

陕西省渭南市卤阳湖盐碱地土壤肥力综合评价

刘敬美, 李新平, 李文斌, 慕小艳, 吕世丽, 韩 静

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 为全面认识,有效管理和保护陕西省渭南市卤阳湖盐碱地土壤,分析了该地区土壤物理性质和盐碱特性。同时采用主成分分析法结合 norm 值,筛选出有机质,碱解氮,速效磷,速效钾,CEC,ESP,电导率和土壤容重 8 项指标,建立了该地区土壤综合质量评价最小数据集。结果表明,该地区土壤质地较黏重,土壤有机质(0.31)、碱解氮(0.39)、速效磷(0.26)、速效钾(0.38)的隶属度均值很小,是该地区土壤养分的主要限制因子。土壤容重隶属度为 1,CEC 隶属度为 0.64,土壤碱化度(ESP)隶属度为 0.61,说明该地区土壤紧实,但碱性极强。总之,利用加权求和指数法计算土壤肥力综合指数为 0.277,说明该地区土壤肥力处于较低水平,需采取适当措施进行改良,以提高土壤肥力。

关键词: 土壤肥力; 主成分分析; 权重; 卤阳湖

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)05-0254-04

中图分类号: S158.2

DOI:10.13961/j.cnki.stbctb.2014.05.053

Soil Fertility Evaluation of Saline-alkali Land at Luyang Lake in Weinan City of Shaanxi Province

LIU Jing-mei, LI Xin-ping, LI Wen-bin, MU Xiao-yan, Lü Shi-li, HAN Jing

(College of Forestry, Northwest A&F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: For comprehensive understanding, effective managing and protecting the saline-alkali soil of Luyang Lake in Weinan City, Shaanxi Province, the authors analyzed the physical properties and salinity characteristics in the region. The principal component analysis combined with norm values were employed to select the indexes and establish the minimum data set, in which, organic matter, alkali-hydrolysable N, available P, available K, ESP, CEC, conductivity, and soil bulk density were selected as indexes for evaluating soil quality. The results showed that the soil texture was relatively heavy with more clay. The values of membership functions of the indexes revealed that organic matter(0.31), alkali-hydrolysable N(0.39), available P(0.26), and available K(0.38) were the major limited soil nutrients factors in the region. The membership degrees of soil bulk density, CEC and ESP were 1, 0.64 and 0.61, respectively, it indicated that the soil was compacted, but the alkaline was very extremely high. In short, the comprehensive index was 0.277 calculated by using the weighted index summation method to evaluate the soil fertility, which illustrated that the soil fertility in this region was at a low level. Therefore, it need to take appropriate improvement measures to improve soil fertility in Luyang Lake region.

Keywords: soil fertility; principal component analysis; weight; Luyang Lake

盐碱土是全球陆地分布广泛的一种土壤类型,是一种重要的土地资源,全球盐碱地面积约 9.50×10^8 hm^2 , 约占地球陆地表面的 10%^[1]。由于自然地理环境和气候条件差异很大,盐碱土在不同国家和地区的分布也有很大差别。位于陕西省渭南市富平县、蒲城县境内的卤阳湖地区,由于地势低洼,是地表水与地下水汇集区。因此该区土质黏重,水质矿化严重,沉积物

含盐碱成分多。正是由于本身自然条件特点和人类活动影响,该地区土壤肥力严重下降,许多地方已不能种植作物,严重影响了当地人的生产、生活。必须对其土壤肥力现状进行了解,以便采取有效措施。

土壤肥力是土壤的基本属性和本质特征。它既是获取土壤质量状况的重要手段,又是农业开发和土地利用规划中一项重要的基础性工作,可为土地合理

收稿日期:2013-06-05

修回日期:2013-07-17

资助项目:亚洲发展银行项目“渭南卤阳湖盐碱地综合治理项目”([2011]61)

作者简介:刘敬美(1987—),女(汉族),河北省保定市人,硕士研究生,研究方向为土壤与生态学。E-mail:jingmeiliu4312@163.com。

通信作者:李新平(1961—),男(汉族),陕西省武功县人,硕士,副教授,主要从事土壤与生态研究。E-mail:xinpingli79@sina.com。

利用提供科学依据^[2-3]。因此要了解土壤肥力现状就要对其进行综合评价。而近年来国内外有很多关于土壤肥力质量评价方法的论述,例如说聚类分析法、模糊数学、主成分分析法等方法被用于土壤肥力的综合评价上^[4-10]。本文以渭南市卤阳湖盐碱地区土壤为研究对象,利用主成分分析法,筛选适合该区肥力评价的指标,建立最小数据集。同时寻找限制该地区土壤肥力的障碍因子,利用加权求和指数法对该区土壤肥力进行综合评价,以期对卤阳湖地区土壤肥力现状进行改良、开发利用和合理施肥提供理论依据,同时也为盐碱土的改良与治理提供理论与技术支持。

1 试验材料与方法

1.1 试验材料

2012年10月19—20日根据实地调查,在卤阳湖地区确定具有代表性的9个土壤样地:蒋吉村(LY₁)、东北庄(LY₂)、中兴隆(LY₃)、思补村(LY₄)、东堡子(LY₅)、朝邑庄(LY₆)、朝邑庄(LY₇)、新庄村(LY₈)、施家村(LY₉)。由于朝邑庄植被差异大,故在该区采样2次,采样深度为1 m,其中新庄村从80 cm处开始有地下水,故采样深度为80 cm;土壤容重采样深度为60 cm;在朝邑庄没有采集环刀样,故没有测定土壤容重和土壤总孔度。采样层次为0—5,5—15,15—35,35—60,60—80,80—100 cm。采样点用GPS精确定位,记录经纬度、海拔和土地利用类

型,采样完毕后带回实验室将其自然风干,剔除土样中的根系、石块等杂物,磨细分别过1,0.25 mm筛。

1.2 试验指标选取与方法

为能充分了解渭南市卤阳湖盐碱地土壤肥力状况,根据以往学者的研究结果,本文选取了两大类指标:物理指标和化学指标,其中化学指标又分为养分指标和盐碱指标。具体指标测定方法参照《土壤调查实验室分析方法》与《土壤农化分析》^[11-12]。土壤质地采用比重计法;土壤容重采用环刀法;土壤总孔度采用计算法;pH值测定采用的水土比为1:1,电位法;有机质采用重铬酸钾容量法—外加热法;全氮采用半自动凯氏定氮法;碱解氮采用碱解扩散法;全磷采用NaOH熔融—钼锑抗比色法;速效磷采用0.5 mol/L NaHCO₃法;全钾采用NaOH熔融—火焰光度法;速效钾采用NH₄OAc浸提—火焰光度法;全盐量采用烘干法;碱化度采用交换性钠与阳离子交换量比值法;阳离子交换量采用HCl—CaOAC法;电导率采用水土比5:1,电导率仪测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤物理指标分析

从表1中可以看出,研究区土壤质地较黏重,遇水风干后较坚硬和紧实,难耕作,但保肥性较强。土壤容重较大,土壤总孔度相对较小,不利于作物的生长。

表1 研究区土壤物理指标值

指标	深度/ cm	各采样点土壤物理指标								
		LY ₁	LY ₂	LY ₃	LY ₄	LY ₅	LY ₆	LY ₇	LY ₈	LY ₉
土壤容重/ (g·cm ⁻³)	0—5	1.41	1.50	1.71	1.86	1.60	1.82	—	1.89	1.69
	5—15	1.80	1.48	1.66	1.95	1.50	2.05	—	1.88	1.58
	15—35	1.90	1.82	1.84	1.97	1.73	2.06	—	1.95	1.50
	35—60	1.78	1.71	1.87	1.85	1.76	1.95	—	1.94	1.88
土壤总 孔度/%	0—5	47.42	44.46	37.53	32.58	41.16	33.90	—	31.59	38.19
	5—15	34.56	45.11	39.18	29.61	44.46	26.31	—	31.92	41.82
	15—35	31.26	33.90	31.40	28.95	36.87	26.00	—	29.61	44.46
	35—60	35.22	37.53	32.25	32.91	35.88	29.61	—	29.94	31.92

注:LY₁,LY₂,LY₃,LY₅,LY₉土壤质地均为粉砂质壤土;LY₄,LY₆,LY₇,LY₈土壤质地均为粉砂质黏壤土。

2.2 土壤盐碱特性分析

从表2可见,该地区土壤pH值都在8.3以上,含盐量相对较高,而碱化度也非常高,说明该地区土壤属于轻盐强碱性土壤。因此该地区目前已有许多地方不能生长作物,严重影响着当地人的生产、生活。

2.3 土壤属性主成分分析

本文利用主成分分析法对选取的指标进行分析,

结果表明(表3):特征值>1的有4个主成分,其累计贡献率达82.212%。可见,4个主成分将土壤指标的全部基本信息反映了出来。因此,利用主成分分析评价土壤肥力是可靠的。

根据PCA分析分组并结合标值、相关分析和变异系数,筛选出碱解氮,速效磷,速效钾,CEC,ESP,电导率,土壤容重最终进入评价的最小数据集。

表 2 研究区不同土层深度处土壤盐碱特性

指标	深度/ cm	各采样点土壤盐碱特征值								
		LY ₁	LY ₂	LY ₃	LY ₄	LY ₅	LY ₆	LY ₇	LY ₈	LY ₉
pH 值	0—5	9.30	9.36	9.28	9.59	9.17	9.22	8.65	8.83	9.39
	5—15	8.93	9.33	10.04	10.05	9.22	9.42	8.66	8.58	9.41
	15—35	8.72	9.27	10.28	10.04	9.25	9.43	9.09	8.38	8.96
	35—60	9.09	9.32	10.11	10.03	9.29	9.48	9.18	9.07	9.96
	60—80	9.11	9.26	10.06	10.11	9.51	9.58	9.46	9.33	10.12
	80—100	9.23	9.32	9.98	9.97	9.57	9.72	9.54	—	9.89
全盐量/ (g·kg ⁻¹)	0—5	0.63	1.02	1.73	1.82	0.56	2.55	4.87	2.11	1.14
	5—15	0.49	1.01	1.34	1.17	0.46	2.46	3.21	2.10	0.64
	15—35	0.45	0.76	1.08	1.17	0.42	1.74	2.17	1.51	0.30
	35—60	0.45	0.50	1.08	1.63	0.36	1.71	1.95	1.34	0.23
	60—80	0.38	0.45	0.96	1.59	0.32	0.81	1.40	1.12	0.18
	80—100	0.25	0.43	0.89	0.90	0.31	0.67	1.29	—	0.13
碱化度/%	0—5	38.19	75.11	86.05	64.68	50.18	74.88	82.14	86.04	57.02
	5—15	28.21	71.41	90.36	56.36	44.43	84.22	83.47	85.10	49.20
	15—35	30.06	57.82	80.76	57.63	39.77	99.38	80.33	77.74	43.95
	35—60	26.90	50.22	75.65	61.12	37.53	88.72	76.88	78.63	34.79
	60—80	27.05	37.88	60.18	46.61	35.46	49.42	71.38	79.05	40.77
	80—100	42.22	35.65	51.76	67.97	31.89	16.41	70.79	—	34.44

表 3 研究区土壤属性主成分分析值

属性	分组	主成分				指标值	变异系数	权重
		1	2	3	4			
碱解氮	1	0.927	-0.005	0.021	0.196	2.167	75.169	0.073
有机质	1	0.911	0.056	0.149	0.055	2.133	55.680	0.070
全氮	1	0.885	-0.129	0.049	0.126	2.079	114.599	0.066
速效钾	1	0.825	-0.230	-0.241	0.035	1.999	43.595	0.064
速效磷	1	0.779	0.107	-0.283	0.429	1.926	103.074	0.072
CEC	1	0.740	-0.086	0.101	-0.565	1.844	17.525	0.072
交换性钠	2	0.602	0.597	0.256	-0.420	1.902	41.577	0.078
ESP	2	0.362	0.818	0.236	-0.201	1.826	31.761	0.073
全盐	2	0.308	0.806	0.350	0.107	1.779	76.971	0.071
全钾	3	0.195	-0.684	0.129	-0.182	1.415	8.035	0.045
pH 值	3	-0.421	0.682	0.003	0.103	1.638	4.798	0.053
电导率	3	-0.076	0.585	0.229	0.529	1.318	101.762	0.055
土壤总孔隙度	4	0.063	-0.528	0.783	0.192	1.528	16.409	0.076
土壤容重	4	-0.056	0.541	-0.782	-0.182	1.540	9.807	0.076
全磷	4	0.537	-0.255	-0.560	0.186	1.574	31.566	0.057
主成分特征值		5.410	3.679	2.025	1.218			
主成分方差贡献率/%		36.068	24.525	13.497	8.122			
主成分累计贡献率/%		36.068	60.593	74.090	82.212			

2.4 土壤属性的隶属度

根据指标的性质,最终确定指标性质碱解氮,速效磷,速效钾,CEC,ESP,电导率属于 S 型隶属度函数,土壤容重属于抛物线型隶属度函数。根据两种隶属度函数公式分别计算出土壤属性的隶属度。土壤属性的转折点见表 4。

(1) S 型隶属度函数^[13]。在一定范围内,一些土

壤评价指标值与土壤肥力的高低呈正相关关系,而低于某转折点或高于某转折点对土壤功能的影响均较小。

$$f(x) = \begin{cases} 1.0 & (x \geq x_2) \\ 0.9(x-x_1)/(x_2-x_1)+0.1 & (x_1 \leq x < x_2) \\ 0.1 & (x < x_1) \end{cases}$$

式中: x_1, x_2 ——该 S 型函数中评价指标在曲线中的转折点。

(2) 抛物线型隶属度函数^[14]。土壤一些性质对土壤肥力的影响有一个最佳范围,超过此范围,随着评价指标偏离程度的增大,对土壤肥力的提升越不利,导致土壤肥力退化。

$$u(x) = \begin{cases} 0.9(x_4 - x)/(x_4 - x_3) + 0.1 & (x_3 \leq x \leq x_4) \\ 1.0 & (x_2 < x < x_3) \\ 0.9(x - x_1)/(x_2 - x_1) - 0.1 & (x_1 < x < x_2) \\ 0.1 & (x \leq x_1 \text{ 或 } x \geq x_4) \end{cases}$$

式中: x_1, x_2, x_3, x_4 ——该隶属度函数中评价指标在曲线中的转折点。

从图 1 中可看出,土壤有机质(0.31)、碱解氮(0.39)、速效磷(0.26)、速效钾(0.38)的隶属度均值很小,表明这些属性是研究区土壤养分的主要限制因子;土壤容重的隶属度为(1.00),快要超过该隶属度函数的范围,因此,其对研究区土壤有一定抑制作用,

CEC 的隶属度为 0.64,说明研究区土壤保肥性较好,这与前面分析研究区土壤物理性质相一致,不利于作物生长;土壤 ESP(0.61)相对较高,而土壤电导率是判定土壤中盐类离子是否限制作物生长的因素,其隶属度为 0.31,说明研究区土壤盐性不是很高,这与上面土壤盐碱特性分析一致。

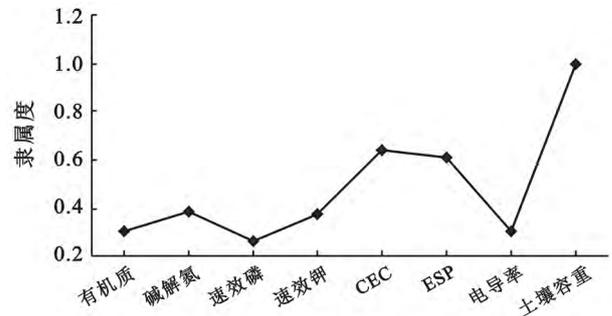


图 1 土壤肥力指标因子隶属度均值分布

表 4 隶属度函数曲线中转折点的取值

转折点	有机质	碱解氮	速效磷	速效钾	CEC	ESP	电导率	土壤容重
X_1, x_1	3.0	0.0	0.3	85	8.0	16.0	120.0	1.20
X_2, x_1	35.0	84.5	29.5	420	17.0	85.0	3 780.0	1.65
x_3	—	—	—	—	—	—	—	2.05
x_4	—	—	—	—	—	—	—	2.50

2.5 土壤肥力综合性评价

采用加权求和指数法综合评价该地区土壤肥力质量^[13]。该方法的数学表达式为:

$$FQI = \sum_{i=1}^n W_i \cdot F_i$$

式中: W_i, F_i ——第 i 个因子权重和隶属度; n ——参与因子数。

利用主成分分析法计算出的土壤指标权重(表 3)来计算土壤肥力综合指数,得出研究区土壤肥力综合指数为 0.277,在土壤肥力分级中土壤肥力指数介于 0.2~0.4,说明研究区土壤肥力处于较低水平。

3 结论

(1) 为避免主成分分析法在确定最小数据集时可能会引起变量在其他特征值小于 1 的主成分上信息的丢失,本文采用主成分分析并结合 norm 值、相关分析和变异系数,筛选出了由有机质,碱解氮,速效磷,速效钾,CEC,ESP,电导率和土壤容重构成的最小数据集。很好的运用了主成分分析法的原理。

(2) 本文利用主成分分析综合考虑了各个指标,其信息全面且具有系统性,也可进行不同土壤间的直接比较。同时运用了模糊数学原理和统计学知识,提高了科学性。

(3) 该方法也存在一系列问题,需要大量的统计数据 and 统计运算,过程相对复杂,一般科技人员不易掌握。同时在数据方面,有的指标数据不全面,给综合评价带来困难。个别指标差异较大,不符合常规。

[参 考 文 献]

[1] 赵可夫. 中国的盐生植物[J]. 植物学通报, 1999, 16(3): 201-207.

[2] Garrison S, Ancela Z. The assessment of soil quality[J]. Geoderma, 2003, 114: 143-144.

[3] Wander M M, Boilero G A. Soil quality assessment of tillage impacts in Illinois [J]. Soil Science Society America Journal, 1999, 63(4): 961-971.

[4] Brown J S. Principal component and cluster analyses of cotton cultivar variability across the U. S. cotton belt [J]. Group Science, 1991, 31(4): 915-922.

[5] Fox G A, Melta R. Soil property analysis using principal components analysis, soil line, and regression models [J]. Soil Science Society of America Journal, 2005, 69(6): 1782-1788.

[6] 陈留美, 桂林国, 吕家珑, 等. 应用主成分分析和聚类分析评价不同施肥处理条件下新垦淡灰钙土土壤肥力质量[J]. 土壤, 2008, 40(6): 971-975.

(下转第 262 页)

[参 考 文 献]

- [1] 刘国彬,杨勤科,陈云明,等. 讨论水土保持生态修复的若干科学问题[J]. 中国水利,2006(12):22-24.
- [2] 焦居仁. 生态修复的要点与思考[J]. 中国水土保持,2003(2):1-2.
- [3] 杨爱民,刘孝盈,李跃辉. 水土保持生态修复的概念、分类与技术方法[J]. 中国水土保持,2005(1):11-13.
- [4] 蔡建勤,张长印,陈法杨. 全国水土保持生态修复分区研究[J]. 中国水利,2004(4):46-48.
- [5] 郭志民,黄传伟. 闽东南沿海丘陵区小流域生态修复效果[J]. 中国水土保持科学,2004,2(3):103-105.
- [6] 杨洪晓,卢琦,吴波,等. 高寒沙区植被人工修复与种子植物物种多样性的变化[J]. 林业科学,2004,40(5):45-49.
- [7] 崔鹏,王道杰,韦方强. 干热河谷生态修复模式及其效应:以中国科学院东川泥石流观测研究站为例[J]. 中国水土保持科学,2005,3(3):60-64.
- [8] 李长定. 通渭县鹿鹿山实施水土保持生态修复的成效与启示[J]. 中国水土保持,2004(2):48-49.
- [9] 卿太明,孔祥东,周斌. 四川水土保持生态修复工作现状与建议[J]. 四川水利,2006(3):10-12.
- [10] 崔崑,何京丽,荣浩,等. 论牧区水土保持生态修复技术与模式[J]. 草业科学,2009,26(1):40-44.
- [11] 张荣华,刘霞,姚秀友,等. 桐柏大别山区土壤侵蚀敏感性评价及空间分布[J]. 中国水土保持科学,2010,8(1):58-64.
- [12] 张荣华,刘霞,李欢,等. 桐柏大别山区土地利用时空变化图谱分析[J]. 中国水土保持科学,2011,9(4):16-22.
- [13] 姚孝友,肖幼,顾洪,等. 淮河流域水土保持生态修复机理与技术[M]. 北京:中国水利水电出版社,2011:20-33.
- [14] 钟明星,黄正建,黄明艳,等. 浅谈水土保持生态修复的适宜条件及工作重点[J]. 中国水土保持,2005(1):6-17.
- [15] 中国科学院. 中国地貌区划[M]. 北京:科学出版社,1959.
- [16] 徐志强,张光灿,刘霞,等. 淮河流域伏牛山区水土保持生态自然修复适宜性评价与分区[J]. 中国水土保持科学,2013,11(3):17-23.
- [17] 中华人民共和国. GB21010—2007 土地利用现状分类[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [18] 王敏. 非监督分类的卫星影像上居民地特征提取研究[D]. 昆明:昆明理工大学,2005.
- [19] 中华人民共和国. SL190—2007 水利行业标准土壤侵蚀分类分级标准[S]. 北京:北京科文图书业信息技术有限公司,2008.

(上接第 257 页)

- [7] 赵丽娟,韩晓增,王守宇,等. 黑土长期施肥及养分循环再利用的作物产量及土壤肥力变化(IV):有机碳组分的变化[J]. 应用生态学报,2006,17(5):817-821.
- [8] 胡月明,万洪富,吴忠峰,等. 基于 GIS 的土壤质量模糊变权评价[J]. 土壤学报,2001,38(3):266-274.
- [9] 沈善敏. 长期土壤肥力试验的科学价值[J]. 植物营养与肥料学报,1995,1(1):1-9.
- [10] 李月芬,汤洁,李艳梅. 用主成分分析和灰色关联度分析评价草原土壤质量[J]. 世界地质,2004,23(2):169-174.
- [11] 张甘霖,龚志同. 土壤调查实验室分析方法[M]. 北京:科学出版社,2011.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 3 版. 北京:中国农业出版社,2008.
- [13] 黄婷,岳西杰,葛玺祖,等. 基于主成分分析的黄土沟壑区土壤肥力质量评价:以长武县耕地土壤为例[J]. 干旱地区农业研究,2010,28(3):141-148.
- [14] 吴敏,何鹏,韦家少. 海南岛胶园土壤肥力的综合评价[J]. 中国土壤与肥料,2009(2):1-5.