

自然侵蚀和人为加速侵蚀与生态环境演变*

郑粉莉 唐克丽[✓] 张科利 查 轩 白红英(中国科学院西北水土保持研究所, 陕西 杨陵, 712100)
水 利 部

X24

A

摘 要 黄土高原大部分地区因严重的土壤侵蚀, 已丧失原有的自然景观, 子午岭林区为追溯研究自然侵蚀和人为加速侵蚀与生态环境演变提供了研究基地。通过典型区考察和定位试验研究及实验室分析测试, 分析研究了子午岭林区植被破坏与恢复对土壤侵蚀演变的影响; 自然生态平衡下自然侵蚀和人为破坏植被耕垦的加速侵蚀特征及人为加速侵蚀与土壤退化过程等。

关键词: 植被破坏与恢复, 自然侵蚀, 加速侵蚀, 生态环境演变, 子午岭林区。

长期以来, 关于黄土高原自然侵蚀和人为加速侵蚀在现代侵蚀中主次地位问题一直是争论的中心。历史地理学家认为, 造成近代黄土高原土壤侵蚀严重、生态环境恶化是人为破坏生态环境所致^[1,2]; 而地质地理学家认为, 地质时期的自然侵蚀过程是造成黄土高原千沟万壑的主要原因, 不应把黄河看成是生态破坏的象征^[3], 已有的研究报告认为自然侵蚀占主导地位, 其自然侵蚀量占 70%^[4]。因此为了正确评价自然侵蚀和人为加速侵蚀在现代土壤侵蚀过程的各自作用及其自然侵蚀和人为加速侵蚀与生态环境演变的关系, 笔者在黄土高原子午岭林区通过典型区考察研究和重演人为破坏植被过程, 研究自然生态平衡下的自然侵蚀过程和人为破坏植被开垦耕种下的加速侵蚀过程与生态环境演变的关系。

1 研究区概况与试验方法

1.1 研究区概况

研究区设在子午岭东坡的延安地区乔北林业局任家台林场所辖林区的一条支沟内(属北洛河的三级支流)。地理位置东经 109°11', 北纬 36°05'。区内地貌特征为黄土覆盖的低山丘陵, 海拔高程 930—1683m, 相对高程 100—150m, 沟谷密度 4.5km/km²; 年均气温 9℃, 年均降水量 576.7mm, 汛期(7—9 月份)降水占全年的 60%以上, 最大 1 月降水量占全年降水量的 25%—40%, 最大 1 日降雨量为 50—80mm。

区内林木郁闭度 0.7 以上, 优势种为辽东栎(*Quercus Liaotungensis koidz*), 山杨(*Populus davidiana Dode*)和白桦(*Betula platyphyua sakats*)。林下草灌丰茂, 草灌盖度 0.9。土壤为褐色森林土。

本区在 100 多年前的土壤侵蚀严重程度类同于现在土壤侵蚀严重区的延安一带^[5]。1862—1874 年, 因民族纠纷, 人口全部迁移他地, 自然植被逐渐恢复到现在次生林景观。因此, 本区代表了目前生态平衡下的自然侵蚀过程, 年侵蚀模数小于 100t/km²·a。为了追溯黄土高原自然侵蚀与人为加速侵蚀过程与人类活动的关系及其植被恢复和破坏过程与土壤侵蚀、生

* 国家自然科学基金资助项目。

收稿日期: 1993 12 06, 修改稿收到日期: 1994 04 22。

态环境演变的关系,作者在子午岭林区富县任家台林场所辖林区设置了试验观测场。

1.2 试验方法

试验方法以人为破坏森林植被开垦耕种、重演人为加速侵蚀发展过程及自然坡面包括观测浅沟侵蚀为特征,考虑土壤侵蚀发生的不同地形部位和不同土地利用,布设了不同地形部位的林地、林地被人为破坏开垦裸露或农地等 8 组处理的大型自然坡面径流小区,径流小区面积为 240—1665m²^[6]。

表 1 大型自然坡面径流小区布设

Table 1 Arrangement of runoff plots of natural slope surface

小区号 No. of rp ^a	土地利用 Land use	面积(m ²) Area	坡度(°) Slope degree	平均宽(m) Mean width	平均长(m) Mean length
1	谷坡林地	253.5	37—42	8.9	38.2
2	谷坡开垦地	243.8	37—42	5.0	48.8
3	梁坡+谷坡开垦地	1409.7	梁坡 ¹⁾ : 14— 38— 38—	梁坡: 12.0 谷坡: 13.5	梁坡: 84.4 谷坡: 51.9
4	梁坡+谷坡林地	1664.8	梁坡: 14—32 谷坡: 38—42	梁坡: 12.5 谷坡: 17.3	梁坡: 93.3 谷坡: 48.1
5	梁坡林地	965.8	14—32	14.2	80.2
6	梁坡开垦地 ¹⁾	995.2	5—84	13.6	86.3
7	梁坡开垦农地 ²⁾	1144.3	14—32	13.8	99.2
8	谷坡开垦农地	406.5	14—32	10.0	41.0

^a rp: runoff plots; 1): 开垦地; reclaimed land; 2): 农地; farming land; 3): hilly slope; 4): valley slope.

2 子午岭地区植被恢复对土壤侵蚀特征及其对土壤侵蚀演变的影响

2.1 子午岭地区土壤侵蚀演变

据历史考证,子午岭地区在明、清前,植被丰茂、山青水秀。自明、清后,因人口增加,大面积植被遭到严重破坏,土壤侵蚀十分严重,估算当时的土壤侵蚀模数达 8000—10000t/km²·a; 加上地处构造运动抬升区,重力侵蚀也十分活跃。到 1862—1874 年,因民族纠纷和战争纷乱,人口逃亡,田地荒芜,植被逐渐恢复,形成了目前的稍林景观,基本上代表了现代自然生态平衡下的自然侵蚀过程。由于本区植被经历了破坏-恢复过程,使得土壤侵蚀经历了自然侵蚀-加速侵蚀-自然侵蚀演变过程。

2.2 植被恢复前的土壤侵蚀特征

本区地貌兼有原区和丘陵区特征,土壤侵蚀方式多样。据野外调查估算^[7],当时人口密度 21.5—25.3 人/km²,开垦指数 25%—30%,人均耕地 1.13hm²。当时沟间地的多一半已被开垦,开垦上限坡度已达 32°左右。故此沟间地土壤侵蚀以剧烈浅沟侵蚀为主。据野外考察,结合 1978 年 1:14,000 黑白航片判读,本区沟间地坡面浅沟侵蚀极为发育,浅沟密度为 20—65km/km²,而以 20—50km/km² 居多,占 90%。浅沟密度的变化与现在安塞一带的浅沟发育接近,浅沟的深度和宽度变化于 1—1.5m 和 10—15m,略超过安塞目前的浅沟发育状况(表 2)^[8]。

同时,本区地处构造运动抬升区,重力侵蚀也很活跃。据 2.83km² 典型小流域重力侵蚀调查表明^[5],该区的滑坡相当普遍,其发生频数达 5.3J/km²,较大型滑坡为 1.1 个/km²。除滑坡外,该区的黄土崩塌和红土泻流也甚普遍。

总之,子午岭地区在植被恢复前土壤侵蚀十分严重,主要是由于毁林开荒所引起的人为加速侵蚀,并诱发了滑坡等重力侵蚀的发生。

表 2 不同地区坡面浅沟分布密度统计^[5]

Table 2 Statistics of shallow gully density in different area

地区 Region	分布密度 Distributed density (km/km ²)				
	<20	20—30	30—40	40—50	>50
安塞	19	41	30	6.6	3.4
白于山	9	31.8	40.9	13.6	4.7
富县研究区	4.2	23.9	45.1	21.2	3.6

明^[5],目前古滑坡的滑坡壁上和滑坡体上都生长着植被,且其组成和结构特征与其周围地区完全一致,基本上没有新滑坡体的出现;沟坡沟头崩塌,谷坡的洞穴侵蚀也得到了有效控制。

3 自然生态平衡下自然侵蚀特征研究

资料分析表明,在子午岭林区当植被恢复到一定程度后,降雨和地形特征对土壤侵蚀的影响已基本不起作用,植被成为影响土壤侵蚀的主要因子。

3.1 地形特征对自然侵蚀的影响

观测资料表明,任何地形部位的林地,基本上不发生侵蚀,或侵蚀很轻微,径流模数甚低,坡度和坡长因子对自然侵蚀的影响表现不甚明显(表 3)。如不同坡度,坡长的梁坡林地、谷坡

林地、梁坡+谷坡林地的径流量均小于 $0.4\text{m}^3/\text{a}$,径流模数均小于 $1500\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$;含沙量为 $4.3\text{—}10.0\text{kg}/\text{m}^3$;侵蚀量小于 $3\text{t}/\text{a}$,侵蚀模数小于 $15\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$

表 3 林地径流量、侵蚀量与坡度坡长的关系

Table 3 Relation of runoff and soil loss and slope degree and length in forest land

小区号 No of rp	土地利用 Land use	坡度(°) Slope degree	坡长(m) Slope length	径流量(m ³) Runoff	侵蚀量 Soil loss
5	梁坡林地	14—32	80.2	0.2	1.0
1	谷坡林地	37—42	38.2	0.3	2.9
4	梁坡+谷坡林地	14—42	141.3	0.4	1.2

3.2 降雨特征对自然侵蚀的影响

在自然植被覆盖下,降雨特征对土壤侵蚀的影响不甚明显。按次降雨量资料分析,不同地形部位的林地基本上不发生侵蚀或侵蚀很轻微;按降雨特征分析(表 4),也得出相同规律性。按 10min 和 30min 最大平均雨强分析,径流模数和侵蚀模数极低,且变化不大。如 1989 年 7 月 14 日与 1990 年 8 月 1 日在谷坡林地上侵蚀量差异很小,前者为 $4.6\text{t}/\text{km}^2$,后者为 $4.5\text{t}/\text{km}^2$,

2.3 植被恢复后的土壤侵蚀特征

植被恢复后的子午岭林区,坡面侵蚀得到有效控制。其表现特征为坡面浅沟发育停止,浅沟沟槽部位发生不同程度的淤积,淤积厚度达 $60\text{—}70\text{cm}$,淤积速度年平均为 $0.5\text{cm}/\text{a}$ (图 1)^[5]。由于浅沟沟槽发生淤积,使坡面形态向平整方向发展,抑制了片蚀、细沟侵蚀的发生。另一方面,植被恢复也稳定了边坡,抑制了重力侵蚀的发生。野外调查表

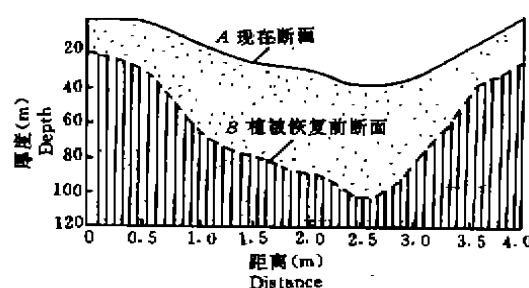


图 1 浅沟淤积断面图

Fig. 1 Sectional drawing of shallow gully deposition

而 10min 雨强前者是后者的 2.1 倍。

表 4 谷坡林地降雨特征与径流量、侵蚀量的关系

Table 4 Relation of rainfall character and runoff and soil loss in the forest land of valley slope

观测时间 Observed time	降雨量(mm) Rainfall amount	平均雨强 (mm/h) Mean rainfall intensity	10 分钟雨强 (mm/min) 10min rainfall intensity	30 分钟雨强 (mm/min) 30min rainfall intensity	径流量 (m ³ /km ²) Runoff loss	侵蚀量(t/km ²) Soil loss
1989 07 14	22.3	3.7	1.3	0.48	193.9	4.6
1989 07 23	26.3	5.8	0.7	0.43	193.9	0.5
1990 07 26	40.8	5.8	1.1	0.52	396.3	7.2
1990 08 01	15.1	12.9	0.6	0.38	145.5	4.5
1990 08 16	54.3	2.2	0.4	0.26	105.2	0.8
1991 07 04	24.0	24.8	1.2	0.72	171.3	1.2
1991 06 10	38.3	6.4	1.0	0.73	82.5	0.2
1991 07 09	16.6	22.7	0.6	0.38	35.6	0.2
1991 08 18	9.9	11.4	0.6	0.38	80.9	0.2

4 人为破坏植被开垦的加速侵蚀过程研究

当人为破坏植被开垦耕种后,土壤侵蚀急剧发展,无论是谷坡、梁坡还是全坡面,加速侵蚀模数达 9704—21774t/km²·a,是同样条件下林地侵蚀模数的几百倍至几千倍(表 5)。

表 5 开垦林地径流量、侵蚀量与坡度坡长的关系

Table 5 Relation of runoff and soil loss and slope degree and length in forest land

小区号 No of rp	土地利用 Land use	坡度(°) Slope degree	坡长(m) Slope length	径流量(m ³ /km ²) Runoff loss	侵蚀量(t/km ²) Soil loss
2	谷坡开垦地	37—42	48.8	41123.9	21774.1
6	梁坡开垦地	5—34	86.3	27479.3	10324.5
7	谷坡开垦农地	38—41	41.0	39109.4	13179.4
8	梁坡开垦农地	14—32	99.2	32335.2	9703.7

4.1 地形特征对加速侵蚀的影响

当植被遭人为破坏开垦后,坡度、坡长对加速侵蚀的影响表现非常突出,坡长的影响大于坡度(见表 5)。谷坡开垦地的侵蚀量是梁坡开垦地的 2.1 倍;谷坡开垦农地的侵蚀量是梁坡开垦农地的 1.4 倍。

4.2 降雨特征对加速侵蚀的影响

人为破坏植被开垦后,降雨特征对加速侵蚀的影响十分明显(见表 6)。在降雨量基本相同(雨量分别为 40.8mm 和 40.3mm),而 10min 雨强相差 2 倍时,径流量和侵蚀量相差 4.2 倍和 7.4 倍;当雨量差异较大(雨量分别为 64.2mm 和 13.2mm),而 10min 雨强与 30min 雨强基本相同(分别是 0.45mm/min 和 0.40mm/min 与 0.21mm/min 和 0.23mm/min)时,侵蚀量差异很小,分别为 147.6t/km² 和 105.0t/km²;当降雨量基本接近(雨量分别是 38.3mm 和 39.2mm),而降雨组合指标 PI₁₀和 PI₃₀分别相差 10.4 倍和 7.4 倍时,径流量相差 71.5 倍,侵蚀量相差 10050.5 倍;当 10min 雨强和 PI₁₀基本相同时(分别为 1.1mm/min 和 1.0mm/min 与 44.88mm²/min 和 38.3mm²/min),侵蚀量基本相同。

用计算机拟合降雨特征值(I₁₀、I₁₅、I₃₀、I₆₀)及降雨特征组合指标(PI₁₀、PI₁₅和 PI₃₀)与加速侵

蚀量的函数关系,得出加速侵蚀侵蚀量与降雨特征值及其降雨特征值组合指标的关系均为幂函数关系,其中加速侵蚀量与 I_{10} 或 I_{15} (15min 最大平均雨强)的相关性最好,达到极显著水平^[7]。

表 6 谷坡林开垦地降雨特征与径量、侵蚀量的关系

Table 6 Relation of rainfall character and runoff and soil loss in the reclaimed land of valley slope

观测时间 (Observed time)	降雨量 (mm) Rainfall amount	平均雨强 (mm/h) Mean rain- fall inten- sity	10 分钟雨强 (mm/min) 10min rainfall intensity	30 分钟雨强 (mm/min) 30min rain fall intensity	PI_{10} [*] mm ² /min	PI_{30} ^{**} mm ² /min	径流量 (m ³ /km ²) Runoff loss	侵蚀量 (t/km ²) Soil loss
1990 07 26	40.8	5.4	1.1	0.52	44.88	21.22	5260.8	3602
1991 06 10	38.3	6.4	1.0	0.73	38.30	27.96	4555.3	4080
1991 07 28	40.3	6.0	0.6	0.45	21.17	18.14	1254.3	483.8
1991 10 03	39.2	1.2	0.1	0.10	4.31	2.86	63.7	0.5
1990 07 31	13.2	6.6	0.5	0.21	5.94	2.77	147.6	147
1991 05 25	64.2	4.1	0.4	0.23	25.68	14.77	332.3	104.9

* PI_{10} 是降雨量与 10min 分钟最大平均雨强的乘积, $PI_{10} = \text{Rainfall} \times 10\text{min rainfall}_{\max}$

** PI_{30} 是降雨量与 30min 分钟最大平均雨强的乘积, $PI_{30} = \text{Rainfall} \times 30\text{min rainfall}_{\max}$

4.3 加速侵蚀方式

人为破坏植被后,加速侵蚀方式在沟间地以细沟、浅沟侵蚀为主(表 7),其中细沟侵蚀量占总侵蚀量的 21%—37%,浅沟侵蚀量占 45%—69%,二者占总侵蚀量的 80%—91%,浅沟侵蚀深达 10—30cm,细沟侵蚀深为 10—15cm。细沟+浅沟侵蚀带的面积占沟间地面积的 70%—90%。加速侵蚀方式在沟谷地以沟蚀、沟头崩塌、洞穴侵蚀及滑坡为主。

表 7 细沟、浅沟侵蚀量与总侵蚀量

Table 7 Rill erosion, shallow gully erosion and total soil

小区号 No. of runoff plot	处理 Treatment	总侵蚀量 Total soil loss (t/km ² · a)	细沟侵蚀量 Rill erosion (t/km ² · a)	占总侵蚀量 Percentage oc- cupied total soil loss(%)	浅沟侵蚀量 Shallow gully erosion (t/km ² · a)	占总侵蚀量 Percentage oc- cupied total soil loss(%)
2	谷坡开垦地	21774.2	6700	30.7	12600	57.9
3	梁坡+谷坡开垦地	15286.9	4800	31.4	8028	52.5
6	梁坡开垦地	10326.5	2200	21.3	7200	69.7
7	梁坡开垦农地	9303.7	2814	30.0	5026	51.8
8	谷坡开垦农地	18179.4	6700	36.8	8300	45.7

5 自然侵蚀量和人为加速侵蚀量的比较

在保持生态环境良性循环的林地上,自然侵蚀量为 1.0—14.4t/km² · a。人为破坏林地开垦后,加速侵蚀量为 9704—21774t/km² · a,是同样条件下林地自然侵蚀量的几百倍至几千倍,是 250 万 a 以来黄土年平均降尘量的几十倍至几百倍(表 8)。这些数据足以说明人为破坏植被的加速侵蚀能使黄土高原原先是黄土沉积的自然地质过程倒转为黄土侵蚀的人为地质过程。

有林与无林小流域的观测资料同样表明(表 9),有林流域的自然侵蚀量仅为 0.04—16.8t/km² · a,而林地开垦后,流域的加速侵蚀量是自然侵蚀量的几百倍至几千倍,与林地和

开垦地径流小区的观测结果类同。因此在黄土高原广大地区,当人为破坏植被后,人为加速侵蚀在现代土壤侵蚀中占据主导地位。

表 8 林地破坏前后自然侵蚀量和加速侵蚀量的比较

Table 8 Constrast natural erosion amount to man-made accelerated erosion amount before and afetr forest land being destroyed(data from runoff plots)

小区号 No. of rp	处理 Treatment	观测年 Observed years	自然侵蚀量 Natural erosion amount (t/km ² · a)	占加速侵蚀量 Percentage occupied acclerated erosion(%)	加速侵蚀量 Accelerated erosion amount (t/km ² · a)	是自然侵蚀量的倍数 Times as many as natural erosion
1	谷坡林地	1989—1991	14.4	—	0.0	—
2	谷坡开垦地	1989—1991	14.4	0.07	21774.1	1512.1
8	谷坡开垦农地	1989—1991	14.4	0.1	13179.4	915.2
5	梁坡林地	1989—1991	1.3	—	0.0	—
6	梁坡开垦地	1989—1991	1.3	0.01	10324.5	7941.9
7	梁坡开垦农地	1989—1991	1.3	0.01	9703.7	7464.4
4	梁坡+谷坡林地	1989—1991	1.0	—	0.0	—
3	梁坡+谷坡开垦地	1989—1991	1.0	0.01	15286.9	15286.9
平均				0.04		6624.1

表 9 流域林地破坏前后自然侵蚀量和加速侵蚀量的比较

Table 9 Constrast natural erosion amount to man-made accelerated erosion amount before and afetr forest land being destroyed(data from watersheds)

流域 Watershed	观测年 Observed years	自然侵蚀量 Natural erosion amount(t/km ² · a)	占加速侵蚀量% Percentage occupied accelerated erosion	加速侵蚀量 Accelerated erosion amount(t/km ² · a)	是自然侵蚀量的倍数 Times as many as natural eroion
寺沟(有林)	1964	16.8	—	0.0	—
南沟(无林)	1964	16.8	1.0	1744.0	103.8
寺沟(有林)	1966	6.6	—	0.0	—
南沟(无林)	1966	6.6	0.64	1031.0	156.2
寺沟(有林)	1967	2.6	—	0.0	—
南沟(无林)	1967	2.6	0.2	1310.0	507.8
堡子沟(有林)	1957—1962	0.04	—	0.0	—
魏家沟(无林)	1960—1962	0.04	0.003	1573.0	37452.4
王家沟(有林)	1962	0.3	—	0.0	—
党家河(无林)	1962	0.3	0.03	1082	3606.7
平均 Average			0.37		8365.4

6 人为破坏植被加速侵蚀对土壤退化过程的影响

人为破坏植被的加速侵蚀急剧发展,导致土壤严重退化,土地生产力下降。在子午岭林区,植被被人为破坏开垦后,加速侵蚀对土壤退化过程的影响表现如下:

6.1 土壤养分随着水土的流失而流失

分析资料表明,林地开垦 1a 后,0—20cm 土层的有机质含量在沟间浅沟沟槽处下降了 22.2%,在浅沟脊部减少了 37.1%,有效磷减少 57%—84%,开垦 2a 后,有机质平均减少 14%—38%;开垦 10a 后,有机质由开垦前的 5.83%下降到 0.84%,即下降了 85.6%。由于有机质含量的减少,N、P、K 等营养元素随着水土的流失而流失(表 10)^[8],土壤肥力退化,土地生

产力下降。

6.2 土壤剖面遭到破坏

人为破坏植被开垦时,人为造成土壤表层土体发生侵蚀性位移,使土壤剖面遭到破坏。同时林地被人为开垦耕种后,随着加速侵蚀的急剧发展,特别是细沟、浅沟侵蚀的剧烈发展,表层肥沃表土也随之流失,使土壤剖面薄层化,土壤剖面也遭到严重破坏。开垦 10a 的农地,土壤剖面形成了耕层-犁底层-B/C 层-C 层的土体构型,破坏了原来的 A₀-A-A/B-B/C/C 层的土壤剖面,使 A₀+A+A/B 层被侵蚀掉。在沟谷沟槽部位,开垦 1a 后,红胶土(三趾马红土)已出露地表;开垦 5a 后,基岩出露形成侵蚀劣地。

表 10 一次降雨过程径流各小区的侵蚀量及其养分流失量(1990 07 04)

Table 10 Sediment and nutrient loss on runoff plots of the certain rainfall process

小区号 No. of. rp.	处理 Treatment	侵蚀量 Soil loss (t/km ²)	径流量 Runoff loss (m ³ /km ²)	流失的有机质 Loss organic matter(kg/km ²)	流失的有效磷 Loss P (kg/km ²)
1	谷坡林地	0.1	105.2	3.1	1.8×10^{-1}
2	谷坡开垦地	1571.9	1512.5	33008	20.0
3	梁坡+谷坡林地	0.05	30.6	1.9	1.9×10^{-1}
4	梁坡+谷坡开垦地	623.3	1319.0	8913.0	7.5
5	梁坡林地	0.09	18.2	3.4	0.4×10^{-1}
6	梁坡开垦地	396.0	771.8	9076.0	5.5
7	梁坡开垦农地	108.9	204.8	2827.0	2.2
8	谷坡开垦农地	1024.9	1586.7	19985.0	12.6

6.3 土壤理化性状恶化

表 11 表明,林地开垦 10a 后,0—20cm 土层土壤容重增加 69.3%,非毛管孔隙减少 44.0%,土壤水稳性团聚体减少 56.8%^[8]。

表 11 林地破坏前后土壤理化性状比较

Table 11 Change of soil physi-chemical properties before and after forest land being destroyed

土地利用 Land use	深度(cm) Depth	有机质(%) Organic matter	容重 Volume weight	非毛管孔隙 (%) Non-capillary interstice	前 30min 分 钟入渗率 (mm/min) Infiltration rate before 30min	稳 渗 率 (mm/min) Stable infiltration rate	崩解率(%) [*] Separation rate	冲刷量 ^{**} Washed amount (g/min)
开垦 10a	10—20	0.84	1.0	11.0	6.6	2.9	97.2	15.0
	20—35	0.57	1.32	4.0	4.4	2.9	94.0	5.7
农地	35—62	0.56	1.26	4.4	2.2	1.2	100	7.5
	62—150	0.39	1.23	5.7	0.9	0.5	100	13.4
林地	0—15	5.38	0.62	20.6	17.4	12.5	4.5	2.8
	15—45	1.81	1.08	8.3	7.7	5.9	7.4	3.1
	45—75	0.80	1.08	9.3	3.3	0.9	8.9	4.0
	75—150	0.39	1.28	3.2	1.6	0.9	93.1	12.4

*:崩解率为 $4 \times 4 \times 4\text{cm}^3$ 土块在静水中 10min 的崩解量占总量的百分数。

** :冲刷量为用 CC 索波列夫抗冲仪在 $1.103 \times 10^5\text{Pa}$ 压力下,孔径 1mm 后的冲刷量。

图 2 表明^[8],开垦 10a 后,土壤剖面各发生层的水稳性团粒结构含量均低于林地土壤剖面各发生层的水稳性团聚体含量。农地中 $>5.0\text{mm}$ 和 $>1.0\text{mm}$ 的大团聚体减少尤为明显。土壤

理化性状的恶化,使土壤入渗能力降低(表 11),径流量增大,又促进土壤侵蚀和土壤退化进一步发展,加剧其恶性循环。

7 结语

7.1 子午岭林区,在植被恢复前,土壤侵蚀特征与其周围广大地区无明显差异,土壤侵蚀模数达 $8000-10000\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,土壤侵蚀方式以坡面浅沟侵蚀为主,浅沟分布密度为 $20-40\text{km}/\text{km}^2$;同时重力侵蚀也相当严重。植被恢复后,土壤侵蚀特征与周围广大地区有很大差异,植被成为影响土壤侵蚀的决定性因子,降雨和地形特征对自然侵蚀的影响表现不甚明显。

7.2 人为破坏植被开垦,土壤侵蚀由自然生态平衡下的自然侵蚀转为人为加速侵蚀。加速侵蚀方式以沟状侵蚀为主,细沟和浅沟侵蚀量占总侵蚀量的 $80\%-91\%$,其中浅沟侵蚀量占 $45\%-69\%$ 。加速侵蚀量达 $9000-21700\text{t}/\text{km}^2 \cdot \text{a}$,是同样条件下林地自然侵蚀量的几百倍至几千倍,是 250 万年以来黄土年均降尘量的几十倍至几百倍。说明在黄土高原人为破坏生态平衡,可使黄土高原原先是黄土沉积的

自然地质过程倒转为黄土侵蚀的人为地质过程,目前在黄土高原广大地区,由于人为活动破坏了自然生态平衡,因此,人为加速侵蚀占据主导地位。

7.3 地形和降雨特征对加速侵蚀的影响表现非常明显,在坡度坡长影响中,坡度的影响大于坡长。加速侵蚀量与降雨特征值 I_{10} 或 I_{15} 的关系最密切。

7.4 人为破坏植被的加速侵蚀导致土壤严重退化。在子午岭林区人为加速侵蚀对土壤退化过程的影响表现为:土壤养分流失,土壤肥力退化,土地生产力下降;土壤剖面薄层化,甚至流失殆尽;土壤理化性状恶化。所有这些又反馈为土壤侵蚀加剧,生态环境恶化,如此恶性循环不已。

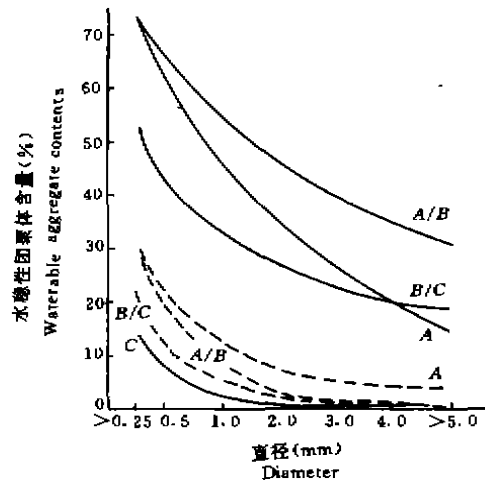


图 2 林地开垦前后土壤剖面水稳性团聚体含量变化曲线

Fig. 2 Change curve of waterable aggregate contents before and after forest land being reclaimed
——林地 Forestry农地(开垦 10a) Agriculture farm land

参 考 文 献

- 1 朱土光. 水土流失与历史时期之环境变迁. 地理学与国土研究, 1987, 3(1): 46-51
- 2 张维邦. 论黄土高原生态环境遭到彻底破坏的祸根. 水土保持通报, 1989, 9(1): 21-27
- 3 洪业汤. 不应把黄河看成是生态破坏的象征. 中国科学报, 1988, 11: 18
- 4 陆中臣等. 安塞县的侵蚀及地貌演化趋势预测. 黄土高原遥感调查试验研究汇编. 北京: 科学出版社, 1988, 202-221
- 5 张科利等. 子午岭林区植被恢复前的土壤侵蚀特征及其演变. 黄河流域环境演变与水沙运行规律研究论文集(第三集) 北京: 地质出版社, 1992, 62-69
- 6 唐克丽、郑粉莉等. 子午岭林区土壤侵蚀与生态环境关系的研究内容和方法. 中国科学院水利部西北水土保持所集刊(第 17 集), 1993, 3-10
- 7 唐克丽等. 子午岭林区自然侵蚀和人为加速侵蚀剖析. 中国科学院水利部西北水土保持研究所集刊(第 17 集), 1993, 17-28
- 8 查轩等. 植被对土壤特性及土壤侵蚀的影响研究. 水土保持学报, 1992, 6(2): 52-57

RELATIONSHIP OF ECO-ENVIRONMENTAL CHANGE AND NATURAL EROSION AND MAN-MADE ACCELERATED EROSION

Zheng Fenli Tang Keli Zhang Keli Cha Xuan Bai Hongying

*(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy
of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shanxi, 712100)*

The natural landscape of loess plateau have been changed by severe soil erosion. The Zi-wuling forest region provides a good study area for tracing back eco-environmental change and natural erosion and man-made accelerated erosion. Using the methods of typical region investigation, experimental study in site, and chemical analysis of samples, impact of forest vegetation destruction and restoration on soil erosion change, characteristics of natural erosion under the condition of natural ecological balance, man-made accelerated erosion caused by forest vegetation destruction, and the processes of man-made accelerated erosion and soil degradation have been analysed and discussed

Key words: vegetation destruction and restoration, natural erosion, man-made accelerated erosion, eco-environmental change, Zi-wuling forest area.