

# 保护性耕作对农田地表径流与土壤水蚀影响的试验研究<sup>3</sup>

王晓燕 高焕文 李洪文 周兴祥

(中国农业大学)

**摘要:** 在黄土坡地建立天然降雨径流小区, 采用翻斗式自动测试系统同步动态地监测降雨—径流的过程, 试验研究了保护性耕作农田水土保持的效果和耕作、覆盖及压实 3 种因素对农田水土流失的影响。2 年的试验表明, 雨强和雨型与坡地水土流失密切相关, 在暴雨情况下, 由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作具有明显的保持水土作用; 采用少免耕而无秸秆覆盖配合的情况下, 水土流失甚至高于传统翻耕。在试验的 6 种处理中, 免耕覆盖不压实的保水保土效果最佳, 相对传统翻耕年径流量减少 52.5%, 年土壤流失量减少 80.2%。在覆盖、压实及耕作 3 因素中, 秸秆覆盖对保持水土的作用最大, 可减少年径流量 47.3%, 减少年土壤水蚀 77.6%; 压实次之, 地表耕作的影响较小。

**关键词:** 保护性耕作; 径流监测; 水土流失

水土流失是导致黄土高原旱地农业难以持续发展的重要因素, 地表径流是土壤流失的主要驱动力之一。如何改进旱地农业体系, 研究保水护土的耕作措施, 减少农田水土流失, 充分利用有限的降水资源。保护性耕作技术是解决这一问题的有效方法。

中澳合作项目“可持续机械化旱作农业研究”在山西省的黄土坡地上建立了天然降雨径流试验区, 使用翻斗式(Tipping Bucket)径流测试系统及微型自动气象仪等先进仪器, 对降雨及径流过程进行同步动态监测, 并测定土壤水蚀量, 定位研究保护性耕作措施控制农田水土流失的机理, 本文是该项研究的部分成果。

## 1 材料与方法

### 1.1 试区自然条件

试区位于山西省晋中中山地区的寿阳县, 东经 113°12', 北纬 37°45', 海拔 1 000~1 200 m。属半干旱大陆性季风气候, 全年无霜期平均为 130 d 左右, 年平均气温 7.4℃, 年降水量为 518.3 mm, 年蒸发量为 1 675 mm。降水量年际变化较大, 1956~1978 年的 22 年中最高值达 812.2 mm, 最低值为 235.5 mm; 雨量年内分布亦不均匀, 集中在 7、8、9 三个

月, 占全年降水量的 62.9%; 而且多有强度大历时短的暴雨, 全县水土流失面积占耕地总面积的 58%, 土壤侵蚀模数为 20~40 t/(hm<sup>2</sup>·a) (寿阳县土壤普查办公室 寿阳土壤, 1983)。

该地区是大面积的一年一熟春玉米种植区。供试土壤为黄土母质的淡褐土, 土体深厚, 一般十几米, 有的可达几十米, 质地均匀, 耕作层质地为轻壤, 中下层为轻壤—中壤。

### 1.2 试验设计

径流试验区坡度 5%, 每小区面积 20 m × 5.6 m, 种植 8 行春玉米。试验设 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。

### 1.3 仪器与方法

试区安装了全套的降雨—径流自动测试系统, 包括 Tipping Bucket 径流测试系统和自记雨量计, 监测降雨与径流的动态过程, 提供小步长的降雨径流同步数据。小型自动气象站可以实时采集降雨、气

收稿日期: 2000/203/207

3 中国—澳大利亚合作项目“ACIAR 966143 可持续机械化旱作农业研究”

王晓燕, 博士生, 北京市海淀区清华东路 17 号 中国农业大学(东校区)46 信箱, 100083

温、湿度、风向、风速、日照辐射等数据,另设普通雨量筒作参照。

Tipping Bucket 是一个偏心翻斗设备,当翻斗中的水达到标定容量时就会翻转。在翻斗的中心转轴两侧和翻斗架上,装有一对磁力簧片传感器,由一磁铁和一干簧管组成,当二者有相对运动,干簧管相应地在与之相通的数据采集电路中产生数字脉冲,此脉冲经过滤波、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,然后用数据读取软件读入计算机(图 1)。采集到的数据用数据分析软件及翻斗标定方程进行计算分析,将翻转次数转化为径流和降雨的深度及强度,并可分别按照降雨日、降雨事件或指定时段等进行分析,输出降雨及径流的特征,并绘制过程曲线。测试系统的运行流程如图 2。

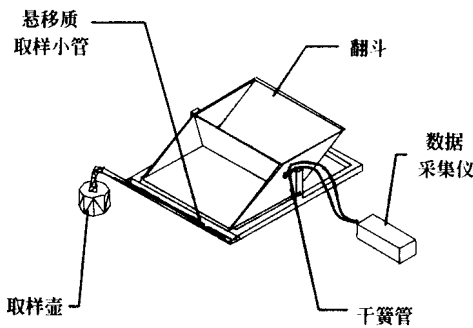


图 1 Tipping Bucket 系统简图

Fig. 1 Structure of Tipping Bucket

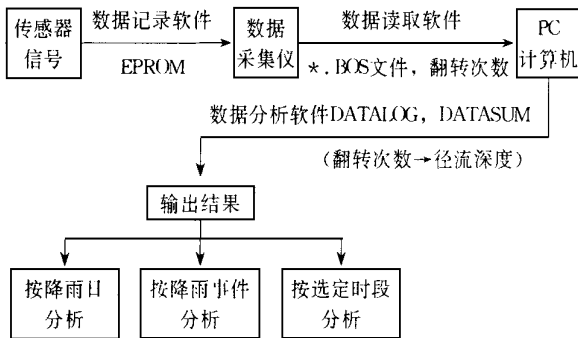


图 2 测试系统工作流程

Fig. 2 Flowchart of the Tipping Bucket measurement system

土壤流失的测试分 2 部分: 每一小区的末端最低点设有沉淀池,径流首先经过沉淀,将大部分较大的泥沙颗粒沉淀下来,即为推移质;然后流入 Tipping Bucket 系统,翻斗架上装有一个带孔的小管(图 1),按一定比例取径流水样,存入取样壶中,用过滤烘干的方法测定悬移质浓度,算出悬移质总

量。推移质总量与悬移质总量之和即为总的土壤流失量<sup>[2]</sup>。

## 2 试验结果分析

### 2.1 年径流量

1998 年 6 月至 10 月共降雨 225.3 mm,气候干旱且降雨分散,径流量很小,免耕不覆盖压实处理只有 8.4 mm。1999 年同期降雨 274.4 mm,但降雨比较集中,尤其是 8 月 18 日晚降雨 44.0 mm,瞬时降雨强度达 114.9 mm/h,最大 60 min 连续雨量占本次降雨总量的 88%,造成严重的水土流失。降雨强度和雨型是影响黄土高原地区水土流失的重要因素。

从 1999 年的数据分析,免耕覆盖不压实处理比传统翻耕相对减少径流量 52.5%;浅松覆盖不压实比传统处理减少径流 40%。可见,在暴雨情况下,由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作可明显地减缓水土流失。但如果没有秸秆覆盖,采用少免耕却比传统翻耕的径流量大,若机具对土壤造成压实,则径流更严重,如 STNN 比 CK 的径流量增加 14%,NTNC 比 CK 的径流量高 44%。分析覆盖、耕作和压实 3 个因素的作用如下:

1) 有覆盖的 3 种处理明显比无覆盖的 3 种处理径流量少。在浅松不压实的条件下,覆盖处理(STCN)比无覆盖处理(STNN)的径流量相对减少 47.3%;免耕压实条件下,有覆盖(NTCC)比无覆盖(NTNC)径流量相对减少 47.3%。

2) 在免耕覆盖条件下分析压实因素的影响,非压实处理(NTCN)比压实处理(NTCC)的径流量少 37.7%。

3) 在覆盖不压实条件下分析耕作因素的影响,免耕处理(NTCN)比浅松处理(STCN)的径流量减少 21.3%。初步分析,浅松作业在疏松表层土壤的同时减少了地表覆盖率,使其比免耕处理的径流量大。

3 种因素中秸秆覆盖对径流的影响最大,压实次之,地表耕作的作用较小。增加覆盖量和减少机具对土壤的压实是减缓坡地水土流失的有力手段。保护性耕作应是少免耕与秸秆覆盖的有机配合,才能发挥作用;若没有覆盖,少免耕比传统翻耕的径流量大。

### 2.2 年土壤流失量

1998 年降雨分散,土壤水蚀量几乎为零;而

1999年的暴雨造成了严重的土壤流失,免耕不覆盖压实的土壤水蚀量达 $11.3\text{ t}\cdot\text{öhm}^{-2}$ ,几乎为寿阳县土壤侵蚀模数的50%;传统翻耕的土壤水蚀量 $7.3\text{ t}\cdot\text{öhm}^{-2}$ ,而免耕覆盖不压实的土壤水蚀量为 $1.5\text{ t}\cdot\text{öhm}^{-2}$ ,比传统耕作减少80.2%。暴雨对农田的冲蚀不容忽视,而保护性耕作有明显的保土效果。

3种试验因素中,秸秆覆盖对土壤水蚀量的影

响最大,压实次之,耕作影响最小,类似于对径流量的影响。覆盖处理比不覆盖处理土壤水蚀减少77.6%,非压实处理比压实处理减少61.4%,免耕比浅松减少36.5%。

### 2.3 降雨-径流过程分析

选择1999年8月17日至18日的暴雨进行分析,降雨及径流情况如表1。

表1 主要侵蚀性降雨总结(199908217~08218)

Tab 1 Summary of main erosive rainfall (Aug 17 to 18, 1999)

日期 ö月2日	降雨开始时间	降雨停止时间	降雨量 $\bar{Q}_{\text{mm}}$	$160^3\bar{Q}_{\text{mm}}$	最大瞬时雨强 $\bar{Q}_{\text{mm}}\cdot\text{h}^{-1}$	径流量 $\bar{Q}_{\text{mm}}$					
						NTCN	NTCC	NTNC	CK	STCN	STNN
08217	08218 2:53	08218 7:47	39.8	18.3	76.2	1.1	5.2	12.8	6.8	3.7	9.3
08218	08218 18:56	08218 21:52	44.0	38.6	114.9	17.7	24.7	38.4	30.5	20.0	34.4
	08219 2:22	08219 6:03	13.8								

3  $160^3$ 指最大的60min连续降雨量。

如表1,8月17日降雨39.8mm,18日晚至19日晨又降暴雨57.8mm,瞬时降雨强度达 $114.9\text{ mm}\cdot\text{ö}^{-1}$ ,最大60min连续雨量占本次降雨总量的88%,属于强烈侵蚀暴雨<sup>[2]</sup>。该次暴雨使得免耕不覆盖压实的径流系数达66.5%;传统翻耕的径流系数为52.7%;免耕覆盖不压实处理径流系数为30.6%。根据寿阳县的降雨记录,在33年中, $>40\text{ mm}\cdot\text{öd}$ 的暴雨有39次, $>50\text{ mm}\cdot\text{öd}$ 的暴雨有15次, $>100\text{ mm}\cdot\text{öd}$ 的降雨有2次。在这种气象条件下,采用保护性耕作可以减少水土流失的风险。

下面以8月18日傍晚的暴雨高峰为例,分析3个因素对于径流过程的影响。该次降雨及径流的过程特征总结如表2。

表2 降雨及径流特征(199908218晚)

Tab 2 Summary of event rainfall and runoff characteristics (night, Aug 18, 1999)

	降雨 时间 及强度	径流			
		NTCN	NTCC	STCN	STNN
总量 $\bar{Q}_{\text{mm}}$	44	17.2	23.6	19.2	31.1
开始径流的时间	18:56	19:18	19:16	19:16	19:12
达到峰值的时间	19:14	19:26	19:25	19:27	19:24
最大径流强度 $\bar{Q}_{\text{mm}}\cdot\text{h}^{-1}$	114.9	71.3	80.8	72.6	88.1

分析开始径流的时间,在这场暴雨中,NTCN,NTCC,STCN明显比STNN晚4~6min,说明秸秆具有明显的迟滞作用,而耕作与压实对起流时间影响不大;从最大径流强度来分析,无覆盖处理(STNN)的最大,压实(NTCC)次之,STCN与

NTCN相差不多。

在试验处理中,免耕覆盖不压实处理开始径流最晚,径流强度最小,保水保土效果最好。秸秆能够增加地表的糙率,阻延流速;可以防止击溅,减缓地表结壳;可以减少冲刷,具有明显的防蚀效应。免耕条件下地表土壤结构未受扰动,上下孔隙结构贯通;与秸秆配合,地表不易结壳,积蓄水的能力较强<sup>[3]</sup>。秸秆覆盖和免耕配合可以延缓径流,减少径流强度。

### 3 结论与建议

1) 旱坡地水土流失与雨强和雨型有密切关系。在降雨分散时,无论是否采用保护性耕作,缓坡地上的地表径流都不大;暴雨下的水土流失比较严重,由秸秆覆盖与少免耕相结合的保护性耕作明显地具有减缓水土流失的效果。1999年的数据表明,免耕覆盖比传统翻耕相对减少径流量52.5%,减少土壤流失量80.2%。

2) 在覆盖、压实及耕作3因素中,覆盖对防止水土流失的作用最大,可减少径流47.3%,减少土壤水蚀77.6%;压实次之,耕作的影响较小。没有秸秆覆盖配合,采用少免耕比传统翻耕的水土流失量大,若在作业过程中机具对土壤造成压实,则径流更严重。

3) 在试验的6种处理中,免耕覆盖不压实开始径流最晚,径流强度最小,径流量最少,保水保土效果最好。秸秆覆盖和免耕可以延缓径流,减小径流强度。增加秸秆覆盖量和减少土壤压实是减少坡地水土流失的有效措施。

4) 浅松作业虽能疏松表层土壤, 同时又减少地表覆盖率, 这种耕作与覆盖交互作用, 使其对水土流失的影响较小, 还需要进一步研究。

#### [参 考 文 献]

[1] Ciesiolka C A, Coughlan K J, et al Methodology for

a multi-country study of soil erosion management Soil Technology, 1995, 8: 179~ 192

[2] 焦菊英等 黄土高原不同类型暴雨的降水侵蚀特征 干旱区资源与环境, 1999, 1: 34~ 41

[3] 李新举等 免耕对土壤生态环境的影响 山东农业大学学报, 1998, 4: 520~ 526

## Experimental Study on Runoff and Erosion Under Conservative Tillage

Wang Xiaoyan Gao Huanwen Li Hongwen Zhou Xingxiang

(China Agricultural University, Beijing 100083)

**Abstract:** A field experiment was conducted on loess farmland in Northwest China to test different conservative tillage systems, and to compare them with conventional moldboard plough practice (CK) in terms of their effects on runoff and soil erosion. The effects of tillage, covering and compaction on runoff and erosion were also studied. Six treatments were laid out with tipping buckets and electronic data loggers that measured the rates of rainfall and runoff synchronously as a function of time. Total soil loss, divided into bed load and suspended load, was measured annually. Results of two years showed that slope runoff and erosion were highly dominated by rainfall pattern or rainfall intensity. Under heavy storms, conservative tillage, which features more residue cover and less soil disturbance, could remarkably reduce runoff and erosion compared to CK; while without residue cover, no tillage or minimum tillage could produce more runoff and erosion than CK. Among the six treatments No-tillage with residue cover and No Compaction (NTCN) was the best one in terms of soil and water conservation. It was able to reduce runoff by 52.5% and erosion by 80.2% compared to CK. Residue cover is more efficient for soil and water conservation, which was able to reduce runoff by 47.3% and erosion by 7.6%. Compaction also had considerable impact on runoff and erosion, while the effect of surface tillage was not so obvious since it reduced residue cover while loosening surface soil.

**Key words:** conservative tillage; runoff monitoring; soil & water erosion

### 一种新的国产半喂入式稻麦联合收割机 东方 SG21500 通过科技成果鉴定

2000年3月24日, 受北京市科委委托, 由国家科技部企事业管理中心主持, 邀请中国工程院曾德超、汪懋华院士等专家组成鉴定委员会, 对东方企业资产托管经营有限公司开发研制的东方 SG21500 型联合收割机进行了科技成果鉴定。

该机割幅 1450~ 1500 mm, 结构设计既吸取了日本同类机型的优点, 又针对中国的特点, 加大了发动机功率, 配用德国道茨 F4L 1011 柴油机 (40 kW), 在发动机的防尘和空气滤清、电机的结

构位置、脱粒滚筒结构、卸粮系统、割台提升油缸的槽形设计和电子监控系统等方面均体现了技术创新。

专家们认为, 该机的结构在国产的同类机型中具有创新性, 技术明显, 居国内领先水平。该机的价位较低, 其性能价格比具有较强的市场竞争力。东方企业公司现正积极组织生产, 抓紧进行多点适应性和可靠性试验, 以进一步完善成为市场受欢迎的新产品。 (本刊辑)