

辽西低山丘陵地区水平槽防治水土流失的研究*

卢昌艾 梁继录 王虹 (中国科学院沈阳应用生态研究所, 沈阳 110015)

【摘要】 采用野外调查、定位实验和室内分析相结合的方法, 通过水平槽与鱼鳞坑、荒坡防治水土流失的比较, 研究了水平槽工程及其生物措施防治低山丘陵地带的水土流失所起的作用. 结果表明, 水平槽工程利用截水埂拦截径流, 通过增大土壤入渗速率和延长入渗时间, 蓄积更多的水分; 结合植树种草减少蒸发. 水平槽在截获径流的同时, 也使径流携带的有机无机物质沉积在槽内, 参与土壤的进一步发育, 改善当地的农业生态环境.

关键词 水平槽 低山丘陵 水土流失

Soil and water loss control in hilly regions of western Liaoning province through constructing horizontal troughs. Lu Changai, Liang Jilu and Wang Hong (*Institute of Applied Ecology, Academia Sinica, Shenyang 110015*). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1997, 8(3): 283~ 286.

Field investigation, fixed location experiment and laboratory analysis show that in comparison with fisher scaled pit, horizontal trough could intercept more runoff, increase its infiltration into soil and prolong its infiltration duration. Constructing horizontal trough combined with planting trees and grasses could decrease water evaporation from soil. In the horizontal trough, organic and inorganic matters carried by runoff could be deposited, which participated in the further development of soil and improved the local agro-ecological environment.

Key words Horizontal trough, Hilly region, Soil and water loss.

1 引言

水平槽工程是近年来辽西人们在兴修水平梯田、鱼鳞坑等保持水土工程的基础上, 创造出的又一种新的工程措施, 也是近几年人们防治水土流失的一大贡献. 本文通过水平槽与荒坡、鱼鳞坑防治水土流失相比较, 较系统地研究了水平槽工程及其生物措施防治低山丘陵地带水土流失的作用机理, 以确定其防治水土流失的功效.

2 材料与方法

采用定位试验与室内分析相结合的方法, 结合野外调查资料, 对辽西低山丘陵地区水平槽防治水土流失进行了研究. 定位试验设在六官营子乡前沟村后山, 1986年此山坡上同时修建了水平

槽、鱼鳞坑, 试验地 0~ 70 cm 土壤基本情况见表 1. 水平槽工程是采取等高操作与二次回填土的原理, 也就是水平沟与台田、梯田相结合的水土保持坡面工程^[3]. 坡地整成水平槽后, 可造林、栽果树、种草等.

室内分析项目有: 0~ 15、15~ 30、30~ 50 和 50~ 70 cm 的土壤含水量(每月 1 次); 弱、中、强产流时的径流量, 单位径流体积(1000 ml)所含泥沙含量; 土壤容重、土壤入渗速率、土壤孔隙度、土壤机械组成、田间持水量、土壤饱和含水量等物理性状; 土壤有机质、全 N、全 P、速效 N、速效 P 含量等化学性状. 土壤入渗速率采用静止状态下常水头圆筒法^[5], 其它一些土壤理化性状的测定采用常规分析法^[1].

野外选择喀左县的 12 处近 2700 km² 的水平

* 国家“八五”科技攻关项目(85- 007- 01- 02).

1996 年 9 月 25 日收稿, 1997 年 4 月 18 日接受.

表 1 试验地 0~ 70 cm 土壤基本情况表
Table 1 0~ 70 cm basic soil characters of experimental site

处 理 T treatment	土粒比重 Soil density (g·cm ⁻³)	容 重 Soil bulk density (g·cm ⁻³)	孔隙度 Soil proposity (%)	初始含水量 Initial water moisture(W%)	饱和含水量 Saturated water moisture(W%)	田间持水量 Soil field capacity (W%)
荒 坡(BS)	2.65	1.33	50	16.1	37.7	25.4
鱼鳞坑(FSP)	2.65	1.31	51	16.3	39.3	24.0
水平槽(HT)	2.65	1.28	52	17.5	34.9	24.6

BS: Barren slope, FSP: Fish scaled pit, HT: Horizontal trough.
槽工程, 调查了水平槽地带的山体岩性、地面坡度、地面破碎度、土壤性质、土层厚度、植被类型、兴建时间、降雨量、降雨强度等有关因子。

3 结果与讨论

3.1 水平槽的保水作用

3.1.1 集流过程 水平槽由于截水埂的拦截, 接受降入及径流至槽内的水分, 起到汇集降水的作用. 1994 年, 在前沟村 2.5 m×20 m 的径流小区观测了弱、中、强 3 次不同降雨量及相应的径流量。

5 月 4 日降雨量为 18.5 mm、8 月 6 日为 39.7 mm、7 月 13 日为 139.4 mm; 相应的荒坡、鱼鳞坑、水平槽径流系数 5 月 4 日为 0.09、0、0; 8 月 6 日为 0.33、0.07、0; 7 月 13 日为 0.77、0.55、0.18. 由以上数据可看出, 在降小雨时荒坡产流, 降中雨时鱼鳞坑开始产流, 水平槽仅在降大暴雨时才产流(水平槽设计标准是按 24 h 最大降雨量 151 mm). 一年内一日降雨量 ≥50 mm 的次数仅 1.2 次, 因而水平槽基本上蓄积了大部分的降水, 一年内很少产流。

根据 1986 年以来后坟村径流场观测资料以及辽西水文站观测资料, 大部分荒山荒坡的年径流系数在 0.2~ 0.3 左右. 按历年平均降水量 500.9 mm 计算, 山地丘陵的年径流深达 100~ 150 mm, 兴修水平槽后, 基本上控制了径流。

3.1.2 延长下渗过程 依据马斯格雷夫(Musgrave)的简单实验式:

$$D = Ct^n$$

式中, D 为累计入渗水深(cm), t 为给水时

间(分), C 、 n 为吸入常数。

C 代表开始渗透时段内渗透的水量, 它取决于土壤的结构状况、起始含水量和给水条件. 如果土壤有裂缝或大的孔隙, C 值较大, 反之 C 值较小. n 表示渗透速度随时间减少的程度, 取决于湿润后土壤结构的变化, 即湿润后膨胀的、趋于密闭的不透水土壤此值较小, 结构稳定的土壤在重力流占优势时, n 较大^[6]。

Musgrave 入渗方程是在前沟村实验小区通过测定静止状态下单位时间的入渗水量, 采用静止状态下常水头圆筒法, 给水时间为 80 min, 试验后用计算机拟合 Musgrave 方程^[7]. 模拟结果为:

荒坡土壤的 Musgrave 方程为:

$$D_{HT} = 1.174t^{0.709}, r = 0.999$$

鱼鳞坑土壤的 Musgrave 方程为:

$$D_{FSP} = 1.323t^{0.732}, r = 0.998$$

水平槽土壤的 Musgrave 方程为:

$$D_{BS} = 1.397t^{0.769}, r = 0.999$$

从拟合方程可得出 $C_{HT} > C_{FSP} > C_{BS}$, 说明通气孔隙度为水平槽> 鱼鳞坑> 荒坡, 而且初始含水量也是水平槽> 鱼鳞坑, 鱼鳞坑的初始含水量与荒坡相差无几. 另外, 还可看出, $n_{HT} > n_{FSP} > n_{BS}$, 说明水平槽土壤的水稳定性团聚体较多, 而荒坡土壤的水稳定性团聚体较少。

水平槽蓄积了径流水分, 延长了供水时间, 使土壤存在较长时间的饱和入渗速率, 入渗水量增大. 此外, 水平槽内植树种草后, 树木或植被减弱了蒸发强度, 土壤的起始含水量增加, 湿润锋前进速率加快, 起

始入渗速率和饱和入渗速率均有所增加^[2].

3.1.3 贮水过程 水平槽、鱼鳞坑、荒坡 0 ~ 70 cm 土壤含水量与时间的关系曲线见图 1. 降雨过程中, 入渗和土壤水分再分配过程同时进行, 雨停后, 土壤的入渗过程即将结束, 这时土壤水分在土体内进行再分配过程. 荒坡底层(约 30~ 60 cm 处), 就是母质层或砾石层, 土壤水分难以下渗, 水分的入渗和再分配过程就受到限制. 土体上部的积水因荒坡本身土体板结, 土壤孔隙又以毛管孔占优势, 土壤连成一个以毛管孔相通的水分体系, 在光照充足、地面无覆盖时, 存在着强烈的裸土蒸发, 因而荒坡很快蒸发掉较多的水分^[4,9].

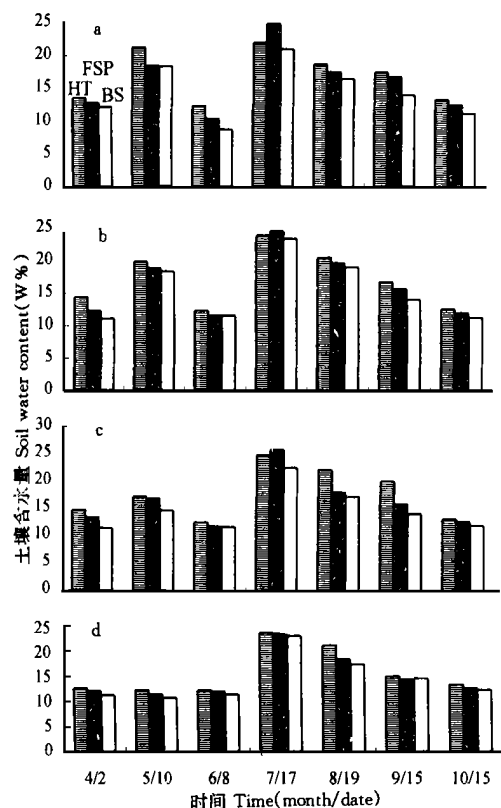


图 1 水平槽、鱼鳞坑、荒坡 0~ 15(a)、15~ 30(b)、30~ 50(c)和 50~ 70(d) cm 土壤含水量

Fig. 1 0~ 15(a), 15~ 30(b), 30~ 50(c) and 50~ 70 (d) cm soil water content of horizontal trough, fish scaled pit and barren slope.

水平槽换土沟内土壤比较疏松, 毛管孔受到通气孔隙的阻隔, 难以连成一片, 这样毛管水上升作用较弱. 枯枝落叶层阻挡了上升至地表的土壤水与大气的直接接触, 茂密的绿叶和地表的植被又阻挡太阳光线直接照射到土壤表层, 受大气蒸发力控制的第一阶段似乎不存在, 土壤蒸发一开始就进入到土壤导水率控制阶段或扩散控制阶段. 土壤水分先沿毛管上升至地表或蒸发至枯枝落叶层与土壤表面交界处, 这时的毛管水上升作用或蒸发作用由于没有直接太阳光线照射, “抽吸”底层土壤水分的能力很弱, 而“抽吸”至地表的水分, 由于枯枝落叶层相当疏松, 水分只能以气态形式透过枯枝落叶层, 蒸发至大气中. 因而水平槽的整个蒸发过程进行得极其微弱, 降至或径流至水平槽内的水分基本无多少损失, 水分的损失主要是通过树木的蒸腾作用^[9]. 鱼鳞坑的毛管孔隙状况介于水平槽与裸地之间, 也有一层枯枝落叶层, 但其蓄积的土壤水分较少, 在没有暴雨的年份, 其贮水、保水作用与水平槽相差无几.

3.2 水平槽截留泥沙的作用

水平槽截留了径流, 使径流携带的泥沙及枯枝落叶物沉积在槽内, 它不仅防治水土流失, 而且这些富含营养元素和有机物质的沉积物进一步参与了土壤的发育.

土壤表面长期受生物作用和风化作用的影响, 形成一层“肥沃”表土. 在荒坡条件下, 当雨滴打击地表土壤时, 形成一层结皮^[8], 这一结皮层比下层土壤的可渗性更差. 雨水渗透具结皮层的土壤非常缓慢, 从而出现雨水集结和片状径流. 在荒坡条件下, 水分很难下渗, 片状侵蚀严重, 这种侵蚀速度常常超过土壤的形成速度. 而水平槽截留径流, 可使径流携带的泥沙沉积在槽内.

1994 年在前沟村径流小区观测了弱、

中、强 3 次降雨量及相应的荒坡、鱼鳞坑、水平槽的产流情况, 以及它们 1000 ml 径流中各自所含的泥沙量, 计算出每次径流的泥沙输移量.

$$W = \alpha \times \rho \times v$$

式中, W 为泥沙输移量($t \cdot km^{-2}$), α 为径流系数, ρ 为降雨量(mm), v 为 1000 ml 径流所含的泥沙量($g \cdot 1000 ml^{-1}$)

计算得荒坡、鱼鳞坑、水平槽的截留泥沙量($t \cdot km^{-2}$) 5 月 4 日为 28.6、0、0; 8 月 6 日为 214.2 和 19.7、0; 7 月 13 日为 1401.3、635.0、186.2. 根据 1986 年后坟径流场以及辽宁省水文站的观测资料, 喀左县裸地山丘的土壤侵蚀模数约为 $2536 t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$, 平均每年剥蚀土层厚度约 2.0 mm; 水平槽、鱼鳞坑的土壤侵蚀模数约分别为 50~150 和 350~580 $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$.

根据 0~2 cm 荒坡表土的全 N 含量($0.99 g \cdot kg^{-1}$), 全 P 含量($0.82 g \cdot kg^{-1}$) 以及荒坡的土壤侵蚀模数, 可算出荒坡损失 N、P 分别为 2.54 和 2.08 $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$. 按目前尿素和过磷酸钙的含 N、P 量及市场价格, 相当于损失尿素和磷肥分别为 5.5 和 14 $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$, 此外, 流失的泥沙中还含有 K 和微量元素等.

4 结 论

4.1 水平槽的保水作用主要是由于水平

槽特殊的储水结构和植被功能, 使落入槽内的降水和土壤间的径流得到控制; 截留的水分有较充足的时间向下入渗, 且换土沟内的土壤比较疏松, 土壤的入渗速率较大, 这样每次降雨后入渗的水量增大; 另外, 水平槽内植树种草后, 降低土壤的蒸发强度, 保持土壤水分的能力也增强.

4.2 水平槽截留径流的同时, 也使径流携带的泥沙及枯枝落叶沉积槽内, 削弱了土壤的侵蚀速度. 沉积的物质多是长期风化作用和生物作用形成的熟化表土与枯枝落叶的混合物, 它参与了土壤的进一步发育. 结合植树种草, 可改善当地的生态环境, 促进农村经济的发展.

参考文献

- 1 王 虹. 1991. 土壤肥料分析方法. 沈阳: 辽宁大学出版社.
- 2 朱祖祥. 1985. 土壤学. 北京: 农业出版社. 118~138.
- 3 孙乃祥. 1993. 水平槽的设计与施工. 中国水土保持, (5), 29~32.
- 4 严昶升. 1988. 燕辽易旱区生态农业的雏型. 沈阳: 辽宁科学技术出版社.
- 5 陈法扬. 1987. 花岗岩侵蚀劣地土壤水分入渗速率研究. 中国水土保持, (2): 30~34.
- 6 L. D. 贝弗尔等著(周传槐译). 1983. 土壤物理学. 北京: 农业出版社.
- 7 土壤物理测定委员会编(翁德衡译). 1979. 土壤物理测定方法. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社.
- 8 Mah, M. G. C., Douglas, L. A. & Ringrose Voase, A. J. 1992. Effects of crust development and surface on erosion by rainfall. *Soil Sci.*, **154**(1): 37~43.
- 9 Mwendera, E. J. & Feyen, J. 1993. Prediction tillage effects on infiltration. *Soil Sci.*, **155**(3): 229~235.