

# 暗棕壤坡耕地水保耕作保水保土效益分析

许晓鸿<sup>1</sup>, 任丽<sup>2</sup>, 崔斌<sup>1</sup>, 张瑜<sup>1</sup>, 王永丰<sup>1</sup>, 隋媛媛<sup>1</sup>, 崔海锋<sup>1</sup>

(1. 吉林省水土保持科学研究院, 吉林 长春 130033; 2. 吉林省墒情监测中心, 吉林 长春 130033)

**摘要:** 结合东北黑土区坡耕地实际利用情况, 以不改变原坡面参数为前提, 在天然降雨条件下, 对 5° 和 8° 坡耕地 3 种不同耕作方式下的径流量和产沙量进行了观测, 并分析了暗棕壤坡耕地不同坡度下不同耕作方式的保水保土效益及其产流主导因子。结果表明: (1) 不同耕作措施对地表径流量影响差别很大, 表现为 8° 横垄玉米 > 8° 横垄玉米 + 秸秆还田 > 5° 横垄玉米 > 5° 横垄玉米 + 秸秆还田 > 8° 横垄玉米 + 秸秆还田 + 地埂植物带 > 5° 横垄玉米 + 秸秆还田 + 地埂植物带。(2) 不同小区的产沙量与产流量变化趋势较为一致, 即产流量越大, 产沙量越大, 但二者并不呈线性关系。(3) 8° 横垄玉米小区最易产流, 而产流与否可根据  $I_{30}$  进行判断, 当  $I_{30} \geq 6$  mm/30 min 时, 产流的概率达到了 91%, 产流时的最小降雨量为 6 mm。(4) 8° 和 5° 横垄玉米 + 秸秆还田 + 地埂植物带小区的产流与否受降雨强度的影响远大于受降雨量的影响。

**关键词:** 坡耕地; 径流量; 地埂植物带

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2014)01-0054-04

中图分类号: S157

## Benefit Analysis of Soil and Water Conservation on Dark Brown Soil Sloping Farmland Under Different Tillage Systems

XU Xiao-hong<sup>1</sup>, REN Li<sup>2</sup>, CUI Bin<sup>1</sup>, ZHANG Yu<sup>1</sup>, WANG Yong-feng<sup>1</sup>, SUI Yuan-yuan<sup>1</sup>, CUI Hai-feng<sup>1</sup>

(1. Institute of Soil and Water Conservation of Jilin Province, Changchun, Jilin 130033, China;

2. Soil Moisture Monitoring Center of Jilin Province, Changchun, Jilin 130033, China)

**Abstract:** Combined with the actual utilization of sloping farmland in the black soil area of Northeast China, surface runoff and soil loss from natural slope under natural rainfall condition were monitored and the benefits of soil and water conservation and their dominant driving factors were analyzed for three different soil tillage systems on 5° and 8° sloping farmlands of dark brown soil. Results showed that: (1) Surface runoff was greatly affected by soil tillage systems in corn field. These tillage systems were in the order of 8° ridged cross slope > 8° ridged cross slope with straw returning > 5° ridged cross slope > 5° ridged cross slope with straw returning > 8° ridged cross slope with straw returning and field bund with plants > 5° ridged cross slope with straw returning and field bund with plants. (2) The trends of runoff and sediment from different plots were similar, i. e., the more runoff, the larger sediment, but no line relationship appeared. (3) The largest runoff was found in the plot of 8° ridged cross slope.  $I_{30}$  could be used to determine whether surface runoff occurred or not. There was 91% probability of runoff yielding when  $I_{30} \geq 6$  mm/30 min, and the minimum rainfall for runoff yielding was 6 mm. (4) Rainfall intensity, not rainfall amount, greatly affected whether or not runoff occurred in the two plots of 8° and 5° ridged cross slope with straw returning and field bund with plants.

**Keywords:** sloping farmland; runoff; field bund with plant

坡耕地土地利用率低, 是水土流失的重要策源地。坡面泥沙大量流失, 造成土层变薄、土地生产力低下, 且坡地保水蓄水性能差, 极易造成干旱, 致使土地荒芜, 不堪利用, 而合理的土地利用方式可有效解决坡耕地难以利用这一问题。有研究表明, 以少耕、免

耕为代表的各种保护性耕作措施在增加土壤持水性能, 改善土壤结构, 提高抗蚀性和通透性等方面都具有明显的效果<sup>[1-3]</sup>。国外也已经开展了大量的关于保护性耕作措施研究<sup>[4-6]</sup>。本文拟寻求适合东北黑土区坡耕地的有效土地利用方式, 运用坡面径流调控技

收稿日期: 2013-02-25

修回日期: 2013-04-07

资助项目: 水利部科技推广计划项目“黑土区坡耕地水土流失治理技术的推广应用”(TG1140); 吉林省科技发展计划项目“东北黑土区坡耕地侵蚀沟治理模式研究”(20120409)

作者简介: 许晓鸿(1971—), 男(汉族), 陕西省汉中市人, 硕士, 高级工程师, 主要从事土壤侵蚀及水土保持与生态环境建设方面工作。  
E-mail: jbsbyxxh191@163.com.

术,从截短坡面径流流线,增加坡面积水入渗着手,实现大水均匀流,小水地下走,以期为治理和改善坡耕地提供理论支撑和技术参照。

## 1 研究区概况

研究区为以吉林省水土保持科学研究院杏木试验基地,该区位于吉林省辽源市东辽县境内,地理坐标为东经  $125^{\circ}22'40''$ — $125^{\circ}26'10''$ ,北纬  $42^{\circ}58'05''$ — $43^{\circ}01'40''$ ,总面积  $25.00 \text{ hm}^2$ 。土壤多为白浆土、草甸土、沼泽土和泥炭土。多年平均降水量  $658.1 \text{ mm}$ ,其中 6—9 月降水量占全年的  $67.9\%$ 。2012 年 6—9 月降雨量  $456 \text{ mm}$ ,最大瞬时降雨强度  $118 \text{ mm/h}$ ,最大日降水量为 1953 年 8 月 9 日的  $140 \text{ mm}$ 。

### 1.1 试验小区布设

研究区设置 12 个标准径流小区 ( $20 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ ),小区长边垂直等高线,坡向朝南,周边用埋深  $30 \text{ cm}$  的  $60 \text{ cm} \times 60 \text{ cm}$  防水挡板隔离,相邻小区间隔  $1 \text{ m}$ 。土壤为暗棕壤,平均土层厚度  $25 \text{ cm}$ ,下层为砂壤土。小区下端布设距地面  $1.5 \text{ m}$  高的出水口,出水口连接吉林省水土保持科学研究院自主研发的泥沙观测仪器。 $5^{\circ}$ 和  $8^{\circ}$ 小区各 6 个,每种坡度布设 3 种措施,各重复 1 次。3 种措施分别为:横垄玉米(H)、横垄玉米+秸秆还田(HO)、横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(HOD),地埂植物带上种植多年生黄花菜,栽植密度为  $16 \text{ 株}/\text{m}^2$ ,地埂植物带布设在小区最下处,与地垄平行。秸秆还田量按  $5000 \text{ kg}/\text{hm}^2$  计算,每个小区还田量为  $50 \text{ kg}$ 。首先将秸秆截成  $3\sim 5 \text{ cm}$  的短节,于每年 10 月秋收之后均匀覆盖在耕地表面,翌年春耕时,通过翻压将秸秆埋入深  $10\sim 15 \text{ cm}$  的土层之中,地埂植物带横断面尺寸如表 1 所示。

表 1 地埂植物带横断面尺寸

顶宽/m	高度/m	内外边坡比	占地宽度/m
0.4	0.4	1:1	1.2

### 1.2 试验方法

1.2.1 降雨特征的观测 试验小区布设一套引自美国的 DL 16 综合气象观测站,经实地校订,为本次试验提供实时、精确、全面的降雨数据。

1.2.2 地表径流量与产沙量的测定 每个试验小区下部接水口均接有吉林省水土保持科学研究院自主研发的泥沙观测仪,该仪器在降雨后可直接显示每次降雨的径流量和产沙量总和,泥沙重根据每次收集量不同采用不同方法,当泥沙量较少时,采用烘干法,先将仪器内浑水倒出,待水样澄清后,倒掉上清液,重复

2~3 次保证沉淀完全,并将土样放入铝盘中烘干。计算公式如下:

$$W_s = W_T - W_H \quad (1)$$

式中: $W_s$ ——泥沙重(g);  $W_T$ ——泥沙加铝盒的总重(g);  $W_H$ ——铝盒的重量(g)。

当泥沙含量较多时,采用置换法,计算公式如下:

$$W_s = V_s \cdot \gamma_s = \frac{\gamma_r}{\gamma_s - \gamma_w} (W_{ws} - W_w) \quad (2)$$

式中: $W_s$ ——浑水样中的泥沙重量(g);  $W_{ws}$ ——瓶加水重(g);  $W_w$ ——瓶加清浑水重(g)(同湿度下,与浑水样相同体积的清水重),泥沙所占体积( $\text{cm}^3$ );  $\gamma_s$ ——泥沙密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ );  $\gamma_w$ ——清水密度( $\text{g}/\text{cm}^3$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同措施不同坡度小区产流量分析

从图 1 中可以看出,对于本次试验所选的 4 场降雨,各措施的产流量在不同降雨强度与降雨量条件下,均表现出一致的趋势,即  $8^{\circ}$ 横垄玉米(8H)  $>$   $8^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田(8HO)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米(5H)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田(5HO)  $>$   $8^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(8HOD)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(5HOD)。通过计算,与  $8^{\circ}$ 横垄玉米(8H)小区对比, $8^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田(8HO)在 4 场降雨中的径流量分别减少了  $13.2\%$ ,  $18.0\%$ ,  $32.1\%$ 和  $57.6\%$ ,而  $5^{\circ}$ 坡则分别减少了  $55.9\%$ ,  $32.5\%$ ,  $42.9\%$ 和  $88.2\%$ 。两种坡度小区布设地埂植物带的小区均不易发生产流。以上结果表明,耕地中秸秆还田(O)可以减少坡面径流产生,而地埂植物带(D)对坡面径流的削减作用更为明显,在  $I_{30} = 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$ ,降雨量为  $30 \text{ mm}$  的条件下都未使  $8^{\circ}$ 坡耕地发生产流。同时,随着坡度的减缓,秸秆还田(O)使坡耕地雨水入渗的效果更为明显, $5^{\circ}$ 小区与  $8^{\circ}$ 小区相比,各措施对产流量的减少幅度大大提高。

### 2.2 不同措施不同坡度小区产沙量分析

地表径流是土壤流失的主要驱动力之一<sup>[7]</sup>。从图 2 中可以看出,各小区产沙量的变化趋势与径流量的变化趋势基本一致,总体表现出  $8^{\circ}$ 横垄玉米(8H)  $>$   $8^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田(8HO)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米(5H)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田(5HO)  $>$   $8^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(8HOD)  $>$   $5^{\circ}$ 横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(5HOD)。7 月 4 日各小区产沙量要明显高于其他 3 场降雨的产沙量。分析主要原因是 7 月 4 日降雨强度大,且各小区内玉米处于拔节期,地表覆盖度低,雨滴直接击打地表造成较大程度

的溅蚀,并随着坡面被冲刷造成明显的侵蚀。分析认为,6月22日小区内的植被覆盖度应比7月4日要低,但降雨强度和径流量均要小于7月4日,这直接造成对泥沙的起动和搬运作用大大降低,同时也是产

沙量较少的主要原因。而8月22日与7月4日降雨强度虽有差别,但降雨量却相差无几,产生的径流量却远小于8月22日的径流量,这说明产沙量与径流量并不呈线性关系。

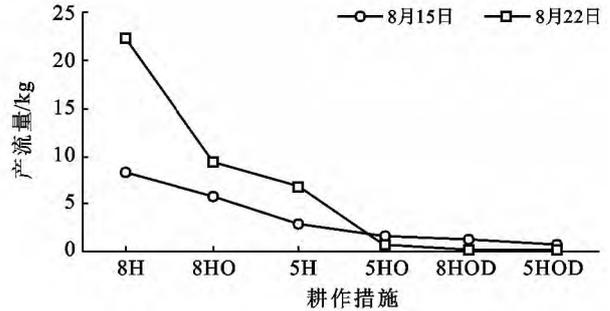
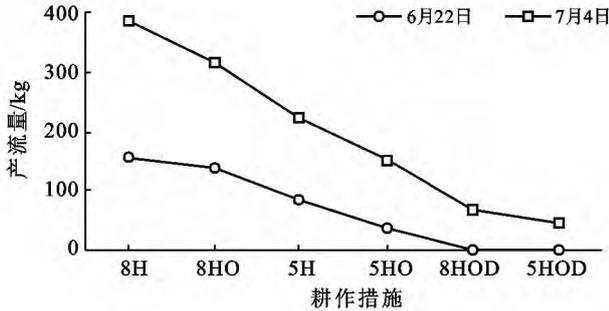


图 1 不同措施小区在 4 场降雨后的产流量对比

注:8H 代表 8°横垄玉米; 8HO 代表 8°横垄玉米+秸秆还田; 5H 代表 5°横垄玉米; 5HO 代表 5°横垄玉米+秸秆还田; 8HOD 代表 8°横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带; 5HOD 代表 5°横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带。下同。

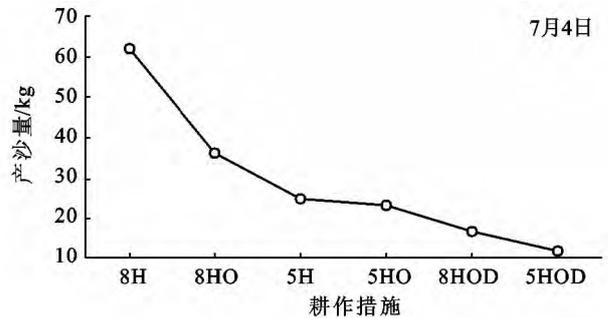
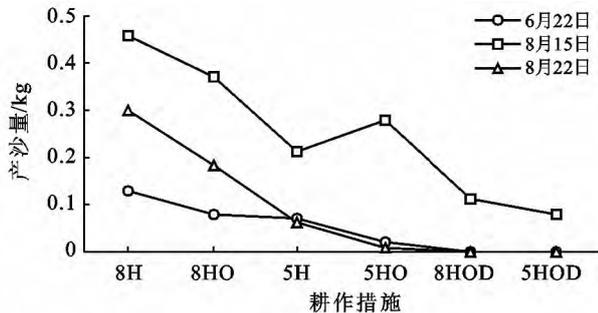


图 2 不同措施小区在 4 场降雨后的产沙量对比

### 2.3 坡耕地产流条件的判定分析

杏木小流域 6—9 月降雨 32 场,横垄玉米作为当地的传统耕作模式,与布设措施相比更易于产流,且 8°更易于 5°产流,共有 11 次发生产流;布设秸秆还田和地埂植物带的小区最不易产流,8°和 5°小区产流次数一致,共 4 次(表 2)。从表 2 中可以看出,产流时的  $I_{30}$  具有一定的界限。在 11 场降雨中,有 10 场降雨的  $I_{30} > 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$ ,最小降雨量仅为 6 mm。也就是说,当  $I_{30} > 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  时,8°横垄玉米(8H)产流的比例达到了 91%。仅有一场  $I_{30} > 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  降雨未产流(6月5日),这时的降雨量为 15 mm,同时,  $I_{30} < 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  时的 7月10日降雨发生了产流,此次降雨量为 41 mm。根据以上数据可以推断,  $I_{30}$  是该地区传统耕作方式(8°横垄玉米)产流与否的重要判断依据。而对于布设秸秆还田和地埂植物带的 8°和 5°小区产流次数明显减少。结合观测发现,这两种小区的产流主要是由于地埂植物带下边坡承雨汇流所造成的,特别是 8月15日,虽然降雨量相对较少,但是瞬时降雨强度大,地埂植物带下方坡面雨水来不

及入渗,成为汇水的场所,发生产流,而 8月28日降雨量很大,但是降雨强度相对较小,这使降水与入渗相对平衡,入渗受长降雨历时的缓冲作用,入渗量不断增加,产流量减少。由此说明,对于布设秸秆还田和地埂植物带的 8°和 5°小区可以有效减少坡面径流,产流受降雨强度影响更大。

### 3 结论

(1) 不同耕作措施的保水保土效果不同,径流量表现为 8°横垄玉米(8H) > 8°横垄玉米+秸秆还田(8HO) > 5°横垄玉米(5H) > 5°横垄玉米+秸秆还田(5HO) > 8°横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(8HOD) > 5°横垄玉米+秸秆还田+地埂植物带(5HOD)。

(2) 秸秆还田可有效增加坡面径流入渗,且径流的入渗效果随坡度降低大幅度提高。

(3) 吉林省东辽县杏木小流域传统耕作坡耕地的产流与  $I_{30}$  密切相关,当  $I_{30} > 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  时,产流的概率达到了 91%,满足产流条件的最小降雨量

仅为 6 mm,而当  $I_{30} < 6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  时,产流比例较低。 $I_{30}$ 是否大于  $6 \text{ mm}/30 \text{ min}$  是衡量该地区产流与

否的重要判断依据。对于布设秸秆还田和地埂植物带的小区,降雨强度对产流起主导作用。

表 2 2012 年 6—9 月降雨中  $I_{30} > 5 \text{ mm}/30 \text{ min}$  的降雨场次及各小区产流情况

序号	降雨日期	降雨量/ mm	$I_{30}/$ ( $\text{mm} \cdot 30^{-1} \text{ min}^{-1}$ )	$I_{60}/$ ( $\text{mm} \cdot 60^{-1} \text{ min}^{-1}$ )	8°横垄 玉米	8°横垄玉米+秸秆 还田+地埂植物带	8°横垄玉米+秸秆 还田+地埂植物带
1	0605	15	6	11	未产流	未产流	未产流
2	0610	7	5	8	未产流	未产流	未产流
3	0617	12	8	11	产流	未产流	未产流
4	0622	30	7	12	产流	未产流	未产流
5	0624	6	7	10	产流	未产流	未产流
6	0703	19	8	14	产流	未产流	未产流
7	0704	75	10	16	产流	产流	产流
8	0710	41	5	7	产流	未产流	未产流
9	0728	9	10	10	产流	未产流	未产流
10	0804	33	9	14	产流	未产流	未产流
11	0815	11	11	13	产流	产流	产流
12	0818	34	8	12	产流	未产流	未产流
14	0828	76	6	8	产流	未产流	未产流

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 张海林,高旺盛,陈阜,等. 保护性耕作研究现状、发展趋势及对策[J]. 中国农业大学学报,2005,10(1):16-20.
- [2] 郭清毅,黄高宝. 保护性耕作对旱地麦豆双序列轮作农田土壤水分利用效率的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(3):165-169.
- [3] 常旭虹,赵广才,张雯,等. 作物残茬对农田土壤风蚀的影响[J]. 水土保持学报,2005,19(1):28-31.
- [4] 邓嘉农,徐航,郭甜,等. 长江流域坡耕地“坡式梯田+坡

- 面水系”治理模式及综合效益探讨[J]. 中国水土保持,2011(10):4-6.
- [5] 邱敬会,靳书坤,郝俊灵. 成安县保护性耕作主要技术模式及效益分析[J]. 河北农业科学,2012,16(11):7-11,66.
- [6] 吴红丹,李洪文,李问盈. 中美两国保护性耕作的管理与应用对比分析[J]. 干旱地区农业研究,2007,2(25):40-44.
- [7] 王晓燕,高焕文,李洪文,等. 保护性耕作对农田地表径流与土壤水蚀影响的试验研究[J]. 农业工程学报,2000,16(3):66-69.

(上接第 53 页)

### 3.5 种植成本分析

从种植成本来看,各草本植物之间略有差异:香根草是引进草种,其种苗成本相对较高,而象草、五节芒均为本地乡土草种,特别是五节芒在南方分布极广,随处可挖,不需考虑种苗问题。据周婧等<sup>[4]</sup>的研究,五节芒根状茎发达,其适生区域主要集中在浙南山地、华中地区、岭南山地和台湾地区,种源随处可得,易种植,成本较低。

## 4 结 论

从近 3 a 来香根草、象草和五节芒 3 种植物的试验结果看,与香根草和象草相比,五节芒在增加地表覆盖,改善土壤理化性质,拦蓄径流泥沙,改善微地貌,防治水土流失,改善生态环境等方面具有明显优势,且分布广,种源多,种植成本低,是优良的水土保持草种,而且还是优良的多年生草本能源植物<sup>[5]</sup>。因此,在南方红壤丘陵区的水土流失治理生物措施中,可以优先考虑五节芒。

在今后研究中,应进一步加强其他植物防治效果的试验观测和定量分析研究,并在此基础上加强对水土流失治理中草本植物与乔灌木的配置种类和比例研究,以及与工程措施的搭配,综合防治效果定量评价等方面的深层次试验和科学研究,从而为防治水土流失提供科学依据。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 刘金祥,张莹,曹观蓉,等. 种植密度对香根草分蘖及腋芽动态的影响[J]. 广东农业科学,2012,39(17):29-31.
- [2] 蔡锡安,夏汉平,崔玉炎. 广州流溪河河岸缓冲带生态治理的优良草种筛选试验[J]. 生态环境,2004,13(3):342-346.
- [3] 章家恩,段舜山,骆世明,等. 赤红壤坡地幼龄果园间种不同牧草的生态环境效应[J]. 土壤与环境,2000,9(1):42-44.
- [4] 周婧,李巧云,肖亮,等. 芒和五节芒在中国的潜在分布[J]. 植物生态学报,2012,36(6):504-510.
- [5] 范希峰,左海涛,侯新村. 芒和荻作为草本能源植物的潜力分析[J]. 中国农学通报,2010,26(14):381-387.