

## 基于相对土壤质量指数法的铜梁区农田质量评价

胡胜勇<sup>1</sup>, 詹雪萍<sup>1</sup>, 文玲<sup>1</sup>, 梁涛<sup>2,3\*</sup>, 张涛<sup>2</sup>, 陶伟林<sup>2</sup>, 郑阳<sup>2</sup>

(1. 铜梁区农业技术推广中心, 重庆 402560; 2. 重庆市农业科学院, 重庆 401329; 3. 西南大学, 重庆 400715)

**摘要** [目的]明确铜梁区不同区域农田土壤质量状况,揭示影响土壤质量的敏感因子。[方法]选择铜梁区具有代表性的农田0~20 cm 土层土壤作为研究对象,利用统计法分析该区域土壤理化特性分布特征,并利用相关性分析土壤各评价指标之间的关联性,借助层次分析法得到各指标对土壤质量的贡献率,最后利用相对土壤质量指数法对比不同区域农田土壤质量状况。[结果]该区域主要以弱酸性土壤为主,土壤理化指标变异系数为31.79%~125.88%,变异程度由大到小的指标依次为有效磷、全磷、有机质、速效钾、全氮、碱解氮、pH、全钾;各指标之间均为正相关,尤其pH与各养分指标之间关联性较大;相对土壤质量指数为1.769~3.416,平均值为2.905。[结论]该研究有助于客观地评价土壤质量以及科学指导土壤改良。

**关键词** 农田;相对土壤质量指数法;相关性;土壤理化指标

**中图分类号** S151.9 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2023)07-0081-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2023.07.020



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

### Evaluation of Farmland Quality in Tongliang District Based on Relative Soil Quality Index

HU Sheng-yong, ZHAN Xue-ping, WEN Ling et al (Tongliang District Agricultural Technology Extension Center, Chongqing 402560)

**Abstract** [Objective] To clarify the status of farmland soil quality in different areas of Tongliang District and reveal the sensitive factors affecting soil quality. [Method] The representative farmland soil of 0-20 cm soil layer in Tongliang District was selected as the research object. The distribution characteristics of soil physical and chemical properties were analyzed by statistical method, and the correlation between soil evaluation indexes was analyzed by correlation. The contribution rate of each index to soil quality was obtained by using the analytic hierarchy process. Finally, the farmland soil quality in different regions was compared by using the relative soil quality index method. [Result] Weakly acidic soil was the main soil in this region, and the variation coefficient of soil physical and chemical indexes were 31.79%-125.88%, the variation degree of the indexes from large to small was in order of available phosphorus, total phosphorus, organic matter, available potassium, total nitrogen, alkali-hydrolytic nitrogen, pH and total potassium. There was a positive correlation between all indexes, especially pH and each nutrient index. The relative soil quality index was 1.769-3.416, with an average value of 2.905. [Conclusion] This study is helpful to evaluate soil quality objectively and guide soil improvement scientifically.

**Key words** Farmland; Relative soil quality index method; Correlation; Soil physical and chemical index

土壤是作物赖以生长的基础,而土壤质量能够直接影响作物产量。土壤质地、物理特性、养分、微生物等是衡量农业区土壤生态功能的重要因子<sup>[1-4]</sup>,人类对农田的不恰当管理及开发,会严重导致土壤退化或污染<sup>[5-8]</sup>,因此通过科学的方法掌握、评价土壤质量尤为重要。科研人员对土壤质量评价方法和影响因素进行了大量研究,并取得了一定成果。贡璐等<sup>[9]</sup>选取了土壤pH、养分、酶等12个指标,利用主因子分析和聚类分析法对棉花田的土壤质量进行对比和等级划分;郑琦等<sup>[10]</sup>利用模糊综合评价法、加权综合污染指数法及土壤综合质量指数对农田土壤质量进行评价,得到土壤质量指数法评价最为合理;卢铁光等<sup>[11]</sup>利用相对土壤质量指数法对富锦市农田进行了纵向比较,得到了开垦年限与土壤质量之间的变化规律;张智勇等<sup>[12]</sup>对吴起县退耕还林后的不同植被土壤质量进行比较,得到了最优植被类型;张春等<sup>[13]</sup>对不同地形部位土壤质量进行了深入分析,得到了丘体土壤质量变化规律。但以往研究没有系统地研究土壤因子之间的关联性以及对土壤质量扰动因子次序,而且不同农田土壤横向比较之间的研究鲜见报道。由于铜梁区属于重庆市重点农

产品输出地,因此该研究选择铜梁区具有代表性的村,测定土壤理化特性,利用层次分析法确定各因子对土壤质量的权重,并利用相对土壤质量指数法对该区域不同农田土壤质量进行比较。

### 1 材料与方法

**1.1 研究区概况** 铜梁区位于长江上游地区、重庆市西部,地处105°46'22"~106°16'40"E,29°31'10"~30°05'55"N,主要以丘陵地形为主,地面坡度3°~50°,属亚热带湿润季风气候,具有日照少、风速小、多云雾的特点,无霜期为325 d,年降雨量为1 070.6 mm,年日照时数为1 090.0 h,年平均相对湿度为81.9%,年平均气温为18.1℃,年平均最高气温为21.7℃,年平均最低气温为15.4℃,不同乡镇气温差异较小,一年中最高气温一般出现在8月份,最低气温在1月。根据地形条件有灌溉和无灌溉种植,主要种植作物为水稻和玉米,主要以黏壤土和粉砂质黏壤土为主。通过实地调研和查阅资料,选择铜梁区农田面积与作物产量集中的鳌岩村、万桥村、东风村、羊明村、翠英村、插腊村、垣杆村的农田土壤为研究对象。

**1.2 土壤样品的采集** 该研究针对铜梁区7个代表性的村进行采样,采样田面积≥0.5 hm<sup>2</sup>以上,每个采样田分布3个样点,以耕层厚度(0~20 cm)的土壤样品作为研究对象,并将采集的土样装入密封袋中带回实验室自然风干,用于养分测定试验。

**基金项目** 重庆市技术创新与应用发展专项面上项目(CSTB2022TIAD-GPX0011)。

**作者简介** 胡胜勇(1965—),男,重庆人,农艺师,从事耕地提质增效技术研究。\*通信作者,副研究员,博士,从事农田生态相关研究。

**收稿日期** 2022-06-27;修回日期 2022-08-09

**1.3 土壤测定指标** 选取了pH、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾作为评价土壤的指标,具体测定方法参照《土壤农化分析》<sup>[14]</sup>,每个样品测定3次,取平均值。

#### 1.4 土壤质量评价方法

**1.4.1 相对土壤质量指数法。**相对土壤质量指数法便于横向比较且没有量纲的评价指标,其方法首先将样本量中的数据分为5个区间,并对每个区间赋予等级,等级分别为1、2、3、4、5,其次确定各指标对土壤质量中的权重,则相对土壤质量指数为指标等级与权重的乘积再相加,也可理解为样品中各指标对土壤质量的贡献率之和,具体计算方法如下<sup>[15-16]</sup>:

$$RSQI = \sum_{i=1}^n (I_i \times W_i) \quad (1)$$

式中,RSQI为相对土壤质量指数; $I_i$ 为各指标等级; $W_i$ 为各指标所占权重; $i$ 为第*i*个指标, $n$ 为评价体系中指标的数量。

**1.4.2 评价指标体系与等级划分。**该研究选择土壤质量评价体系主要包括土壤质地、pH、有机质、全氮、碱解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾,指标等级划分的方法各有不同,该研究参照文献<sup>[17]</sup>和实测数据进行划分,具体方法为将所测数据从小到大进行排列,并分为5个相等区间,每个区间定义和赋值分别为一级(5)、二级(4)、三级(3)、四级(2)、五级(1)。

**1.4.3 指标权重确定。**指标权重即指标主成分分析所得的公因子所占所有指标公因子的比值,如果权重越大,则表明指标对土壤质量的贡献率越高。确定权重的方法较多,有人为打分、层次分析法、主因子分析法等,为避免人为和外界因素干扰,该研究利用层次分析法计算得到各指标的权重,且满足所有指标权重相加等于1<sup>[18]</sup>。

**1.4.4 土壤质量对比模型。**利用矩阵的方法构建相对土壤质量指数矩阵,其数学表达式如下:

$$RSQI_{m \times 1} = I_{m \times n} \times W_{n \times 1} \quad (2)$$

式中,RSQI<sub>*m*×1</sub>为土壤样本相对土壤质量指数矩阵; $I_{m \times n}$ 为指标等级矩阵; $W_{n \times 1}$ 为指标权重矩阵; $m$ 为土壤样本数量; $n$ 为

评价指标数量。 $I_{m \times n}$ 和 $W_{n \times 1}$ 数学表达式分别如公式(3)和(4)所示。

$$I_{m \times n} = \begin{bmatrix} I_{11} & I_{12} & \cdots & I_{1j} & \cdots & I_{1m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_{i1} & I_{i2} & \cdots & I_{ij} & \cdots & I_{im} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ I_{n1} & I_{n2} & \cdots & I_{nj} & \cdots & I_{nm} \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$W_{n \times 1} = [W_1 \quad \cdots \quad W_j \quad \cdots \quad W_n]^T \quad (4)$$

式中, $I_{ij}$ 为第*i*个土壤样本第*j*个指标等级赋值; $W_j$ 为第*j*个指标权重。

通过公式(2)~(4),可计算得到铜梁区不同采样点的相对土壤质量指数,并且可以横向比较,综合评价不同农田的肥力,以便给予客观评价和生产指导。

**1.5 数据处理与分析** 该研究利用Excel 2016对数据进行整理、简单分析及作图,利用SPSS 19.0对数据进行描述性统计,借助yaahp层次分析辅助软件,对测定的土壤理化特性进行层次分析,得到土壤评价指标的权重。

## 2 结果与分析

**2.1 土壤养分统计特征分析** 从铜梁区7个村21个点土壤理化特性指标统计特征(表1)可以看出,该区域土壤pH为4.9~7.6,平均值为6.7,属于弱酸性土壤;有机质含量为16.4~53.3 g/kg,平均值为31.0 g/kg;全氮含量为1.1~2.5 g/kg,平均值为1.8 g/kg;碱解氮含量为97.2~178.3 mg/kg,平均值为130.6 mg/kg;全磷含量为0.17~0.87 g/kg,平均值为0.51 g/kg;有效磷含量为0.1~11.4 mg/kg,平均值为5.1 mg/kg;全钾含量为12.5~22.6 g/kg,平均值为17.6 g/kg;速效钾含量为50.0~190.3 mg/kg,平均值为118.5 mg/kg;所测指标变异系数为31.79%~125.88%,变异程度由大到小依次为有效磷、全磷、有机质、速效钾、全氮、碱解氮、pH、全钾,整体上研究区不同区域农田土壤养分差异较大。

表1 土壤理化特性指标的统计特征( $n=21$ )

Table 1 Statistical characteristics of soil physical and chemical characteristics

项目 Item	pH	有机质 OM g/kg	全氮 TN g/kg	碱解氮 Alkeline-N mg/kg	全磷 TP g/kg	有效磷 Olsen-P mg/kg)	全钾 TN g/kg	速效钾 Olsen-K mg/kg
极小值 Minimum	4.9	16.4	1.1	97.2	0.17	0.1	12.5	50.0
极大值 Maximum	7.6	53.3	2.5	178.3	0.87	11.4	22.6	190.3
平均值 Average	6.7	31.0	1.8	130.6	0.51	5.1	17.6	118.5
标准差 SD	2.2	22.4	0.9	44.9	0.43	6.4	5.6	76.8
变异系数 CV//%	32.83	72.44	49.88	34.38	84.03	125.88	31.79	64.68

**2.2 土壤养分相关性分析** 土壤养分因子之间具有一定协调和依赖作用,为了更好地揭示该区域土壤养分之间依赖程度,对其进行相关性分析,结果如表2所示。由表2可知,各理化指标之间存在不同程度的关联性,其中相关性达到显著性水平的有pH与有机质、全氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾,有机质与全氮、全磷、有效磷、全钾,全氮与全磷、有效磷、全钾、速效钾,全磷与有效磷、全钾、速效钾,有效磷与全钾,全

钾与速效钾,而且各指标之间均为正相关,即当某一指标增加时另一个指标也随之增加。同时也可发现该区域土壤pH与各养分之间的相关性存在非常紧密的联系。

**2.3 土壤肥力质量综合比较** 根据实测数据及科研单位对土壤质量的定义<sup>[10]</sup>,对铜梁区土壤评价指标进行等级划分,并利用层次分析法计算得到各指标的权重,具体如表3所示。

表 2 铜梁区农田土壤理化特性相关性分析

Table 2 Correlation analysis of physical and chemical characteristics of farmland soil in Tongliang District

指标 Index	pH	有机质 OM	全氮 TN	碱解氮 Alkeline-N	全磷 TP	有效磷 Olsen-P	全钾 TK	速效钾 Olsen-K
pH	1							
有机质 OM	0.724**	1						
全氮 TN	0.846**	0.917**	1					
碱解氮 Alkeline-N	0.137	0.116	0.257	1				
全磷 TP	0.906**	0.742**	0.837**	0.057	1			
有效磷 Olsen-P	0.386*	0.431*	0.501**	0.065	0.426**	1		
全钾 TK	0.577**	0.600**	0.668**	0.144	0.679**	0.394*	1	
速效钾 Olsen-K	0.562**	0.259	0.365*	0.217	0.490**	0.287	0.563**	1

注: \* 表示显著相关( $P < 0.05$ ); \*\* 表示极显著相关( $P < 0.01$ )。

Note: \* indicates significant correlation( $P < 0.05$ ); \*\* indicates extremely significant correlation( $P < 0.01$ ).

表 3 铜梁区土壤质量评价指标等级体系及权重

Table 3 Grade system and weight of soil quality assessment indicators in Tongliang District

等级 Grade	质地 Texture	pH	有机质 OM//g/kg	全氮 TN//g/kg	碱解氮 Alkeline-N mg/kg	全磷 TP//g/kg	有效磷 Olsen-P mg/kg	全钾 TK//g/kg	速效钾 Olsen-K mg/kg
一级 First level	壤土	[6.0,6.5]	>55	>3.0	>160	>0.8	>12	>22	>150
二级 Second level	黏壤土、砂壤土	[5.5,6.0)、(6.5,7.0)	[40,55]	[2.5,3.0]	[140,160]	[0.6,0.8]	[8,12]	[18,22]	[120,150]
三级 Third level	轻黏土、砂黏土	[5.0,5.5)	[25,40]	[2.0,2.5)	[120,140]	[0.4,0.6)	[4,8]	[16,18]	[90,120]
四级 Fourth level	细砂土	[7.0,7.5]	[10,25)	[1.5,2.0)	[100,120)	[0.2,0.4)	[2,4)	[14,16)	[60,90)
五级 Fifth level	重黏土、粗砂土	<5.0、>7.5	<10	<1.5	<100	<0.2	<2	<14	<60
权重 Weight	0.206	0.086	0.248	0.124	0.021	0.112	0.027	0.109	0.067

根据铜梁区农田的理化特性实测数据,选择鳌岩村、万桥村、东风村、羊明村、翠英村、插腊村、垣杆村代表不同农业区进行土壤质量评价,依据表 3 对其赋值,构建土壤质量评价矩阵,并得到 7 类土壤的评价指标矩阵  $I_{7 \times 9}$ ,具体如公式(5)所示。

$$I_{7 \times 9} = \begin{bmatrix} 4 & 2 & 3 & 3 & 3 & 4 & 3 & 4 & 3 \\ 4 & 1 & 3 & 3 & 3 & 4 & 4 & 4 & 5 \\ 3 & 1 & 2 & 1 & 3 & 1 & 1 & 1 & 2 \\ 3 & 5 & 3 & 2 & 3 & 3 & 3 & 4 & 5 \\ 3 & 5 & 2 & 2 & 2 & 2 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 2 & 3 & 3 & 5 & 3 & 3 & 3 & 3 \\ 4 & 1 & 2 & 1 & 1 & 4 & 1 & 3 & 5 \end{bmatrix} \quad (5)$$

根据表 3 中的数据构建指标权重矩阵  $W_{9 \times 1}$ ,具体如公式(6)所示。

$$W_{9 \times 1} = \begin{bmatrix} 0.206 \\ 0.086 \\ 0.248 \\ 0.124 \\ 0.021 \\ 0.112 \\ 0.027 \\ 0.109 \\ 0.067 \end{bmatrix} \quad (6)$$

则铜梁区不同区域农田相对土壤质量指数  $RSQI_{7 \times 1}$  为土壤指标评价矩阵与指标权重矩阵相乘,具体如公式(7)所示。

$$RSQI_{7 \times 1} = I_{7 \times 9} \times W_{9 \times 1} \quad (7)$$

将公式(1)和公式(2)中的数据代入公式(3)计算得到

铜梁区 7 个代表农田的土壤质量矩阵,具体如公式(8)所示。

$$RSQI_{7 \times 1} = \begin{bmatrix} 3.341 \\ 3.416 \\ 1.769 \\ 3.291 \\ 2.667 \\ 3.162 \\ 2.688 \end{bmatrix} \quad (8)$$

相对土壤质量指数法可以有效评价土壤质量和科学指导农田施肥利用,同时可为农田保护和恢复提供依据。该研究以土壤的质地、pH 以及土壤养分指标,对铜梁区不同区域农田土壤肥力进行横向比较,具体如图 1 所示。由图 1 可知,铜梁区相对土壤质量指数从大到小依次为万桥村、鳌岩村、羊明村、插腊村、垣杆村、翠英村、东风村,其值为 1.769~3.416,平均值为 2.905。说明铜梁区不同区域农田的基本肥

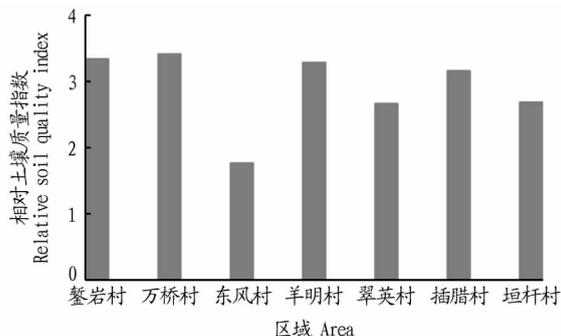


图 1 铜梁区不同区域农田相对土壤质量指数

Fig. 1 Relative soil quality index of farmland in different areas of Tongliang District

力有所差异,为了提高作物产量可通过配方施肥的方法具有针对性地提高土地肥力。

### 3 结论

(1)通过对铜梁区7个代表性村农田土壤采样分析得到,该区域以弱酸性土壤为主,不同区域农田养分差异较大,各指标的变异系数31.79%~125.88%,说明该区域土壤理化特性差异极大,应根据实际情况配方施肥或选择栽培作物。

(2)通过相关性分析得到铜梁区土壤各理化指标之间存在一定的关联性,而且均为正相关,其中pH与有机质、全氮、全磷、全钾、速效钾的相关系数分别为0.724、0.846、0.906、0.577、0.562,均达到了极显著水平( $P < 0.01$ ),可知该区域pH与各养分指标之间关联性极大。

(3)对铜梁区农田质量进行综合评价得到各评价指标的权重,以及相对土壤质量指数为1.769~3.416,平均值为2.905。因此土壤质量改良时可抓住主要因素,具有针对性的施肥。

### 参考文献

[1] 傅伯杰,陈利顶,马克明.黄土丘陵区小流域土地利用变化对生态环境的影响:以延安市羊圈沟流域为例[J].地理学报,1999,54(3):241-246.  
 [2] 陈龙乾,邓喀中,徐黎华,等.矿区复垦土壤质量评价方法[J].中国矿业大学学报,1999,28(5):449-452.  
 [3] 苟曦.川中丘陵区土壤肥力特征研究[D].雅安:四川农业大学,2007.

[4] 邹聪明,胡小东,张云兰,等.保护性耕作农田耕层土壤养分含量动态变化研究[J].农机化研究,2011,33(2):97-101.  
 [5] DE PAUL OBADE V, LAL R. Soil quality evaluation under different land management practices [J]. Environmental earth sciences, 2014, 72(11): 4531-4549.  
 [6] WANG X L, XU Y M. Soil heavy metal dynamics and risk assessment under long-term land use and cultivation conversion [J]. Environmental science & pollution research, 2015, 22(1): 264-274.  
 [7] 张磊,张庆柱,王玉峰,等.东北地区冻融型土壤面源污染的研究[J].农机化研究,2021,43(9):265-268.  
 [8] 李金成,蔺中,林和明.华南地区土地退化现状与防治措施研究[J].安徽农业科学,2013,41(1):329-331,418.  
 [9] 贡璐,张海峰,吕光辉,等.塔里木河上游典型绿洲不同连作年限棉田土壤质量评价[J].生态学报,2011,31(14):4136-4143.  
 [10] 郑琦,王海江,董天宇,等.基于不同评价方法的绿洲棉田土壤质量综合评价[J].灌溉排水学报,2019,38(3):90-98.  
 [11] 卢铁光,杨广林,王立坤.基于相对土壤质量指数法的土壤质量变化评价与分析[J].东北农业大学学报,2003,34(1):56-59.  
 [12] 张智勇,刘广全,艾宁,等.吴起县退耕还林后主要植被类型土壤质量评价[J].干旱区资源与环境,2021,35(2):81-87.  
 [13] 张春,邓良基,张世榕,等.红棕紫色土不同地形部位的土壤质量分析:以川中丘陵区为例[J].农机化研究,2006,28(9):61-64.  
 [14] 南京农学院.土壤农化分析[M].北京:农业出版社,1980.  
 [15] 陈启民,何苗,罗青红,等.新疆准东工业区土壤理化特性及肥力质量评价[J].中国水土保持,2021(1):56-59.  
 [16] 康璐.辽宁省褐土区坡地土壤肥力质量评价[D].沈阳:沈阳农业大学,2019.  
 [17] 赵其国,孙波,张桃林.土壤质量与持续环境 I. 土壤质量的定义及评价方法[J].土壤,1997,29(3):113-120.  
 [18] 秦文展,陈建宏.平果铝矿高效复垦示范区土壤质量评价[J].农业系统科学与综合研究,2010,26(3):304-309.

(上接第80页)

[7] Draft resolution on conservation and management of small wetlands [Z]. 2018.  
 [8] 赵晖,陈佳秋,陈鑫,等.小微湿地的保护与管理[J].湿地科学与管理,2018,14(4):22-26.  
 [9] 蒋启波.重庆市梁平区小微湿地建设现状及对策研究[J].农业与技术,2020,40(13):174-175.  
 [10] 宋晴,朱义,张春松,等.上海小微湿地保护与多元利用模式研究[J].湿地科学与管理,2021,17(2):54-57.  
 [11] 陈美玲,肖立辉,安树青,等.江苏淮安市小微湿地建设实践和思考[J].湿地科学与管理,2021,17(4):64-67.  
 [12] 蒋伟昌,曹国鉴,李贤,等.维西县湿地资源调查[J].绿色科技,2018(20):32-35.  
 [13] 崔丽娟,雷茵茹,张曼胤,等.小微湿地研究综述:定义、类型及生态系统服务[J].生态学报,2021,41(5):2077-2085.  
 [14] 吴灵叶,韩雨宸,盛宇清,等.常熟市乡村小微湿地管护与可持续利用探讨[J].湿地科学与管理,2021,17(3):70-73.  
 [15] 国务院第三次全国国土调查领导小组办公室.第三次全国国土调查工作分类地类认定细则[Z].2019:6-7.  
 [16] 四川省统计局.南充统计年鉴2021:(11)农业[M].北京:中国统计出版社,2021.  
 [17] 任全进,季茂晴,于金平.小微湿地的作用及营造方法[J].现代农业科技,2015(13):225,230.  
 [18] 四川省南充市统计局.南充统计年鉴2021:(1)综合[M].北京:中国统计出版社,2021.  
 [19] 李超,程锋,鄢文聚.关于加强优质水田资源保护的思考[J].中国土地,2021(9):4-7.  
 [20] 李水坤,许在恩,周冠,等.建德市湿地资源现状及保护对策[J].现代农业科技,2021(7):131-133.  
 [21] 吴思媛.湿地生态景观的保护与规划原则[J].农村实用技术,2020(1):171-172.

[22] 王磊,张启慧.平顶山市新城区景观水体的生态保护[J].平顶山学院学报,2006,21(5):63-64.  
 [23] 牛振国,张海英,王显威,等.1978~2008年中国湿地类型变化[J].科学通报,2012,57(16):1400-1411.  
 [24] 祝伟.浅析山区小型湿地建设与保护[J].山东水利,2006(11):32,46.  
 [25] 陆杨,许慧,李国斌,等.泥沙淤积对不同类型水库功能影响评价[J].人民长江,2021,52(S2):237-241.  
 [26] 潘志坤.小微水体生态恢复的实践[J].智能城市,2019,5(23):5-9.  
 [27] 文艺瑶,梅雅茹,邓无畏,等.小微湿地修复实践:以江西省林业科学院竹园小微湿地为例[J].湿地科学与管理,2022,18(1):47-50.  
 [28] 李田,何素琳,幸伟荣.浅谈小微湿地修复[J].南方农业,2021,15(3):22-23.  
 [29] 周昂,章锦河,陈静,等.中国湿地自然保护区、湿地公园和国际重要湿地的空间结构分析[J].湿地科学,2014,12(5):597-605.  
 [30] 曾曙才,陈水莲,曹珍.我国湿地资源特征、研究现状与保护对策[J].广东林业科技,2008,24(1):88-93.  
 [31] 陶苏芹.乡村环境整治背景下小微湿地景观修复设计研究:以南通市通启桥村为例[J].现代园艺,2020,43(5):151-153.  
 [32] 胡敏,蒋启波,高磊,等.山地小微湿地生态修复探讨:以梁平区猎神村梯塘小微湿地为例[J].三峡生态环境监测,2021,6(1):46-52.  
 [33] 付元祥,张大才,韩莹莹,等.小微湿地修复技术要素探讨[J].湿地科学与管理,2021,17(3):63-65,69.  
 [34] 周洪岩,邱成志,余本锋.“三生”理念下的乡村小微湿地规划设计研究[J].河北林业,2020(11):32-34.  
 [35] 唐治国,胡卫红,杨勇.小微湿地营建和保护模式初探:以桂阳县舍园小微湿地为例[J].林业与生态,2021(5):18-19.  
 [36] 安树青,张轩波,张海飞,等.中国湿地保护恢复策略研究[J].湿地科学与管理,2019,15(2):41-44.  
 [37] 徐宁,王凤霞,李鹏飞.沂南县湿地资源调查报告[J].绿色科技,2018(13):183-184,186.  
 [38] 邓坦,王鹏基,邓照东.河南湿地保护与可持续利用问题和对策[J].安徽农业科学,2020,48(4):76-77,80.