

不同耕作措施对黑土坡耕地土壤侵蚀的影响

宋 玥, 张忠学

(东北农业大学 水利与建筑学院, 哈尔滨 150030)

摘 要:针对黑龙江省西部半干旱区土壤流失情况,在坡耕地径流小区通过野外人工模拟降雨试验,研究不同降雨强度、不同耕作措施下降雨产沙产流特征和过程。试验结果表明:降雨强度越大,对地表径流量和侵蚀量的影响越大,即雨强与径流量和泥沙量呈正相关,各种耕作措施的土壤流失顺序是顺坡垄裸地>横坡垄裸地>等高种植地>深松地>秸秆覆盖地>垄向区田地,植被覆盖地能有效控制水土流失,垄向区田地是这几种耕作措施中减少坡耕地水土流失的有效措施。

关键词:坡耕地; 人工降雨; 耕作措施; 土壤侵蚀

中图分类号:S157.4<sup>+</sup>2      文献标识码:A      文章编号:1005-3409(2011)02-0014-03

The Effect of Different Tillage Measures on Soil Erosion in Slope Farmland in Black Soil Region

SONG Yue, ZHANG Zhong-xue

(College of Water Conservancy and Building Engineering, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

**Abstract:**In view of the soil loss in the semiarid area of the western part of Heilongjiang Province, the characteristics and processes of rainfall and overflow under different tillage methods and rainfall intensity were studied based on artificial simulation of rainfall field experiment in the runoff plots on slope farmland. The experiment demonstrated that the more the rainfall intensity is, the more surface runoff and the erosion amount is, namely, the quantity of sediment was positively correlated with rainfall intensity and runoff. The order of the soil erosion under different tillage managements is as longitudinal ridge bare land>cross ridge bare land>contour planting land>subsoiling land>straw covered land>ridge direction land. The vegetation-covered land is efficient in controlling soil and water loss. The ridge direction land is better than the other tillage measures in reducing soil and water loss of slope farmland.

**Key words:**slope farmland; simulated rainfall; tillage measures; soil erosion

我国是世界上土壤侵蚀最为严重的国家之一,每年流失土壤 50 多亿 t,占世界总侵蚀量的 1/10。我国现在水土流失面积 367 万 km<sup>2</sup>,其中水力侵蚀面积 179.4 万 km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>。据不完全统计,40 多年来,全国因水土流失损失的耕地 2.67 万 km<sup>2</sup>,平均每年 0.067 万 km<sup>2</sup> 以上。目前,在我国土壤流失是导致土地资源退化乃至彻底破坏的主要原因,作为可持续发展中的重要环节,土壤侵蚀已成为恶化生态环境、制约经济发展的重要因素<sup>[2]</sup>。黑龙江省是我国重要的粮食生产基地,耕地的作用尤为重要,据最新统计全省水土流失面积已达 1 340 万 hm<sup>2</sup>,其中坡耕地水土流失

面积 670 万 hm<sup>2</sup>,占 50%<sup>[3-5]</sup>。黑龙江省西部地区位于以黑土为主体的松嫩平原腹地,属黑龙江省的干旱半干旱地区,由于长期以来广种薄收,搞单一的粮食生产模式,掠夺式经营,致使黑土地遭到严重侵蚀,地力锐减,土地生产力大幅度下降,生态环境日趋恶化,水土流失十分严重<sup>[3,6]</sup>。

本文在黑龙江省齐齐哈尔市甘南县通过模拟人工降雨试验,研究坡耕地几种耕作措施技术控制水土流失的数量关系,并对不同耕作措施水土流失进行评价,为进一步研究各种耕作措施与土壤流失的关系提供科学依据。

收稿日期:2010-11-03      修回日期:2010-11-18  
资助项目:国家科技支撑计划(2007BAD88B01,2009BAD3B04);东北农业大学科技创新团队项目(CXT003-2-3)  
作者简介:宋玥(1982—),女,黑龙江省宾县人,助理工程师,硕士研究生,研究方向为农业水土工程。E-mail:songyue303@126.com  
通信作者:张忠学(1967—),男,教授,博士生导师,主要从事农业节水理论与技术研究。E-mail:zhangzhongxue@163.com

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验在黑龙江省齐齐哈尔市甘南县兴隆乡东兴村二十号屯西坡耕地上进行。该区位于东经  $122^{\circ}54'06''$ — $124^{\circ}28'12''$ , 北纬  $47^{\circ}35'07''$ — $48^{\circ}32'05''$ , 海拔高程在 160~380 m, 属于温带半干旱季风气候, 四季冷暖干湿分明, 全年平均气温  $2.6^{\circ}\text{C}$ , 无霜期 150 d, 年平均活动积温  $2\,263.7^{\circ}\text{C}$ , 全年日照时数 1 791 h, 生长季节日照时数 1 303.9 h, 多年平均降水量为 455.2 mm, 雨量集中于 7—9 月, 耕地土壤为黑钙土, 容重  $0.96\sim 1.36\text{ g/cm}^3$  之间, 1 m 土层的平均田间持水量为 23%~25%, 干容重为  $1.25\text{ g/cm}^3$ , pH 值为 7.1。甘南县农业生产的限制因素以春旱为主, 因为春季降雨少, 每年春季降雨 40 mm 左右, 占全年降雨量的 8.9%; 蒸发量大, 4—5 月的蒸发量达 409.4 mm, 接近全年降水量; 春风强, 4—5 月 8 级以上大风日平均 7.4 次, 占全年的 50%, 加大了蒸发量; 土层薄, 质地粗, 不保水, 跑风土面积大<sup>[7]</sup>。

### 1.2 试验设计

本试验是在径流小区进行研究的, 共计 6 个径流小区, 每个小区面积  $4\text{ m}\times 2\text{ m}$ , 坡度为  $5^{\circ}$ , 小区四周筑有高 0.3 m, 宽 0.1 m 的挡水防渗混凝土墙。小区的下方有一梯形水泥板, 与引水槽连接, 降雨产生的径流泥沙通过引水管引入翻斗测量仪, 测量后的水通过泄水管排出。以当地主要大田作物大豆为供试作物, 耕作措施为等高种植、秸秆覆盖种植、深松地种植、垄向区田种植、横坡垄裸地和顺坡垄裸地, 以研究几种耕作措施的土壤侵蚀差异情况。其中, 垄向区田在 7 月初雨季来临前筑挡完成; 横坡垄裸地和顺坡垄裸地在雨季前布置好并喷洒除草剂保持裸露。

### 1.3 试验测试方法

人工降雨试验采用的设备是采用 QYJY-501 型人工模拟降雨器。本系统由中央控制系统、支架、水泵、回水阀、压力表等组成。降雨高度达 6 m, 控制面积  $5\text{ m}\times 5\text{ m}$ , 降雨强度的设定通过调整压力表读数实现。试验前检查各部件的连接部位是否正确牢固, 打开控制阀, 调节压力表读数和回水阀得到合适的降雨强度, 即可开始进行模拟降雨。径流量泥沙量及过程记录采用偏心翻斗式径流测试装置。试验开始后记录降雨时间和产流时间, 产流后用小桶接出水口的水量, 每 5 min 用量筒取一翻斗沙样, 将沙样静置 24 h 后, 漂去上层清水, 余下的用滤纸滤出泥沙, 烘干 6 h 称重, 从而测定各个不同耕作措施的土壤流失量。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同强度降雨下的各种耕作措施的径流量和泥沙量

降雨强度是土壤侵蚀和地表径流的原动力<sup>[8]</sup>。图 1 分别为 40, 60, 80 mm/h 雨强及耕作方式下对径流量和泥沙量的影响。从图中可以看出, 在大雨强条件下, 等高种植地的径流量和泥沙量分别是中雨强的 1.62 倍和 3.15 倍, 是小雨强的 4.94 倍和 4.57 倍, 可见随着雨强的增大各种耕作措施的径流量及泥沙量均表现出增加趋势, 即雨强与径流量和泥沙量呈正相关。不同的耕作措施在不同的雨强条件下对雨水的土壤蓄积量都有一定影响, 但在不同雨强条件下的影响程度不同。由于等高垄作增加了坡面糙度, 延缓了地表径流产流时间, 在不同雨强条件下都能提高雨水的土壤蓄积量, 提高降雨有效性。在相同雨强条件下, 顺坡垄裸地较其他耕作措施的地表径流量大, 土壤侵蚀程度也最剧烈, 这是由于顺坡垄与小区坡度平行, 在其他条件相同时, 直线坡产流产沙时间最早过程最快。在小雨强条件下, 深松地的径流量是等高种植的 0.89 倍, 泥沙量是等高种植地的 0.68 倍, 深松地的径流量是垄向区田地的 24.75 倍, 垄向区田地没产生泥沙流失。深松地不易于产生土壤流失其原因是深松耕作法入土一般达到 30 cm 左右, 打破了犁底层, 同时由于深松地挤压作用使土壤间隔受到不同程度松动, 增强了土壤的蓄水渗透能力, 可接纳较多雨水, 营造土壤水库, 从而减少了降雨径流和冲刷<sup>[5,8-9]</sup>。在雨强为 40 mm/h 时垄向区田地的处理有产流过程没有泥沙流失过程, 这是由于土挡对地表径流的拦蓄作用, 使得本次降雨垄向区田的处理地表径流很小。

### 2.2 不同耕作措施的降雨产沙过程及产流过程

以降雨强度为 60 mm/h 为例, 分析不同耕作措施对降雨产沙过程和产流过程的影响。从图 2 和 3 中可以看出, 径流产沙过程线从产流开始即呈波动上升的趋势, 不同处理小区产流强度表现出明显的差异。各耕作方式的径流量和泥沙量的峰值都会出现在 60 min 这个时间。不同耕作措施对地表径流过程及产沙的影响不同, 径流总量从大到小的顺序依次是顺坡垄裸地、横坡垄裸地、等高种植地、深松地、秸秆覆盖地和垄向区田地。土壤流失量是顺坡裸地最大, 深松地和秸秆覆盖地对地表径流和产沙过程的降低作用明显, 垄向区田地最小。在开始降雨后的短时间内, 各项耕作措施由于土壤的入渗作用, 产沙产流时间较降雨时间有一个滞后的过程, 当土壤的入渗能力大于降雨强度, 降雨全部渗入土壤中, 地表不产生径

流。随着降雨的进行,表层土壤含水量增大,地表土壤受雨滴打击作用及细颗粒物填充土壤孔隙的影响,土壤入渗能力迅速减小至低于降雨强度,坡面开始产流,并且表现出径流量越大产流时间最早,径流强度达到稳定的时间也越早。其中顺坡垄裸地最快,过程也最为剧烈,横坡垄裸地由于与径流方向垂直,可以有效的拦截地表径流,能减慢径流和产沙过程,垄向区田地最慢,过程也比较平缓。当降雨停止时各措施下的径流及产沙过程还会持续一段时间,顺坡裸地和横坡裸地在降雨结束后大约 10 min 左右产流结束,而垄向区田地和秸秆覆盖地较其他耕作措施滞后的时间更长一些,垄向区田地和秸秆覆盖地则为大概接近 25 min 左右,这是因为垄向区田的作用,坡面被若干个土埂分割,所以填挖的时间更长一些<sup>[5,10]</sup>。秸秆覆盖地在降雨过程中,过程线趋势较缓,这是由于地面被均匀的玉米秸秆覆盖,增大地表糙率<sup>[11]</sup>,减少了降雨动能,所以产沙过程很平稳,退水过程也较长。

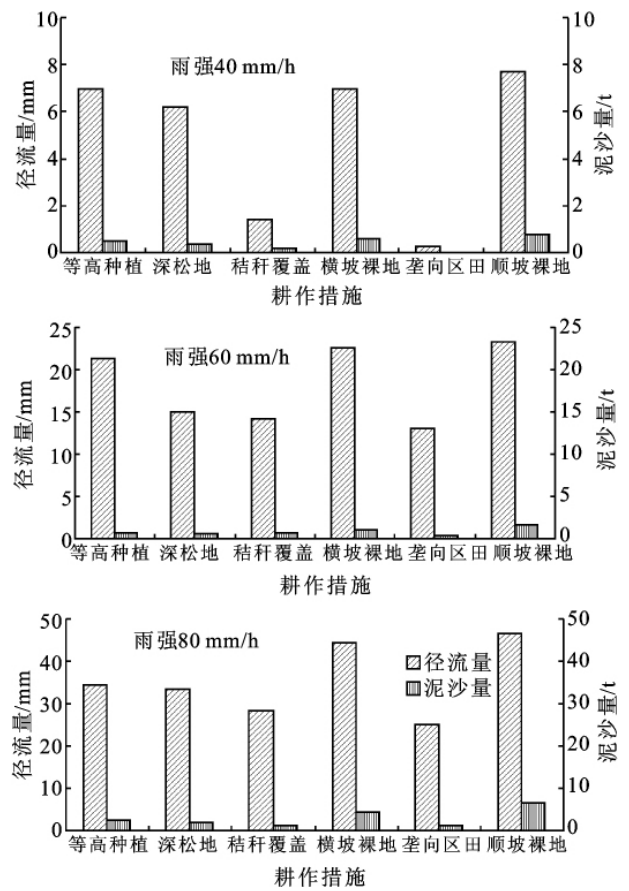


图 1 不同雨强及耕作方式对径流量和泥沙量的影响

从图 4 不同处理小区累计产沙量变化过程中可以看出,不同处理小区产沙强度的反映在累计产沙量上也表现出类似的大小关系,即等高种植地>深松地>秸秆覆盖地>垄向区田地,各曲线顶点平缓处是由于降雨停止而径流产沙过程滞后,产沙量逐渐减小造成的。

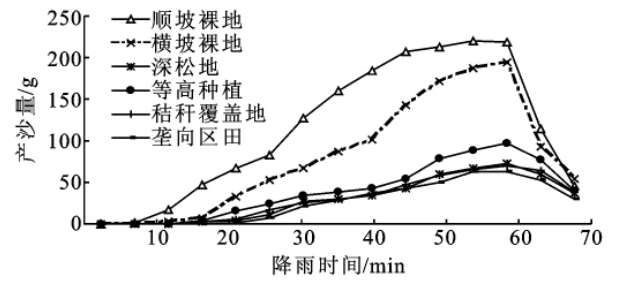


图 2 不同耕作措施的降雨产沙过程

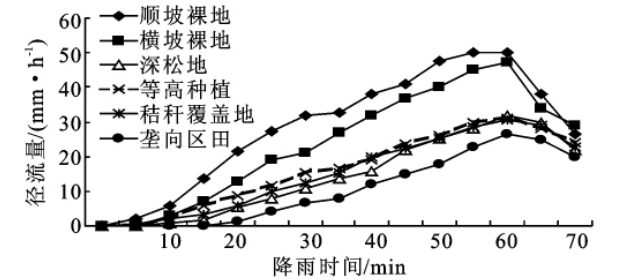


图 3 不同耕作措施的降雨产流过程

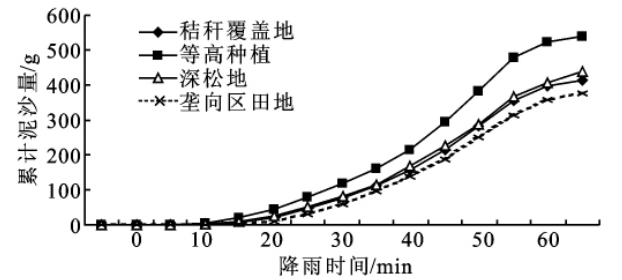


图 4 不同处理小区累计产沙量变化过程

3 结论

水土流失主要是由大雨、暴雨、大暴雨引起的,雨强越大,水土流失量越大。降雨强度是影响土壤侵蚀的最重要降雨因子之一。一般来说,降雨强度越大,对地表侵蚀的影响越大。通过以上对各种耕作措施在不同降雨强度的分析可以看出土壤流失的顺序是顺坡垄裸地>横坡垄裸地>等高种植地>深松地>秸秆覆盖地>垄向区田地。

植被能有效控制水土流失。深松地能提高雨水土壤蓄积率,有效地集约降水,是提高土壤有效水库容,提高土壤抗旱能力的重要方式。秸秆覆盖、垄向区田、等高种植地增加了地表糙度,减小雨滴溅蚀,缓解流速和减少地表的径流量和冲刷量,具有保水保土的显著效果,是坡耕地农业防治水土流失的有效途径。

参考文献:

[1] 秦天枝.我国水土流失的原因、危害及对策[J].生态经济,2009(10):163-169.

(1) 根据层次分析法的理论、原则与方法,建立了由 1 个目标层、3 个准则层、13 个指标构成的开发建设项目生态修复效益研究指标体系,指标体系基本涵盖了生态效益、经济效益、社会效益的多个方面,评价的指标和变量大多数是量化的、可测度的,有相对可靠的来源,使效益分析具有客观性、可行性。按照这一指标体系可以较为全面、系统地分析、评价开发建设项目的生态修复效益。

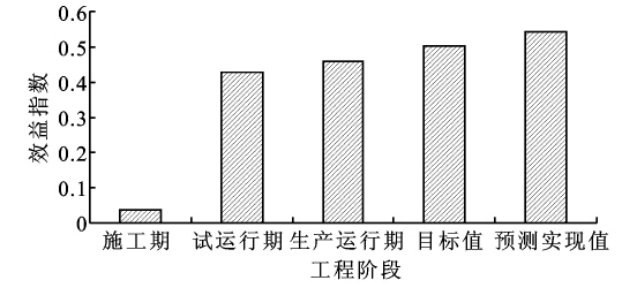


图 3 新田煤炭工程的生态修复效益指数随阶段变化

(2)建立了一套涵概生态效益、经济效益和社会效益的综合评价动态评价模型,该模型可以针对不同开发建设项目类型的多个项目一起进行评价,有利于强化和对比,揭示生态修复过程中效益动态变化过程,有利于指导开发建设项目生态修复进一步完善。

(3)运用层次分析法(AHP) 确定评价指标权重,并对其权重的确定和参数的标准化计算进行了分析,采用综合定量评价方法,评价结果与实际情况一致性较高,具有一定的区域适宜性。通过开发建设项目的实例计算、分析和验证,结果与实际情况相符,本项研究成果的理论、方法是可行的。

参考文献:

[1] Jacob W E, Rattan L. Tillage effects on physical properties of agricultural organic soils of north central Ohio[J]. Soil & Tillage Research, 2008, 98(2): 208-210.

[2] 王睿坚, 张志丹. 东北黑土水土流失研究概述[J]. 农业与技术, 2006(12): 106-109.

[3] 魏永霞, 张忠学, 赵雨森. 坡耕地水土保持理论与技术研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 2-3.

[4] 杨文文, 张学培, 王洪英. 东北黑土区坡耕地水土流失及防治技术研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 231-234.

[5] 张忠学, 曾赛星. 东北半干旱抗旱灌溉区节水农业理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 16-17.

[6] 尹喜霖, 单广杰, 柏钰春, 等. 试论黑龙江省的水土流失[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 113-115.

[2] Liu B Y, Nearing M A, Shi P J, et al. Slope length effects on soil loss for steep slopes[J]. Soil Sci Soc of Am, J, 2000, 64(5): 1759-1763.

[3] Nearing M A, Norton L D, Bulgakov D A, et al. Hydraulics and erosion in eroding rills[J]. Water Resources Research, 1997, 33(4): 865-876.

[4] 刘纪根, 张平仓, 喻惠花. 水土流失治理率综合评价指标体系框架研究[J]. 长江科学院院报, 2008, 25(3): 82-85.

[5] 王辉文, 彭冬水, 彭源水. 层次分析法在开发建设项目水土保持管理中的应用[J]. 亚热带水土保持, 2008, 20(1): 44-47.

[6] 吴柏清, 何政伟, 仇文峡, 等. 层次分析法在土地利用战略研究中的应用: 以四川省泸定县为例[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(9): 3814-3816.

[7] 赵先贵, 马彩虹. 基于科学发展观的区域发展评价系统研究[J]. 水土保持通报, 2008, 28(3): 193-197.

[8] 王国梁, 党小虎, 刘国彬. 黄土丘陵区县南沟流域生态恢复的生态经济耦合评价[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2009, 37(2): 187-198.

[9] 曲衍波, 齐伟, 赵胜亭, 等. 胶东山区县域优质苹果生态适宜性评价及潜力分析[J]. 农业工程学报, 2008, 24(6): 109-114.

[10] Dawson E M, Roth W H, Drescher A. Slope stability analysis by strength reduction [J]. Geo. Technique, 1999, 49(6): 835-840.

[11] Zhang X, Quine T A, Walling D E. Soil erosion rates on sloping cultivated land on the Loess Plateau near Ansai, Shaanxi Province, China: An investigation using <sup>137</sup>Cs and rill measurements [J]. Hydrology Processes, 1998, 12(1): 171-189.

[12] 白中科, 郭青霞, 王改玲, 等. 矿区土地复垦与生态重建效益演变与配置研究[J]. 自然资源学报, 2001, 16(6): 525-530.

[13] 江洪, 张艳丽, James R Strittholt. 干扰与生态系统演替的空间分析[J]. 生态学报, 2009, 23(9): 1861-1876.

(上接第 16 页)

[2] 王睿坚, 张志丹. 东北黑土水土流失研究概述[J]. 农业与技术, 2006(12): 106-109.

[3] 魏永霞, 张忠学, 赵雨森. 坡耕地水土保持理论与技术研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010: 2-3.

[4] 杨文文, 张学培, 王洪英. 东北黑土区坡耕地水土流失及防治技术研究进展[J]. 水土保持研究, 2005, 12(5): 231-234.

[5] 张忠学, 曾赛星. 东北半干旱抗旱灌溉区节水农业理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 16-17.

[6] 尹喜霖, 单广杰, 柏钰春, 等. 试论黑龙江省的水土流失[J]. 中国地质灾害与防治学报, 2003, 14(4): 113-115.

[7] 王贵作. 黑龙江省西部半干旱区坡耕地水分入渗、径流和土壤侵蚀量试验研究[D]. 哈尔滨: 东北农业大学, 2006.

[8] 林超文, 庞良玉, 陈一兵, 等. 不同耕作方式和雨强对紫色土坡耕地降雨有效性的影响[J]. 生态环境, 2008, 17(3): 1258-1261.

[9] 苗慧英. 耕作技术措施[J]. 河北农业技术, 2001(7): 37.

[10] 石可鸣, 石长金. 水土保持耕作方法的研究[J]. 中国水土保持, 1995(5): 49-51.

[11] 郑子成, 吴启发. 耕作措施对产流作用的研究[J]. 土壤, 2004, 36(3): 327-333.