壤样品经自然风干后, 去除动植物残体、石块和新生体等, 研磨粉碎、过筛, 测定土壤化学性质^[11]。所测指标及测定方法如表 1 所示。

表 1 土壤指标测定方法

测定指标	测定方法
有机质	重铬酸钾容量法, 外加热法
碱解氮	碱解扩散法
速效磷	碳酸氢钠浸提, 钼锑抗比色法
速效钾	乙酸铵浸提, 火焰光度计法
电导率 (EC)	DDSJ-308A 型电导率仪 (土水比 1:5)
pH 值	BPH-252 pH 计 (土水比 1:2.5)
K ⁺ 、Na ⁺ 、Ca ²⁺ 、Mg ²⁺ 、Cl ⁻ 、NO ₃ ⁻ 、SO ₄ ²⁻	离子色谱仪

1.3 最小数据集的构建

1.3.1 主成分分析法

运用主成分分析法确定最小数据集的优势是从大量数据中筛选少量指标来代替全体评价指标。这一方法既可降低工作量, 又可以解决数据冗余问题, 可有效地反映研究区的土壤质量。

在筛选指标时, Norm 值能较好地反映多个主成分的综合荷载。选取主成分因子中荷载值 ≥ 0.5 的指标作为同一分组, 选取每组中最大 Norm 值的 10% 范围内的指标^[12]。Norm 值越大, 荷载的信息量就越大, 解释能力也越充分。Norm 值的计算如式 (1) 所示^[13]:

$$N_{ik} = \sqrt{\sum_{i=1}^k U_{ik}^2 \lambda_k}, \quad (1)$$

式中: N_{ik} 表示第 i 个变量在前 k 个主成分上的综合荷载; U_{ik} 表示第 i 个变量在第 k 个主成分上的荷载; λ_k 表示第 k 个主成分的特征值。

1.3.2 聚类分析法

利用 R 型聚类方法对评价指标进行分类, 该方法适用于评价指标较少时的土壤指标分类。以 Euclidean 为测量距离, 依据分析结果中的树状图将各项指标进行分组, 挑选每一分组中与其他指标相关显著性最高的指标, 作为最具有代表性的指标, 将其选入最小数据集^[14]。

1.4 土壤质量评价方法

将选入最小数据集的评价指标进行标准化处理, 根据公因子方差计算其权重。计算方法如式 (2) 所示:

$$W_i = \frac{C_i}{\sum_{i=1}^n C_i}, \quad i=1, 2, 3, \dots, n, \quad (2)$$

式中: W_i 为指标权重; C_i 为该指标公因子方差; n 为

最小数据集的指标个数^[14]。

综合评价方法的关键是建立隶属函数, 即用隶属函数来确定每一个评价指标对土壤质量等级的隶属程度, 根据最小数据集中各指标对土壤质量的正负效应选择函数和确定其隶属程度^[15]。各指标的数值型隶属函数如表 2 所示。

表 2 数值型隶属函数

评价指标	函数类型	隶属度函数	函数极值
		1.0	$X > 25$
有机质/ (g kg ⁻¹)	S 型函数	$F(X) = 0.9(X-5)/(25-5)+0.1$	$5 < X \leq 25$
		0.1	$X \leq 5$
碱解氮/ (mg kg ⁻¹)	S 型函数	$F(X) = 0.9(X-30)/(150-30)+0.1$	$30 < X \leq 150$
		1.0	$X > 150$
		0.1	$X \leq 30$
Na ⁺ / (mg kg ⁻¹)	反 S 型函数	$F(X) = 0.9(3.67-X)/(3.67-0.542)+0.1$	$0.542 < X \leq 3.67$
		1	$X \leq 0.542$
		0.1	$X > 3.67$
Mg ²⁺ / (mg kg ⁻¹)	反 S 型函数	$F(X) = 0.9(3.67-X)/(3.67-0.542)+0.1$	$0.542 < X \leq 3.67$
		1	$X \leq 0.542$
		1.0	$X \leq 0.319$
EC/ (mS cm ⁻¹)	反 S 型函数	$F(X) = 0.9(1.031-X)/(1.031-0.319)+0.1$	$0.319 < X \leq 1.031$
		0.1	$X > 1.031$
pH 值	抛物线型函数	$F(X) = (9.5-X)/2$	$6.5 \leq X \leq 7.5$
		0	$X \leq 6.5$ 或 $X \geq 9.5$
		0.1	$X < 3$
速效磷/ (mg kg ⁻¹)	S 型函数	$F(X) = 0.9(X-3)/(40-3)+0.1$	$3 < X \leq 40$
		1	$X > 40$
		0.1	$X < 30$
速效钾/ (mg kg ⁻¹)	S 型函数	$F(X) = 0.9(X-30)/(200-30)+0.1$	$30 < X \leq 200$
		1	$X \geq 200$

土壤质量指数 (SQI) 计算如式 (3) 所示:

$$SQI = \sum_{i=1}^n (W_i N_i), \quad (3)$$

式中: W_i 和 N_i 分别表示第 i 种评价指标的权重值和隶属度值; n 为评价指标的数量。

根据 SQI 对土壤质量等级进行分类, 如表 3 所示。

表 3 土壤质量等级分类

土壤质量等级	SQI
低	$SQI \leq 0.64$
中	$0.64 < SQI \leq 0.70$
高	$SQI > 0.70$

1.5 数据处理

采用 PPT 2021 作图, 采用 SPSS 26.0 进行 t 检验、描述性统计、主成分分析、聚类分析和相关分析。

2 结果与分析

2.1 各评价指标的统计分析

莫索湾灌区土壤质量评价指标的统计特征见表4。从研究区土壤化学性质来看，土壤 pH 值分布在 7.46~8.96 之间，属于碱性土壤，变异系数 (CV) 为 6.63%，变异程度较低；EC 分布在 0.12~9.19 mS/cm，

变异系数为 28.92%，属于中等变异水平。此外，盐离子的变异系数均在 100% 以上，盐分分布空间差异大；除碱解氮外的各项养分指标的变异系数均介于 37.05%~83.42%，呈中等变异，碱解氮呈强变异；其中有机质量和碱解氮量较低，速效磷量和速效钾量较高，土壤养分分布不均；莫索湾灌区土壤盐渍化治理与养分均衡管理难度较大。

表 4 土壤质量评价指标的统计特征

Table 4 Descriptive statistics of chemical indicators of soil quality

评价指标	最小值	最大值	平均值	标准差(SD)	偏度	峰度	CV/%
pH 值	7.460	8.96	8.15	0.54	1.36	3.67	6.63
EC/(mS cm ⁻¹)	0.120	9.19	0.83	0.24	3.79	15.06	28.92
有机质/(g kg ⁻¹)	0.500	34.86	8.14	4.60	1.71	6.01	56.51
碱解氮/(mg kg ⁻¹)	9.450	88.90	37.62	41.83	3.79	17.89	111.19
速效磷/(mg kg ⁻¹)	6.310	205.18	34.08	28.43	2.78	12.37	83.42
速效钾/(mg kg ⁻¹)	51.910	495.81	313.39	116.12	0.67	0.99	37.05
Na ⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.040	0.73	0.22	0.47	1.95	3.23	213.64
Ca ²⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.030	5.36	0.29	0.66	8.83	8.77	227.59
Mg ²⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.010	0.27	0.08	0.26	4.00	14.61	325.00
K ⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.001	7.01	0.18	4.78	4.39	18.40	2 655.56
Cl ⁻ /(mg kg ⁻¹)	0.050	9.38	1.06	2.23	4.29	21.28	210.38
NO ₃ ⁻ /(mg kg ⁻¹)	0.003	20.84	1.05	4.94	4.13	17.85	470.48
SO ₄ ²⁻ /(mg kg ⁻¹)	0.025	7.23	2.05	4.18	3.19	11.09	203.90

2.2 基于主成分分析法的最小数据集构建

利用主成分分析法对数据集进行因子分析，根据因子载荷分为 5 组，累积贡献率为 75.726%。第 1 组为 EC、K⁺、NO₃⁻ 和 SO₄²⁻，其中 NO₃⁻ 和 SO₄²⁻ 的 Norm 值不在最大 Norm 值的 10% 范围内，因此不选入最小数据集，且 K⁺ 与 EC 不相关，因此均可保留；第 2

组为 pH 值和速效磷，二者不相关，均可保留；第 3 组为 Na⁺、Mg²⁺，二者不相关，均可保留；第 4 组保留的评价指标为碱解氮；第 5 组保留的评价指标为有机质。综上所述，从 13 个土壤质量评价指标中共筛选出 8 个评价指标，分别为 K⁺、EC、pH 值、Na⁺、Mg²⁺、速效磷、碱解氮、有机质（表 5—表 6）。

表 5 主成分载荷及因子权重

Table 5 Principal component load and norm value

评价指标	分组	主成分载荷					Norm 值
		PC-1	PC-2	PC-3	PC-4	PC-5	
pH 值	2	0.269	0.537	0.141	-0.012	0.513	0.738
EC/(mS cm ⁻¹)	1	0.724	0.107	0.259	-0.079	-0.224	1.577
有机质/(g kg ⁻¹)	5	-0.271	0.489	0.181	-0.028	0.558	0.758
碱解氮/(mg kg ⁻¹)	4	0.046	0.070	0.115	0.685	-0.308	0.685
速效磷/(mg kg ⁻¹)	2	-0.218	0.537	0.141	-0.012	0.313	0.679
速效钾/(mg kg ⁻¹)	-	-0.168	0.463	0.182	0.355	-0.205	0.629
Na ⁺ /(mg kg ⁻¹)	3	0.350	-0.106	0.557	-0.094	0.267	0.848
Ca ²⁺ /(mg kg ⁻¹)	-	0.118	-0.283	0.401	-0.301	0.218	0.532
Mg ²⁺ /(mg kg ⁻¹)	3	0.392	0.085	0.556	0.209	0.146	0.911
K ⁺ /(mg kg ⁻¹)	1	0.701	0.071	0.226	-0.015	-0.279	1.480
Cl ⁻ /(mg kg ⁻¹)	-	0.467	0.290	-0.401	-0.002	0.116	1.554
NO ₃ ⁻ /(mg kg ⁻¹)	1	0.615	0.274	-0.323	0.083	0.184	1.312
SO ₄ ²⁻ /(mg kg ⁻¹)	1	0.613	0.121	-0.312	-0.158	0.073	1.203
特征值		4.170	1.561	1.448	1.213	1.140	
方差贡献率/%		26.037	17.619	12.052	10.712	9.318	
累计贡献率/%		26.037	43.653	55.702	66.411	75.726	

2.3 基于聚类分析法的最小数据集构建

在欧氏距离为 3.5 水平下，13 个土壤化学指标可分为 4 大类（图 1）。在第 1 组中，Na⁺ 与 Ca²⁺ 之间呈极显著相关，但 Na⁺ 与第一组中除 Ca²⁺ 外的其他指

标的最低相关系数 0.132，小于 Ca²⁺ 与第 1 组中除 Na⁺ 外的其他指标的最低相关系数 0.36，因此将 Na⁺ 纳入最小数据集；第 2 组包括速效磷；第 3 组包括碱解氮；第 4 组包括速效钾。

表 6 各评价指标间的 Pearson 相关矩阵

Table 6 Pearson correlation matrix among evaluation indicators

指标	速效磷	速效钾	pH 值	EC	碱解氮	有机质	Na ⁺	K ⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Cl ⁻	NO ₃ ⁻	SO ₄ ²⁻
速效钾	0.350*												
pH 值	0.176	-0.102											
EC	-0.160	-0.089	0.323*										
碱解氮	0.052	0.281*	-0.445**	0.226									
有机质	0.242	0.395**	-0.152	-0.239	0.274								
Na ⁺	-0.130	-0.290*	-0.171	0.224	0.190	0.132							
K ⁺	-0.139	-0.403**	0.183	0.082	-0.300*	-0.277	-0.213						
Mg ²⁺	-0.058	0.095	-0.202	0.057	0.301*	0.049	0.232	0.288*					
Ca ²⁺	-0.128	-0.137	0.076	-0.041	0.066	0.036	0.436**	-0.057	-0.130				
Cl ⁻	-0.039	-0.040	-0.176	-0.103	0.005	-0.017	0.056	-0.017	0.107	-0.063			
NO ₃ ⁻	0.047	0.170	-0.065	-0.078	0.185	0.063	-0.030	-0.155	0.173	-0.062	0.145		
SO ₄ ²⁻	-0.111	-0.270	-0.155	0.013	-0.089	0.064	0.233	-0.023	0.036	-0.037	0.235	0.127	

注 *表示在 0.05 水平上显著相关, **表示在 0.01 水平上显著相关。

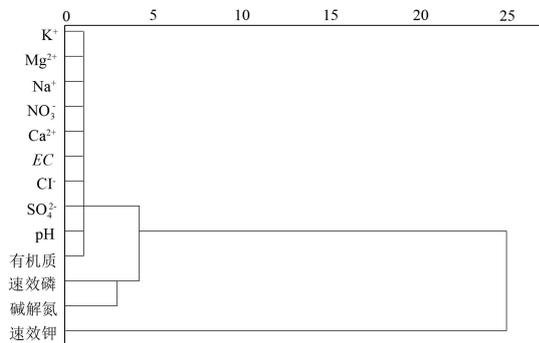


图 1 聚类分析结果

Fig.1 Results of cluster analysis

2.4 土壤质量指数

2.4.1 评价指标权重

主成分分析法所构建的 MDS 中权重占比最小的指标为 Na⁺, 为 8.16%; 占比最大的指标为 K⁺, 为 15.73%, 在整体评价中最为重要。聚类分析法所构建的 MDS 中权重占比最小的指标为 Na⁺, 为 3.95%; 权重占比最大的指标为碱解氮, 为 38.24%, 在整体评价中最为重要 (表 7)。

表 7 各评价指标的权重

Table 7 Weight value of each evaluation index

方法	评价指标	公因子方差	权重/%
主成分分析法	速效磷	0.452	10.00
	EC/(mS cm ⁻¹)	0.600	13.88
	pH 值	0.577	11.41
	有机质/(g kg ⁻¹)	0.646	13.85
	碱解氮/(mg kg ⁻¹)	0.652	11.75
	Na ⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.319	8.16
	Mg ²⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.867	15.22
	K ⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.800	15.73
聚类分析法	速效磷/(mg kg ⁻¹)	0.472	23.47
	速效钾/(mg kg ⁻¹)	0.745	34.34
	Na ⁺ /(mg kg ⁻¹)	0.722	3.95
	碱解氮/(mg kg ⁻¹)	0.808	38.24

2.4.2 土壤质量等级划分及构建 MDS 方法对比

主成分分析法得出 50% 的土壤处于低质量水平,

37.5% 的土壤处于中等质量水平, 12.5% 的土壤处于高质量水平, 87.5% 的土壤质量水平处于中低等 (表 8)。聚类分析法得出 54% 的土壤处于低质量水平, 28% 的土壤处于中等质量水平, 18% 的土壤处于高质量水平, 82% 的土壤质量水平处于中低等 (表 8)。2 种方法所得出的分级结果大致相同, 80% 以上的土壤质量水平处于中等偏下。主成分分析法得出的变异系数明显高于聚类分析法, 因此其结果更有利于反映莫索湾土壤质量的真实状况 (表 9)。

表 8 土壤质量综合评价结果

Table 8 Comprehensive evaluation results of cultivated land quality

方法	等级	土壤质量综合指数 SQI	比例/%
主成分分析法	低	$SQI \leq 0.64$	50
	中	$0.64 < SQI \leq 0.70$	37.5
	高	$SQI > 0.70$	12.5
聚类分析法	低	$SQI \leq 0.64$	54
	中	$0.64 < SQI \leq 0.70$	28
	高	$SQI > 0.70$	18

表 9 不同方法所得指数的统计特征值

Table 9 Statistical characteristic values of indices obtained by different methods

方法	范围	平均值	CV/%
主成分分析法	0.443~0.795	0.576	39
聚类分析法	0.424~0.786	0.587	18

3 讨论

不同土壤指标之间通常存在一定的相关性, 若将全部指标用于土壤质量评价, 耗时又费力^[16]。本研究从 13 个指标中筛选出 8 个指标, 分别为 K⁺、EC、pH 值、Na⁺、Mg²⁺、速效磷、碱解氮和有机质, 大幅度降低了土壤质量评价的工作量^[17]。聚类分析法得出的土壤质量差异性与 CV 不一致, 因此不够准确。相比之下, 主成分分析法构建的最小数据集对莫索湾灌区

农田土壤质量评价更为合理。土壤质量评价需结合多项指标进行, 指标测定和分析的过程繁杂, 目前权重和隶属度的取值方法不统一, 不同评价方法的结果也具有较大差异^[18]。吴春生等^[19]结合 MDS 和模糊逻辑法对黄河三角洲地区的土壤质量进行了评价, 并结合土地利用现状分析了主要土地利用类型当中不同土壤等级的空间分布情况。李鹏飞等^[20]运用主成分分析构建了土壤质量评价指标的最小数据集, 通过非线性和线性方法对研究区土壤质量进行了评价。崔雪等^[18]认为主成分分析结合标准值可降低数据冗余和人为因素的干扰。从评价结果来看, 主成分分析法与聚类分析法所得出的评价结果相似。从 CV 的结果来看, 主成分分析法的指标 CV 大于聚类分析法, 可更好地反映莫索湾灌区土壤质量的真实状况, 更加具有原始数据的代表性。土壤质量评价指数对土壤环境的监控和治理具有重要意义^[21]。新疆莫索湾灌区 80% 以上的农田土壤质量处于中等偏下水平, 且土壤质量异质性较大。土壤中速效磷量与速效钾量较高, 碱解氮量和有机质量较低, 有机质量分布不均衡, 这与杨小虎等^[22]的研究结果基本一致。研究表明, 新疆土壤存在养分匮乏且分布不均、盐碱化现象严重等问题, 土壤质量有待进一步提高^[23]。区域土壤质量的改善首先要进行合理的土壤质量评价^[24], 3S 技术有望应用于土壤质量评价研究中^[25], 为土壤质量改进提供技术支持。

4 结论

1) 莫索湾灌区农田土壤有机质量和碱解氮量较低, 速效磷量和速效钾量较高, 但空间分布不均。

2) 莫索湾灌区 80% 以上土壤处于中等偏下质量水平。

3) 与聚类分析法相比, 主成分分析法所得到的土壤质量评价结果更加符合莫索湾灌区农田土壤的实际状况。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献:

- [1] 朱永官, 李刚, 张甘霖, 等. 土壤安全: 从地球关键带到生态系统服务[J]. 地理学报, 2015, 70(12): 1 859-1 869.
ZHU Yongguan, LI Gang, ZHANG Ganlin, et al. Soil security: From Earth's critical zone to ecosystem services[J]. Acta Geographica Sinica, 2015, 70(12): 1 859-1 869.
- [2] LAL R. Restoring soil quality to mitigate soil degradation[J]. Sustainability, 2015, 7(5): 5 875-5 895.
- [3] 李鑫, 张文菊, 邬磊, 等. 土壤质量评价指标体系的构建及评价方法[J]. 中国农业科学, 2021, 54(14): 3 043-3 056.
LI Xin, ZHANG Wenju, WU Lei, et al. Advance in indicator screening and methodologies of soil quality evaluation[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2021, 54(14): 3 043-3 056.

- [4] 武春林, 王瑞廷, 丁坤, 等. 中国土壤质量地球化学调查与评价的研究现状和进展[J]. 西北地质, 2018, 51(3): 240-252.
WU Chunlin, WANG Ruiting, DING Kun, et al. Geochemical survey and evaluation on soil quality in China: Research status and advances[J]. Northwestern Geology, 2018, 51(3): 240-252.
- [5] 乔云发, 钟鑫, 苗淑杰, 等. 基于最小数据集的东北风沙土农田耕层土壤质量评价指标[J]. 水土保持研究, 2019, 26(4): 132-138.
QIAO Yunfa, ZHONG Xin, MIAO Shujie, et al. Evaluation indicators of soil quality in plough layer of aeolian sandy land in Northeast China based on minimum data set[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2019, 26(4): 132-138.
- [6] 陈美军, 段增强, 林先贵. 中国土壤质量标准研究现状及展望[J]. 土壤学报, 2011, 48(5): 1 059-1 071.
CHEN Meijun, DUAN Zengqiang, LIN Xiangui. Status quo and prospects of the study on soil quality standards in China[J]. Acta Pedologica Sinica, 2011, 48(5): 1 059-1 071.
- [7] 杨洪钧, 吴克宁, 冯喆, 等. 大空间尺度土壤质量评价研究进展与启示[J]. 土壤学报, 2020, 57(3): 565-578.
YANG Qijun, WU Kening, FENG Zhe, et al. Soil quality assessment on large spatial scales: Advancement and revelation[J]. Acta Pedologica Sinica, 2020, 57(3): 565-578.
- [8] 张雪, 孔范龙, 姜志翔. 基于生态功能的滨海湿地土壤质量综合评价方法构建及实证分析[J]. 环境科学, 2022, 43(5): 2 709-2 718.
ZHANG Xue, KONG Fanlong, JIANG Zhixiang. Construction and empirical analysis of a comprehensive evaluation method of coastal wetland soil quality based on ecological functions[J]. Environmental Science, 2022, 43(5): 2 709-2 718.
- [9] 刘文民, 田鹏, 刘利昆, 等. 青藏高原典型沙化区草地土壤质量评价[J]. 水土保持研究, 2022, 29(2): 118-124.
LIU Wenmin, TIAN Peng, LIU Likun, et al. Evaluation of grassland soil quality in typical desertified areas of Qinghai-Tibet Plateau[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(2): 118-124.
- [10] 董茜, 王根柱, 庞丹波, 等. 喀斯特区不同植被恢复措施土壤质量评价[J]. 林业科学研究, 2022, 35(3): 169-178.
DONG Qian, WANG Genzhu, PANG Danbo, et al. Soil quality evaluation of different vegetation restoration measures in Karst area[J]. Forest Research, 2022, 35(3): 169-178.
- [11] 李霞, 朱万泽, 舒树森, 等. 基于主成分分析的大渡河中游干暖河谷草地土壤质量评价[J]. 生态学报, 2021, 41(10): 3 891-3 900.
LI Xia, ZHU Wanze, SHU Shumiao, et al. Soil quality assessment of grassland in dry and warm valley of Dadu River based on principal component analysis[J]. Acta Ecologica Sinica, 2021, 41(10): 3 891-3 900.
- [12] 张福平, 高张, 马倩倩, 等. 面向敦煌市绿洲土壤质量评价的最小数据集构建研究[J]. 土壤通报, 2017, 48(5): 1 047-1 054.
ZHANG Fuping, GAO Zhang, MA Qianqian, et al. Construction of minimum data set for soil quality assessment in the Dunhuang oasis[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2017, 48(5): 1 047-1 054.
- [13] 刘利昆, 赵广举, 穆兴民, 等. 基于最小数据集的青藏公路沿线土壤质量评价[J]. 水土保持研究, 2022, 29(2): 125-131.
LIU Likun, ZHAO Guangju, MU Xingmin, et al. Soil quality evaluation along the Qinghai-Tibet highway based on the minimum data set[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2022, 29(2): 125-131.
- [14] ANDREWS S S, KARLEN D L, MITCHELL J P A. A comparison of soil quality indexing methods for vegetable production systems in Northern California[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2002, 90(1): 25-45.
- [15] 梅楠, 谷岩, 李德忠, 等. 基于最小数据集的吉林省黑土耕层土壤质量评价[J]. 农业工程学报, 2021, 37(12): 91-98.
MEI Nan, GU Yan, LI Dezhong, et al. Soil quality evaluation in topsoil layer of black soil in Jilin Province based on minimum data set[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2021,

- 37(12): 91-98.
- [16] 姜龙群, 侯贵廷, 黄洪, 等. 基于因子分析和最小数据集的土壤养分评价: 以房山平原区为例[J]. 土壤通报, 2018, 49(5): 1 034-1 040.
JIANG Longqun, HOU Guiting, HUANG Qi, et al. Evaluation of soil fertility quality with a minimum data set and factor analysis in the Fangshan plain of Beijing[J]. Chinese Journal of Soil Science, 2018, 49(5):1 034-1 040.
- [17] 袁星明, 朱宁华, 郭著, 等. 南亚热带不同人工林对土壤理化性质的影响及土壤质量评价[J]. 林业科学研究, 2022, 35(3): 112-122.
YUAN Xingming, ZHU Ninghua, GUO Qi, et al. Effects of different plantations on soil physical and chemical properties and soil quality evaluation in south subtropical zone[J]. Forest Research, 2022, 35(3): 112-122.
- [18] 崔雪, 王海燕, 邹佳何, 等. 应用最小数据集评价不同采伐强度天然针阔混交林的土壤质量[J]. 东北林业大学学报, 2022, 50(5): 88-94.
CUI Xue, WANG Haiyan, ZOU Jiahe, et al. Soil quality assessment of natural coniferous and broad-leaved mixed forest under different cutting intensities using minimum data set[J]. Journal of Northeast Forestry University, 2022, 50(5): 88-94.
- [19] 吴春生, 刘高焕, 黄翀, 等. 基于 MDS 和模糊逻辑的黄河三角洲土壤质量评估[J]. 资源科学, 2016, 38(7): 1 275-1 286.
WU Chunsheng, LIU Gaohuan, HUANG Chong, et al. Soil quality assessment of the Yellow River Delta based on MDS and fuzzy logic model[J]. Resources Science, 2016, 38(7): 1 275-1 286.
- [20] 李鹏飞, 张兴昌, 郝明德, 等. 基于最小数据集的黄土高原矿区复垦土壤质量评价[J]. 农业工程学报, 2019, 35(16): 265-273.
LI Pengfei, ZHANG Xingchang, HAO Mingde, et al. Soil quality evaluation for reclamation of mining area on Loess Plateau based on minimum data set[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2019, 35(16): 265-273.
- [21] 刘慧敏, 韩海荣, 程小琴, 等. 不同密度调控强度对华北落叶松人工林土壤质量的影响[J]. 北京林业大学学报, 2021, 43(6): 50-59.
LIU Huimin, HAN Hairong, CHENG Xiaoqin, et al. Effects of different density regulation intensities on soil quality in Larix principis-rupprechtii plantation[J]. Journal of Beijing Forestry University, 2021, 43(6): 50-59.
- [22] 杨小虎, 罗艳琴, 杨海昌, 等. 玛纳斯河流域绿洲农田土壤盐分反演及空间分布特征[J]. 干旱区资源与环境, 2021, 35(2): 156-161.
YANG Xiaohu, LUO Yanqin, YANG Haichang, et al. Soil salinity retrieval and spatial distribution of oasis farmland in Manasi River Basin[J]. Journal of Arid Land Resources and Environment, 2021, 35(2): 156-161.
- [23] HENG Tong, LIAO Renkuan, WANG Zhenhua, et al. Effects of combined drip irrigation and sub-surface pipe drainage on water and salt transport of saline-alkali soil in Xinjiang, China[J]. Journal of Arid Land, 2018, 10(6): 932-945.
- [24] 王庆明, 张越, 郑荣伟, 等. 基于遥感模型 SDI 的土壤盐渍化临界水位研究[J]. 灌溉排水学报, 2022, 41(3): 98-104.
WANG Qingming, ZHANG Yue, ZHENG Rongwei, et al. A remote sensing model to determine the critical groundwater depth for soil salinization[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2022, 41(3): 98-104.
- [25] 张晓春, 刘海若, 严忆辉, 等. 基于物候特征的农田土壤表层含水量遥感反演[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(10): 1-9.
ZHANG Xiaochun, LIU Hairuo, YAN Yihui, et al. Retrieval of surface soil water content using remote sensing in incorporation with phenological traits of crops[J]. Journal of Irrigation and Drainage, 2021, 40(10): 1-9.

Assessing Soil Quality in Oasis Ecosystems Using a Minimum Dataset

ZHOU Wenyu, YANG Xiaohu, YANG Haichang*, ZHANG Fenghua

(Shihezi University/Key Laboratory of Oasis Ecological Agriculture of

Xinjiang Production and Construction Corps, Shihezi 832003, China)

Abstract: 【Objective】 Ensuring and enhancing soil quality is of paramount importance for developing sustainable agriculture, and soil quality assessment has gained significant attention globally. This paper aims to propose an appropriate method for evaluating soil quality in the Mosuowan irrigation region of Xinjiang, in northwestern China.

【Method】 Fifty soil samples were taken from random locations determined with the help of GPS. For each sample, we measured organic matter, available phosphorus and potassium, alkali-hydrolyzed nitrogen, pH, EC, K^+ , Ca^{2+} , Na^+ , Mg^{2+} , Cl^- , NO_3^- and SO_4^{2-} . Principal component analysis and cluster analysis were used to find the minimum dataset required to evaluate soil quality, and the soil quality was calculated using the comprehensive quality index method.

【Result】 Soil organic matter content and alkali-hydrolyzable nitrogen were low in the studied region. Available phosphorus and available potassium were abundant but distributed unevenly. The salt content showed significant spatial variation. Soil quality varied substantially in the region, but was below moderate level in most areas. Results obtained from the principal component analysis were more accurate and aligned with ground-true data.

【Conclusion】 The overall soil quality in the Mosuowan irrigation region is poor, and the principal component analysis is more accurate than the cluster analysis for evaluating soil quality.

Key words: soil quality assessment; minimum data set; principal component analysis; cluster analysis; Mosuowan irrigation

责任编辑: 韩洋