

## 北川河流域退耕还林(草)对土壤质量影响的评价

李文忠<sup>1</sup>, 贺永元<sup>2</sup>, 张伟华<sup>1</sup>, 周心澄<sup>1</sup>

(1. 北京林业大学水土保持学院, 北京 100083; 2. 青海省大通县林业局, 青海 大通 810100)

**摘要:**“万物土中生”, 土壤是生态环境的重要组成部分。探讨退耕还林(草)工程对土壤质量的影响, 可以为工程的持续开展提供有关的理论依据。通过对我国退耕还林(草)工程重点试验县——青海省大通县北川河流域不同时间序列的退耕地的土壤, 进行了系统的对比研究。研究结果表明: 土壤质量综合指数值为坡耕地 34.0% < 弃耕地 40.8% < 退耕地(3~10 a) 63.6% < 退耕地(11~20 a) 74.4% < 天然次生林地 82.8% < 天然灌丛地 90.6%。随着时间的延续, 退耕地土壤理化性质将会得到明显改善, 土壤质量会逐步得到提高。

**关键词:** 退耕还林; 土壤质量; 评价

中图分类号: S152; S153

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2005)06-0001-03

## Evaluation of Influence of Changing Slope Farm land into Forest and Grassland on Soil Quality in Beichuanhe Watershed

L I W en-zhong<sup>1</sup>, H E Y ong-yuan<sup>2</sup>, Z H A N G W ei-hua<sup>1</sup>, Z H O U X in-cheng<sup>1</sup>

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China;

2. Forest Station of Datong County, Qinghai Province, Datong, Qinghai 810100, China)

**Abstract:** “Anything grows in soil” and soil is an important part of the ecological environment. The study on the influence of the Project of Changing Slope Farm land into Forest and Grassland on soil quality could provide academic bases for the project development sustainably. Through the study on soil of the time sequence rehabilitation land in Beichuanhe watershed of Datong county, Qinghai province, one of the national experimental counties for the Project of Changing Slope Farm land into Forest and Grassland, the results showed that the soil quality index of different land types is sloping land 34.0% < uncultivated land 40.8% < rehabilitation land (3~10 a) 63.6% < rehabilitation land (11~20 a) 74.4% < natural forestland 82.8% < natural shrubland 90.6%. With the time, physical and chemical properties of soil of rehabilitation land and soil quality of it would be obviously improved.

**Key words:** changing slope farm land into forest and grassland; soil quality; evaluation

土壤质量主要是指土壤功能, 即土壤在生态系统的范围内, 维持生物的生产力、保护环境质量以及促进动植物健康的能力<sup>[1]</sup>。土壤具有不同等级的质量, 这是与土壤的各种形成因素以及土地利用引起的动态变化有关的一种固有的土壤属性<sup>[2]</sup>。土壤是农林牧业生产的重要物质基础, 是人类财富的源泉, 也是人类赖以生存繁衍的重要环境保证。合理改良土壤, 防止土壤退化, 既关系到生态环境的改善, 又能直接有效地促进国民经济的快速发展<sup>[3]</sup>。本文通过对我国退耕还林(草)工程重点试验县——青海省大通县北川河流域不同时间序列的退耕林地的土壤, 进行了系统的对比研究, 旨在科学地评价了退耕还林(草)工程对土壤质量的影响, 以期为该流域这项工程持续开展, 提供可靠的理论依据。

### 1 研究区概况

试验地设在青海省大通县北川河流域, 地处祁连山地与黄土高原的过渡带, 介于 100°51′~101°56′E, 36°43′~37°23′之间, 海拔 2 280~4 662 m。属大陆性气候, 年日照时数为

2 605 h, 年平均气温为 2.8℃, 极端最高气温为 30.9℃ (1972-08-10), 极端最低气温为 -33.1℃ (1975-12-14), 年内无霜期 70~120 d, 年平均降水量为 508 mm, 年平均蒸发量为 1 290 mm, 年湿润指数变化范围为 0.56~1.32。主要土类有高山石质土、高山草甸土、山地棕褐土、黑钙土、栗钙土、潮砂土、垫淤土、沼泽土等。森林植被属寒温性常绿针叶林类型及落叶阔叶林类型, 其分布状况不但有明显的坡向性, 而且还有明显的垂直地带性, 其垂直分布大致分为河川谷地落叶阔叶针叶林植被带、山地针阔叶林植被带、山地常绿针叶林植被带、亚高山灌木林植被带、高山灌丛植被带 5 个带。

### 2 研究方法

#### 2.1 样地设置

主要为北川河流域不同时间序列的退耕林地, 同时选取天然次生林、坡耕地、弃耕地、高山草甸等进行对比研究。详见表 1。

\* 收稿日期: 2004-12-02

基金项目: “十五”国家科技攻关计划项目“退耕还林还草工程区水土保持型植被建设技术与示范”(2001BA510B01)

作者简介: 李文忠(1967-), 男, 博士, 主要研究方向: 林业生态工程。

表1 土壤质量因子测定的不同土地类型

样地编号	立地条件与土壤类型	土地类型	年限/a	主要植物种类
QH030719001	低位脑山阳坡黑钙土	退耕还药	3	川赤芍
QH030719002	低位脑山阳坡黑钙土	退耕还林	16	华北落叶松
QH030720001	低位脑山阳坡黑钙土	坡耕地		油菜
QH030722001	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	10	青海云杉
QH030723001	低位脑山阴陡坡山地棕褐土	天然次生林	50	白桦
QH030723002	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	17	华北落叶松
QH030724001	低位脑山阳坡高山草甸土	弃耕地	8	垂穗披碱草
QH030724002	低位脑山阳坡黑钙土	坡耕地		豌豆
QH030728001	中位脑山阴坡高山草甸土	弃耕地		垂穗披碱草
QH030728002	中位脑山阴坡高山草甸土	弃耕地		垂穗披碱草
QH030729001	低位脑山阳坡黑钙土	天然灌丛		葡萄 子
QH030730001	中位脑山阳坡高山草甸土	弃耕地		苔草
QH030802001	低位脑山阴缓坡山地棕褐土	天然次生林		青海云杉+ 白桦
QH030802002	低位脑山阴缓坡山地棕褐土	天然次生林		白桦+ 青海云杉
QH030803001	低位脑山阴缓坡山地棕褐土	天然次生林		青海云杉
QH030803002	低位脑山阴陡坡山地棕褐土	天然次生林		山杨
QH030804001	低位脑山阴陡坡高山草甸土	天然灌丛		中国沙棘
QH030809001	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	22	青海云杉
QH030809002	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	22	华北落叶松
QH030809003	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	10	中国沙棘
QH030810001	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	坡耕地		小麦
QH030810002	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	坡耕地		油菜
QH030811001	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	22	白桦+ 青海云杉
QH030811002	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	11	青杨+ 白桦+ 中国沙棘
QH030811003	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	11	青海云杉+ 中国沙棘
QH030812001	中位脑山阳坡黑钙土	退耕还林	21	青杨+ 中国沙棘
QH030818001	低位脑山阳坡黑钙土	退耕还林	4	青海云杉+ 中国沙棘
QH030818002	低位脑山阳坡黑钙土	退耕还林(草)	4	中国沙棘+ 紫花苜蓿
QH030818003	低位脑山阳坡黑钙土	退耕还林	4	中国沙棘
QH030818004	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林(草)	4	中国沙棘+ 紫花苜蓿
QH030818005	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	3	青海云杉+ 中国沙棘
QH030818006	低位脑山阴缓斜坡黑钙土	退耕还林	3	白桦+ 中国沙棘
QH030819001	低位浅山阳陡坡栗钙土	退耕还林	6	柠条
QH030819002	低位浅山阴缓坡栗钙土	天然灌丛		银露梅
QH030819004	低位浅山阴缓坡栗钙土	天然灌丛		金露梅

2.2 样品采集及数据处理

将所有调查样地按照植被类型分为6种土地类型: 坡耕地、弃耕地、退耕地(3~ 10年)、退耕地(11~ 20年)、天然灌丛地、天然次生林地。每种土地类型选择不同的样地进行多点重复采样, 其中坡耕地、弃耕地、退耕地(3~ 10年)、退耕地(11~ 20年)、天然灌丛地、天然次生林的采样数目分别为: 12, 12, 30, 24, 12, 15。土壤采样深度为0~ 20 cm、20~ 40 cm、40~ 60 cm, 测定容重、全氮、全磷、全钾、水解氮、速效磷、速效钾、有机质、代换量。计算值为多点的平均值。容重: 环刀法; 全氮: 硒粉- 硫酸铜- 硫酸消化法; 全磷: 氢氧化钠碱熔- 钼锑抗比色法; 全钾: 氢氧化钠碱熔- 火焰光度法; 水解氮: 扩散吸收法; 速效磷: 碳酸氢钠浸提- 钼锑抗比色法

表2 不同土地类型土壤质量因子的平均值

土地类型	容重/ (g · cm <sup>-3</sup> )	全氮/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全磷/ (g · kg <sup>-1</sup> )	全钾/ (g · kg <sup>-1</sup> )	水解氮/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效磷/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	速效钾/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	有机质/ (mg · kg <sup>-1</sup> )	代换量/ (mol · kg <sup>-1</sup> )
坡耕地	1.31	1.60	0.70	23.10	89.05	7.84	95.67	17.50	19.58
弃耕地	1.20	2.40	0.70	22.90	151.60	1.99	126.50	42.70	28.79
退耕地(3~ 10 a)	1.15	2.50	0.80	23.20	166.29	4.70	109.70	45.20	29.90
退耕地(11~ 20 a)	1.24	1.70	0.60	22.90	96.19	3.07	97.38	50.20	31.92
天然灌丛地	1.23	3.10	0.60	22.30	171.27	3.43	108.55	57.80	32.96
天然次生林地	1.20	2.70	0.50	21.00	166.15	4.91	120.60	61.40	34.00

法; 速效钾: 1N 醋酸铵浸提- 火焰光度法; 有机质: 重铬酸钾氧化法; 阳离子代换量: 盐酸- 醋酸钙- 容量法。

2.3 土壤质量综合指数(SQI)的计算方法

评价土壤质量首先要根据评价目的, 确定可测定的全面评价土壤质量的指标体系, 建立其评价标准。同时, 要考虑评价指标的有效性、可行性、可靠性、可获取性。

土壤质量综合指数的计算一般分为3个步骤, 因子的选择, 权重的确定和综合指数的计算。由于反映土壤质量的各个因子具有连续性质, 故各个因子采用连续性质的隶属度函数, 并根据各因子对土壤质量影响的正负相关性, 确定隶属度函数分布的升降性, 这与各个因子对植被的影响效应是一致的<sup>[4]</sup>。对土壤质量影响呈负相关性的因子, 例如, 黏粒含量、容重等, 采用降型分布函数; 而对土壤质量影响呈正相关性的因子, 例如, 含水量、孔隙度及各项化学因子, 采用升型分布函数, 计算公式如下<sup>[5]</sup>。

升型分布函数:

$$Q(x_i) = (x_i - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}) \tag{1}$$

降型分布函数:

$$Q(x_i) = (x_{min} - x_i) / (x_{max} - x_{min}) \tag{2}$$

式中:  $Q(x_i)$ ——土壤各因子的隶属度值,  $x_i$ ——土壤各因子的值,  $x_{max}$ 和 $x_{min}$ 分别表示第*i*项土壤因子中的最大值和最小值。

由于各个因子对土壤质量影响的程度不同, 所以通常用权重系数来表示各个因子的重要程度。本研究中, 利用SPSS软件进行因子分析, 计算出各个因子主成分的贡献率、累计贡献率和变量共同度, 根据各个因子作用的大小, 确定权重。计算公式如下:

$$W_i = \text{Extraction}_i / \sum_{i=1}^n \text{Extraction}_i \tag{3}$$

式中:  $\text{Extraction}_i$ ——第*i*项土壤质量因子的变量共同度。

根据加乘法则, 计算各种土地类型的土壤质量综合指数SQI<sup>[6]</sup>。计算公式如下:

$$SQI = \sum_{i=1}^n W_i Q(x_i) \tag{4}$$

3 结果与分析

3.1 退耕还林(草)对土壤性质的影响

结果表明, 6种土地类型中坡耕地土壤的全氮、有机质含量、阳离子代换量最低, 明显低于退耕地(3~ 10 a)和退耕地(11~ 20 a), 并且天然灌丛地和天然次生林地土壤的全氮、有机质含量、阳离子代换量最高, 相反坡耕地的土壤容重最大。说明坡地耕作容易降低土壤养分的含量, 退耕后, 随着时间的延续, 植被迅速恢复, 土壤理化性质得到明显改善, 养分大量积累, 逐渐向天然次生林地演替。

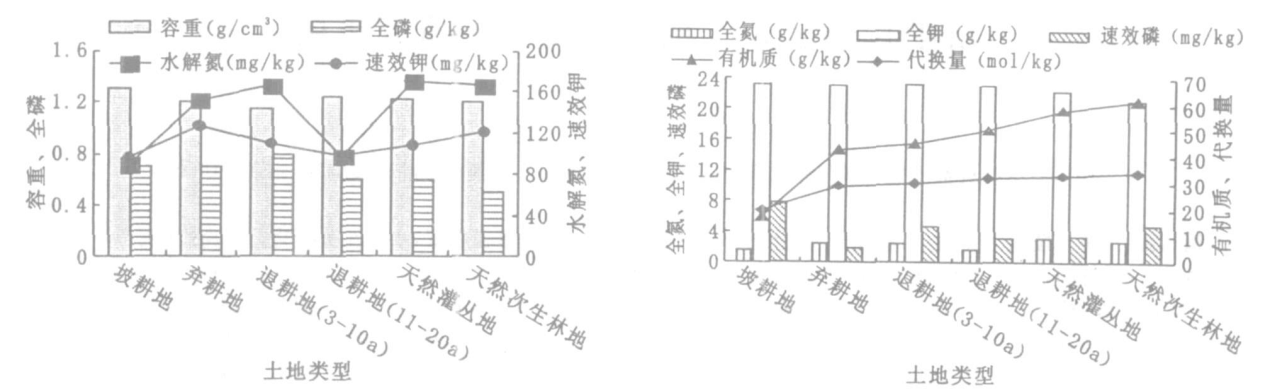


图1 不同土地类型对土壤物理、化学性质的影响

3.2 退耕还林(草)对土壤综合指数的影响

温度、物种多样性、乔灌木的比例等)有着密切的关系。

土壤质量综合指数是反映土壤质量的相对数值, 根据公式(1)和公式(2), 计算得出不同土地类型土壤质量因子的隶属度值(表3)。利用SPSS 软件因子分析的结果计算得出土壤质量因子的权重系数。根据公式(4)计算得出不同土地类型土壤质量综合指数。

表3 不同土地类型土壤质量因子的隶属度值

土地类型	容重	全氮	全磷	全钾	水解氮	速效磷	速效钾	有机质	代换量
坡耕地	0.37	0.33	0.30	0.35	0.33	0.38	0.31	0.28	0.40
弃耕地	0.45	0.40	0.40	0.69	0.15	0.41	0.33	0.43	0.36
退耕地(3~ 10 a)	0.55	0.61	0.60	0.64	0.67	0.76	0.62	0.63	0.64
退耕地(11~ 20 a)	0.65	0.73	0.80	0.65	0.82	0.78	0.75	0.81	0.65
天然灌丛	0.85	0.94	0.93	0.86	0.95	0.88	0.88	0.85	0.92
天然次生林	0.75	0.80	0.85	0.88	0.83	0.82	0.85	0.82	0.78

表4 土壤质量因子主成分的贡献率  
累计贡献率和变量共同度和权重

土壤质量因子	容重	全氮	全磷	全钾	水解氮	速效磷	速效钾	有机质	代换量
贡献率	59.39	20.54	10.37	6.04	3.66	0	0	0	0
累计贡献率	59.39	79.93	90.30	96.34	100	100	100	100	100
变量共同度	0.850	0.756	0.972	0.884	0.849	0.490	0.615	0.899	0.880
权重	0.12	0.11	0.13	0.12	0.12	0.07	0.09	0.12	0.12

图2 为不同土地类型的SQ I 值。结果表明不同土地类型对土壤质量有显著的影响, 坡耕地34.0% < 弃耕地40.8% < 退耕地(3~ 10 a)63.6% < 退耕地(11~ 20 a)74.4% < 天然次生林地82.8% < 天然灌丛地90.6%。坡耕地的土壤质量综合指数值最低, 表明坡地耕作容易造成水土流失, 降低土壤质量, 而退耕地随着时间的延续, 土壤质量综合指数值逐渐增长, 由于退耕后人类干扰活动减少, 植被得到迅速恢复, 土壤物理性质得到明显改善, 营养元素大量积累, 因此, 退耕地的土壤质量综合指数值明显大于坡耕地的土壤质量综合指数值。天然灌丛地与天然次生林地的土壤质量综合指数值较高, 这与天然灌丛与天然次生林群落的微生物环境(如光照

参考文献:

[1] 赵其国, 孙波, 张桃林 土壤质量与持续环境[J] 土壤, 1997, (3): 113- 120

[2] 孙波, 赵其国 红壤退化中的土壤质量评价指标及评价方法[J] 地理科学进展, 1999, (2): 118- 126

[3] 李瑞雪, 冯立孝, 等 马莲滩试区土壤类型、特性及改良利用[A] 罗伟祥 黄土高原渭北生态经济型防护林体系建设模式研究[M] 北京: 中国林业出版社, 1995 131- 135

[4] 黎孟波, 张先婉 土壤肥力研究进展[M] 北京: 中国科学出版社, 1991

[5] 刘世梁, 傅伯杰, 等 两种土壤质量变化的定量评价方法比较[J] 长江流域资源与环境, 2003, (5): 422- 426

[6] 张庆费, 宋永昌, 由文辉 浙江天童山植物群落次生演替与土壤肥力的关系[J] 生态学报, 1999, 2(2): 174- 179

[7] 余建英, 何旭宏 数据统计分析与SPSS 应用[M] 北京: 人民邮电出版社, 2003