

# 黄土丘陵林区开垦地土壤侵蚀强度时间变化研究

查小春, 唐克丽

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 以黄土丘陵林区 10 a 径流泥沙观测资料为基础, 分析了林地开垦后不同侵蚀年限情况下土壤侵蚀强度的变化。结果发现, 随侵蚀年限的增长, 土壤侵蚀强度呈明显的增长趋势, 平均每年约有 10 mm 的土层被侵蚀掉, 到侵蚀的第 10 a 时, 已有 100.81 mm 的土层被侵蚀掉, 相当于林地土壤的 A 层大部分遭到流失。土壤侵蚀强度的增加, 土壤质量的下降, 土壤性状的恶化, 更促使侵蚀强度的加剧。

**关键词:** 林区开垦地 土壤侵蚀强度 时间变化

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2000)02-0005-04

中图分类号: S157.1

## Temporal Change of Soil Erosion Intensity of Reclaimed Lands in Loess Hilly Forest Region

ZHA Xiao-chun, TANG Ke-li

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling District 712100, Shaanxi Province, PRC)

**Abstract** Using the 10 years observed data about runoff and sediment in the loess hilly forest region, the temporal change of soil erosion intensity in the reclaimed lands was analyzed. The results showed that with the increasing of erosion time, the soil erosion intensity in reclaimed lands would be increased apparently, and there had about 10 mm soil layer be eroded away every year. In the 10th year, the 100.81 mm depth of soil was eroded away, which was almost all the humus layer. At last, it is pointed that the increase of the erosion intensity, the decrease of soil quality and the worse of the soil properties would aggravate the soil erosion intensity seriously.

**Keywords** reclaimed forestry-lands; soil erosion intensity; temporal change

退耕还林、还牧是创建黄土高原“山川秀美”的前提,也是开发大西北的环境基础,在生态环境脆弱的黄土高原上显得非常重要,也势在必行。由于人类社会的发展,人口的增长和社会需求的膨胀,人为毁林、开荒等对自然生态环境的破坏而引起的侵蚀日趋严重。如今,在黄土高原的现代侵蚀中,人为加速侵蚀居主导地位<sup>[1,2]</sup>。人为活动对侵蚀的加速作用有许多方式,但以人为破坏植被的耕垦活动影响最大。人为开垦林、草地可在短期内加速土壤侵蚀的进程,引起侵蚀强度的急剧增加及空间的不断扩大,从而改变土壤演化的方向,对于这方面的研究成果已有报道<sup>[3-5]</sup>。近年来,子午岭地区土壤侵蚀与生态环境演变的研究取得了新的进展,为系统地研究人为加速侵蚀下的土壤环境演化提供了基础<sup>[4]</sup>。本文将通过比较分析林地及不同侵蚀年限的开垦地土壤侵蚀产沙产流的动态变化,来探讨人为加速侵蚀对土壤侵蚀环境以及生态

环境的影响变化,以求对黄土高原坡耕地土壤侵蚀的研究、植被的恢复和重建提供依据。

### 1 研究区自然概况

试验研究地点位于陕西省富县子午岭土壤侵蚀与生态环境观测站上,地理位置为东经 109°11',北纬 36°05';地貌类型为梁状黄土丘陵沟壑区,海拔高程为 920~1683 m,沟壑密度为 4.5 km/km<sup>2</sup>;年均气温 9°C,年均降雨量 576.7 mm;区内林木郁闭度为 0.7 以上;土壤为森林草原植被下发育的褐色土;该站始建于 1989 年,布设了以自然坡面为基础的大型径流观测试验场,截止 1998 年,已有 10 a 长期观测的径流泥沙资料<sup>[6]</sup>。本文主要以沟间梁坡开垦地的 7 号试验小区为主,研究林地开垦侵蚀 10 a 内的土壤侵蚀产流产沙情况和土壤侵蚀强度的变化。该试验小区面积为 1144.3 m<sup>2</sup>,坡度 14°~32°,平均长度和宽度分别为

收稿日期: 2000-02-10

资助项目: 国家自然科学基金重点项目资助 (19832060)

作者简介: 查小春,男,1972 年生,硕士,主要从事侵蚀环境演变与调控方面的研究。电话: (029) 7010503, E-mail: tgroup@ms.isw.c.ac.cn

97.2 m 和 13.8 m; 土壤侵蚀以细沟浅沟侵蚀为主; 在每年的春季前翻耕平地, 雨季降雨产流时, 观测并记录产流产沙情况; 下一年度雨季来临前再翻耕

## 2 林区开垦地土壤侵蚀强度分析

植被是影响土壤侵蚀的重要因素之一, 也是加速和控制侵蚀极为敏感的因子。在以天然降雨为主的外界侵蚀营力作用下, 由于树冠、枯枝落叶层和根系对地表的保护, 侵蚀量极为微弱, 从表 1 可见, 侵蚀模数仅为  $2.18 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ; 但林地一旦被开垦为耕地后, 在人为活动影响的加速侵蚀下, 侵蚀第 1 a 开垦地的侵蚀模数为  $2031.15 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 为林地的 1000 倍以上; 第 2 a 侵蚀模数则高达  $11064.1 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 并且, 随开垦侵蚀年限的变化, 侵蚀发展急剧, 但年际变幅较大, 如侵蚀第 3 a 开垦地的侵蚀模数为  $9609.34 \text{ t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ , 比侵蚀第 2 a 的侵蚀模数低, 但从导致产生土壤侵蚀的主要外界营力——降雨来看, 威期奇迈尔<sup>[7]</sup>最早提出  $E_{I_{30}}$  是判定侵蚀的最好指标, 江忠善等<sup>[8]</sup>对此进行了详细的研究, 并提出计算公式。笔者根据江忠善提出的公式统计了全年的侵蚀性降雨动能 ( $\sum EI_{30}$ ), 然后计算出单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量, 从表 1 可见, 对照林地表现出很好的防治土壤侵蚀的能力, 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量仅为  $0.002 (\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$ , 开垦地第 1 a 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量为  $1.911 (\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$ , 在侵蚀的第 2 a, 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量为  $6.239 (\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$

表 2 不同年限开垦地次降雨过程中的侵蚀径流量

观测日期	侵蚀年限 / a	雨量 / mm	平均雨强 / ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ )	30min 雨强 / ( $\text{mm} \cdot \text{h}^{-1}$ )	侵蚀量 / ( $\text{t} \cdot \text{km}^{-2}$ )	径流量 / ( $\text{m}^3 \cdot \text{km}^{-2}$ )
19890817	1	41.2	5.5	0.88	852.40	3387.76
19900726	2	40.8	5.4	0.52	4278.41	5944.67
19900704	2	26.1	8.2	0.57	1512.37	1939.44
19950714	7	26.9	7.7	0.53	3597.45	4593.55

动能大, 1989 年侵蚀 1 a 的开垦地侵蚀量仅为  $852.40 \text{ t}/\text{km}^2$ , 径流量为  $3389.76 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 1990 年侵蚀量为  $4278.41 \text{ t}/\text{km}^2$ , 径流量为  $5944.67 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 分别是前者的 50.19 倍和 1.7 倍; 同时, 从 1990 年 7 月 4 日次降雨和 1995 年 7 月 14 日次降雨来看, 二者降雨量、平均雨强和  $E_{I_{30}}$  均相近, 但 1990 年侵蚀量却为  $1512.37 \text{ t}/\text{km}^2$ , 径流量为  $1939.45 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 1995 年侵蚀 7 a 开垦地的侵蚀量却为  $3597.45 \text{ t}/\text{km}^2$ , 径流量为  $4593.55 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 分别是前者的 2.37 倍。又从 1990 年 7 月 26 日次降雨和 1995 年 7 月 14 日次降雨

表 1 试验小区侵蚀不同年限土壤产沙情况

观测年份	侵蚀年限 / a	年侵蚀性降雨量 / mm	$\sum EI_{30}$	侵蚀模数 / ( $\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ )	侵蚀量 <sup>②</sup>
1989	林地	231.6	1068.3	2.20	0.002
1989	1	210.9	1062.8	2031.15	1.91
1990	2	316.4	1773.4	11064.10	6.24
1991	3	245.1	1451.9	9609.34	6.62
1992	4	170.3	301.2	7380.18	8.51
1993	5	149.1	947.0	8255.00	8.72
1994	6	182.1	2093.8	18674.09	8.92
1995	7	213.3	1642.0	16667.36	10.15
1996	8	183.9	835.7	10237.53	12.25
1997	9	40.8	119.9	2274.61	18.98
1998	10	90.8	250.9	6657.31	26.53

注: ① 单位为  $\text{J}/(\text{m}^2 \cdot \text{mm} \cdot \text{a})$ ; ② 为单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量, 单位为  $(\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{mm}^{-1})$

从表 1 可以看出, 随侵蚀年限的增长, 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量呈明显的增加趋势, 在侵蚀的第 10 a, 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量为  $26.533 (\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$ , 也表明了土壤侵蚀的强度随侵蚀年限的增长呈增加趋势

同时, 根据多年的观测资料, 选择了几场侵蚀性降雨。由于天然降雨特征参数 (降雨量、平均雨强和 30 min 最大雨强等) 变化很大, 在同一年份或不同年份内, 很难找到降雨特征相同的几场降雨。为了能比较在不同开垦年限下开垦地的土壤侵蚀程度, 选择了 4 场侵蚀性降雨 (见表 2)。表 2 表明, 1989 年 8 月 17 日次降雨和 1990 年 7 月 26 日次降雨, 降雨量和平均雨强相近, 但  $I_{30}$  前者大于后者, 也就是说前者的降雨

来看, 二者降雨量、平均雨强不同, 前者的降雨量大, 但  $I_{30}$  均相近, 单位降雨侵蚀力引起的侵蚀量却以 1995 年侵蚀 7 a 的开垦居多, 为  $14.69 (\text{t} \cdot \text{km}^{-2}) / (\text{J} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1})$ 。单次侵蚀降雨对比结果也表明, 林地开垦后土壤侵蚀时间越长, 土壤越易产沙产流而发生侵蚀, 并呈增长趋势

## 3 不同侵蚀年限下土壤侵蚀深度变化

### 3.1 土壤侵蚀深度的逐年变化

土壤侵蚀深度指某一区域地表土壤遭受土壤侵

蚀的平均深度变化,是表示侵蚀强度的最直观指标之一。林地由于枯枝落叶层和土壤根系对地表的保护,侵蚀极为微弱。但在被开垦后,在侵蚀性降雨情况下,立即有土壤侵蚀的出现,并造成地表土壤的大量流失。计算了不同侵蚀年限下土壤侵蚀的深度和累计深度(表 3)。表 3 表明,由于每年发生侵蚀降雨的次数不同,而导致每年流失的土壤深度不同,最高达 19.87 mm(1994 年),最低仅 2.27 mm(1998 年);从各年累计的侵蚀深度分析,到侵蚀第 10 a 时,该区土壤的侵蚀深度已达 100.81 mm,平均每年侵蚀掉 10 mm 的土层。这表明人为引起的加速侵蚀,不仅造成地表土壤的大量流失,也使地表土层深度逐年变薄。

表 3 不同侵蚀年限土壤侵蚀深度的变化

观测年限	侵蚀年限 / a	侵蚀模数 / $(t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1})$	侵蚀深度 / $(mm \cdot a^{-1})$	累计侵蚀深度 / mm
1989	1	2 031.15	2.33	2.33
1990	2	11 064.10	12.43	14.76
1991	3	9 609.34	10.68	25.44
1992	4	4 380.18	8.11	33.55
1993	5	10 148.47	10.91	44.46
1994	6	18 674.09	19.87	64.33
1995	7	16 667.36	17.36	81.69
1996	8	10 237.53	10.45	92.14
1997	9	2 274.61	2.27	94.41
1998	10	6 657.32	6.40	100.81

### 3.2 土壤侵蚀深度的变化与土壤剖面层次的比较

土壤剖面是指从地面垂直向下的土壤纵剖面,是在土壤发育过程中,由有机质的积聚、物质的淋溶和淀积而形成的,它或多或少表现出土壤特征的水平层次分异。为能进行比较,在与径流观测小区同一部位的林地中,分析了一个土壤剖面(图 1)。

在林地土壤剖面中,表层(A<sub>0</sub>)一般为枯枝落叶层,A<sub>0</sub>以下为黑褐色的腐殖层(A),土质松软,细小根系密集,有机质和水稳性团粒含量最多;A层以下为腐殖层(A)和淀积层(B)的过渡层次(A/B),颜色浅于A层,草根较多;再次为淋溶淀积层(B);B层下面为B和黄土母质层(C)的过渡层次(B/C),有菌丝状CaCO<sub>3</sub>淀积,草

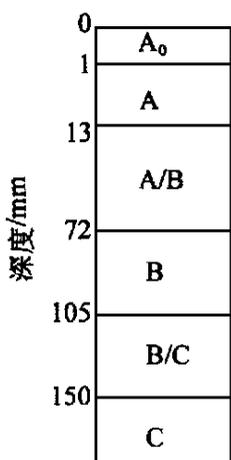


图 1 林地土壤剖面图

根极少;然后则为黄土母质层(C)。

当植被被破坏,林地被开垦后,在降雨侵蚀和人为活动的双重影响下,加速了土壤侵蚀的进程,从表 3 可见,在侵蚀的第 1 a,开垦地土壤因含有大量的有机质、植物根系等,侵蚀不剧烈,1 a 内仅侵蚀掉 2.33 mm 土层;随着侵蚀年限的增长,在侵蚀的第 6 a 时,有 64.43 mm 的土层被侵蚀掉,与林地土壤剖面比较,相当于土壤的腐殖层(A)被侵蚀掉 1/2,到侵蚀第 10 a 时,已有 100.81 mm 的土层被侵蚀掉,相当于林地土壤 A 层的大部分。如果按此侵蚀速率计算,在土壤侵蚀的 12 a 内,A 层土壤会完全被侵蚀掉。

随着土壤侵蚀深度的增加,虽然每年开垦地的翻耕层深度在 20 cm 左右,但是,A 层的减少,就使得翻耕深度逐年 A/B 层中加深,导致土壤的性状恶化。据查轩等<sup>[3]</sup>比较林地和侵蚀 10 a 开垦地的土壤性状表明,有机质由开垦前的 5.38% 下降到 0.842%,土壤容重增加了 64.3%,非毛管孔隙减少了 44.0%,土壤中水稳性团聚体降低了 56.8%。由此,一方面,土壤失去了保持肥力的物质基础,使得土壤贫瘠;另一方面,土壤结构变坏,土壤质量下降,性状恶化,土壤抗蚀抗冲能力降低。这些变化的产生,在降雨径流的作用下,又会加剧土壤侵蚀的发生。由此可见,防治土壤侵蚀,保持耕地土壤,提高土壤肥力,依然是当地农业生产的必由之路,同时,也说明退耕还林还牧,大力恢复植被,增加地面覆盖,仍然是黄土高原水土保持的核心措施和中心任务。

## 4 结 论

林地植被能拦截、减缓地表径流,又能固结土体,还能减轻降雨对土壤的击溅。但在林地开垦为坡耕地后,在人为加速侵蚀的作用下,由自然侵蚀转变为加速侵蚀,侵蚀强度由微弱转为强烈,并随侵蚀年限的增长而呈加剧趋势。从年侵蚀深度来看,坡耕地每年平均侵蚀掉约 10 mm 的土层;并随侵蚀深度的累计增加,与林地剖面层次相比较,第 6 a 即侵蚀掉腐殖层 A 层的土壤 1/2,在侵蚀第 10 a 时,A 层土壤即将被侵蚀掉,按这样的速率侵蚀,侵蚀 12 a,A 层土壤会完全被侵蚀掉。因而,每年侵蚀深度的增加,导致了土壤质量下降,土壤性状恶化,并且还会加剧水土流失和恶化侵蚀环境。同时,也反映了植被因素对改善生态环境和防治土壤侵蚀中的作用。

(下转第 40 页)

地面积  $100\text{ m}^2$ , 分为 4 个试验小区, 为了防止各小区壤中流的相互渗透而影响试验结果, 各个小区均埋设地膜隔水墙予以分离, 每个小区长  $10\text{ m}$ , 宽  $2.5\text{ m}$ 。1999 年 5 月 (作物种植前), 分别在 3 个小区 (II, III, IV) 挖沟垂直埋设了地膜 (厚度  $0.1\text{ mm}$  的普通农用地膜), 地膜埋深  $40\sim 50\text{ cm}$  (抵达不透水犁底层) I 小区 (对照小区) 未埋设地膜。II 小区在坡下方地坎内侧埋设 1 道地膜; III 小区分别在坡下方地坎  $0$  及  $5\text{ m}$  处埋设了 2 道地膜; IV 小区分别在坡下方  $0, 3, 3\text{ m}$  及  $6.6\text{ m}$  处埋设了 3 道地膜 (图 2)。

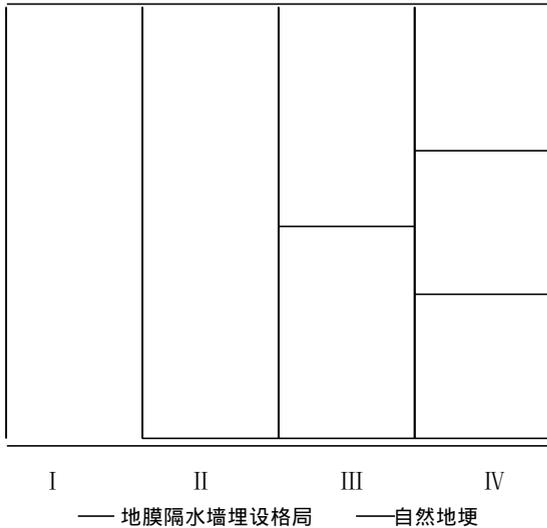


图 2 旱坡地地膜隔水墙试验地布置示意图

4 个小区的耕作、种植和田间管理相同, 种植作物为花生, 6 月初点播种植, 播种前施碳氮每  $750\text{ kg}/\text{hm}^2$ 。生长期中耕除草 2 次。

元谋多年平均降水量  $615\text{ mm}$ , 雨季 (6—11 月份)

降水量约占年总降水量的 90%。1999 年为多水年份, 降水量  $687.7\text{ mm}$ , 多于多年平均值  $72.7\text{ mm}$ , 1999 年逐月降水量见表 1。

表 1 元谋县 1999 年逐月降水量 mm

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
降水	14	0	2	0	84	2.4	180	236	90	39	36	6

### 3 试验结果

1999 年 11 月初, 进行了试验地现场花生实收称重, 单产对比结果见表 2。由表 2 可见, 埋设 1 道地膜增产 7.1%, 埋设 2 道地膜增产 11.9%, 埋设 3 道地膜增产 20.2%。未埋设地膜的对照小区 (I), 作物产量明显低于埋设地膜的小区。

表 2 不同小区花生产量对比

小区编号	I	II	III	IV
面积 $/\text{m}^2$	$2.5 \times 10$	$2.5 \times 10$	$2.5 \times 10$	$2.5 \times 10$
实收重 $/\text{kg}$	8.4	9.0	9.4	10.1
单产 $/(\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2})$	3361.5	3601.5	3762	4042.5
增产幅度 $\%$		7.1	11.9	20.2

旱坡地土壤水分中的壤中流影响作物产量, 采用“地下地膜隔水墙”技术, 可以有效阻断壤中流, 较大幅度地提高旱坡地的粮食单产 (7.1%~20.2%)。并且, 该技术成本低廉, 简单易行, 是一项适合我国干热河谷区的节水农业技术, 具有较大推广应用价值。

### 参 考 文 献

- [1] 张信宝, 朱波, 张建辉, 等. 地下地膜截水墙——一种新的节水农业技术 [J]. 山地学报, 1999, 17(2): 115—118.
- [2] 唐克丽, 等. 黄河流域的侵蚀与径流泥沙变化 [M]. 北京: 中国科学出版社, 1993.
- [3] 唐克丽, 等. 子午岭林区自然侵蚀和人为加速侵蚀剖析 [J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 第 17 集, 1993. 17—28.
- [4] 查轩, 唐克丽, 等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响. 水土保持通报, 1992, 6(2): 52—58.
- [5] 史衍玺, 唐克丽. 林地开垦加速侵蚀下土壤养分退化的研究 [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1996, 2(2): 26—33.
- [6] 唐克丽, 等. 黄土高原的水土流失与土壤退化的研究 [J]. 水土保持通报, 1987, 7(6): 12—17.
- [7] 唐克丽, 等. 子午岭林区土壤侵蚀与生态环境关系的研究内容和方法 [J]. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 第 17 集, 1993. 3—11.
- [8] Wischmeier W H A. Rainfall erosion index for a universal soil loess equation. Proc Soil Sci Am. 1959 (23): 246—249.
- [9] 江忠善. 黄土地区天然降雨雨滴特性研究 [J]. 中国水土保持, 1983(3): 32—36.

(上接第 7 页)

### 参 考 文 献