

砒砂岩地区沙棘“柔性坝”拦沙与生态效应试验研究

杨方社^{1,2}, 李怀恩¹, 杨联安², 王新宏¹, 毕慈芬³

(1. 西安理工大学 水利水电学院, 陕西 西安 710048;

2. 西北大学 环境科学系, 陕西 西安 710069; 3. 黄河上中游管理局, 陕西 西安 710043)

摘要: 沙棘植物“柔性坝”是一种防止沟道土壤侵蚀、拦沙保水的新型生物工程, 尤其适合生态环境恶劣的砒砂岩地区。在内蒙古砒砂岩地区鄂尔多斯市准格尔旗东一支沟开展了沙棘植物“柔性坝”野外拦沙保水实验, 泥沙颗粒级配分析结果表明, 沟道“柔性坝”坝系普遍发生了淤积, 与下游刚性谷坊配套使用可天然分选沟道里的泥沙——拦粗淤细, 将粗沙拦截在沟道里, 细沙淤在下游谷坊中, 拦沙效果非常明显。“柔性坝”沟道土壤水分监测表明, 沙棘植物“柔性坝”沟道土壤剖面含水量年内动态变化有着明显的差异, “柔性坝”可显著调节沟道土壤水分, 提高水源涵养能力, 促进“柔性坝”自我繁殖, 实现坝体的自我增长。

关键词: 土壤侵蚀; 沙棘“柔性坝”; 拦沙效应; 土壤水分

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)01-0102-03

中图分类号: S714.7

Experimental Research on Effects of Seabuckthorn “Flexible Dam” on Sediment Retention and Ecology in a Soft Rock Region

YANG Fang-she^{1,2}, LI Hua-en¹, YANG Lian-an², WANG Xin-hong¹, BI Ci-fen³

(1. Institute of Water Resources and Hydroelectricity, Xi'an University of Technology, Xi'an,

Shaanxi 710048, China; 2. Department of Environmental Science, Northwest University, Xi'an,

Shaanxi 710069, China; 3. Bureau of the Upper and Middle Reaches of Yellow River, Xi'an, Shaanxi 710043, China)

Abstract: The “flexible dam” made of the Seabuckthorn plant is a new bio-engineering measure used in soil erosion controlling, sediment retention and water conservation in gully, especially in the soft rock region with serious environmental problems. A field experimental research on sediment retention and water conservation by the seabuckthorn plant “flexible dam” was carried on in the small East-One-Branch gully in the representative soft rock region of Zhungeer County, Erdos City, Inner Mongolia. The analyses of sediment particle distribution and monitored and measured soil moisture data obviously show that the “flexible dams” are mostly silted up. Sediment in gully channel is subject to a natural selection—intercepting coarse sediment particles and depositing fine sediment particles by using the “flexible dams” together with small rigid dams down stream of gully channel. Much of the sediment is just held up in gully and the effect of sediment retention is very distinct. The “flexible dam” can strikingly regulate soil water in gully channel, and the dynamic change in the distribution of soil water in soil profile is obviously different in different positions of the “flexible dam” each year. The seabuckthorn plant “flexible dam” can improve the effects of conserving water, boost the self-reproducibility of “flexible dam” and achieve the self-growth of it.

Keywords: soil erosion; seabuckthorn plant “flexible dam”; effect of sediment retention; soil moisture

沙棘“柔性坝”是我国水保专家毕慈芬、李桂芬^[1]等人于近年来提出的一种新型防止沟道小流域土壤侵蚀的生物工程, 是在黄土高原严重水土流失砒砂岩地区多年研究和治理实践的基础上提出来的。

沙棘作为治理砒砂岩地区水土流失的先锋树种, 是由它得天独厚的生物学特性所决定的。沙棘是一

种适应性很强的植物, 在年平均温度 4.7℃~15.6℃, 降水量 250~800mm 的地区都能生长, 在降水量 400~500mm 的条件下生长良好, 可耐地表最低温度 -50℃ 和最高温度 60℃。沙棘的侧根系十分发达, 以水平根系为主, 且具有很发达的皮层薄壁组织和多细胞皮, 这使得沙棘易串根, 分蘖萌生蔓延能

收稿日期: 2005-10-12

修稿日期: 2006-03-10

资助项目: 国家自然科学基金项目“黄河粗沙区沙棘柔性坝水保效应原型试验与数学模拟”(50479067); 霍英东教育基金会第九届高等院校青年教师基金优选课题“抑制土壤风蚀对防治沙尘暴的作用”(944005)

作者简介: 杨方社(1975—), 男(汉族), 陕西武功人, 西北大学环境科学系教师, 硕士, 助教, 在读博士生, 主要从事河流泥沙动力学及水土保持与环境方面的研究。电话(029)88302460, E-mail: yangfangshe978@163.com 或 yangfangshe978@126.com。

力强,繁殖快,枝叶茂密,生物量大,具有良好的水土保持作用^[2-3]。这些特性使沙棘能够很好地适应黄土高原及整个三北地区的恶劣环境条件,使它在各类可选择的植物中出类拔萃,成为首选植物。

砒砂岩地区是黄土高原最集中的碎屑基岩产沙区,是黄河中游主要粗沙来源区,集中于晋、陕、蒙交界区域,该区是中外专家公认的“世界水土流失之最”,是有“地球环境癌症”之称的生命禁区。砒砂岩地区属风水混合侵蚀区,风蚀模数达 1 500~ 7 500 t/(km²·a),水蚀模数达 15 000~ 25 000 t/(km²·a),平均侵蚀模数为 2.00 × 10⁴ t/(km²·a),最高达 4.00 × 10⁴ t/(km²·a),属特剧烈土壤侵蚀区。该区产沙以沟蚀为主,沟蚀量占总侵蚀量的 80%,由于沟壑比降大,暴雨集中,暴雨洪水除对坡面侵蚀外,主要形成沟壑股流,以推移、跃移、蠕移的形式搬运、输移沟谷坡脚堆积的大量碎屑物质。

针对上述砒砂岩地区产流输沙特点,按照“以柔克柔”(针对松散颗粒构成的谷坡)和“以柔消能”的思路,根据沙棘耐旱、根、干、枝、叶均能不断迅速呈簇状生长,淤埋以后的干枝可生新的横根等植物学特性,优选沙棘苗,在支、毛沟(黄河的 4、5 级支沟)内,按一定株距和行距垂直于水流方向交错种植若干行,利用沙棘的枝干撞击、分散股流,达到消能的作用,使水流的行进流速小于泥沙的起动流速,从而拦截暴雨洪水携带的大量泥沙,以改变沟壑的输水输沙特性,达到就近把泥沙,尤其是粗沙拦截在沟壑之中的目的。20 世纪 90 年代中期,毕慈芬等^[1]将这种按一定株距和行距垂直于水流方向交错种植的若干行沙棘体称为沙棘植物“柔性坝”。

1 野外试验概况

1.1 试验区域概况

试验是在内蒙古自治区鄂尔多斯市(原伊克昭盟)境内的准格尔旗进行。准格尔旗属于典型的砒砂岩地区,它位于鄂尔多斯高原东南部,是较严重的沙尘暴多发地区之一,也是我国黄河中游粗沙主要来源区之一。

试验研究小流域选在伊盟准格尔旗西召沟左岸东一支沟进行,该沟控制流域面积为 1.67 km²,沟长 1 628 m,上游有支、毛沟 36 条,总长 2 485 m。

1.2 沙棘植物“柔性坝”坝系布设概况

1996 年开始在 1[#] 谷坊回水末端以上布设“柔性坝”坝系,共布设 9 座,其中主沟道 5 座,左右支沟各 2 座。采用 2~ 4 a 生沙棘苗,按株距 0.3 m,行距 2 m,埋深 0.4 m 进行栽植。

2 试验结果与分析

沙棘植物“柔性坝”可增大沟道糙率,延缓沟道输沙,1997—2005 年的“柔性坝”监测数据表明,沟道“柔性坝”坝系普遍发生了淤积,“柔性坝”与下游刚性谷坊配套使用可天然分选沟道泥沙——拦粗淤细,就近将泥沙拦截在沟道里。沙棘植物“柔性坝”各部位的土壤剖面含水量年内动态变化有着明显的差异,沙棘植物“柔性坝”可显著地调节沟道土壤水分。

2.1 具有明显的天然分选作用

图 1 是用比重计法测得的典型坝体 1[#], 5[#], 2[#], 0[#] 坝的泥沙机械组成级配曲线。由图 1 可看出,自上游至下游即 1[#] → 5[#] → 2[#] → 0[#], > 0.05 mm 的粗颗粒泥沙比重逐渐减小,说明最上游沟头的粗泥沙在沟道输沙过程中经植物“柔性坝”层层拦截,至下游 0[#] 坝时,粗颗粒比重已由 1[#] 坝的 99.7% 减至 86.6%,减沙比约为 1/7,效果很明显。细沙淤积在 0[#] 坝下游的 1[#] 谷坊内,实测数据表明谷坊上部大于 0.05 mm 的粗沙占 37%,下部占 11%,实现了粗沙和细沙的天然分选。经过谷坊的再次拦截,沟道里的剩余粗沙和细沙都被拦截在谷坊里,实现了泥沙不出沟或少出沟的目的。文献[1]中实测资料给出,1997—1999 年,“柔性坝”拦截大于 0.05 mm 的粗沙为 765.6 m³,占该时段“柔性坝”坝系总拦沙量的 78%。

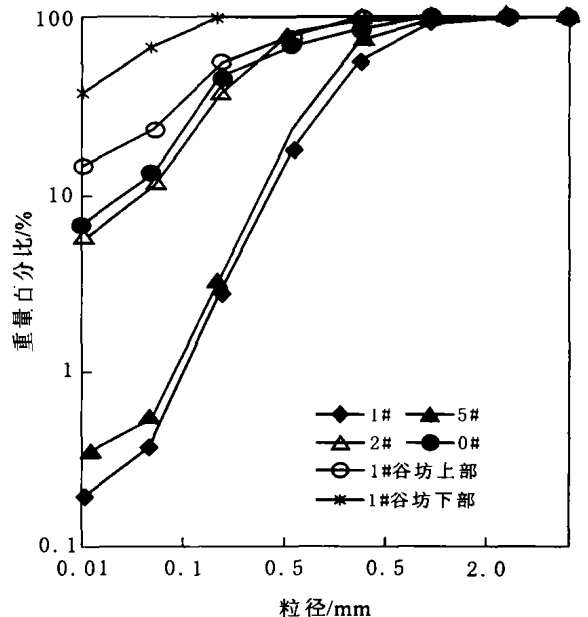


图 1 典型坝体的泥沙颗粒级配曲线

2.2 减小沟底比降,增大沟道糙率,延缓沟道输沙

1997—2005 年,全沟段纵比降比布设“柔性坝”前略为变小,1995 年布设前,主沟、左支沟、右支沟平

均比降分别为 4.4%, 6.8%, 5.8%。布设后 1999 年分别为 3.7%, 6.5%, 4.6%。2000 年分别为 2.5%, 5.1%, 3.9%, 沟道比降变缓; 另外, 沟底由于“柔性坝”的存在, 改变了沟道的土壤水分条件和有机质, 使得沟道土壤条件向有利于杂草植物生长的方向发展,

据 2005 年调查, 沟道从原来光秃秃的地表已成为以尖草为主的多种草本植物并存的复杂地表, 大大增加了沟道的糙率。表 1 是 2005 年 8 月 15 日调查的“柔性坝”沟道草木种类情况。比降变缓和糙率增大, 使得沟道水流流速减小, 从而有利于泥沙的淤积。

表 1 “柔性坝”沟道草木植物种类

坝号	0# 坝						2# 坝				1# 坝			
	下游		中游		上游		下游		中游		上游	中游	上游	
	主槽	边坡	主槽	边坡	主槽	边坡	主槽	边坡	主槽	边坡	主槽	主槽		
调查面积/m ²	25	9	25	4	16	4	9	4	16	4	9	4	4	25
植物种类数	14	11	23	15	17	10	13	8	19	17	11	10	10	8

2.3 “柔性坝”沟道土壤水分年内动态变化

图 2 是“柔性坝”沟道中游典型 2# 坝沙质壤土 2000 年 4—10 月的土壤水分年内动态变化图。

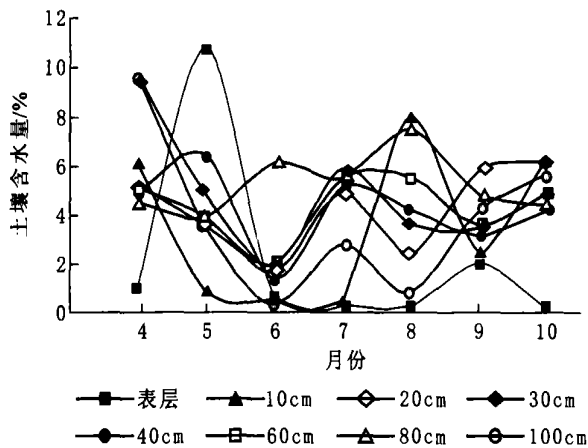


图 2 “柔性坝”沟道 2000 年内土壤水分动态变化

从图 2 中可知, 土壤各层的水分在年内各月份的变化基本上是有规律的, 但是在各月份内土壤剖面各层的水分变化还是比较大的。比较 8 个土层土壤水分的变化动态, 以表层土壤水分的变化最为剧烈, 10 cm 土层、30 cm 土层和 100 cm 土层在 4—5 月变化较为剧烈外, 其它土层在年内变化均相对平缓。无论在哪个土层中, 土壤水分动态变化都有相似的趋势, 即在雨季(5—9 月)土壤水分含量明显高于旱季(10 月—翌年 4 月)。其中表层土壤水分含量在 5 月份以及 10 cm 土层中土壤水分在 8 月份都突然增大, 是由于该月份在同期测定时间前降了一场大雨所致。还可明显看出, 第二季度是土壤水分消耗期, 因为该期一般降雨少, 且植物开始苏醒生长, 加之该区强烈蒸发, 土壤水分迅速消耗。第三季度由于多降雨, 但同时也强蒸发, 土壤分处于补偿与消耗的动态平衡变动区。第四季度和第一季度是土壤水分稳定积蓄上升期, 由于该期温度梯度较大, 区域气温持续降低, 植物草木

活动减弱, 蒸散发量急剧下降, 土壤水分活跃性减弱。另外, 冬春季有融雪雨水补给, 因此导致土壤水分处于积蓄增长期, 以备来年草木植物生长所用。

2.4 加速“柔性坝”自我繁殖, 实现坝体的自我增长

沙棘第 1 a 施种在地面以上平均高度 1.1 m (即“柔性坝”坝高) 处。当汛期来沙淤积后, 到次年汛前一直能保持在 1.5 m 以上的高度, 且坝体可自我繁殖实现坝体的增长加高。这是因为, 沙棘具有很强的横向水平生根能力, 上部淤理的部分在短期内会生出较多的水平根, 且水平根的根瘤可再长出新的沙棘苗来, 加之“柔性坝”具有调节土壤水分, 减少水分蒸发, 存储水资源, 从而促进沙棘坝体的再生长。同时新生根系和表层床沙相互作用, 可以起到固土保水的作用, 防止水流冲刷。

3 结 语

试验结果表明植物“柔性坝”是治理砒砂岩地区源头沟壑的首选廉价生物工程, 植物“柔性坝”具有良好的透水性, 与刚性谷坊及淤地坝骨干工程坝联合使用形成一个综合生物、工程坝系网, 可以拦粗淤细, 天然分选泥沙。植物“柔性坝”还可增强土壤入渗, 减少蒸发, 调节土壤水分, 可加强下游刚性谷坊微型水库的作用, 缓解当地农业缺水的矛盾。另外, 在“柔性坝”下游与刚性谷坊间还可以整治人工湿地, 增加当地的口粮农田, 促进当地农业经济发展。

[参 考 文 献]

- [1] 毕慈芬, 李桂芬. 砒砂岩地区沟道沙棘植物“柔性坝”原型拦沙研究[J]. 国际沙棘研究与开发, 2003, 1(1): 6—12.
- [2] 李宗孝, 李伯文. 沙棘研究及其生态建设思考[J]. 中国基础科学研究论坛, 2004(6): 40—44.
- [3] 杨芳. 沙棘的研究进展[J]. 第一军医大学分校学报, 2004, 27(1): 79—81.

(部分参考文献略)