

耕作技术对农田土壤侵蚀的影响研究

李洪文, 高焕文, 王晓燕, 臧 英

(中国农业大学)

摘 要: 通过在山西建立径流试验区并进行降雨模拟试验,研究了不同耕作处理对土壤径流和水蚀的影响;在河北坝上建立风蚀试验区,研究不同耕作处理对土壤风蚀的影响。结果表明,秸秆覆盖可以减少径流 47%,土壤水蚀 67%,农田起沙 67%,耕作措施也具有非常明显的作用。在所有试验的处理当中,免耕覆盖不压实的综合效果最好,径流量最小,土壤水蚀和风蚀量最少。

关键词: 保护性耕作;径流;水蚀;风蚀;沙尘暴

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

X

农田土壤侵蚀包括水蚀和风蚀两部分,地表径流是土壤流失的主要驱动力之一;风蚀是引起土壤沙化和土地退化的主要原因,农田扬沙也是沙尘暴的主要构成因素。

保护性耕作技术在不翻耕土壤的同时,利用作物秸秆覆盖地表,能够有效降低地表径流,减少水蚀,利用根茬固土,能够有效地减少土壤侵蚀^[1]。

根据中澳合作项目“可持续机械化旱作农业研究”和农业部农机化司项目“冷寒风沙区保护性耕作治理沙尘暴试验”要求,在山西省黄土高原建立了天然降雨径流试验区,并辅助以人工降雨模拟试验,在河北省坝上的张北和丰宁 2 县建立了农田土壤风蚀试验区。试验采用国外先进的测试设备,对地表径流、土壤水蚀和风蚀进行了动态监测。结果表明,保护性耕作能够有效地减少地表径流和土壤侵蚀。

1 试验设计

1.1 径流与土壤水蚀试验设计

径流试验采用田间实测和人工降雨模拟两种方法。试验地点山西省寿阳县位于山西晋中东部,平均海拔 1 200 m,无霜期 130 d,年均气温 7.4℃,有效积温 2 900℃,年平均降水量为 450~580 mm,主要集中在 7、8、9 三月。种植制度为一年一作玉米。据统计,寿阳县的水土流失面积占总面积的 58%,土壤侵蚀模数为 2 000~5 000 t/km²·a^[2]。

1.1.1 田间实测试验设计

设计 6 种处理:1)免耕覆盖不压实(NTCN):秋

季收获后将秸秆粉碎留在地表,春季免耕播种;2)免耕覆盖压实(NTCC):收获后将秸秆粉碎留在地表,用铁牛-55 拖拉机压实土壤,春季免耕播种;3)免耕不覆盖压实(NTNC):收获后移走秸秆,用铁牛-55 拖拉机压实土壤,春季免耕播种;4)浅松不覆盖不压实(STNN):收获后移走秸秆;春季播种前浅松;松土深度 5 cm;5)浅松覆盖不压实(STCN):收获后将秸秆粉碎留在地表,春季播种前浅松,松土深度 5 cm;6)传统翻耕(CK):收获后移走秸秆,用铧式犁翻耕并耙地;春季耙地播种^[3]。每个处理小区的面积为 2.8 m×35.7 m。

采用 Tipping Bucket 径流自动测试系统动态测试每次降雨不同处理产生的径流量,测试时间为 1998~1999 年的 5~10 月。Tipping Bucket 系统(图 1)的工作原理是,试验地的径流经过收集后,流到翻斗中,当水量达到标定容量时,翻斗翻转;每次翻斗翻转时,中心转轴两侧和翻斗架上的磁力簧片传感器都会在数据采集电路中产生数字脉冲,经过滤波、放大、计数等处理,与信号发生时的时间一起存入数据采集仪的 RAM 中。所有的数字信号可以用数据读取软件读入计算机。

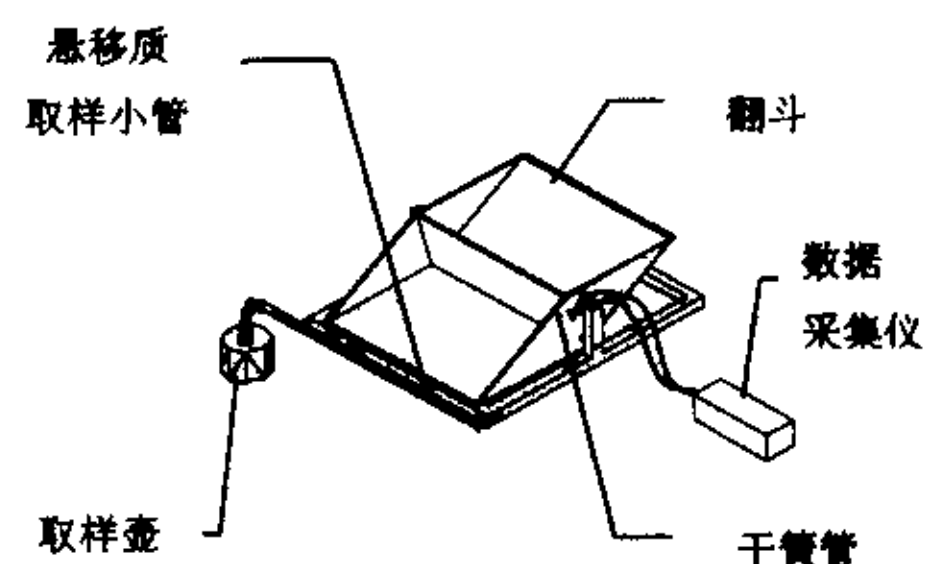


图 1 Tipping Bucket 系统简图

Fig. 1 Diagram of tipping bucket system

1.1.2 模拟降雨试验设计

收稿日期:2002-05-24

基金项目:中国—澳大利亚合作项目“ACIAR 96/143 可持续机械化旱作农业研究”

作者简介:李洪文,副教授,博士,北京市清华东路 中国农业大学机械工程学院,100083

降雨模拟试验在 1998 年 10 月玉米收获后进行。试验设计 5 种处理:1)传统耕作(CK);2)免耕覆盖不压实(NTCN);2)免耕覆盖压实(NTCC);3)浅松不覆盖不压实(STNN);4)浅松覆盖不压实(STCN)。各覆盖处理中秸秆均匀分布,覆盖率在 90%以上。

试验采用由澳大利亚引进的向下直喷式模拟降雨器,主要由降雨模拟装置(包括 3 个可摆动的喷头和摆动频率控制器)、水泵、水压表、水箱、气吸器、汽油发电机、取样集水筒、取样框等组成。降雨器的降雨量、雨型和降雨强度,可通过选定喷头、调节供水压力和控制喷头摆动速度加以调整。

水土流失量用面积为 $1.5\text{ m} \times 2\text{ m}$ 的取样框收集,径流量可从集水筒上的读数管直接读出。取样框从中间一分为二,形成 2 个重复。

试验标定供水压力 60 kPa,降雨强度为 1.375 mm/min,每小时的降雨量为 82.5 mm。每种处理进行 2 次试验,由于取样框一分为二,形成 4 次重复。

1.3 土壤风蚀试验设计

试验地点为河北坝上的丰宁和张北两县。平均海拔 1 400~2 000 m,无霜期 90~120 d,年均气温 $1.0 \sim 3.4^{\circ}\text{C}$,风沙大,年均 5 级~8 级的大风天达 40 多天。

丰宁试区共设计 4 种处理:1)传统耕作(CK):春季翻耕整地;2)免耕覆盖+耙地(NTCH):秋季收获后,免耕留茬覆盖,春季耙地;3)免耕覆盖(NTC):秋季收获后,免耕留茬覆盖;4)免耕不覆盖(NTN):秋季收获后,免耕,没有留茬覆盖。每种处理面积为 $200\text{ m} \times 200\text{ m}$ 。

张北试区设计 3 种处理:1)传统耕作(CK);2)免耕覆盖+耙地(NTCH);3)免耕覆盖(NTC)。

测试时间为 2002 年 4 月 6 日到 5 月 1 日。采用的是美国 BSNE 土壤风蚀测定仪,每个测定仪上安装 5 个沙样采集盒,分别采集 0.1、0.25、0.6、1.0、1.5 m 高度的沙样,图 2 为沙样采集盒示意图。

图 2 沙样采集盒示意图

Fig. 2 Structure of Tipping Bucket

2 试验结果与分析

2.1 田间实测径流与土壤水蚀

2.1.1 径流

1998 年,气候干旱,降雨少,在 5~10 月,仅有 225.3 mm 降雨,且比较分散,很少大雨暴雨,径流量较小。1999 年,降雨较多,在 5~10 月,降雨量为 274.4 mm,而且发生了几次强降雨,径流量较大。

表 1 为不同处理地表径流和土壤水蚀的对比,此处仅分析 1999 年的数据。在免耕覆盖情况下,不压实处理的径流量仅为压实的径流量的 63%;在免耕压实情况下,覆盖地的径流量为不覆盖地的 53%;在浅松情况下,覆盖地的径流量为不覆盖地的 53%;在覆盖不压实情况下,免耕地的径流量为浅松地 80%;所有覆盖地的径流量均小于传统耕作,所有不覆盖地的径流量均大于传统耕作。

表 1 5~10 月不同处理的地表径流与土壤水蚀

Table 1 Runoff and soil water erosion for different treatments from May to October

年 份	径流量/mm						土壤水蚀/ $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$					
	NTCN	STNN	NTCC	NTNC	CK	STCN	NTCN	STNN	NTCC	NTNC	CK	STCN
1998	0.84	0.36	8.36	3.16	1.47	5.83	0.04	0.10	0.25	0.16	0.07	0.20
1999	19.1	30.35	57.74	40.14	24.06	45.65	1.45	3.76	11.33	7.34	2.28	10.18

注:在测试时间内,1998 年的降雨量为 225.3 mm,1999 年的降雨量为 345 mm。

2.1.2 土壤水蚀

1998 年,降雨少,径流少,土壤水蚀几近为零(表 1)。1999 年,产生了较为严重的土壤水蚀。在免耕覆盖情况下,压实地的土壤水蚀量比不压实高 1.59 倍;在免耕压实情况下,没有秸秆覆盖的土壤水蚀量比有秸秆覆盖的高 2.09 倍;在浅松情况下,没有秸秆覆盖的土壤水蚀量比有秸秆覆盖的高 3.46 倍;在覆盖不压实情况下,浅松地的径流量为免耕地的 1.57 倍;所有覆盖地的土壤水蚀量都小于传统耕

作,所有不覆盖地的土壤水蚀量都大于传统耕作。

2.2 降雨模拟结果

2.2.1 产生径流与达到稳定径流的时间

降雨模拟的部分结果见表 2。

4 种保护性耕作处理产生径流的时间比传统耕作晚 4~16 min,达到稳定径流的时间晚 22~36 min。特别是免耕覆盖不压实产生径流的时间比传统耕作晚 16 min,达到稳定径流的时间晚 36 min。说明保护性耕作具有较好地延迟产生径流的作用。

免耕覆盖状态下,压实处理出现径流和达到稳定径流的时间都比不压实处理早 7 min,说明压实破坏了土壤结构,降低了土壤水分入渗能力。

浅松状态下,覆盖处理出现径流时间比不覆盖处理晚 8 min,达到稳定径流时间晚 5 min,说明覆盖具有延迟产生径流、减缓径流流速的作用。

表 2 径流时间(min)与累计径流量(mm)

Table 2 Time of runoff and accumulative runoff

项 目	CK	NTCN	NTCC	STNN	STCN
产生径流时间 t_0 /min	8	24	17	12	20
达到稳定径流的时间 t_1 /min	33	69	62	55	60
累计径流量/mm	46.64	5.48	19.85	30.5	4.69

2.2.2 累计径流量

在 70 min 的时候,所有处理均达到稳定径流,试验停止。此时的累计径流量对比表明:1)传统耕作累计径流量最多,是保护性耕作的 1.53~9.94 倍;2)压实使免耕覆盖地的累计径流量增大 14.37 mm;3)无覆盖使浅松地径流量增大了 25.81 mm。

2.3 土壤风蚀

表 3 2002 年不同处理土壤风蚀量(g)对比

Table 3 Comparison of soil wind erosion(g) of different treatments in 2002

测点 高度/m	丰宁				张北		
	CK	NTCH	NTC	NTN	CK	NTCH	NTC
0.1	412.2	49.0	46.8	277.0	200.6	39.7	40.0
0.25	124.1	32.2	36.1	120.4	62.3	23.7	23.0
0.6	55.3	26.8	29.0	53.1	39.4	15.7	13.6
1.0	36.8	20.3	26.4	30.8	28.2	15.4	19.3
1.5	23.7	14.6	25.1	9.6	19.4	7.0	11.2
合计	652.1	142.1	163.4	490.9	349.9	101.5	107.1

注:表中数据为 2002 年 4 月 6 日~5 月 1 日期间,每天采集沙样之和。

表 3 为在不同处理地块不同高度测得的沙尘量,结果表明,传统耕作地的起沙量比免耕覆盖地高 2.2~3.5 倍;免耕无覆盖地的起沙量虽然低于传统耕作,但是比覆盖地高 2~2.5 倍,说明根茬有一定的固土作用,但是防沙效果低于秸秆覆盖地。在张北和丰宁两地,免耕覆盖和免耕覆盖+耙的土壤风蚀量差异较小;同样免耕状态下,免耕无秸秆覆盖地的起沙量为免耕秸秆覆盖地的 3 倍。

3 结 论

1) 影响地表径流和土壤水蚀的因素包括耕作方式、秸秆覆盖、压实,其中覆盖的影响最大,可以减少径流 47%,减少土壤水蚀 67%;不压实可以减少径流量 37%。

2) 所有的处理当中,免耕覆盖不压实的径流量和土壤水蚀量最小,免耕不覆盖压实的径流量和土壤水蚀量最大,说明仅有免耕不能起到保水保土的目的。

3) 在影响土壤风蚀的各因素当中,覆盖的影响最大,可以减少 67% 的沙尘量。仅有免耕而没有覆盖,仅能减少 25% 的沙尘量。

4) 覆盖对于减轻土壤侵蚀具有较大的作用。

[参 考 文 献]

- [1] Donald W. Fryrear. Soil cover and wind erosion[J]. Transactions of the ASAE, 1985, 28(3): 781~784.
- [2] 山西省地图集编撰委员会. 山西省自然地图集[M]. 地图出版社, 1984: 65~75.
- [3] 王晓燕, 高焕文, 李洪文. 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.

Study on the Influence of Tillage on Farmland Soil Erosion

Li Hongwen, Gao Huanwen, Wang Xiaoyan, Zang Ying

(College of Machinery Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China)

Abstract: Influence of tillage on runoff, water erosion and wind erosion is studied with runoff experimental plots, rainfall simulation and wind erosion experiment plot. The results show that, stubble mulching can reduce runoff by 47%, reduce soil water erosion by 67%, reduce soil wind erosion by 67%, and treatment of no-till stubble mulching without soil compaction is the best which produces the least runoff and soil erosion.

Key words: conservation tillage; runoff; water erosion; wind erosion; sandstorm