

鲁中南山区径流小区不同坡度条件下 4 种植被的水土流失规律研究

刘培娟<sup>1,2</sup>, 马文贵<sup>3</sup>, 杨吉华<sup>1</sup>, 孙友<sup>2</sup>, 李建伟<sup>2</sup>, 陈安强<sup>1</sup>

(1. 山东农业大学 林学院水土保持系, 山东 泰安 271018; 2. 山东省诸城市水利水产局, 山东 诸城 262200;  
3. 临朐县水土保持办公室, 山东 临朐 262600)

**摘 要:**对山东省临朐县辛庄水土保持试验站径流小区 4 种植物(花生、沙打旺、草木樨和自然草地)的 3 个坡度(5°、15°和 25°)连续 5 a 的汛期径流、侵蚀观测数据,分析不同坡度条件下径流小区汛期径流量和侵蚀量。试验结果表明:相同坡度径流小区 4 种植被的水土流失量随降雨量的增大而加剧;相同降雨条件和相同坡度径流小区 4 种植被的水土流失量从大到小顺序均为:花生>自然草地>沙打旺>草木樨;4 种植被的水土流失量随坡度的升高而增加,5°小区<15°小区<25°小区。  
**关键词:**坡度;地表径流量;土壤侵蚀量;降水量;植被类型  
**中图分类号:**S157.1      **文献标识码:**A      **文章编号:**1005-3409(2007)06-0338-03

Study on Soil and Water Erosion by Different Slope Under Four Kinds of Vegetation in the Middle and South Shandong Province

LIU Pei-juan<sup>1,2</sup>, MA Wen-gui<sup>3</sup>, YANG Ji-hua<sup>1</sup>, SUN You<sup>2</sup>, LI Jian-wei<sup>2</sup>, CHEN An-qiang<sup>1</sup>  
(1. Soil and Water Conservation Department of Forest College, Shandong Agricultural University, Tai'an, Shandong 271018, China; 2. Zhuchengshi Water Aquatic Board, Zhucheng, Shandong 262200, China; 3. Soil and Water Conservation Service of Linqu, Linqu, Shandong 262600, China)

**Abstract :** This article studied the change of soil and water erosion with rising of the slope under the four kinds of vegetation of *A rachis hypogaea* L., *Astragal us adsurgens* Pall., *Melilotus suaveolens* and grassland in Linqu Xinzhuang valley of Shandong. At plot scale, an experiment investigated upon soil erosion of the four kinds of vegetation on gentle hill slope (5°, 15°, 25°) was performed over a period of 1986 - 1990. The results showed that the magnitude of soil erosion of the four kinds of vegetation increases with rising of the precipitation amount in the same slope, the sequences of the magnitude of soil erosion of the four kinds of vegetation were: *A rachis hypogaea* L. > grassland > *Astragal us adsurgens* Pall. > *Melilotus suaveolens* in the same slope and precipitation amount. The magnitude of soil erosion of the four kinds of vegetation increases with rising of the slope (5° < 15° < 25°).  
**Key words :** slope gradient ; surface runoff capacity ; soil erosion capacity ; precipitation amount ; vegetation type

坡度是地面形态的主要特征要素之一,也是对土壤侵蚀影响最大的因素之一。在一定坡长条件下,坡度大时水流速度快,用较短的时间就能流出坡面,又由于流速快,径流在坡面上的入渗时间短,其入渗量小,径流量也就增大。径流速度加快及径流量增大的双重作用使径流动能迅速增大,冲刷力相应增强,其造成的坡面土壤流失量也就势必增大。坡度对水土流失量有重要影响<sup>[1-5]</sup>,本文通过对山东省临朐县辛庄水土保持试验站径流小区 4 种植物(花生、沙打旺、草木樨和自然草地)的 3 个坡度(5°、15°和 25°)连续 5 a 的汛期降雨量、径流量和侵蚀量观测数据,对不同坡度径流小区的水土流失数量比较,得出鲁中南山区径流小区不同坡度条件下水土流失规律,为水土流失区的植被恢复和生态环境建设提供科学的理论依据。

1 试验区概况

试验区位于山东省临朐县石家河乡辛庄小流域,属典型

鲁中南低山丘陵区,流域面积 8 340 km<sup>2</sup>,海拔 431 m,沟壑密度 4.3 km/km<sup>2</sup>,地面坡度 5~30°,岩石为片麻岩,土壤为棕壤,土壤容重 1.36 g/cm<sup>3</sup>,总孔隙度 50%。多年平均气温 12℃,年平均无霜期 191 d,多年平均降水量 800 mm,降水多集中在 6-9 月,年平均径流深 350 mm。植被属温带落叶阔叶林,流域内天然和人工种植的林草面积达 27.45 km<sup>2</sup>,乔木树种以刺槐、黑松、麻栎为主。灌木主要有黄荆和酸枣。经济树种有苹果、板栗、桃、花椒和杏。自然生长的杂草有白羊草、荩草、百里香、结缕草、黄背草等,人工种植的本草植物有小麦、谷子、甘薯、黄烟、花生、沙打旺、草木樨等。

2 材料与方法

2.1 试验小区设置

试验小区内有人工种植的植物(花生、沙打旺、草木樨)和自然草地。4 种植被各建有 3 个径流小区,坡度分别为 5°、15°和 25°,共计 12 个径流小区,径流小区的垂直投影尺

收稿日期:2007-01-29  
基金项目:山东省水利厅资助项目“山东典型侵蚀区水土流失机理与综合治理效益研究”  
作者简介:刘培娟(1978-),女,硕士研究生,主要从事林业生态工程研究。  
通信作者:杨吉华。

寸为 20 m ×5 m,具有相同的坡向(半阴坡)和坡位(丘陵中上部)。花生在春季播种前和秋收后进行翻耕,生长期进行松土除草。沙打旺、草木樨和自然草地所建径流小区土壤保持自然状态。

2.2 降水量观测

1986 - 1990 年用自记雨量计进行汛期(6 月 1 日 - 9 月 30 日)降雨量的观测,降水测量仪器安置在试验区附近(水平距离 100 m)的标准气象站内,对降水量进行记录和整理,试验期间的降雨量数据都来源于气象站的长期观测资料。

2.3 径流、侵蚀观测

试验小区径流泥沙按每次降雨后流入蓄水池的径流量

表 1 不同降雨条件下 15 径流小区汛期径流量、侵蚀量

| 植被类型 | 1986 年汛期 |                |                         | 1988 年汛期 |                |                         | 1990 年汛期 |                |                         |
|------|----------|----------------|-------------------------|----------|----------------|-------------------------|----------|----------------|-------------------------|
|      | 降雨量/     | 径流量/           | 侵蚀量/                    | 降雨量/     | 径流量/           | 侵蚀量/                    | 降雨量/     | 径流量/           | 侵蚀量/                    |
|      | mm       | m <sup>3</sup> | (t · km <sup>-2</sup> ) | mm       | m <sup>3</sup> | (t · km <sup>-2</sup> ) | mm       | m <sup>3</sup> | (t · km <sup>-2</sup> ) |
| 花生   | 86.1     | 9620           | 827                     | 309.9    | 41432          | 2391                    | 599.8    | 51275          | 6516                    |
| 沙打旺  | 86.1     | 5653           | 88                      | 309.9    | 20137          | 317                     | 599.8    | 36909          | 614                     |
| 草木樨  | 86.1     | 2465           | 56                      | 309.9    | 5273           | 218                     | 599.8    | 10206          | 371                     |
| 自然草地 | 86.1     | 8679           | 182                     | 309.9    | 20440          | 791                     | 599.8    | 39560          | 1237                    |

由表 1 可以看出,在相同坡度径流小区 4 种植被 3 个典型年份的汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大而增加,水土流失量随降雨量的增大而加剧;汛期降雨量 1988 年、1990 年是 1986 年的 3.60、6.97 倍,种植花生的径流小区汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大变化幅度大,汛期径流量 1988 年、1990 年是 1986 年的 4.31、5.33 倍,汛期侵蚀量 1988 年、1990 年是 1986 年的 2.89、7.88 倍;自然草地、沙打旺和草木樨的汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大变化幅度小。由于自然草地、沙打旺和草木樨径流小区的土壤人为扰动较小,群落盖度较高且枯萎后形成贴地保护层,就能够有效地减少侵蚀发生,而翻耕、播种、松土和除草的花生径流小区,径流小区内的土壤表层疏松,土壤较容易被溅蚀和被径流所冲刷,土壤侵蚀量大。

3.2 相同降雨条件下不同植被径流小区侵蚀规律研究

由表 2 可以看出,1986 - 1990 年 25 径流小区汛期平均降雨量为 256.2 mm,相同降雨条件下 25 径流小区汛期平均径流量、侵蚀量从大到小的顺序均为:花生 > 自然草地 > 沙打旺 > 草木樨。对 4 种植被 25 径流小区汛期平均径流量、侵蚀量进行方差分析,结果表明,4 种植被汛期平均径流量不存在显著差异( $F=3.645 < F_{0.01}=5.292$ );汛期平均侵蚀量存在显著差异( $F=31.216 > F_{0.01}=5.292$ )。

表 2 25 径流小区汛期平均径流量、侵蚀量

| 植被类型 | 汛期降雨量/<br>mm | 汛期径流量/<br>m <sup>3</sup> | 汛期侵蚀量/<br>(t · km <sup>-2</sup> ) |
|------|--------------|--------------------------|-----------------------------------|
| 花生   | 256.2        | 74403                    | 6419                              |
| 沙打旺  | 256.2        | 23201                    | 1146                              |
| 草木樨  | 256.2        | 58062                    | 629                               |
| 自然草地 | 256.2        | 6981                     | 1864                              |

注:观测时间为 1986 - 1990 年。

在 1%水平上分别对 4 种植被 25 径流小区汛期平均侵蚀量进行多重比较,结果如表 3 所示。由表 3 可以看出,花生与沙打旺、草木樨和自然草地汛期平均侵蚀量均存在显著

和泥沙量计算径流小区的径流量和泥沙量,汛期径流量、侵蚀量数据为 1986 - 1990 年观测结果。

2.4 数据方法

基于软件 EXCEL 2003 采用方差分析,多重比较等,对不同植被类型的汛期平均径流量、侵蚀量之间的差异进行检验和比较。

3 结果与分析

3.1 不同降雨条件下径流小区侵蚀规律研究

根据临朐县辛庄水土保持试验站汛期实测资料(1986 - 1990 年),在一定坡长(20 m)条件下,4 种植被 15 径流小区 1986 年、1988 年和 1990 年汛期水土流失量统计结果如表 1 所示。

差异,草木樨和自然草地存在显著差异,沙打旺与草木樨和自然草地不存在显著差异。结果表明,相同坡度下,在植被盖度较高、覆盖时间较长的条件下,水土流失量主要受土壤表面植被覆盖度差异的影响<sup>[6]</sup>,这与试验期间各径流小区植物覆盖度的变化是一致的。

表 3 相同降雨条件下 25 径流小区汛期平均侵蚀量多重比较结果

| 植被类型 | 花生      | 沙打旺  | 草木樨     | 自然草地 |
|------|---------|------|---------|------|
| 花生   | -       |      |         |      |
| 沙打旺  | 29.81 * | -    |         |      |
| 草木樨  | 52.24 * | 5.77 | -       |      |
| 自然草地 | 25.60 * | 2.22 | 53.02 3 | -    |

注: \*表示在 0.01 水平上差异显著。

3.3 相同降雨条件下不同坡度径流小区侵蚀规律研究

根据临朐县辛庄水土保持试验站汛期实测资料(1988 年),4 种植被(花生、沙打旺、草木樨和自然草地)3 个坡度(5°,15°和 25°)各径流小区汛期径流量、侵蚀量统计结果如表 4。

表 4 不同坡度径流小区汛期径流量、侵蚀量

| 指 标                               | 坡度  | 花生    | 沙打旺   | 草木樨   | 自然草地  |
|-----------------------------------|-----|-------|-------|-------|-------|
| 汛期降雨量/mm                          |     | 309.9 | 309.9 | 309.9 | 309.9 |
| 汛期径流量/<br>m <sup>3</sup>          | 5°  | 27090 | 2450  | 2084  | 9486  |
|                                   | 15° | 41432 | 20137 | 5273  | 20440 |
|                                   | 25° | 96415 | 52308 | 9924  | 54317 |
| 汛期侵蚀量/<br>(t · km <sup>-2</sup> ) | 5°  | 44    | 29    | 22    | 34    |
|                                   | 15° | 2391  | 317   | 218   | 791   |
|                                   | 25° | 9673  | 2599  | 280   | 2683  |

由表 4 可以看出,4 种植被径流小区之间汛期径流量、侵蚀量随坡度变化是:5°小区 < 15°小区 < 25°小区。4 种植被汛期径流量、侵蚀量随坡度的升高而增加,水土流失量随坡度的升高而加剧。以花生径流小区为例,花生汛期径流量 15°,25°小区是 5°小区的 1.53、3.56 倍,汛期侵蚀量 15°,25°小区是 5°小区的 54.34、219.85 倍。在一定坡长条件下,坡

度大时水流速度快,对坡面表层土壤的侵蚀冲刷力也越大,水土流失量越大。

3.4 相同降雨条件下不同坡度径流小区汛期径流量与侵蚀量研究

在高侵蚀潜在性的情况下,侵蚀径流比随着坡度的加大而增大<sup>[7]</sup>,根据临朐县辛庄水土保持试验站汛期实测资料(1986 - 1990 年),经过整理,用 4 种植被(花生、沙打旺、草木樨和自然草地)3 个坡度(5°,15°和 25°)径流小区数据为例建立其回归方程,结果如表 5 所示:

| 表 5 不同坡度径流小区汛期径流量与侵蚀量回归方程 |     |                        |                |
|---------------------------|-----|------------------------|----------------|
| 植被类型                      | 坡度  | 回归方程                   | R <sup>2</sup> |
| 花生                        | 5°  | $Y = 0.0830X - 61.965$ | 0.9681         |
|                           | 15° | $Y = 0.1019X - 123.71$ | 0.9802         |
|                           | 25° | $Y = 0.7787X + 250.28$ | 0.9314         |
| 沙打旺                       | 5°  | $Y = 0.0798X - 78.646$ | 0.9589         |
|                           | 15° | $Y = 0.1016X - 117.16$ | 0.9804         |
|                           | 25° | $Y = 0.3326X - 362.15$ | 0.9171         |
| 草木樨                       | 5°  | $Y = 0.0867X - 57.92$  | 0.9687         |
|                           | 15° | $Y = 0.1066X - 119.79$ | 0.9837         |
|                           | 25° | $Y = 0.2199X + 864.16$ | 0.9046         |
| 自然草地                      | 5°  | $Y = 0.1247X + 8.5386$ | 0.9509         |
|                           | 15° | $Y = 0.2327X + 50.782$ | 0.9905         |
|                           | 25° | $Y = 0.4523X - 5.5448$ | 0.9552         |

注:  $X$  为汛期径流量,  $Y$  为汛期侵蚀量。

各坡度径流小区的汛期径流量与侵蚀量建立直线回归方程( $Y = AX + B$ ,  $X$ ——汛期径流量;  $Y$ ——汛期侵蚀量),汛期径流量与侵蚀量直线回归方程的斜率( $A$ ),反映侵蚀量与径流量比随坡度变化幅度,由表 5 可以看出,花生各坡度径流小区的汛期侵蚀量与径流量比随坡度增加变化幅度增大,花生变化幅度 15°,25°小区是 5°小区的 1.23,9.38 倍,说明坡度越大,侵蚀量随径流量变大而加剧。沙打旺、草木樨和自然草地不同坡度径流小区的汛期侵蚀量与径流量比随坡度增加变化幅度不明显。

在重力作用下,坡度越大,水流速度越快,对坡面表层土壤的侵蚀冲刷力也越大,坡度对水土流失的影响,并非一成不变<sup>[7]</sup>。在良好的植被覆盖下的山丘区,一般就没有明显的水土流失现象,而在坡耕地上,由于耕翻、松土、除草等人为

活动,使地表土壤疏松,地表径流量和侵蚀量就会很大。

4 结 论

- (1)在相同坡度径流小区 4 种植被的汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大而增加,水土流失量随降雨量的增大而加剧;汛期降雨量 1988 年、1990 年是 1986 年的 3.60,6.97 倍,种植花生的径流小区汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大变化幅度大,自然草地、沙打旺和草木樨的汛期径流量、侵蚀量随降雨量的增大变化幅度小。
- (2)相同降雨条件下 25°径流小区 4 种植被汛期平均径流量、侵蚀量从大到小的顺序均为:花生>自然草地>沙打旺>草木樨。4 种植被汛期平均侵蚀量存在显著差异。
- (3)4 种植被径流小区之间汛期径流量、侵蚀量随坡度变化是:5°小区<15°小区<25°小区。4 种植被的汛期径流量、侵蚀量随坡度的升高而增加,水土流失量随坡度的升高而加剧。
- (4)花生各坡度径流小区的汛期侵蚀量与径流量比随坡度增加变化幅度增大,沙打旺、草木樨和自然草地不同坡度径流小区的汛期侵蚀量与径流量比随坡度增加变化幅度不明显。

参考文献:

[1] 唐克丽. 黄土高原土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京:中国科学技术出版社,1990.

[2] 傅伯杰,邱杨,王军,等. 黄土丘陵小流域土地利用变化对水土流失的影响[J]. 地理学报,2002,57(6):717 - 722.

[3] Romero D A, Cammeraat L H, Vacca A, et al. Soil erosion at three experimental sites in the Mediterranean[J]. Earth Surface Process Landforms, 1999, (24):1243 - 1256.

[4] 陈法扬. 不同坡度对土壤冲刷量影响试验[J]. 中国水土保持, 1985(2):24 - 30.

[5] 刘青泉,陈力,李家春. 坡度对坡面土壤侵蚀的影响分析[J]. 应用数学和力学, 2001, 22(5):449 - 457.

[6] 曹文洪. 土壤侵蚀的坡度界限研究[J]. 水土保持通报, 1993, 13(4):1 - 5.

[7] 黄志霖,傅伯杰,陈利顶. 黄土丘陵区不同坡度、土地利用类型与降水变化的水土流失分异[J]. 水土保持研究, 1995, 2(1):71 - 75.

(上接第 337 页)

生产条件,并能够增加农牧户收入。

5 结 语

通过对禁牧前后盐池县部分村镇的农牧耦合进行分析发现,调查区目前的农牧系统耦合并不理想,2001 年的系统耦合度为 0.29,2004 年为 0.98,都低于系统耦合效果的基本标准 1,2001 年和 2004 年农牧系统有效能值利用率和低质能产品转化为高质能产品的能值利用系数分别为 0.6,0.48 和 1.12,0.87,说明禁牧后农牧系统的耦合程度明显提高,但是仍然没有达到一个理想的程度。建议在今后的农牧业生产的发展方向上改变以往的“种粮+养羊”种养方式,走

种草养畜的道路。

参考文献:

[1] 吕玉华. 北方农牧交错带农牧系统耦合及相悖的机理及效应[D]. 北京:中国农业大学,2003.

[2] 王爱民,刘宇,高翔. 河西地区农牧地域分异与农牧耦合探讨[J]. 经济地理,2002(12):49 - 53.

[3] 董孝斌,高旺盛,严茅超. 基于能值理论的农牧交错带两个典型县域生态经济系统的耦合效应分析[J]. 2005,11(21):1 - 6.

[4] 任继周. 草地农业生态学[M]. 北京:中国农业出版社,1995.