

# 陕西省子长县沟道土地的土壤肥力评价

刘铁辉

(陕西省水土保持勘测规划研究所, 陕西 西安 710100)

**摘要:** 通过野外实地考察和对土壤垂直剖面样品的采集和测试, 分析了黄土丘陵沟壑区沟道内的台地、滩地、坝地、草地等几种主要土地利用类型的土壤肥力状况, 并与沟道内新造耕地进行了对比研究。同时, 在分析土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷及速效钾等 7 个土壤肥力指标测定数据的基础上, 对不同土地利用类型的土壤肥力进行了综合评价。结果表明, 斑块状分布于沟道内的 5 种不同土地利用类型条件下, 其土壤肥力指标存在一定差异。对比陕西省土壤肥力划分标准, 黄土丘陵沟壑区沟道内各种土地利用类型土壤有机质含量均处于低水平, 其中新造耕地的土壤有机质含量处于最低的第 8 级; 各地块的土壤全氮、速效氮、全磷含量也处于较低水平, 其中草地、滩地和台地的速效磷含量相对较高, 可达到 4 或 5 级肥力水平; 各地块全钾和速效钾含量等级相对其他肥力元素较高, 速效钾含量以新造耕地和低龄坝地较低。由于有机质、氮、磷等肥力元素含量水平低, 从而导致新造耕地和低龄坝地的综合土壤肥力质量也较低。因此, 对沟道新造耕地不仅要做好复垦、平整、侧蚀水毁防治等工程, 同时还应重视后期土壤肥力培育工作, 采取科学措施, 提高土地的生产力。

**关键词:** 沟道; 土地利用; 土壤肥力; 综合评价; 子长县

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0026-04

中图分类号: S158.2

## Evaluation of Soil Fertility Under Different Landuse in Valleys and Gullies in Zichang County of Shaanxi Province

LIU Tie-hui

(Shaanxi Provincial Soil and Water Conservation Survey and Planning Institute, Xi'an, Shaanxi 710100, Chian)

**Abstract:** Based on the analytic hierarchy process and fuzzy mathematics theory, the integrated evaluation of soil fertility quality was studied at ravine regions of loess plateau in Zichang County of Shaanxi Province. And seven indexes, including soil organic matter, total N, total P, total K, available N, available P and available K were investigated in 5 different types of land use. The results showed that there was significant heterogeneity in seven soil fertility indexes. According to soil fertility quality level standard of Shaanxi Province, soil organic matter contents in all the 5 different land types were relative low, especially in the new manmade farmland, which was the lowest(level 8). The other indices such as total N content, soil rapidly available N and soil available P were relative low as well. The grass land and flood land held higher soil available P(level 4—5), compared with the other land use types. The content of soil total and available K were the highest among all the indices, especially in new cultivated land and dam land. As the low content of organic matter, N and P in soil, more attention need to paid in sustainable soil fertility development in Loess Plateau.

**Keywords:** valley and gully; landuse; soil fertility; integrated evaluation; Zichang County

土壤是人类及其它生命赖以生存的重要物质基础<sup>[1]</sup>。土地具有生产力,是由于土壤具有土壤肥力的本质属性。因此,对于各种土地利用类型,研究其土壤肥力质量并进行客观评价极其重要。关于土壤肥力质量评价,国内外学者已提出多种方法,如土壤质

量多变量指标方法、土壤质量动力学方法、土壤质量综合评分法等。这些方法可以归纳为定性和定量两种。采用定性评价土壤肥力质量的方法简单且直观,但其准确性相对较低,难以全面反映土地土壤肥力质量状况。近年来,一些研究者将模糊数学和 AHP 决

收稿日期:2012-04-27

修回日期:2013-03-28

资助项目:陕西省水土保持勘测规划研究所项目“陕北沟道造地预研究”(2010036)

作者简介:刘铁辉(1959—),男(汉族),陕西省宝鸡市人,硕士,高级工程师,主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail:LTH8601@vip.163.com。

策分析法应用于土壤肥力质量的综合评价中,从而避免了评价者的主观影响<sup>[2-3]</sup>,提高了评价的准确性。

陕北黄土丘陵沟壑区地形破碎、水土流失极为严重,坡耕地的土壤贫瘠、生产力低下。相比沟道内的土地,虽然面积少、分布散,但由于水分条件较好,成为极其宝贵的农业土地资源。当地各种黄土沟道内有较多可供整理开发的土地资源。因此,结合陕北沟道土地整理工作,有必要对沟道内土地的土壤肥力开展研究。选择陕北的子长县为研究区,针对当地沟道内的几种主要土地利用类型,分析其土壤肥力特点,并应用综合模糊数学和 AHP 决策分析法进行综合评估土壤质量,力求为该区域的沟道土地整理和土地资源保护提供科学依据。

## 1 研究区概况

子长县位于陕北黄土高原,地理坐标为 109°11'58"—110°01'22"E, 36°59'30"—37°30'00"N,地势由西北向东南倾斜。该县属于典型的黄土高原丘陵沟壑地貌区,地貌类型以黄土峁、梁和各种黄土沟壑为主,地表破碎。气候属暖温带半干旱大陆性季风气候,年平均日照时数 2 570.9 h,无霜期达 176 d,平均年降水量 514.7 mm,历年平均气温 9.1 °C,7 月平均气温 23 °C,1 月平均气温 -7 °C,气温日较差大。该区域广泛分布的土壤类型为黄绵土等黄土性土,此外有黑垆土、红土、淤土、潮土和草甸土等共 6 个土类,地带性土壤为黄土母质上发育的黑垆土。该县农业以种植业为主,栽培的农作物共有 8 类,计 73 种,主要为旱作农业。子长县总面积 2 405 km<sup>2</sup>,共有农

业用地 158 215.25 hm<sup>2</sup>,占全县总面积 66.1%。其中有基本农田 9 339.6 hm<sup>2</sup>,仅占农业用地面积的 5.9%;坡耕地有 148 575.65 hm<sup>2</sup>,占农业用地的 93%以上;该县人均基本农田不足 0.03 hm<sup>2</sup>。当地的畜牧业也有一定基础,林业相对薄弱。近年来,林草植被有所恢复和增加。受自然条件的限制,当地农业多种经营开展力度不足,农业生产水平还不高<sup>[4]</sup>。显然基本农田的缺乏,成为当地农业发展尤其是粮食生产的一个主要限制因素。同时,也制约着退耕还林(草)政策的实施。在保护生态的原则下,设法扩大基本农田和提高土地生产力,是促进当地农业发展和水土保持的重要措施之一。

## 2 研究方法

### 2.1 样品采集

通过野外实地考察,选择陕北子长县安定镇和李家岔镇具有代表性的草地、坝地、河滩地、台地及新造耕地等地类作为土壤剖面采样点,采样点立地条件详见表 1。

在采集土壤样品前,通过实地调查和访问农户,尽量选择有代表性的地块。在选择坝地时,主要考虑选择 10 a 以下的低龄坝地,以便和新造耕地进行对比。对选择好的各采样点,使用土钻采集土壤剖面样品,设定 1 m 为取样深度,每 5 cm 间隔使用土钻取样。采样时,在每个样地随机取 3 个重复,然后充分混合土壤样品,将所采集土壤样品中的植物根系和细石等杂物拣出,用四分法反复取舍后装入土样袋并带回实验室处理,自然风干并混合均匀备用。

表 1 试验样地的立地条件

土地利用类型	地形部位	平整情况	坡度/(°)	坡向	耕层厚度/cm	耕层质地	土壤侵蚀方式
坝地	淤地坝	自然平整	1~2	WS	30	粉砂壤	沉积
新造耕地	冲沟底	人工整平	1~2	WS	30	粉砂壤	水蚀
草地	冲沟底	不平整	3~5	ES	—	粉砂壤	水蚀
台地	二级阶地	基本平整	1~3	S	30	粉砂壤	水蚀
河滩地	一级阶地	基本平整	1~3	S	30	粉砂壤	水蚀

### 2.2 样品测定方法

采用烧失量法测定土壤样品的有机质含量;采用中国科学院南京土壤研究所研制的 SFM-1 型智能土壤肥力测定仪,测得土壤样品中全氮、全磷、全钾和速效氮;采用浙江托普仪器公司生产的 TPY-6PC 型智能土肥综合测试仪测定速效磷、速效钾。

对每个测定的土壤样品,均采用多次重复测定,平均计算,以减少系统误差。

### 2.3 评价指标权重的确定

根据陕北土壤肥力特点,结合评价因素的选择原则<sup>[5]</sup>,以土壤中的有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷及速效钾 7 个指标作为土地土壤肥力质量评价指标。首先,采用 AHP 决策分析法确定单项土壤肥力评价指标的权重系数,通过比较评价指标的相对重量构成判断矩阵(表 2)。然后再进行各指标的层次单排序,得到各个评价指标的权重值<sup>[6]</sup>(表 3)。

表 2 评价指标相对重量判断矩阵

评价指标	有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾
有机质	1	3	3	1/3	1	1	1/2
全氮		1	1	1/4	1/2	1/2	1/3
全磷			1	1/4	1/3	1/3	1/3
全钾				1	1	1	1/2
速效氮					1	1	1/2
速效磷						1	1/3
速效钾							1

表 3 各评价指标权重系数

指标	有机质	全氮	全磷	全钾	速效氮	速效磷	速效钾
权重系数	28.35	13.15	6.10	5.44	19.55	13.71	13.71

## 2.4 土壤肥力质量单项评价指标值的确定

采用模糊数学方法中的隶属度函数表达单项评价因子对土地土壤肥力质量的影响程度及等级划分标准。对于土壤肥力质量因子中的有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷及速效钾各单项因子,其 S 型隶属函数为:

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

式中:  $a, b$ ——某土地利用类型的土壤肥力质量评价指标在 S 曲线中的下限值和上限值,而隶属度值位于 0.1~1.0。其中  $a, b$  对应的临界值取值详见表 4<sup>[7]</sup>。在上面的分段隶属函数中,隶属系数越高,则说明土壤肥力质量越高。当达到一定临界值( $b$ )以后,该因子的影响作用亦趋于恒定。根据上述的 S 型隶属度函数及表 4 中 S 型隶属度函数在各指标对应的临界值的取值,可计算出 7 个指标的土壤肥力质量隶属度值。

表 4 S 型隶属度函数在各指标对应的临界值

指标	临界值/(g·kg <sup>-1</sup> )		指标	临界值/(mg·kg <sup>-1</sup> )	
	$a$	$b$		$a$	$b$
全氮	0.5	1.5	速效氮	20	120
全磷	0.2	2.5	速效磷	3	25
全钾	5	20	速效钾	50	150
有机质	10	60			

## 2.5 土壤肥力质量综合指标值确定及等级划分

根据加乘法则,在相互交叉的同类指标间采用加法合成,计算得出土壤肥力质量综合性指标值 IFI (integrated fertility index)。土壤肥力质量综合评价计算公式为:

$$IFI = \sum W_i \times N_i$$

式中:  $W_i, N_i$ ——第  $i$  种土壤肥力质量单因素评价指

标值(即隶属度值)<sup>[8]</sup>及权重系数(表 3)。IFI 值为无量纲值,其数值范围在 0~100。IFI 值越大,说明某类土地的土壤肥力质量越高,反之则越小。

## 3 结果分析

### 3.1 不同土地类型的单项土壤肥力指标评价

根据《陕西土壤》<sup>[9]</sup>的研究成果,将土壤有机质、全氮、全磷、全钾、速效氮、速效磷及速效钾含量划分为 6~9 个等级。比照该分级,结合野外对土壤垂直剖面采样的化验资料,可进行单项土壤肥力指标评价。

将各单项肥力指标的测定数据进行作图分析,发现不同土地利用类型的土壤肥力显示出明显的异质性(图 1)。土壤有机质是表征土壤肥力的重要标志。研究区不同土地利用类型条件下的土壤有机质含量普遍较低,其中新造耕地有机质含量等级处于Ⅷ级,沟台地有机质含量等级也只处于Ⅵ级,其余 3 种土地利用类型的有机质含量等级均为Ⅶ级。土壤有机质含量普遍偏低,这与土壤质地、土壤侵蚀等黄土高原成壤环境有密切关系。在土壤全氮素方面,不同土地类型的土壤全氮含量普遍较低,仅沟台地的土壤全氮含量等级处于Ⅴ级,其余土地利用类型的土壤全氮含量等级均为Ⅵ级。在土壤全磷素方面,不同土地利用类型土壤全磷含量也普遍较低,其中草地、坝地、台地、新造耕地、河滩地全磷含量等级均处于Ⅴ级。在土壤全钾素方面,上述 5 种土地利用类型的土壤全钾含量等级也均为Ⅲ级,属中等水平。在速效氮方面,各种土地类型的土壤速效氮含量均在Ⅷ级水平。速效磷方面,其中新造耕地与坝地为Ⅶ级,属低等水平,而草地、台地及河滩属中等水平,分别为Ⅵ级、Ⅴ级和Ⅳ级。在速效钾方面,5 种土地利用类型等级均属高水平,其中新造耕地与坝地等级分别为Ⅲ级和Ⅱ级,其余 3 种土地利用类型速效钾等级均为Ⅰ级。

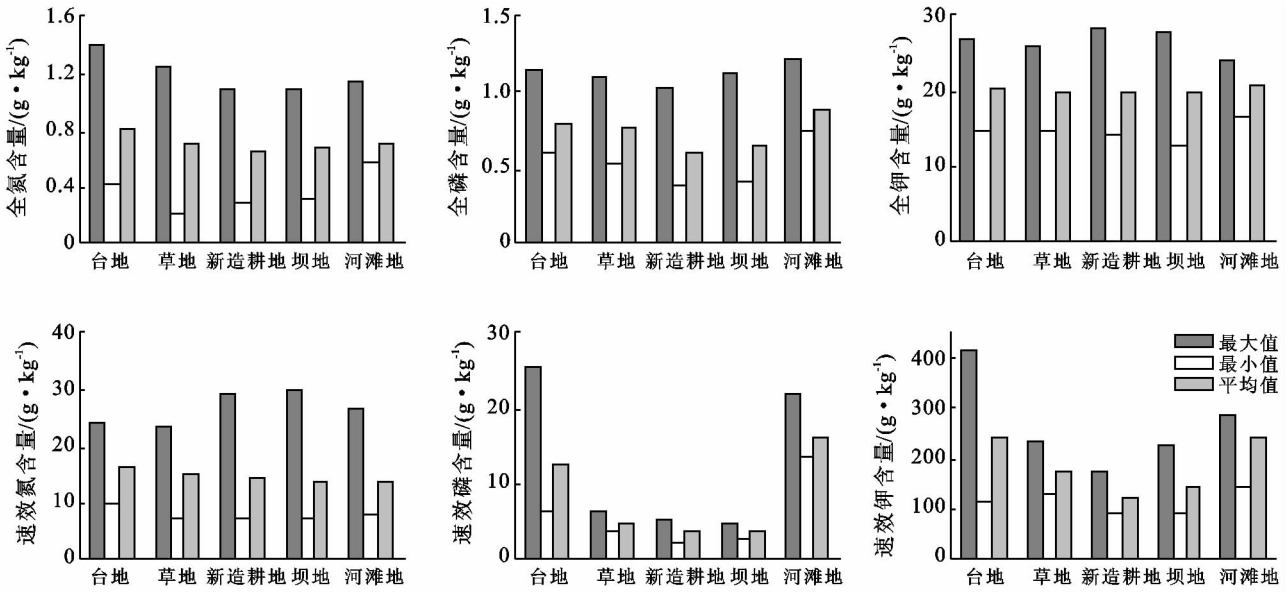


图 1 子长县不同土地利用类型土壤肥力质量评价指标的异质性

### 3.2 不同土地类型的土壤肥力质量综合评价

采用章洪波等<sup>[10]</sup>对土壤肥力质量指数的 5 等分类,即 I 级:IFI $\geq$ 80 为肥力质量好,II 级 60 $\leq$ IFI $<$ 80 为较好,III 级:40 $\leq$ IFI $<$ 60 为中等,IV 级 20 $\leq$ IFI $<$ 40 为较差,V 级:IFI $<$ 20 为差。

通过计算(表 5)可知,黄土高原丘陵沟壑区的低龄坝地、新造耕地、草地、河滩地及沟台地的土壤肥力质量综合指数 (IFI),分别为 29.75,30.17,32.75,49.70 和 40.23。由此可见,在黄土高原丘陵沟壑区,新造耕地和低龄坝地的土壤肥力质量等级为 IV 级水平,肥力水平低下;由耕作比较精细,土壤熟化程度高,使得沟台地与河滩地的土壤肥力质量等级达到 III 级,属于中等肥力质量。从单项肥力指标和综合肥力指标来看,不同土地利用类型的土壤肥力质量有明显差别,其顺序一般为:新造耕地 $<$ 低龄坝地 $<$ 草地 $<$ 台地 $<$ 河滩地(图 2)。新造耕地的肥力水平明显低于其它各类土地。

表 5 不同土地利用类型土地土壤肥力质量综合指标值

土地利用类型	平均值	最小值	最大值	标准差	变异系数
坝地	31.75	19.19	45.05	4.71	0.16
新造耕地	30.17	22.75	42.80	5.92	0.20
草地	32.75	25.70	40.60	4.30	0.13
台地	40.23	28.05	55.59	8.13	0.20
河滩地	49.70	43.36	63.63	7.70	0.16

从垂直剖面上的土壤肥力变化来看(图 2),在各种土地利用类型条件下,土壤的肥力水平均随深度下降。同时也可发现,沟台地和河滩地的耕层,土壤肥力水平较高。新造耕地的土壤肥力,在垂直剖面上的

变化幅度较大,表现了土地整理时,土层扰动的深度大,但缺乏对表层熟土层的有效利用。

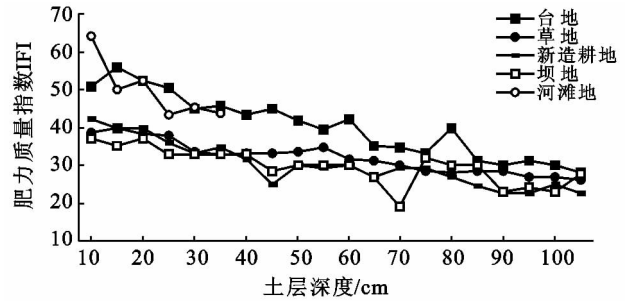


图 2 子长县不同土地利用类型土壤的 IFI 值

## 4 结论

(1) 通过土壤肥力质量评价表明,研究区域的 5 种土地利用类型,其土壤有机质含量等级都较低,其中新造耕地的有机质含量等级处于 VIII 级,处于最低水平。土壤氮素和磷素水平也较低,出现这一现象的主要原因为较为干旱气候、植被稀少和水土流失严重造成的。相对来说,土壤中钾含量等级相对其他元素较高。

(2) 从单项肥力指标和综合指标评价来看,不同土地利用条件下的土壤肥力质量存在明显差异。根据土壤化学肥力指标综合计算结果,沟台地和滩地的土壤肥力质量相对较好,低龄坝地和新造耕地的土壤肥力综合指标较低,草地的土壤肥力综合指标介于中间。

(3) 土壤肥力质量随深度而变化,其变化规律是随深度增加,土壤质量水平逐渐下降。其中,沟台地和滩地表层的土壤肥力水平较高。新造耕地不同深度的土壤肥力指标变化较大,总体上各层的土壤肥力都处于较低水平。

(下转第 36 页)

序图基本能够反映景观格局变化与环境因子之间的信息,对于海西区生态资源的有效管理和合理利用具有一定的指导作用。但是,由于缺少更多的环境因子信息,无法对影响海西区景观格局的驱动力做深入解析,将在今后的研究中做进一步探讨。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王胜今,吴昊,于潇. 改革开放以来推动区域协调发展的六大战略[J]. 求是, 2008(9):35-37.
- [2] 赵卫,沈渭寿,张慧,等. 后发地区生态承载力及其评价方法研究:以海峡西岸经济区为例[J]. 自然资源学报, 2011, 26(10):1789-1800.
- [3] 高吉喜. 可持续发展理论探索:生态承载力理论、方法与应用[M]. 北京:中国环境科学出版社, 2001.
- [4] 王俭,孙铁珩,李培军,等. 环境承载力研究进展[J]. 应用生态学报, 2005, 16(4):768-772.
- [5] Bai Yang, Ouyang Zhiyun, Zheng Hua, et al. Ecosystems patterns and dynamics in Haihe river basin[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(6):327-334.
- [6] Turner M G, Gardner R H. Quantitative methods in landscape ecology[M]. New York: Springer-Verlag, 1991.
- [7] Pan D, Domon G, de Blois S, et al. Temporal (1958—1993) and spatial patterns of land use changes in Haut-Saint-Laurent(Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes[J]. Landscape Ecology, 1999, 14(1): 35-52.
- [8] 邬建国. 景观生态学:格局、过程、尺度与等级[M]. 北京:高等教育出版社, 2000.
- [9] 赵卫,沈渭寿. 海峡西岸经济区生态系统健康评价[J]. 应用生态学报, 2011, 22(12):3272-3278.
- [10] 庄长伟,欧阳志云,徐卫华,等. 基于 MODIS 的海河流域生态系统空间格局[J]. 生态学杂志, 2009, 28(6): 1149-1154.
- [11] 王敏,阮俊杰,王卿,等. 崇明岛景观格局演变特征研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(5):217-223.
- [12] 赵志轩,张彪,金鑫,等. 海河流域景观空间梯度格局及其与环境因子的关系[J]. 生态学报, 2011, 31(7): 1925-1935.
- [13] 周云凯,白秀玲. 近 17 年鄱阳湖区景观格局动态变化研究[J]. 生态环境学报, 2011, 20(11):1653-1658.
- [14] 宗秀影,刘高焕,乔玉良,等. 黄河三角洲湿地景观格局动态变化分析[J]. 地球信息科学学报, 2009, 11(1): 91-97.
- [15] 索安宁,洪军,林勇,等. 黄土高原景观格局与水土流失关系研究[J]. 应用生态学报, 2005, 16(9):1719-1723.
- [16] 张金屯. 数量生态学[M]. 北京:科学出版社, 2011.
- [17] 何丙辉,徐霞,辜世贤. 潼南县土地利用景观格局特征分析[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5):130-133.
- [18] 张宏锋,欧阳志云,郑华,等. 新疆玛纳斯河流域景观格局变化及其生态效应[J]. 应用生态学报, 2009, 20(6):1408-1414.
- [19] 杨华,姚能昌,白杨,等. 怒江流域中段典型地区(福贡县)景观格局变化研究[J]. 林业调查规划, 2008, 33(1):25-29.

(上接第 29 页)

(4) 土壤肥力指标是自然和人为因素对土地影响的综合反应。沟台地、滩地的肥力综合指标较高,更多反映了人为长期耕作和培育的结果。草地的肥力指标则更多地反映了自然恢复的结果。低龄坝地的表层土,土壤肥力指标高于以下的土层,这种特点主要是受沉积过程的影响。新造耕地和低龄坝地土壤肥力指标较低,表明土壤发育相对较差。由于新造耕地就近取土并且上下混合,土层剖面的肥力指标差别较大。因此,在沟道土地整理时,充分提高表层覆土的质量,有利于恢复土地生产力。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 黄昌勇. 土壤学[M]. 北京:中国农业出版社, 2000:1-12.
- [2] 孙波,赵其国,张桃林. 我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J]. 土壤学报, 1995, 32(4):362-369.
- [3] 蔡崇法,丁树文,史志华. GIS 支持下乡镇域土壤肥力评价与分析[J]. 土壤与环境, 2000, 9(2):99-102.
- [4] 陕西师范大学地理《延安地区地理志》编写组. 陕西省延安地区地理志[M]. 西安:陕西人民出版社, 1983:23-212.
- [5] 徐盛荣. 土地资源评价[M]. 北京:高等教育出版社, 1993:305-335.
- [6] 徐建华. 现代地理学中的数学方法[M]. 北京:高等教育出版社, 1996:181-203.
- [7] 黄婷,岳西杰. 基于主成分分析的黄土沟壑区土壤肥力质量评价[J]. 干旱区农业研究, 2010, 28(3):141-147.
- [8] 颜雄,张杨珠,刘晶. 土壤肥力质量评价的研究进展[J]. 湖南农业科学, 2008(5):82-85.
- [9] 郭兆元. 陕西土壤[M]. 北京:科学出版社, 1992:363-458.
- [10] 章海波,骆永明,赵其国. 基于改进层次分析法的土壤肥力质量综合评价[J]. 土壤学报, 2006, 43(4): 77-583.