

坡改梯的水土保持效益研究

张永涛¹, 王洪刚², 李增印³, 王开增³

(1 山东农业大学水土保持系, 山东泰安 271018; 2 山东省平邑县对外农业协作办公室, 山东平邑 273300;

3 山东省平邑县科学技术委员会, 山东平邑 273300)

摘要: 主要研究了坡耕地、新梯田、老梯田的各种水土保持指标, 对比分析坡改梯后的水土保持效果。研究结果表明, 坡改梯后土壤水分、土壤贮水量、地表径流量、入渗性能、土壤物理性状等指标都得到明显的改善。

关键词: 坡耕地; 新梯田; 老梯田; 水土保持效益

中图分类号: S157.31

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2001)03-0009-03

Soil and Water Conservation Benefits of Terracing on the Slope

ZHANG Yong-tao¹, WANG Hong-gang², LI Zeng-yin³, WANG Kai-zeng³

(Department of Soil and Water Conservation, Shandong Agricultural University, Taian 271018, Shandong Province, China;

2 External Agricultural Collaboration Office in Pingyi County, 273300, Shandong Province, China;

3 The Science and Technology Commission of Pingyi County, 273300, Shandong Province, China)

Abstract: Soil and water conservation indices of 3 kinds of sample land were mainly studied. The research result indicated that some indices such as soil moisture, soil water storage capacity, surface runoff, infiltration rate, etc. were significantly improved.

Key words: slope land; new terraced fields; old terraced fields; benefits of soil and water conservation

1 试验地概况

试验地设在山东省平邑县大卜槐流域北王庄村, 位于蒙山西麓, 隶属于大卜槐流域。地处中纬度, 海拔 230~380 m, 属暖温带季风半干旱性气候, 四季分明, 平均温度 11.9~14.1℃。1 月份平均最低温度为 -2℃, 7 月份平均最高温度为 26℃。年绝对最高气温为 39.4℃, 绝对最低气温为 -22℃。历年无霜期 212 d, 降水量 769.3 mm, 多集中于 6~9 月份。历年平均地温 17.1℃。春季降水稀少, 多风。北王庄村现有人口 395 人, 耕地 21 hm², 山林 46.7 hm²。响应党中央的号召, 该村积极退耕还林还草, 加大山区开发的力度, 坡耕地大部分改造成水平梯田, 研究坡改梯对贯彻中央政策, 为坡改梯提供理论依据都有

重要的意义。

2 试验内容与方法

在试验点选择了 3 种样地作为研究对象, 即 20 年的老梯田, 3 年前新开垦的梯田, 目前尚存的坡度为 15 的坡地, 分别用老梯田、新梯田、坡耕地表示, 以此来说明三种样地的水土保持效益的差异。

2.1 土壤水分的测定

在试验地中挖土壤剖面, 分 0~20 cm 与 20~40 cm 2 个层次, 每个层次重复 3 次, 每个试验地重复 3 次, 用酒精燃烧法测定土壤重量含水量(%), 结果取平均值。在测定重量含水量的同时和同一地点, 用英国 Delta-T 公司生产的高精度土壤水分测量仪 ML2X, 根据时域反射原理, 测定土壤容积含水

* 收稿日期: 2001-06-06

山东省人民政府可持续发展科技示范工程“山区生态资源保护及综合开发利用技术的研究与示范”项目资助。

作者简介: 张永涛(1972-), 男, 硕士, 讲师, 从事水土保持与荒漠化防治的教学与研究。

量。水分观测每 5 d 一次。

2.2 土壤物理性状的测定

每个试验地取 0~ 20 cm 与 20~ 40 cm 2 个层次。用环刀浸水法测定土壤容重、孔隙度、毛管最大持水量、土壤饱和含水量和土壤贮水量等指标, 每个试验地重复 3 次, 结果取平均值。

2.3 土壤水势的测定

定点埋设带有与土壤互相通水通气的陶土头的张力计管, 采用澳大利亚生产的 Soilspec 张力计进行测定, 测定深度为 30 cm 深。

2.4 土壤渗透度的测定

用单环定量加水法测定土壤渗透速度。在试验地将渗透筒垂直插入土中到一定刻度, 每次取 100 ml 水, 量好水温倒入渗透筒中, 待水完全渗入土壤后, 记录渗透时间, 共倒水 4 次, 400 ml, 根据所需渗透时间和深度求得土壤渗透速度与渗透系数 (K_{10})。

2.5 土壤水稳定性测定

取直径 7~ 10 mm 的筛好的土粒 50 粒, 均匀放在孔径 5 mm 的网格上, 置于静水中, 每 1 min 观测分散的土壤颗粒数量一次, 连续观测 10 min, 没有分散的土粒与总粒数的比值为水稳性指数 $K^{[1]}$ 。

2.6 地表径流量的观测

采用山东省水利科学研究院提供的经验公式法^[2]。

3 试验结果与分析

3.1 不同坡地土壤物理性状及保水效果研究

土壤物理性状是研究土壤保水能力的基础。土壤的孔隙度及土层含水量反映了土壤持水量和供水能力, 其值越大, 土壤涵养水源和保持水分能力越强^[3]。我们对 1999 年整修的新梯田和 20 a 的老梯田及坡耕地进行了土壤物理性状的测定, 结果如表 1。

表 1 坡地土壤物理性状测定						
试验地类型	土层深度/cm	土壤含水量/%	土壤容重/(g·cm ⁻³)	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
老梯田	0~ 20	8.94	1.25	46.35	46.15	0.20
	20~ 40	13.55	1.49	34.77	32.01	2.76
	0~ 40	11.25	1.37	40.56	39.08	1.48
新梯田	0~ 20	6.71	1.39	50.83	45.63	5.20
	20~ 40	8.66	1.34	49.43	38.46	10.97
	0~ 40	7.69	1.37	50.13	42.05	8.09
坡耕地	0~ 20	7.59	1.27	42.41	38.46	3.95
	20~ 40	9.61	1.69	31.39	30.45	0.94
	0~ 40	8.60	1.48	36.90	34.46	2.45

从表 1 可以看出, 3 种类型坡地中, 0~ 20 cm 和 20~ 40 cm 土层含水量由大到小的顺序为老梯田、坡耕地、新梯田。究其原因, 新梯田为 1999 年刚刚开垦出的林地, 土壤结构疏松, 0~ 40 cm 土层孔隙度较大, 而由于土壤结构尚未完全稳定, 非毛管孔隙度大, 表层土受外界环境影响较大, 土壤水分蒸发大, 因此 0~ 40 cm 土壤含水量最小, 保水效果最差; 而坡耕地犁土层浅, 下层土壤容重大, 孔隙度小, 透气、透水能力差, 而且上层经常耕作, 毛管被切断, 下层土壤水分损失少, 因此这 2 个土层的土壤含水量较高, 有一定的保水效果, 但孔隙度小不利于植物的吸收; 而老梯田土壤物理结构较为稳定, 也经常耕作, 而且孔隙度大, 持水能力强, 因此就整个 0~ 40 cm 的土层来说, 老梯田的保水效果最好, 坡耕地次之, 新梯田最差。但经过一段时间的耕作, 新梯田的土壤物理性质会逐渐稳定, 其保水效果将会高于坡耕地。依此推论, 梯田的整地方式要比坡地有更好的保水效果。

3.2 不同坡地的土壤水分动态变化规律

我们将三种坡地沿斜坡下降的方向分成上、中、下 3 个位置, 测定这三个位置的 0~ 20 cm 和 20~ 40 cm 的土壤重量含水量, 比较三种坡地的水分水平变化规律, 测定数据如表 2。

表 2 三种样地的水平方向土壤水分测定表									
测定深度/cm	老梯田			新梯田			坡耕地		
	上部	中部	下部	上部	中部	下部	上部	中部	下部
0~ 20	9.53	8.94	8.81	7.12	6.71	6.95	7.02	7.59	8.17
20~ 40	14.62	13.55	13.11	8.13	8.66	7.89	9.25	9.61	10.88

结果表明, 坡耕地因为具有一定的天然坡度, 其 0~ 20 cm 和 20~ 40 cm 水平方向上的土壤水分由上至下呈逐渐升高的趋势, 说明水分在重力势的作用下由上向下运移, 尤其是下部 20~ 40 cm 的土壤水分更是显著升高。改造成的新梯田和原有的老梯田却因为田面水平或甚至有一定的反坡, 与坡耕地的水分水平运动趋势不同, 稍有反坡的老梯田的土壤水分表现为上高下低, 较为水平的新梯田上、中、下三个位置的水分没有明显的变异规律。

对三种样地的垂直方向上的土壤水分观测结果如表 3, 结果表明, 新、老梯田下层的土壤水分均比上层要高, 而坡耕地却不尽然, 因为新、老梯田田面的水分在大气梯度的作用下, 地表水分散失较多, 所以表现为上低、下高的水分垂直变化规律, 但对于坡耕地来说, 虽然表层土壤水分散失也较快, 但因为较浅的表层土下就是坚硬的犁底层, 该层次土壤含水量较低, 同时, 该层的水分入渗较困难, 所以犁底层上方土壤含水量较高, 就表现为坡耕地上、下层土壤水分垂直方向上变化复杂的情况。

表 3 三种样地垂直方向上的土壤水分测定表 %						
样地	4 月 3 日		4 月 10 日		4 月 23 日	
	0~ 20cm	20~ 40cm	0~ 20cm	20~ 40cm	0~ 20cm	20~ 40cm
老梯田	8.94	9.83	10.23	9.71	8.71	12.53
新梯田	5.70	6.25	9.02	8.39	6.85	8.32
坡耕地	7.31	6.84	10.17	9.24	7.19	9.67

注: 4 月 9 日有小雨。

3.3 三种样地土壤水势的变化规律研究

土壤中某一点的水势, 是指包围该点的体积元内单位数量的土壤水所具有的势能。在非饱和土壤中, 基质势梯度是土壤水运动的主要驱动力^[4]。我们用 Soilspec 张力计对三种样地的基质势进行了测定, 同时与测出的体积含水量相对照, 数据如表 4。

表 4 三种样地的土壤水势及体积含水量测定表						
样地	4 月 3 日		4 月 10 日		4 月 23 日	
	含水量/ %	水势/ kPa	含水量/ %	水势/ kPa	含水量/ %	水势/ kPa
老梯田	12.9	15.0	13.2	14.5	14.5	14.0
新梯田	8.2	18.0	12.0	15.5	10.2	16.0
坡耕地	10.5	16.0	14.4	14.0	12.5	15.0

3.4 不同坡地入渗规律研究

入渗过程中进入土壤中的水在土壤中运动受分子力、毛管力和重力的控制, 其运动过程也就是各种力综合作用下寻求平衡的过程。分子力、毛管力随着土壤水分的增加而减少, 因此, 水分的入渗速度随着时间延长也不断减少。我们对老梯田做了入渗试验, 其结果如表 5。

表 5 老梯田入渗速度测定		
灌水时间间隔时间/min	灌水量/ml	渗透速度/(mm · min ⁻¹)
3.23	100	10.91
4.88	100	8.60
4.37	100	7.28
5.39	100	6.56

结果表明, 渗透速度随着时间延长而依次减少, 渗透速度与渗水时间呈负相关。土壤的渗透系数反映了试验地将降水转变为地下水的的能力, 其值越大,

林地减少地表径流、涵养水源的作用越大, 不同类型坡地的入渗性能测定结果如表 6。

表 6 不同类型坡地入渗速度及入渗系数测定结果				
坡地类型	入渗速度/ (mm · min ⁻¹)	入渗系数	孔隙度/ %	毛管孔隙度/ %
老梯田	8.50	9.03	40.56	39.80
新梯田	2.47	2.93	50.13	42.05
坡耕地	6.42	8.60	36.90	34.46

注: 入渗系数是在 10 下测定, 下表同。

在一般情况下, 入渗速度的变化规律应与孔隙度的变化规律相一致, 但在表 6 中, 孔隙度大于坡耕地的新梯田, 其入渗速度却小于坡耕地的入渗速度, 致使入渗变化规律与孔隙度变化规律不相吻合, 这是由于新梯田属于新开垦的土地, 土壤结构疏松且不稳定, 下渗时水流填充及阻塞土壤孔隙, 而且新开垦的新梯田石砾多, 使下渗率减少, 从而导致了坡耕地的入渗速度大于新梯田。于是, 3 种类型农林地的入渗系数顺序为老梯田> 坡耕地> 新梯田。

另外, 我们还对坡耕地不同部位的入渗情况和土壤水分作了测定比较, 结果见表 7。

表 7 坡耕地不同部位的入渗状况表				
部位	重量含水量/ %	体积含水量/ %	入渗速度/ (mm · min ⁻¹)	入渗系数
上部	7.02	10.4	6.89	8.27
中部	7.59	11.2	6.42	8.60
下部	8.17	12.1	5.54	6.65

上述结果表明, 坡耕地的入渗速度与部位有关, 呈现上高下低的趋势, 同时土壤含水量的变化趋势也如此。因此说明, 土壤的入渗速度与前期含水量呈正相关, 在坡耕地下部土壤水分较多处的入渗速度较低, 由此推论, 当发生坡面径流时, 坡下部更不易很快地排空积水, 坡下部更易产生地表径流, 产生更大的径流冲刷力, 对坡面土壤的侵蚀更剧烈。

3.5 三种样地的地表径流量计算

地表径流量和径流系数的计算公式为^[2]:
$$R_s = 1000(A_s \lg P_i - \lg P_B + D_s) \cdot F \cdot P_i$$

式中: R_s ——地表径流量 (m^3); F ——计算面积 (km^2); P_i ——降水量 (mm); α ——年径流系数; A_s ——地表汇流指数; P_B ——年雨量损失值 (mm); D_s ——土壤调节转化重复系数。

上述公式中需要率定的流域产流参数有 A_s , P_B 和 D_s , 根据三水转化研究成果, 石灰岩地区, 各参数值见表 8。

(下转第 21 页)

kg。

3 2 经济效益

3 2 1 农业效益 粮食总产由治理前 72 59 万 kg 增产到 94 36 万 kg, 增长了 30%, 单产由原来 5 250 kg/hm² 增加到 6 750 kg/hm², 增长 28 5%, 人均粮食 378 kg, 增长 29 8%。

3 2 2 林果业效益 木材蓄积达到 16 500 m³, 干鲜果品产量由原来 13 5 万 kg 增加到 80 6 万 kg, 只果品一项每年经济收入达到 160 万元, 人均增收 640 元。

3 2 3 牧业收入 治理前全流域牧业收入 35 万元, 通过流域治理增加了饲草来源, 开发了养殖小区, 现在收入达到 160 8 万元, 增长了 4 8 倍。

3 2 4 副业收入 通过蔬菜、瓜果、养殖桑蚕, 每年收入 30 万元, 比治理前提高 90%。

3 3 社会效益

该流域通过综合治理与开发, 调整了农业产业结构, 促进了各业全面协调发展, 土地利用趋于合理, 农田地得到保护, 荒山荒沟荒滩得到治理和开发利用。水土流失得到有效控制, 人民生活水平不断提高, 为我县山区资源保护和利用起到了示范带动作用。

(上接第 11 页)

表 8 石灰岩地区产流参数率定结果^[5]

地貌类型	A_s	P_B	D_s
山地	0 50	300	1 290
平原	0 15	340	2 165

降水量采用平邑县气象站多年统计资料计算, 坡改梯前按山地地貌类型率定的参数计算项目区的地表径流量, 坡改梯后由于田面平整, 土层受到扰动, 壤中流增大, 平地按平原地貌类型率定的参数计算地表径流量, 而梯田堰坎的斜坡仍按山地地貌类型计算。堰坎占地率, 用 $\text{ctg}\alpha/\text{ctg}\theta$ 来表示^[6], 其中 α 为堰坎坡度, θ 为坡耕地坡度。本试验点的 $\alpha=75^\circ$; $\theta=15^\circ$ 。

表 9 项目区梯田与坡耕地的地表径流量计算表

样地	多年平均降雨量 /mm	计算面积 /km ²	径流系数	地表径流量 /m ³
坡耕地	769 3	1 00	0 26	196901
梯 田	769 3	堰坎 0 07+ 梯田 0 93	0 07	61303

结果表明: 在相同条件下, 坡耕地在 1 km² 的面积上能产生 196 901 m³ 的地表径流量, 而改造成梯田后, 只能产生 61 303 m³ 的径流, 有 135 598 m³ 的径流被梯田拦截, 占坡地径流总量的 69%, 可见坡

改梯后有明显的拦截地表径流, 降低土壤侵蚀量的作用。

3 6 不同坡地土壤水稳性试验研究

测定结果见表 10。

表 10 水稳定性 K 值测定表

样地	老梯田	新梯田	坡耕地
K 值	0 76	0 67	0 47

由上表看出, 坡耕地的 K 值最小, 新梯田次之, 老梯田最大。水稳定性指数“K”表示的是土壤团粒在静水中分散的速度, 反映了土壤抗蚀能力的大小。一般说来, K 值越大, 土壤的团粒结构越好, 土壤的抗蚀性越强, 就越能减少水土流失。

4 结 论

- (1) 梯田与坡耕地相比, 明显提高土壤含水量, 土层贮水量, 提高保水效果。
- (2) 梯田与坡耕地相比, 地表径流量明显降低, 土壤入渗性能明显改善, 土壤抗蚀性增强。
- (3) 坡改梯初期的新梯田性能不够稳定, 经过几年的耕种其性能就会趋于稳定, 表现出比坡耕地优越的特点。

参考文献:

[1] 杨吉华 水土保持原理实验指导[Z]. 山东农业大学, 1991

[2] 李道真 山丘区三水转化及应用变参进行区域水资源计算方法研究(下)[J], 资源与环境, 1990, 2(1): 36~ 44

[3] 朱祖祥 土壤学[M]. 北京: 农业出版社, 1992

[4] 黄洪峰 土壤—植物—大气相互作用原理及模拟研究[M]. 北京: 气象出版社, 1997

[5] 李福林 石灰岩山区工程建设对水土流失的影响研究[J]. 水土保持通报, 2000, 20(5): 16~ 18

[6] 王礼先, 等 水土保持工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1992