

# 青海省湟水河流域不同退耕还林模式土壤效应

董旭

(青海省林业调查规划院, 青海 西宁 810007)

**摘 要:** 基于野外采样、定点观测和室内实验,研究了青海省湟水河流域不同退耕还林模式土壤效应。结果表明,青海省湟水河流域相同林龄(8 a)的不同退耕还林模式(5 种)的土壤有机质含量、总孔隙度和微生物总量大小顺序为:云杉桦树混交>桦树>云杉沙棘混交>云杉>沙棘>农田;土壤容重和 pH 值大小顺序为:云杉桦树混交<桦树<云杉沙棘混交<云杉<沙棘<农田;土壤持水性大小顺序为:云杉桦树混交>沙棘>桦树>云杉>农田;土壤可蚀性 K 因子大小顺序为:沙棘<云杉桦树混交<云杉沙棘混交<桦树<云杉<农田;缓解日温变化效应顺序为:云杉桦树混交>桦树>云杉沙棘混交>沙棘>云杉>农田,土壤微生物总量中细菌>放线菌>真菌,其中细菌占 95% 以上。

**关键词:** 湟水河流域; 退耕还林; 土壤效应; 土壤微生物

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)05-0045-04

中图分类号: S157, S714.2

## Effects of Grain-for-Green on Soil Quality in Huangshui River Basin of Qinghai Province

DONG Xu

(Qinghai Provincial Forest Inventory and Planning Institute, Xi'ning, Qinghai 810008, China)

**Abstract:** Based on sample collection, field monitoring, and indoor experiments, the effects of different types of Grain-for-Green on soil quality were investigated in Huangshui drainage area of Qinghai Province. The results of sample analysis indicate the forests with the same age(8 a) in the order of decreasing soil organic matters, total porosity, and total amount of microorganism as: mixture of *Picea crassifolia* and birch>birch>mixture of *Picea crassifolia* and *Hippophae rhamnoides*>*Picea crassifolia*>*Hippophae rhamnoides*>farmland; in order of decreasing soil bulk density and pH value as: mixture of picea crassifolia and birch>birch>mixture of *Picea crassifolia* and *Hippophae rhamnoides*>*Picea crassifolia*>*Hippophae rhamnoides*>farmland; in the order of decreasing water holding capacity as: mixture of *Picea crassifolia* and birch>*Hippophae rhamnoides*>birch>*Picea crassifolia*>farmland; in the order of decreasing erosion resistance(K) as: *Hippophae rhamnoides*>mixture of *Picea crassifolia* and birch>mixture of *Picea crassifolia* and *Hippophae rhamnoides*>birch>*Picea crassifolia*>farmland; and in the order of decreasing heat capacity as: mixture of *Picea crassifolia* and birch>birch>mixture of *Picea crassifolia* and *Hippophae rhamnoides*>*Hippophae rhamnoides*>*Picea crassifolia*>farmland. The results also show soil microorganisms in the order of decreasing total amount as: bacteria>actinomycetes> epiphyte. Specifically, bacteria accounted for over 95 percent of the total microorganism.

**Keywords:** Huangshui river; grain for green program; soil effects; soil microorganism

湟水河是黄河上游最大的一级支流,位于黄土高原与青藏高原的交错地带,流域面积占青海土地面积的 2.3%,却承负着全省 56% 的人口<sup>[1]</sup>。黄土丘陵区坡耕地是水土流失的主要来源,退耕还林还草是生态恢复的切入点和根本举措,湟水河流域是退耕还林工程的重点实施区<sup>[2]</sup>。

土壤质量是生态环境重要的组成部分,森林土壤是植被恢复重建的基础和保证,反过来,植被的演替影响着土壤的形成和发育<sup>[3]</sup>。因此,开展湟水河流域不同退耕还林模式土壤效应的研究,对于指导区域生态环境建设及其效益评价具有重要的理论和现实意义。

收稿日期:2011-06-13

修回日期:2011-07-14

资助项目:财政部关于下达 2010 年中央财政森林生态效益补偿基金的通知(财农[2010]104 号)

作者简介:董旭(1958—),男(汉族),陕西省富平县人,本科,高级工程师,主要从事林业调查规划设计与生态环境保护研究。E-mail:yangangwu@126.com。

# 1 试验区概况

试验区位于青海湟水河流域,地理坐标为 36°02′—37°28′ N,100°42′—103°01′ E,海拔 2 770~3 110 m,属高原干旱半干旱大陆性气候。年均气温 2.8~7.9℃,降水量 360~540 mm(集中在 6—9 月),蒸发量 1 100~1 800 mm,无霜期 68~184 d,风速 1.2~2.8 m/s。地形复杂多样,土壤垂直地带分布,土壤类型以栗钙土为主。主要植被有青海云杉(*Picea crassifolia*)、桦树(*Betula platyphylla* suk)、中国沙棘(*Hippophae rhamnoides*)等。

# 2 试验内容与方法

## 2.1 试验内容

通过相同林龄(8 a)的不同退耕还林模式(5 种)来研究土壤理化和生物性质、持水性、可蚀性及土壤表层温度,模式分别是云杉桦树混交(2:1)、云杉沙棘混交(3:2)、桦树、云杉和沙棘,以原坡耕地为对照,按照当地习惯小麦和油菜轮作。

## 2.2 试验设计

采用单因素随机区组设计,在不同时空尺度下,通过野外采样、定点观测和室内外实验,分析不同退耕还林模式的土壤效应。乔木林、灌木林样地分别按照 20 m×20 m,10 m×10 m 布设,样地中用蛇形法采集土样,土壤剖面按 0—20,20—40,40—60 cm 3 个层次采集环刀样(100 cm<sup>3</sup>),各层混合均匀后取综合样,进行理化和生物指标测定分析。GPS 坐标均从西北角打点,样地信息见表 1。选择 9 月上旬一个天气晴朗的日子,同步测定日间不同植被类型林下土壤地表温度,每隔 2 h 测 1 次,每次 3 个重复,取平均值。

## 2.3 试验方法

用环刀法测量容重、孔隙度和持水性,重铬酸钾法测定有机质,电位法测定 pH 值,比重计法测量粒径。可蚀性 K 值采用 EPIC 模型中的公式法计算,微生物测定用平板稀释涂抹法,细菌用牛肉膏—蛋白胨培养基平法,放线菌用淀粉胨培养基,真菌用马丁氏培养基。土壤温度测定用普通温度表和曲管地温表法<sup>[4-5]</sup>。

表 1 样地基本情况

样地序号	横坐标	纵坐标	海拔/m	土壤类型	坡度	坡向/(°)	坡位	林龄/a	植被盖/%	主要植被
TGPA—1	17762737	4025457	2 784	栗钙土	5	无	下	8	93	云杉、桦树(2:1)
TGPA—2	17762854	4025793	2 774	栗钙土	5	无	下	8	95	云杉、沙棘(3:2)
TGLD—3	17802842	4023022	2 800	栗钙土	10	西北	中下	8	90	桦树
TGLD—4	17802271	4022981	2 770	栗褐土	20	西	中下	8	90	云杉
TGHL—5	17784257	4002945	3 110	栗钙土	10	南	下	8	96	沙棘
CKPA—0	17778615	4028103	3 018	栗钙土	15	东北	中	0	—	小麦、油菜(轮作)

# 3 结果与分析

## 3.1 土壤理化性质

植被与土壤的耦合效应使得土壤特性具有时空变异性。相同林龄(8 a)的不同退耕还林模式土壤理化指标表现出不同的变化趋势(表 2),有机质含量和

总孔隙度大小顺序为:云桦混>桦树>云沙混>云杉>沙棘>农田,对照农田有机质变幅 257.5%~144.1%,总孔隙度变幅 144.5%~124.1%;容重和 pH 值大小顺序则相反,即云桦混<桦树<云沙混<云杉<沙棘<农田,对照农田容重变幅 71.6%~91.6%,pH 值 81.6%~88.3%。

表 2 不同退耕模式土壤理化性质

样地序号	容重/ (g·cm <sup>-3</sup> )	孔隙度/ %	非孔隙度/ %	总孔隙度/ %	有机质/ %	pH 值	土壤有效持水量/ (t·hm <sup>-2</sup> )	K 值
TGPA—1	1.11	47.87	8.06	55.93	3.27	7.02	204.24	0.422
TGPA—2	1.23	47.18	5.04	52.22	2.91	7.22	—	0.425
TGLD—3	1.18	47.42	5.17	52.59	2.98	7.07	125.76	0.426
TGLD—4	1.26	46.79	4.23	51.02	2.80	7.43	92.59	0.431
TGHL—5	1.42	41.74	6.27	48.01	1.83	7.59	130.58	0.421
CKPA—0	1.55	37.39	1.31	38.70	1.27	8.60	26.20	0.464

土壤是由固体土粒和粒间孔隙组成的复杂多孔体,容重和孔隙度呈反向相关。土壤孔隙度的大小、

数量和分配是评价土壤结构的重要指标,孔性良好的土壤能够满足植被对水分和空气的要求,有利于养分

状况的调节和植物根系的伸展<sup>[6]</sup>。作为土壤水稳性团粒主要胶结剂的有机质绝大部分直接来源于土壤上的动植物残体和根系分泌物的分解释放,增加了土壤 C 源和 N 源,其能够促进土壤中团粒结构的形成,使得土壤渗透性和透气性得到改善,土壤质量得到提高,有机质是土壤肥力的重要指标<sup>[7]</sup>。湟水流域降雨较少,土壤绝大部分呈碱性,在空间尺度上土壤 pH 值是随土壤深度的增加而增大,在时间尺度上大体随着年限的增长而降低<sup>[8]</sup>。不同植被恢复条件下土壤 pH 值有一定程度的降低,主要与有机酸的富集相关,土壤微生物、动物和植被根系分泌物会导致有机酸积累,另外微生物分解枯落物也会产生较多的有机酸。

3.2 土壤生物性质

土壤微生物是森林生态系统的重要组成部分,是

生态系统物质和能量循环的驱动力。不同退耕还林模式土壤微生物组成比例略有不同(见表 3),但大体一致,均为细菌>放线菌>真菌,分别占 95.05%~98.74%,1.41%~3.56%,0.14%~1.39%,细菌占有绝对优势地位。不同退耕模式土壤微生物数量存在着一定的差异性,微生物数量大小顺序为:云桦混>桦树>云沙混>云杉>沙棘>农田,分别是对照耕地的 2.61,2.29,1.85,1.52,1.31 倍。土壤微生物直接参与森林土壤生态系统的物质循环和能量流动,控制着土壤生物化学过程的强度和方向,是评价土壤生态系统变化的敏感指标和表征土壤生物学的肥力指标。随着植物群落正常演替,土壤有机质含量提高、总孔隙度增大,对外界胁迫敏感的土壤微生物量逐渐增加,土壤酶活性逐渐增强,土壤表层有机质富集作用越明显。

表 3 不同退耕模式土壤微生物组成

样地序号	细 菌/ (10 <sup>5</sup> 个·g <sup>-1</sup> )	细菌比例/ %	放线菌/ (10 <sup>5</sup> 个·g <sup>-1</sup> )	放线菌比例/ %	真 菌/ (10 <sup>5</sup> 个·g <sup>-1</sup> )	真菌比例/ %	微生物合计/ (10 <sup>5</sup> 个·g <sup>-1</sup> )
TGPA—1	656.04	97.62	15.05	2.24	0.94	0.14	672.03
TGPA—2	468.42	98.37	6.71	1.41	1.05	0.22	476.18
TGLD—3	571.51	96.81	17.06	2.89	1.77	0.30	590.34
TGLD—4	372.22	95.05	13.94	3.56	5.44	1.39	391.60
TGHL—5	332.61	98.74	3.94	1.17	0.30	0.09	336.85
CKPA—0	246.96	95.96	9.06	3.52	1.34	0.52	257.36

3.3 土壤水分效应

涵养水源是森林生态系统的重要服务功能之一,是植被对降雨进行再分配的复杂过程,土壤层是整个森林生态系统中涵养水源能力最强的作用层<sup>[9-10]</sup>。枯落物作为森林生态系统中独特的结构层次,经微生物分解后形成腐殖质,增加了土壤有机质和孔隙度含量,大量的地表径流经过非毛管孔隙下渗到土壤下层,不仅对森林土壤发育和改良有重要意义,而且凋落物层增大了地表的粗糙系数,蓄水保水作用明显。各植被类型土壤表层有效持水量范围在 84.6~161.2 t/hm<sup>2</sup> 之间,分别是对照耕地的 3.2~6.2 倍。土壤持水量大小顺序为:云桦混交>沙棘>桦树>云杉>农田,这是由于土壤蓄水效能及渗透能力的强弱主要取决于森林土壤非毛管孔隙度。由于黄土高原地区多为超渗产流,表层土壤渗吸过程为 INVERSE 模型,植被通过丰富的根系对土壤缠绕固结,巩固土壤的“点棱接触侧斜支架式多孔结构”,提高了土壤对降雨的入渗能力,将地表径流有效转化为地下径流,补给地下水<sup>[11]</sup>。又由于林木根系和枯枝落物层改善了土壤物理性状,土壤的蓄水能力和透水性能增加,是大气降水的主要蓄存库和调节器,在森林水循环中有重

要作用,土壤中暂时储蓄的水分,一部分供植物吸收和蒸发散消耗,一部分则通过渗透汇入溪流。

3.4 土壤可蚀性

土壤可蚀性是评价土壤被降雨侵蚀力分离、冲蚀和搬运难易程度的一项指标,是影响土壤流失的内在因素,通常用 K 值来衡量<sup>[12]</sup>。它是定量研究土壤侵蚀的基础,对于土壤水土保持功能评价有指示作用。土壤颗粒组成随退耕年限的增加,砂粒含量略微增加,粉粒含量略有减少,黏粒含量则基本不变,土壤可蚀性有降低的趋势,K 值大小顺序为:沙棘<云杉桦树混交<云杉沙棘混交<桦树<云杉<农田,对照农田 K 值变幅 91.3%~93.5%,退耕还林的水土保持作用明显。

3.5 林下土壤表层温度

人工林草植被由于改变了下垫面性质,进而影响到土壤—植被—大气连续体的水热交换,从而使局地近地层的能量分配发生变化,形成局地小气候效应,小气候效应是区域生态效应发挥的基础。为全面了解退耕还林地人工植被的小气候效应,选取表征区域微气候的主要指标温度及其效应来直观反映该区域生态建设所取得的成效。由表 4 可知,人工植被可使

日间大多数时刻气温降低,气温日较差减小,但不同植被降低程度大小不同。缓解日温变化效应的大小顺序为:云桦混交>桦树>云沙混交>沙棘>云杉>农田,气温日较差比对照农田降低了 0.3~0.1℃。

退耕还林草增加了地面植被覆盖度,削弱了空气下层交换作用,表现在对日温极差变化的缓解作用,通过降低最高温度和减小日较差来实现,使日间升温缓慢,晚间降温缓慢。

表 4 不同退耕模式土壤表层温度变化

℃

样地序号	时 间						平均 温度	最高 温度	最低 温度	日较差
	08:00	10:00	12:00	14:00	16:00	18:00				
TGPA—1	19.0	23.2	26.6	28.8	28.7	23.1	24.9	28.8	19.0	9.8
TGPA—2	19.9	24.9	28.1	29.9	27.2	21.3	25.2	29.9	19.9	10.0
TGLD—3	19.1	23.6	26.7	29.0	28.2	22.8	24.9	29.0	19.1	9.9
TGLD—4	20.1	25.0	28.2	30.1	27.3	21.4	25.4	30.1	20.1	10.0
TGHL—5	19.8	24.5	27.7	29.8	27.1	21.4	25.1	29.8	19.8	10.0
CKPA—0	20.2	25.1	28.4	30.3	27.4	21.5	25.5	30.3	20.2	10.1

## 4 结 论

相同林龄不同退耕还林模式土壤有机质含量、总孔隙度、微生物总量大小顺序为:云桦混交>桦树>云沙混交>云杉>沙棘>农田,土壤容重和 pH 值大小顺序则相反,即云桦混交<桦树<云沙混交<云杉<沙棘<农田,土壤持水性大小顺序为:云桦混交>沙棘>桦树>云杉>农田,土壤可蚀性  $K$  因子大小顺序为:沙棘<云桦混交<云沙混交<桦树<云杉<农田,缓解日温变化效应大小顺序为:云桦混交>桦树>云沙混交>沙棘>云杉>农田,土壤微生物总量中细菌>放线菌>真菌,其中细菌占 95%以上。退耕还林是生态恢复与重建的关键,生态建设只有与生态修复结合起来,才能从根本上改变区域生态环境恶化的问题。生态修复应本着先局部后区域、先重点后全局的思路,保护与重建相结合、短期与长期相结合的原则,以异龄混交复层林为终极演替发展目标。

### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 赵串串,王湜,孙根行,等. 青海省湟水河流域退耕还林地土壤可蚀性研究[J]. 林业资源管理,2010(2):73-77.
- [2] 王占礼,邵明安,雷廷武. 黄土区耕作侵蚀及其对总土壤侵蚀贡献的空间格局[J]. 生态学报,2003,23(7):1328-

1335.

- [3] 渠开跃,代力民,冯慧敏,等. 辽东山区不同林型土壤有机质 NPK 分布特征[J]. 土壤通报,2009,40(3):558-562.
- [4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科技出版社,1981:36-148.
- [5] 张科利,蔡永明,刘宝元,等. 土壤可蚀性动态变化规律研究[J]. 地理学报,2001,56(6):673-681.
- [6] 薛蕙,刘国彬,戴全厚,等. 不同植被恢复模式对黄土丘陵区侵蚀土壤微生物量的影响[J]. 自然资源学报,2007,22(1):20-27.
- [7] 彭新华,张斌,赵其国. 土壤有机碳库与土壤结构稳定性关系的研究进展[J]. 土壤学报,2004,41(4):618-623.
- [8] 林培松,尚志海. 韩江流域典型区不同森林类型土壤理化性质初步研究[J]. 水土保持研究,2009,16(3):117-120.
- [9] 陈光升,胡庭兴,黄立华. 华西雨屏区人工竹林凋落物及表层土壤的水源涵养功能研究[J]. 水土保持学报,2008,22(1):159-162.
- [10] 王德连,雷瑞德,韩创举. 国内外森林水文研究现状和进展[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):156-160.
- [11] 赵鹏宇,徐学选. 黄土丘陵区不同土地利用方式土壤入渗规律研究[J]. 水土保持通报,2009,29(1):40-44.
- [12] 张金池,李东海,林杰. 基于小流域尺度的土壤可蚀性  $K$  值空间变异[J]. 生态学报,2008,28(5):2199-2206.