

三峡库区万州土壤质量指标选取与综合评价的研究

袁红, 傅瓦利*, 王改, 张洪, 邵泽峰

(1. 西南大学资源环境科学学院, 重庆 400715; 2. 湖南省高速公路管理局, 湖南长沙 410081)

摘要 运用层次分析法对研究区域的土壤进行了较为全面、科学的评价, 依据主成分分析法建立了三峡库区土壤质量评价的最小数据集, 并确定各评价因子的权重分配, 根据专家经验和因子贡献率确定土壤质量评价权重, 然后结合万州地区的土壤特性, 参考等级法划分土壤质量评价指标的确定方法, 建立了土壤质量评价指标, 对库区土壤质量进行了综合评价。

关键词 土壤质量指标; 土壤质量评价; 三峡库区; 因子分析

中图分类号 S151.9 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2006)13-3124-03

Study on the Selection of Soil Quality Index and Integrative Evaluation in Wanzhou in There Gorges Reservoir Area

YUAN Hong et al (College of Resources and Environmental Science, Southwest China University, Chongqing 400715)

Abstract The scientific and comprehensive evaluation about soil in the area was conducted with the layer analytical method, and according to main composition analysis built up minimum data set (MDS) about soil quality in There Gorges reservoir area was built, the weight of soil quality evaluation was confirmed, and then combined the characteristic of soil, the synthesized evaluation to soil quality in the area was drawn out.

Key words Soil quality index; Soil quality evaluation; There Gorges reservoir area; Factor analysis

三峡水利工程建设后, 耕地减少, 土地资源不足, 土壤质量下降、质地砂化和石质化, 人地关系十分尖锐。因此适时对库区土壤质量作出正确评价, 是可持续性利用土壤资源的必由之路。

土壤质量直接关系着环境和发展的可持续性, 近年来人们逐渐重视土壤质量研究, 对土壤质量的定义及其表征方法和理论进行了深入探讨。

土壤质量的评价应针对特定的土地功能和土地利用类型进行。同样, 不同的地区, 不同景观类型的土地, 也应该使用不同的指标体系。目前, 土壤质量评估方法很多, 至今尚无国际统一的标准方法。总的说来, 土壤质量评价需要将各种土壤属性数据进行综合和集成。

1 研究地点和方法

1.1 研究区自然概况 万州区地处长江中上游结合部, 东经 107°55'22"~108°53'25", 北纬 30°24'25"~31°14'58", 是三峡库区的腹心, 同时也是三峡库区最大的移民新城。境内属亚热带季风湿润带, 气候四季分明, 多年平均气温和降水量分别为 17.7℃、1243 mm。土地资源大体分为 3 种类型: 一是丘陵, 主要集中在海拔 800 m 以下的平行岭谷区, 是主要农业耕作重点区; 二是低山区, 主要为海拔 500~1000 m 山区, 是区内最主要的地貌形态, 是主要产粮地区和经济作物地区; 三是中山区, 主要集中在海拔 1000 m 以上的七曜山等地, 主要适宜种植林果木、药材和牧草等。

主要土壤类型有水稻土、紫色土、黄壤、冲积土, 如太白、土地榜、甘宁等地广泛分布有紫色土和水稻土, 母质分别为侏罗系沙溪庙组紫色砂泥岩风化物 and 河流冲积物^[1], 主要利用方式有旱地、水田、园地和林地; 武陵、塘沽、毛谷有冲积土分布, 而分水的主要土壤类型为黄壤, 成土母质为须家河组石英砂页岩风化物, 利用方式以林地为主, 辅有旱地、水田和园地。

1.2 样品采集、测定方法与研究方法 土样分别在武陵、太白、分水、土地榜、塘沽、甘宁、毛谷等地按照统一的样品采集规程采集, 共采集 53 个土壤样品, 主要按发生层采集。土壤容重、pH 值、粘粒含量、有机质、全氮、速效氮、全磷、速效磷、全钾、速效钾、有效铁、代换性酸、阳离子交换量等理化指标的分析测定均参考《土壤农业化学常规分析方法》一书。

该研究利用层次分析法来量化土壤相对质量^[2], 其评价方案见图 1。

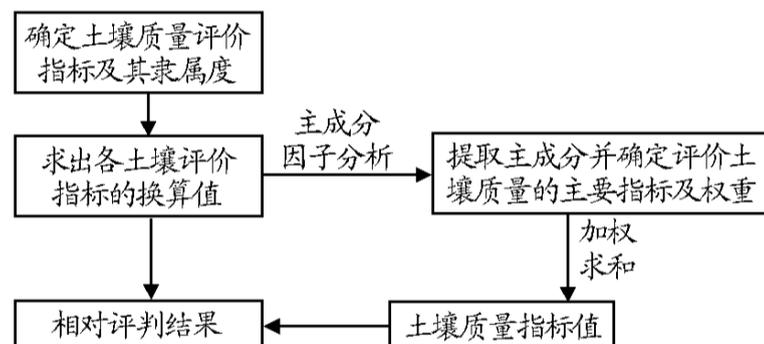


图1 层次分析法结构

2 评价指标的确定

2.1 采用主成分因子分析影响土壤质量的主要因子 各项土壤属性之间存在复杂的相关关系, 这些属性共同作用的结果决定了土壤质量的总体状况, 众多指标的相互作用使得土壤质量评价的复杂性大大增加。因此可以采用多变量分析方法来考虑土壤性质之间的相关关系, 揭示单独分析变量不能觉察的变量关系, 对土壤质量状况作出更为准确的评价^[3]。

因子分析通过数学方法将许多相关变量综合成几个互不相关的综合指标(因子或主成分), 这些因子是原来变量的线性组合, 可以表明原变量的内部关系和主要变化方式^[4]。在土壤质量评价中, 通过因子分析可以将众多土壤属性的信息集中在分析得到的少数几个因子上, 假如这些因子可以和土壤功能相联系, 它们可以用来表征土壤质量因子。研究中采用主成分分析(PCA)作为因子提取方法。特征值是各个因子可以解释的变异量, >1 表示数据中保存的变异大于单个属性, <1 表示少于单个土壤属性。研究保存了>1 的因子。聚合度是各个变量变异在因子中保存的比例。聚合度越高说明变量的主要变异在因子中得到解释。因子负荷是各个

基金项目 教育部科学技术研究重点项目(03142); 西南师范大学博士基金(2003-18)。

作者简介 袁红(1982-), 女, 湖南宁乡人, 硕士研究生, 研究方向: 土壤地理。* 通讯作者。

收稿日期 2006-03-21

变量和因子之间的相关关系。

进行主成分因子分析的结果(表1),得到了4个Eigen值>1的因子。聚合度数据表明,因子分析结果可以很好地解释各因素的变异。负载图(loading plots)表明每一个变量和主成分之间的关系,彼此靠近的变量是正相关的,位置相反的变量是负相关的。从负载图(图2)可以观察主成分的构成情况和变量之间的相关关系。

表1 主成分因子分析的旋转因子负荷

	因子				聚合度
	1	2	3	4	
粘粒含量	0.095	-0.108	0.214	0.050	1
pH值	0.148	-0.065	-0.069	-0.016	1
ExH ⁺	-0.135	-0.106	0.071	0.011	1
ExAl ³⁺	-0.129	-0.118	0.029	-0.169	1
有效铁	-0.075	-0.168	0.152	0.067	1
AK	-0.060	-0.108	0.147	0.538	1
TK	0.127	-0.044	-0.173	0.185	1
TN	0.001	0.122	0.275	-0.151	1
AN	-0.023	0.163	0.224	-0.043	1
TP	0.129	-0.056	0.099	0.350	1
AP	0.020	0.199	-0.051	0.335	1
有机质	0.034	0.182	0.182	-0.021	1
容重	-0.113	0.095	-0.043	0.443	1
速效钙	0.155	0.006	0.058	-0.048	1
CEC	-0.107	0.118	-0.173	0.032	1
Eigen	6.329	4.485	2.964	1.222	
贡献率	42.194	29.900	19.762	8.143	
累计贡献率	42.194	72.094	91.857	100	

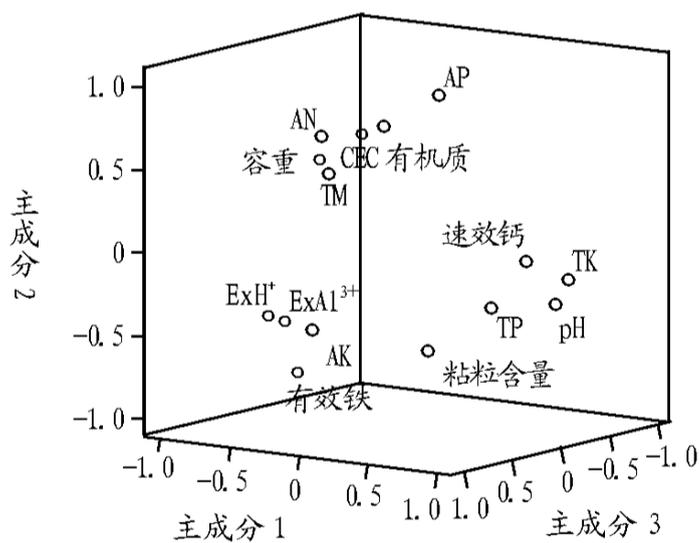


图2 主成分分析的土壤变量结构负载

根据对不同变量的因子负荷的分析,主成分1可以解释为土壤酸度因子,对这一因子正贡献最大的是速效钙、pH和TP,负贡献最大的是ExH⁺、ExAl³⁺、容重。主成分2可以解释为土壤养分容量因子,对这一因子贡献最大的是AP、有机质含量、AN,而有效铁、ExAl³⁺、粘粒含量对这一因子有较大的负贡献。主成分3可以解释为土壤限制因子,对这一因子正贡献最大的是TN、AN、粘粒含量,有负贡献的是TK、CEC、pH、AP和容重,最后一个因子由于对变量的负载太小,不能得到明显的解释。对于分析得到的3项土壤因子,可以和土壤功能相联系。主成分1(酸度因子)可以说明土壤的酸化状况;主成分2(养分因子)可以解释土壤接受、保持和释放养分供作物生长的能力;主成分3(限制因子)可以说明土壤接受、保持和释放水分的能力。

分析表明,酸度因子在万州土壤质量评价中占据主要因子,贡献率达到42.194,这是因为研究区域土壤大部分呈弱酸性,总体上不同利用方式之间土壤pH显著性差异明显,pH值由大到小是荒地(8.12) > 园地(6.45) > 旱地(5.97) > 林地(5.62) > 水田(5.27),水田相对于荒地土壤pH下降了2.85个单位,这主要是由于水田前身土壤为酸性紫色土,加上不合理管理,土壤酸化。研究区域土壤总交换性酸和Al³⁺含量虽然不高,但不同利用方式之间土壤交换性酸和Al³⁺差异显著,由大到小是旱地 > 园地 > 林地 > 荒地 > 水田,旱地土壤总交换性酸和Al³⁺含量大约是荒地的3倍。土壤交换性H⁺表现同样的规律。

对主成分分析得到的各项主成分进行方差分析的结果表明,酸度因子和养分因子在不同土地利用方式之间具有一定的区分能力,质地因子的差异不显著,因为土壤质地主要由土壤成土母质的类型和特点决定,土地利用方式的变化对土壤质地的影响不明显。

2.2 万州土壤质量评价的最小数据集 目前已经提出了一些土壤质量评价的最小数据集^[5,6],但是在研究区域特殊的气候和土壤情况下,必须进行调整。笔者在上述研究结果的基础上建立了适合万州地区土壤质量评价的最小数据集(表2),一共包含了2项土壤物理指标,9项土壤化学指标和1项生物指标,每一项指标都反映了土壤的某一项或几项功能,从这些指标出发可以对万州地区土壤质量进行基本评价^[7]。

表2 万州土壤质量评价的最小数据集

	土壤质量指标	土壤功能
化学指标	pH、ExH ⁺ 、ExAl ³⁺	土壤酸化,养分释放,作物生长和毒害
	AP、TP	作物生长,影响环境
	AK、TK	作物生长所需养分
	CEC	养分保持,污染物缓冲,酸化缓冲
	AFe	速效养分
	TN、AN	作物生长所需养分
物理指标	容重	土壤通气性,适耕性,容纳水分
	粘粒含量	支持作物生长,容纳水分,保持土壤结构和土壤养分
生物指标	有机质	土壤养分保持,水分含蓄,碳库循环,结构团聚

研究得到的土壤质量评价最小数据集可以作为万州土壤质量评价的基础,在对万州土壤质量进行评价时,可以选择MDS中的指标进行分析,由此反映土壤的基本变化情况,从而为选择适合的土壤管理和利用方式提供参考,预防土壤退化。

2.3 万州土壤质量评分方程 根据库区万州的土壤特点,按照简易性、经济性、标准性、敏感性、重要性、重复性、可成图性、诊断性以及相关性等原则,选取对作物生长发育影响较大的12个因素(土壤容重、粘粒含量、有机质、全氮、速效磷、速效钾、pH值、有效铁、有效氮、速效钙、全磷、阳离子交换量)^[8],作为万州土壤质量评价指标。具体确定的各因素评价分等指标见表3。

2.3.1 土壤质量评价等级划分。参考等级法划分土壤质量评价指标标准的确定方法,结合万州土壤特性的确定结果,将各个土壤质量评价指标分为5个等级,然后根据土壤质量的评分结果将土壤质量划分为优(<29)、良(29~33)、中(34~38)、差(39~41)、劣(>41)。

表3 各因素的评价分等标准

评价价值	容重 g/cm ³	粘粒含量 %	有机质 g/kg	全氮 mg/kg	速效磷 mg/kg	速效钾 mg/L	pH值	有效铁 mg/kg	碱解氮 mg/kg	速效钙 mg/kg	全磷 mg/kg	CEC
1	1.00~1.25	20~40	>20	>2000	>40	>1.70	6.5~7.5	>2	>150	>20	>2000	>25
2	1.25~1.35	40~60	10~20	1500~2000	20~40	1.25~1.70	7.5~8.5	1~2	120~150	15~20	1500~2000	20~25
3	1.35~1.45	60~80	6~10	1000~1500	10~20	0.70~1.25	5.5~6.5	0.45~1	100~120	8~15	700~1500	10~20
4	1.45~1.55	80~100	4~6	750~1000	5~10	0.30~0.70	4~5.5	0.25~0.45	65~100	4~8	400~700	5~10
5	>1.55	<20	<4	<750	<5	<0.30	<4 或 >10	<0.25	<65	<4	<400	<5

3 库区土壤质量评价结果

3.1 采样点的土壤质量等级评价 采用等级法评价结果表明, 研究区各采样点的土壤质量等级评价结果存在一定的差异。该区土壤采样点47.17%属于中等以上水平, 只有小部分(15.09%)采样点属于优、良等级(表4)。53个采样点中, 土壤质量属于优等的是武陵中的1个采样点, 该点的变异系数较大(0.119)。土壤质量属于良的有7个采样点, 分别是甘宁(1)、土地脐(1)、太白(2)、武陵(3), 其中甘宁点的变异系数最大(0.152), 太白点的变异系数最小(0.066)。属于中等的有17个采样点, 分别是甘宁(1)、土地脐(3)、太白(3)、武陵(6)、分水(3)、塘沽(1)。属于差等的有16个采样点, 包括甘宁(2)、土地脐(2)、太白(1)、武陵(1)、塘沽(2)、分水(3)、毛谷(5), 其中武陵点的变异系数最大(0.119)。属于劣等的有12个采样点, 包括甘宁(4)、塘沽(1)、分水(6)、毛谷(1), 其中毛谷点的变异系数最小(0.029)。各地区采样点等级情况统计见表5。

表4 各采样点的土壤质量评分等级结果

采样地点	采样点数 个	最高分	最低分	平均分	变异系数	等级
分水	12	49	36	41.58	0.096	劣
甘宁	8	49	31	41.25	0.152	劣
毛谷	6	42	39	40.17	0.029	劣
太白	6	39	33	35.50	0.066	中
塘沽	4	42	37	39.50	0.053	差
土地脐	6	40	32	36.50	0.079	中
武陵	11	40	25	33.73	0.119	良

表5 各等级采样点统计

等级	甘宁	太白	分水	毛谷	塘沽	土地脐	武陵	合计
劣	4	-	6	1	1	-	-	12
差	2	1	3	5	2	2	1	16
中	1	3	3	-	1	3	6	17
良	1	2	-	-	-	1	3	7
优	-	-	-	-	-	-	1	1

3.2 分区土壤质量等级评价 从各地区的土壤质量等级评价结果(表4)可以看出, 分水、甘宁、毛谷、塘沽的土壤质量在总体上处于同一等级水平, 均为差等以下水平。太白和土地脐、武陵皆为中等以上水平。甘宁地区土壤质量的变异系数

最大, 为0.152; 其次是武陵, 为0.119; 太白、塘沽和毛谷较小, 分别为0.066、0.053和0.029。

4 人类活动对库区土壤质量的影响分析

万州土壤质量总体上处于中等水平, 无优质土。具体而言武陵较好, 可能原因是该地周围无污染厂矿, 土壤采样点小浪口地处长江支流入口, 河流冲积带来的物质再加上人力培肥使该处土壤质量较好。其次是太白和土地脐, 皆为中等, 原因可能是太白退耕还林已近20年, 恢复较好, 只有少量的人为利用活动(如建筑、旱地)影响土壤质量, 而土地脐以前为水田, 现退耕为很少人为干扰的园地。毛谷、塘沽、甘宁、分水土壤质量皆为差等以下水平, 可能原因是甘宁退耕后表层土壤紧实, 不利于土壤养分的循环; 毛谷和塘沽则由于人类工业污染较为严重, 土壤质量退化; 而分水为黄壤区, 土壤酸化, 质量不好。

根据上述分析, 万州地区土壤改良重点在以下方面: 针对黄壤区土壤酸化现象, 土壤改良以增加交换性Ca²⁺和其他盐基离子为主, 如适当施用含钙、镁的肥料, 少用致酸肥料, 多施有机肥, 注重平衡效用, 增加土壤的抗逆性, 避免土壤盐基过度流失和土壤酸化进程的加快。毛谷和塘沽的土壤质量退化主要是由于工业污染引起的, 因此这两处土壤改良以改善周围工业环境为主, 配以适当的生态恢复措施。

甘宁土壤就母质来说质量应属中等以上水平, 但由于退耕后管理粗放, 土壤板结, 土壤通气性差, 保水保肥能力弱。因此在改良时应合理疏松土壤, 增施有机肥和氮、磷肥, 提高土壤有机质含量, 培肥地力。

参考文献

- [1] 朱鹤健, 何宜庚. 土壤地理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 1992: 224-234.
- [2] 刘梦云, 安韶山, 常庆瑞, 等. 宁南山区不同土地利用方式土壤质量评价方法研究[J]. 水土保持研究, 2005, 12(3): 41-42.
- [3] 刘晓冰, 邢宝山. 土壤质量及其评价指标[J]. 农业系统科学与综合研究, 2002, 5(2): 109-111.
- [4] 苏金明. 统计软件SPSS系列应用实战篇[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002: 291-302.
- [5] ARSHAD M A, COEN G M. Characterization of soil quality[J]. Physical and Chemical Geogra AmJ Atem, 1992(7): 25-31.
- [6] DORAN J W. Defining soil quality for a sustainable environment[M]. [S.I.]: SSSA Special Publication, 1994: 35.
- [7] 张华. 热带地区土壤质量指标选取与综合评价的样区研究[D]. 南京: 中国科学院南京土壤研究所, 2002: 43-60.
- [8] 万县地区农业区划委员会. 万县地区农业区划[Z]. 1988: 232-292.