

# 宁南山区不同恢复措施对土壤环境效应的综合评价

李生宝,季 波,王月玲,董立国

(宁夏农林科学院荒漠化治理研究所,银川 750002)

**摘 要:**通过宁南山区不同恢复措施对土壤环境效应研究的综合评价,结果表明:土壤水分的含量是影响土壤环境状况的最主要因子,其权重值达到了 0.202,其次为土壤的毛管孔隙度和土壤有机质的含量,其权重值分别达到 0.130、0.112,同时土壤的毛管持水量、土壤碱解氮的含量和土壤脲酶的含量也对土壤环境具有十分重要的作用,其权重值分别达到 0.085、0.076 及 0.063。通过对影响土壤环境的化学性质、物理性质和生物活性的综合评价,88542 水平沟整地、鱼鳞坑整地、梯田整地和人工种草不同程度地改善和提高了土壤的环境质量,其排列顺序为 88542 水平沟 > 梯田 > 鱼鳞坑 > 人工草地 > 天然草地。

**关键词:**宁南山区;恢复措施;土壤环境;综合评价

**中图分类号:**S152;S153

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2007)01-0051-03

## Comprehensive Assessment on Different Restoration Measures to Soil Environmental Effect in Ningnan Hilly Area

LI Sheng-bao, JI Bo, WANG Yue-ling, DONG Li-guo

(Institute of Desertification Control, Ningxia Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Yinchuan 750002, China)

**Abstract:**Through the comprehensive appraisalment on different restoration measures to soil environmental effect in Ningnan mountain area, the results show that: the content of soil moisture is the most major factor that affected soil environmental condition, its weight value reaches 0.202, next is the content of soil organic matter and the soil capillary tube porosity, its weight value reaches 0.130 and 0.112 respectively, at the same time, the capillary tube capacity, soil hydrolysis nitrogen content and the content of nitrogen urea enzyme content have also very important role for soil environment, its weight value reaches 0.085, 0.076 and 0.063 respectively. Through the comprehensive appraisalment of the chemical property, physical property and biology active that affected the soil environment, the 88542 horizontal ditch, fish-scale pits, level terrace and the artificial grassland, to some degree, improved and raised the soil environmental quality. Its order of rank is 88542 horizontal ditch > level terrace > fish-scale pits > artificial grassland > natural grassland.

**Key words:** Ningnan hilly area; restoration measures; soil environment; comprehensive assessment

## 1 前 言

土壤环境综合评价就是对影响土壤环境各个因子高低的综合评判和鉴定,其评价指标也由土壤养分指标发展到包括土壤养分、土壤物理性质、生物化学性质及环境条件等综合性指标。随着科技的发展,认识事物数值化、全面化的要求,土壤肥力评价也要求数量化、客观化、综合化,尽可能地反映土壤肥力的养分状况、物理性状和土壤的环境条件。如何科学、合理地评价土壤环境,为指导农业生产提供理论依据,显得尤为重要。随着“退耕还林”政策的实施,人工林在黄土高原水土保持及生态环境建设中的作用日益突出。因此采用影响土壤环境因子的多项指标对宁南山区不同恢复措施后的土壤环境做一个客观的评价具有十分重要的意义。

## 2 研究地区与方法

### 2.1 研究地区自然概况

项目示范区位于彭阳县东北 13 km 处的白阳镇中庄村,

地貌类型属于黄土高原腹部梁峁丘陵地,地形破碎,地面倾斜度大,平均海拔在 1 600 ~ 1 700 m 之间。该村年平均气温 7.6℃, 10℃ 的积温为 2 200 ~ 2 750℃, 境内年蒸发量较大,干燥度为 3.58<sup>[3]</sup>,无霜期 140 ~ 160 d。降雨是雨水资源量的决定因素,项目区多年平均年降水量 420 ~ 500 mm,降水量集中且年内分配不均,主要集中在 7、8、9 三个月,而且降水的年际变差系数较大,雨量集中月份常以暴雨形式出现,易发局地暴雨洪水。土壤以普通黑垆土为典型土壤,土壤母质为黄土及黄土状物,pH 值在 8 ~ 8.5 之间,呈弱碱性反应,土层深厚,土质疏松。植被类型以草原植被为基础,属于半干旱干草原区,生长有长茅草、角蒿、铁杆蒿、白羊草、赖草、星毛委陵菜等;其次还有中生和旱中生的落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、草甸。人工植被以山桃、沙棘、山杏、山杨等为主。小流域生态治理及经济发展等诸多方面在宁南山区及其黄土高原西部丘陵区均具有一定的代表性。

### 2.2 研究方法

2002 ~ 2004 年在研究区内选不同利用年限的 88542 水

\* 收稿日期:2006-03-01

基金项目:国家“十五”科技攻关重大项目(2001BA606A-04)资助

作者简介:李生宝(1958-),男,宁夏石嘴山人,研究员,主要从事半干旱退化山区生态恢复方面的研究。

平沟、梯田、鱼鳞坑、人工草地、天然草地,土壤取样在不同地方按 0~20 cm;20~40 cm;40~60 cm;60~80 cm;80~100 cm 五个层次随即取样 3 个重复分析结果取平均值。物理性能测定采用环刀法,测定指标为土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度;化学性能的测定指标为土壤全氮、全磷、全钾、有机质、碱解氮、速效磷、速效钾含量;土壤酶活性的测定指标为脲酶(mg/g)、蔗糖酶(mg/g)、多酚氧化(ml/g)、过氧化氢(ml/g)。采用了 AHP 决策法,同时运用模糊隶属函数和综合指数法对影响土壤因子的各个指标进行综合评价分析。

2.3 评价方法计算

2.3.1 各个评价指标权重的确定

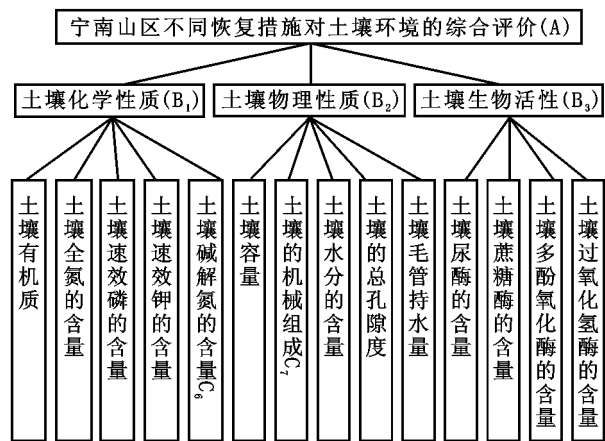


图 1 宁南山区土壤环境因子评价指标层次结构

依据层次分析法(AHP),构造两两比较判断矩阵,两要素的权重之比为  $a_{ij} = w_{ki} / w_{kj}$ ,关于  $a_{ij}$  的计算可根据(表 11)中提供的 1~9 比例标度确定。

表 1 相对比较比例标度					
$w_{ki}$	1	3	5	7	9
$w_{kj}$	1	1/3	1/5	1/7	1/9
同层 $G_i$ 比 $G_j$ 比较等级	同等重要	稍微重要	重要	非常重要	绝对重要

依据(图 1)的递阶层次结构(Stepping hierarchy),评价要素设置和构造各层次之间的两两比较判断矩阵,计算判断矩阵的特征根和特征向量。判断矩阵是针对层次结构中上层次的某要素,把本层次中的各要素排在矩阵的行与列上,对各元素进行两两比较,对其相对重要性进行量化,并选取适当的数值(权重)对该量化的重要性加以表示。

2.3.2 土壤质量中各评价因子标准化计算

(1)容重和土壤颗粒组成等性质隶属度的确定采用三角形隶属函数,(2)有机质、全氮、水解氮、全磷、有效磷、全钾、速效钾评价指标为第二种情况。当它们的实测数值高时,土壤质量就好,反之就差。设该类评价指标的上、下限数值及实测值分别为  $b$ 、 $a$ 、 $x$ ,则其标准化函数表达式为:

$$F(x) = \begin{cases} 100 & (x \geq b) \\ \frac{x-a}{b-a} & (a < x < b) \\ 0 & (x < a) \end{cases}$$

根据第二次全国土壤普查的分级标准实际情况,确定该 5 种评价指标的上下限数值(表 2 - 7)。

(2)土壤容重为:

$$\mu(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0.80 \text{ 或 } x \geq 1.40) \\ 4(1.40 - x) & (1.15 < x < 1.40) \\ \frac{20}{7}(x - 0.80) & (0.80 < x < 1.15) \\ 1 & (x = 1.15) \end{cases}$$

表 2 评价指标的上下限值					
评价因子	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
上限	25	2	45	250	150
下限	2	0.25	25	25	15

(3)土壤物理性质及土壤酶活性隶属度的确定采用升半梯形隶属函数:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 & (x \geq x_0) \\ \frac{x}{x_0} & (x < x_0) \end{cases}$$

式中: $x_0$  为上临界值。其中土壤物理性质及土壤酶活性的上临界值分别为土壤机械组成(0.002~0.2 mm)粒径的含量 90、土壤总孔隙度 65、土壤水分为 30 土壤毛管持水量为 45;蔗糖酶 300.00 mg/kg,脲酶 90.00 g/kg,多酚氧化酶 160.00 mg/kg,过氧化氢酶 3.5 ml/g。

2.4 计算结果

2.4.1 层次分析的综合排序结果

表 3 层次总排序结果					
A	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	B <sub>3</sub>	贡献值(W <sub>i</sub> )	排序
B	0.31	0.529	0.162		
C1	0.36			0.112	3
C2	0.18			0.056	8
C3	0.13			0.039	11
C4	0.10			0.030	13
C5	0.24			0.073	5
C6		0.09		0.050	9
C7		0.12		0.062	7
C8		0.38		0.202	1
C9		0.25		0.130	2
C10		0.16		0.085	4
C11			0.39	0.063	6
C12			0.27	0.045	10
C13			0.20	0.032	12
C14			0.14	0.023	14

2.4.2 各因子数值的标准化及综合指数

表 4 效益评价指标的标准化值					
不同措施	有机质/ (g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/ (g·kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/ (mg·kg <sup>-1</sup> )
88542 水平沟	0.255	0.139	0.047	0.221	0.101
鱼鳞坑	0.128	0.041	0.064	0.452	0.004
梯 田	0.198	0.046	0.052	0.239	0.048
人工草地	0.123	0.054	0.033	0.254	0.042
天然草地	0.153	0.062	0.006	0.265	0.029

3 结果分析

(1)通过对宁南山区不同恢复措施后影响土壤环境因子

的 14 个主要指标的 AHP 决策分析,可以看出:土壤水分的含量是影响土壤环境状况的最主要因子,其权重值达到了 0.202,其次为土壤的毛管孔隙度和土壤有机质的含量,其权重值分别达到 0.130、0.112,同时土壤的毛管持水量、土壤碱解氮的含量和土壤脲酶的含量也对土壤环境具有十分重要的作用,其权重值分别达到 0.085、0.076 及 0.063。

表 5 效益评价指标的标准化值

不同措施	容重/ ( $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$ )	0.2~0.002 mm 粒/ 径的含量/%	土壤水分 含量/%	总孔隙 度/%	毛管持 水量/%
88542 水平沟	0.832	0.875	0.787	0.700	0.829
鱼鳞坑	0.613	0.903	0.849	0.621	0.861
梯 田	0.616	0.853	0.784	0.673	0.801
人工草地	0.147	0.847	0.774	0.654	0.799
天然草地	0.576	0.876	0.722	0.543	0.783

表 6 效益评价指标的标准化值

不同措施	脲酶/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	蔗糖酶/ ( $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$ )	多酚氧化/ ( $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$ )	过氧化氢/ ( $\text{ml} \cdot \text{g}^{-1}$ )
88542 水平沟	0.204	0.304	0.528	0.627
鱼鳞坑	0.084	0.080	0.456	0.463
梯 田	0.158	0.400	0.504	0.471
人工草地	0.244	0.720	0.504	0.528
天然草地	0.158	0.400	0.504	0.471

表 7 效益评价价值

不同措施	化学性指数	物理性指数	酶活性指数	综合指数
88542 水平沟	0.169	0.787	0.355	0.526
鱼鳞坑	0.108	0.779	0.210	0.479
梯田	0.122	0.752	0.337	0.490
人工草地	0.094	0.700	0.466	0.475
天然草地	0.100	0.692	0.337	0.452

(2)就影响土壤环境因子中的化学性质的 5 个指标而言,通过对不同恢复措施后的综合评价可以看出,88542 水平沟整地后土壤化学性质的综合指数最高达到了 0.169,其次为梯田,其综合指数为 0.122,最差为人工草地其综合指数为 0.094。总体排列顺序为 88542 水平沟>梯田>鱼鳞坑>天然草地>人工草地。这就说明通过 88542 水平沟整

地、鱼鳞坑整地和梯田的恢复措施总体上改善并提高了土壤的化学性质,而实施人工草措施后土壤的化学性质呈下降趋势,说明人工种草对土壤的养分的消耗很大,建议实施人工种草应该注意及时进行人工补肥。

(3)对于影响土壤环境因子中的物理性质的 5 个指标进行综合评价看出,88542 水平构的综合指数最高达到了 0.787,其次为鱼鳞坑,综合指数为 0.779,最低的为天然草地,其综合指数为 0.692,总体排列顺序为 88542 水平沟>鱼鳞坑>梯田>人工草地>天然草地。这就说明通过不同恢复措施后土壤的物理性质得到极大的改善,提高土壤蓄水能力和植物对水分的利用效率。

(4)对于影响土壤环境因子中的生物活性的 4 个指标的综合评价看出,土壤酶活性指数最高的为人工草地 0.466,其次为 88542 水平沟其指数为 0.355,最差的为鱼鳞坑其指数为 0.21,总体排列顺序为人工草地>88542 水平沟>梯田

天然草地>鱼鳞坑。这就说明人工种草、88542 水平沟整地对土壤的酶活性具有显著提高作用,对于鱼鳞坑的酶活性下降可能是由于鱼鳞坑整地后种植的灌木为幼苗,其生长时期对土壤的酶需求大于它给土壤的补剂量。

(5)通过对影响土壤环境的化学性质、物理性质和生物活性的综合评价,可以看出通过 88542 水平沟整体、鱼鳞坑整体、梯田整地和人工种草不同程度地改善和提高了土壤的环境质量,其排列顺序为 88542 水平沟>梯田>鱼鳞坑>人工草地>天然草地。

4 讨 论

(1)在本次评价中运用了层次分析法和模糊综合评价及综合指数法相结合的方法,克服了用单一评价方法存在的主观偏向性,比较全面客观,符合实际情况,用该模型评价生态环境综合治理的综合效益结果可信度高。

(2)从当前的治理效果来看,不同生态恢复措施取得了显著的效果,但是生态环境综合治理是一项复杂的社会工程,受到多种自然因素和人为因素的影响,而这些因素都会直接或间接地影响到综合效益,因此,需要进一步对影响土壤环境因子的各个指标进行动态监测,同时加大不同生态恢复后对土壤侵蚀以及气候效应影响的研究,使得宁南山区生态恢复治理真正做到以恢复生态为中心,发展经济为基础,实现生态效益、经济效益和社会效益的协调发展和综合效益的稳步提高。

参考文献:

[1] 嘲孙渡,张桃林.赵其国我国东南丘陵山区土壤肥力的综合评价[J].土壤学报,1995,(32):361-369.  
[2] 蔡崇法鄂南红壤丘陵区农业可持续发展对策探讨[J].华中农业大学学报(社会科学版),1999(2):21-24.  
[3] 贺立源.湖北省土壤肥料信息管理系统研究[J].华中农业大学学报,1999,28(增刊):258-262.  
[4] 孙波,张眺林,赵其同.我同东南丘陵区土壤肥力的综合评价[J].土壤学报,1995,32(4):362-369.  
[5] 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,1995,(5):449-452.  
[6] 白由路,李云霞,李有田,等.温孟滩移民安置区土壤颗粒分布特点研究[J].河南农业大学学报,1998,(2):57-59.  
[7] 陈焕伟,张凤荣,刘黎明,等.土壤资源调查[M].北京:中国农业出版社,1997.180-277.  
[8] 杨友孝.中国农村可持续发展区域评价与对策研究[D].北京:北京大学,2001.  
[9] 黄孝林.矿产资源可持续发展评价指标体系的研究[D].北京:中国地质大学,2000.  
[10] 朱昱,辛洪学.公路网可持续发展评价理论与方法研究[J].黑龙江工程学院学报,2002,16(2):37-41.  
[11] 尹子民,余佳群,初明畅.企业竞争力与可持续发展评价方法的研究[J].北京工业大学学报,2003,29(1):122-125.  
[12] 王新代,宋春红.水资源可持续开发利用评价的模糊数学方法[J].气象水文海洋仪器,2003,(1):55-58.  
[13] 崔振才,田文苓,郭林华.水资源可持续利用的模糊优选模型[J].中国人口、资源与环境,2000,(10):97-98.