

# 森林植被破坏对生态环境的影响\*

郑粉莉 刘元保 白红英 焦菊英 唐克利

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵·712100)  
水利部

**摘要** 利用子午岭天然次生林区,遭破坏林区和非林区的水文径流、泥沙观测资料及长时间序列气象观测资料,研究了人为破坏森林植被对径流、侵蚀、产沙的影响;植被破坏对洪涝灾害的影响;植被破坏与气候变化及植被破坏与土地退化的关系。作者认为人为破坏植被是导致黄土高原生态环境恶化的重要原因。

**关键词** 黄土高原 森林植被破坏 土壤侵蚀 洪涝灾害 气候变化 土壤退化 生态环境演变

## Effect of Forest Vegetation Destruction on Eco-Environment

Zheng Fenli Liu Yuanbao Bai Hongying Jiao Juying Tang Keli

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation, Academia Sinica  
and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi, 712100)

**Abstract** It has been researched that effect of forest destruction on runoff and sediment and flood hazards, relationship between forest destruction and climate change, and relationship of forest destruction and land degradation, using observed runoff and sediment data of hydrographical stations in the forest area, destroyed area and non-forest area, long-time observation data of meteorological station, and field investigating data etc. The authors consider that vegetation being destroyed by human's activities is a key cause resulting in eco-environmental worseing in the loess plateau.

**Key words** the loess plateau forest being destroyed soil erosion flood hazared climate change soil degradation eco-environmental change

森林植被被破坏后,随之而来的土壤侵蚀、气候恶化、风沙侵袭、旱涝灾害频率增大、灾情加剧,土地退化等是当今环境问题研究的重要内容。黄土高原近40年来,由于人为严重破坏植被,使破坏大于治理,导致土壤侵蚀加剧,水、旱灾情加重、土地退化和沙漠化。利用子午岭天然次生林区,遭破坏林区和非林区水文站(图1)径流。泥沙观测资料及长时间序列气象观测资料和调查分析资料,分析研究黄土高原人为破坏植被对生态环境的影响,其中包括人为破坏植被对侵蚀、径流、产沙的影响;人为破坏植被对洪涝灾害的影响;人为破坏植被与气候变化及人为破坏植被与土地退化。

### 1 人为破坏森林植被对土壤侵蚀、径流、产沙的影响

观测资料表明,在有林流域的年降雨量和汛期降雨量均大于破坏林流域和无林流域年降雨量

和汛期降雨量(表1)的情况下,有林流域的径流量和侵蚀量均小于破坏林流域和无林流域(表2)。

表2表明,当流域植被覆盖度由90%降到70%时,在石桥站以上流域径流模数增加1.3倍,最大含沙量增加14.9倍,平均含沙量增加12.9倍,输沙量增加7.6倍;当流域植被覆盖度由90%降到30%时,在柳沟流域径流模数、最大含沙量、平均含沙量和输沙量分别增加1.8倍,76.6倍,4325倍和1283倍;当流域植被覆盖度由90%降到25%时,在石桥河流域径流模数增加3.1倍,最大含沙量和平均含沙量分别增加69.8倍和74.5倍,输沙量增加356倍;当流域植被被完全破坏后,在魏家河流域径流量增加5.8~10.64倍,最大含沙量增加59.7~266.9倍,平均含沙量增加88.6~20235倍,输沙量增加14320~37452倍。

表3表明<sup>[1]</sup>当植被覆盖度由93%降到2.6%时,多年平均径流量增加52.3%,输沙量增加98.7%。

据黄河泥沙主要来源区的13个流域区间径流、泥沙与林木率的资料分析,得出了林率与径流,泥沙的线性关系,即

$$R = 37.709 - 0.160C \quad r = 0.8322^*$$

$$S = 8905.127 - 96.412C \quad r = 0.9284^{**}$$

式中, $R$ 、 $S$ 分别为径流量(mm)和泥沙量[t/(km<sup>2</sup>·a)], $C$ 为林木率(%)。从以上关系可知,当林木率大于80%时,输沙模数小于1200t/km<sup>2</sup>·a,当林木率大于95%时,输沙模数接近于零,这里的分析结果与林、破坏林和无林小流域对比观测资料(表2)基本一致,我们子午岭林区径流场的观测资料也证实,当地面覆盖森林植被的情况下,地面上基本不发生侵蚀,侵蚀模数小于15t/(km<sup>2</sup>·a)。

## 2 森林植被破坏对洪涝灾害的影响

甘肃西峰水土保持试验站于1956—1962年在林区(堡子沟流域)和非林区(魏家沟流域)的观测资料表明,森林能拦蓄暴雨径流的88%,最高达98%,消减洪峰流量在88.6%以上,证明森林完全可以征服洪涝灾害。人为破坏植被,破坏了植被涵养水源,保护土壤的能力,增加了次洪水量和汛期洪水量,改变了径流过程线,使洪峰水位高,流量大,易造成洪涝灾害。

### 2.1 植被破坏与次洪水总量

观测资料表明,在次洪水过程中,当流域植被覆盖度由90%分别降到70%和25%时,径流模数分别增加3.2~3.7倍和3.0~5.0倍;当植被被完全破坏后,径流模数增加4.0~8.0倍(表4),径流深度增加3.3~69.5倍(表5),径流量增加的倍数取决于降雨特征和下垫面因素。

### 2.2 植被破坏与汛期径流量

观测资料表明,植被破坏后,使全年径流量集中在汛期,造成年内径流分配发生变化。无林流域的汛期洪水量占年总径流量的81.3%;而有林流域的汛期供水量仅占全年径流量的48.3%(表6),由于无林流域的径流量集中在汛期,因而易造成洪水灾害。

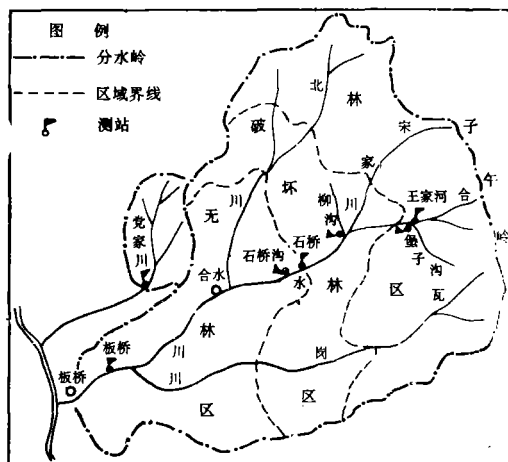


图1 合家川、党家川流域测站布设示意图

表 1 各测站年降水量及汛期降水量

年 度	党家河(I)				魏家沟(II)				魏家沟(IV)				党家川(V)			
	年降水量	汛期降水量	I/IV	年降水量	汛期降水量	II/IV	年降水量	汛期降水量	III/IV	年降水量	汛期降水量	IV/V	年降水量	汛期降水量	V/I	
1957	421.9	244.1		421.9	244.4		370.9	249.2								
1958	702.1	526.8		702.1	484.4											
1959	614.5	424.3		614.3	451.3											
1960	505.2	324.5	1.22	505.2	324.6	1.22	442.5	283.6	1.07	265.1	445.8	0.88				
1961	838.8	537.3	1.17	838.2	537.3	1.17				460.7	479.2	0.89				
1962	599.1	439.0	1.02	599.4	436.4	1.02				430.3	607.1	1.01	373.5	516.7	0.86	

表 2 林区与无林区径流泥沙对比观测\*

流域名称或站	代 表 类 型	面 积 (km <sup>2</sup> )	森 林 率 (%)	观测年代	径流模数 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	增加 倍数	含沙量(kg/m <sup>3</sup> )			增加 倍数	侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> )	增加 倍数
							最大	平均	增加倍数			
堡子沟	黄土丘陵沟壑林区	2.86	90	1957—62	769.3	—	2.78	—	0.02	—	0.042	—
柳 河	丘陵沟壑破坏林区	4.06	30	1956—57	1436.4	1.87	213	76.6	86.5	4325	53.9	1283.3
魏家沟	丘陵沟壑无林区	4.85	2	1950—1962	8190	10.64	742	266.3	404.7	20235	1573	37452.3
王家河	丘陵沟壑林区	47.08	90	1955—1960	2314	—	32.0	—	11.6	—	11.4	—
石桥河	丘陵沟壑林区及破坏林区	205	70	1959—1960	2935.5	1.3	478	14.9	150	12.9	86.5	7.6
王家河	丘陵沟壑林区	47.08	90	1960	1412	—	8.57	—	4.40	—	1.81	—
石桥沟	丘陵沟壑破坏林区	16.03	25	1960	4369	3.1	598	69.8	328	74.5	644.9	356.3
魏家沟	丘陵沟壑无林区	4.85	2	1960	7987	5.6	512	59.7	390	86.6	2392	1432.0
王家河	丘陵沟壑林区	47.08	90	1962	2929	—	4.96	—	2.14	—	0.22	—
党家川	破坏无林区	45.70	0	1962	4929	1.7	770	155.2	622	290.6	1002	3864.3

\* 资料来源:《黄河中游水土保持径流泥沙测验资料》(西峰水土保持科学试验站,1954—1980)。

表 3 植被覆盖度与径流、泥沙

流域名称	测 站	覆盖度 (%)	径流深 (mm)	输沙量 [t/(km <sup>2</sup> ·a)]	观测年 (年)
葫芦河	张村驿	93	22.2	105.8	28
汾川河上段	临镇	89	20.9	465.9	26
北洛河中段	交口河	80	24.2	952.7	28
合水川	板桥	65	26.9	2151.8	28
汾川河中段	新市河	21	26.3	4558.3	18
北洛河上段	刘家河	2.6	33.8	10549.0	28

表 4 一次洪水中植被破坏后径流对比观测

径流测站	代表类型	面 积 (km <sup>2</sup> )	覆盖度 (%)	降雨量 (mm)	平均雨强 (mm/h)	观测日期 年.月.日	径流模数 (m <sup>3</sup> /km <sup>2</sup> )	比 例
王家河	林 区	47.1	90	50.7	1.0	1960.8.1	113.6	1
石 桥	林区及破坏林区	205	70	54.3	1.7	1960.8.1	422.9	3.7
王家河	林 区	47.1	90	23.6	8.4	1960.7.22	66.58	1
石 桥	林区及破坏林区	205	70	31.6	2.8	1960.7.22	213.9	3.2
王家河	林 区	47.1	90	23.6	8.4	1960.8.1—6	66.58	1
石桥沟	破坏林区	16.03	25	19.0	5.9	1960.8.1—6	197.5	3.0
王家河	林 区	47.1	90	50.7	1.3	1961.9.26—30	113.6	1
石桥沟	破坏林区	16.03	25	43.1	1.3	1961.9.21—30	572.9	5.0
堡子沟	林 区	2.86	90	98.7	4.5	1961.6.30—7.2	495.8	1
魏家沟	破坏林区	4.85	2	74.2	3.2	1961.6.30—7.2	1889	4.1
堡子沟	林 区	2.86	90	103.9	0.8	1962.9.25—30	233.6	1
魏家沟	破坏林区	4.85	2	110.3	1.3	1962.9.25—30	1862.0	8.0

表 5 有林流域(堡子沟)与无林流域(魏家沟)洪水径流量比较

观测时间 (年.月.日)	降雨量 (mm)	平均降雨强度 (mm/h)	径流深(mm)		
			无林	有林	比值
1960.7.22	61.0	12.7	5.48	0.180	29.4
1961.6.30—7.2	74.2	3.4	2.372	0.250	8.5
1962.7.12—13	33.3	3.7	0.292	0.040	6.3
1961.8.13	38.7	2.6	0.488	0.060	7.1
1961.8.17—19	30.8	2.7	0.136	0.040	3.3
1961.5.17—18	26.4	2.4	0.141	0.002	69.5

2.3 植被破坏对流量过程线的影响

植被破坏后,不仅使流域径流量集中在汛期,而且也导致洪水来势猛,造峰快,洪峰模数大,其流量过程线为峰高尖瘦型,易导致洪涝灾害(图 2.1—2.3),而有林流域的流量过程线为低矮肥胖型。

2.4 森林植被抑制和抗御洪水灾害的机理

一般认为,森林抑制和抗御洪水灾害有两个机理:一是当降雨强度和降雨量小时,森林植被凭

借自身的巨大蓄水能力把降水全部贮存起来,抑制水灾的发生。一般认为,森林可以消耗降雨量的70%~80%,其中林冠截留蒸发为8%,森林植被生理消耗为23%,森林地被物和土壤蓄水为45%,子午岭林区的观测资料表明:森林树冠的截留率为11.4%~22.4%,树冠蒸发为8%~10%,地被物吸水量和拦蓄量及土壤蓄水量分别为21%~33.1%。

表6 有林流域与无林流域汛期洪水量的比较(径流量:mm)

年 度	堡 子 沟 (有林)			魏 家 沟 (无林)		
	年洪水量	汛期径流量	占年洪水(%)	年洪水量	汛期洪流量	占年洪水(%)
1957	0.19	0.05	26.3			
1958	1.03	0.81	78.6			
1959	0.77	0.44	57.1	4.93	3.99	80.9
1960	0.29	0	0	6.66	6.59	98.9
1961	1.52	0.79	52.0	5.91	3.48	58.9
1962	1.31	1.00	76.3	4.08	3.52	86.3
平 均			48.3			81.3

二是当降雨强度超过土壤入渗速度和降雨量超过林地土壤的蓄水量时,虽然也发生径流,但其径流形式与无林地完全不同。无林地把地表承受的降雨量大多以地表径流的形式汇入集水区、沟道,其速度大,来势猛,导致河流水位猛涨,易造成洪涝灾害。而有林地,径流是在土体内进行,其径流运动速度要比地表径流小得多,只相当于其径流速度的1/40。林地的枯枝落叶层、腐殖质层、土壤层的渗透速度大大超过非林地。林地把地表承受的降雨量以在土体内运动的形式徐徐输入河道,从而在地表连续接受降雨的情况下不发生地表径流或发生地表径流,而其流速小。因而林地起到分散洪峰流量、推迟和消减洪峰的作用。

3 植被破坏与气候变化

3.1 植被破坏对大气温度和湿度的影响

富县气象站的观测资料表明,从1957—1991年的35年内,大气温度上升了1.8℃,即1991年前5年(1987—1991)同1961年前5年(1957—1962)年相比,温度上升了23.7%(表7)。1977年后5年(1977—1981)和1961年前5年均为丰水年系列,前者比后者大气温度上升了1.5℃,1986年前5年(1987—1991)和1966年前5年(1962—1966)均为平水年到枯水年系列,但前者比后者大气温度上升了0.5℃。因此有理由认为,植被破坏后,导致大气温度上升。因为子午岭林区内的富县、正宁、宁县和庆阳地区等从1958年以来,有三次大规模的毁林开荒,第一次发生在1958年,第二次是1959—

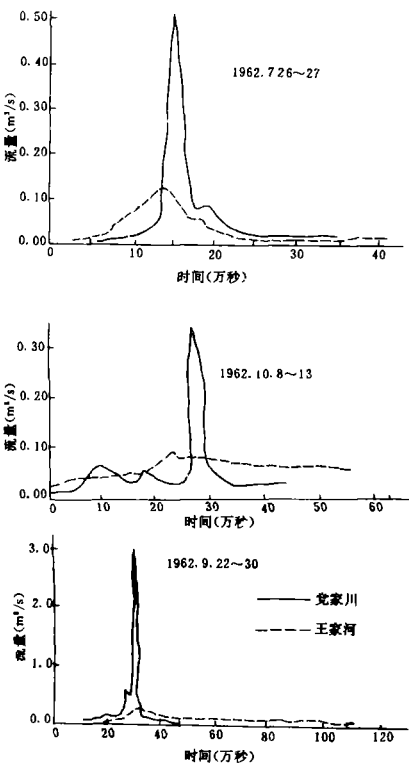


图 2.1—2.3 王家河(有林流域)和党家川(无林流域)洪峰流量过程线

和党家川(无林流域)洪峰流量过程线

1962 年,第三次是文化大革命期间。由于这三次较大规模的破坏植被,使森林植被面积减少,富县、正宁、宁县从 1958—1979 年,林地减少了 245 万亩,仅 1983 年春季富县交道乡 10 个行政村开垦耕种 915 亩,占耕地的 7.8%。

表 7 富县大气温度、降水量变化

年 份	1957—1961	1962—1966	1967—1971	1972—1976	1977—1981	1982—1986	1987—1991
5 年平均大气温度(℃)	7.6	8.94	8.90	9.12	9.12	8.64	9.40
温度增加(℃)	—	1.34	1.30	1.52	1.52	1.04	1.08
温度增加(%)	—	17.6	17.1	20.0	20.0	15.7	23.7
5 年平均降水量(mm)	692.38	639.46	550.1	594.84	560.5	543.4	542.3
降水量减少值(mm)	—	52.92	142.28	97.54	131.88	143.78	150.08
降水量减少(%)	—	7.6	20.5	14.1	19.0	21.5	21.7

观测资料表明,在子午岭林区 1972 年前 5 年(1968—1972)比 1967 年前 5 年(1963—1967)的大气相对湿度降低了 3%~4%,其原因是植被破坏后,空气中的水汽容易漂移,空中相对湿度降低,气候变得干旱。子午岭东坡太白气象站观测资料表明<sup>[1]</sup>自 1960 年以来,每 5 年平均相对湿度减少 0.6%~1.5%,20 年内共减少 3.4%。

表 8 太白镇空气相对湿度变化

年 份	1960—1964	1965—1969	1970—1974	1975—1979
5 年平均相对湿度(%)	70.1	68.8	68.0	66.7
减 少(%)	—	1.5	0.6	1.3

3.2 植被破坏对降水量的影响

观测资料表明,在子午岭林区 1972 年前 5 年(1968—1972)比 1967 年前 5 年(1963—1967)年平均降雨量减少 17.5~12.6mm<sup>[1]</sup>富县气象站的观测资料表明,从 1957 年到 1991 年 35 年间,降水量平均每 5 年减少 21.4mm,1991 年前 5 年(1987—1991)同 1966 年前 5 年(1962—1966)相比,降雨量减少 97.2mm,即减少了 15.2%;1991 年前 5 年(1987—1991)同 1961 年前 5 年(1957—1961)(这一期间为相对丰水年)相比,降雨量减少 150.1mm,即减少了 1/5 多(表 7)。

3.3 植被破坏对风速的影响

人为破坏植被就破坏了植被防风的天然屏障,使风速增加。林地和开垦地风速观测表明,林开垦后,距地面近距离的风速增大,在观测时段内,风速平均增加了 2.85 倍(表 9)。由于风速增加,土壤蒸发能力增大,土壤失水增加,使土壤水分易发生亏缺现象,影响农作物生长。

表 9 林地和开垦地风速比较(距地面 2.0m)

观测时间		1992 年 5 月下旬	1992 年 6 月上旬	1992 年 6 月中旬	1992 年 6 月下旬	1992 年 6 月	1992 年 7 月下旬
24h 平均 风速 (m/min)	林地	99.1	236.8	19.9	88.2	114.8	172.6
	开垦地	188.1	380.6	151.9	206.2	244.8	288.8
	对比	1.89	1.61	7.63	2.37	2.16	1.64

3.4 植被破坏对土壤温度的影响

植被破坏后,土壤表面直接受阳光照射,使土壤温度增加、土壤耗水量加大,土壤趋于干燥,危害农作物生长。观测资料表明:植被破坏后,地面温度增加,同林地相比,不同时间观测内,地面温度增加 5.4~11.6℃,平均增加 9.4℃;5cm 土层土壤温度增加 6~8.5℃,平均增加 7℃;10cm 土层土壤温度增加 3~7.0℃,平均增加 5.3℃;15cm 土层土壤温度增加 2.3~5.7℃,平均增加 4.5℃。

20cm 土层土壤温度增加 1.5~4.5℃,平均增加 3.5℃(表 10)。

表 10 林地和开垦地不同深度土壤温度比较

温度单位:℃

观测时间		1992 年 9 月 3 日 12 时		1992 年 9 月 3 日 14 时		1992 年 9 月 3 日 17 时		1992 年 9 月 3 日 18 时	
地面处理		开垦地	林地	开垦地	林地	开垦地	林地	开垦地	林地
土壤深度 (cm)	0	34.2	21.2	36	24.4	31.8	24.2	27.2	21.8
	5	26	18	30	20.5	29	21.5	27	21
	10	21.5	17	25.5	16.5	27	20	26.5	20
	15	19.2	17	22	17.5	24	18.5	24.2	18.5
	20	18.5	17	19.5	17.2	21	17.5	21.5	17.6

总之,由于植被破坏,使气候发生恶化,旱情加重。相反,恢复和建造植被,可使气候条件得到改善,缓解旱情的发生。如人工 9 年龄刺槐林地内,相对湿度较林外空地提高了 3%,年均气温降低了 0.9℃,日温差降低 3.9℃,土壤蒸发较林外空地减少了 28%。

#### 4 植被破坏与土壤退化

于午岭林区,由于林草平莪,在长达 100 多年的自然植被恢复过程中,土壤剖面有一定的发育,无论是在分水岭地带,还是沟谷,都发育良好的土壤剖面,有机质在土层中因枯枝落叶和根系发育,逐年积累发育成明显的腐殖质 A 层及过渡层 A/B 层,其腐殖质积累达 4%以上,在枯枝落叶腐烂分解物和土体混合的表层,腐殖质高达 7%以上,其厚度达 6~20cm<sup>[2]</sup>。由于林草地表层土壤有机质的累积和提高,生物活动相对较强,土壤疏松,团粒结构增加,毛管和非毛管孔隙度均有所改善,大于 0.25mm 水稳性团聚体在土壤表层高达 74.2%;是黄土母质层的 5.3 倍(团聚体含量为 14.79%);非毛管孔隙度由母质层的 2.5%,增加至表层的 20.6%。由于水稳性团粒和孔隙度的提高,土壤入渗能力明显增强,林地土壤表层稳渗率是农地的 4.3 倍,前 30min 入渗率是农地的 2.6 倍。而当人为破坏植被开垦后,由于土壤侵蚀急剧发展,使土壤退化非常严重,在开垦初期阶段,土壤退化非常严重。林地开垦 1 年后,0~20cm 土壤有机质含量在浅沟沟头处减少了 37.1%,在浅沟沟头处减少了 37.1%,有效磷减少了 57%~84%;林地开垦 10 年后,有机质含量由开垦前的 5.83%下降到 0.842%,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流失而流失,使土壤肥力减退,土壤生产力下降。

在于午岭林区,人为破坏植被开垦后,土壤退化过程主要表现为以下几方面:①土壤物质循环过程失调。在于午岭林区,植被破坏后,土壤侵蚀模数高达 5 000t/(km<sup>2</sup>·a)。从侵蚀土壤中带走的物质质量,大大超过了进入土壤中的物质质量,使土壤物质循环过程失调。林地破坏开垦后,地表径流急剧增大,土壤入渗量减少;地表径流及其所带泥沙中的大量营养元素流失,使土壤肥力退化。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,根系固结的团聚体随着表层土体移动而移动,使土壤剖面遭到人为破坏。分析资料表明,开垦当年,土壤团聚体含量减少 41.0%,林地开垦后,随着细沟、浅沟侵蚀的发生发展,表层肥沃的表土被侵蚀掉,使土壤剖面遭到破坏,开垦 10 年后,土壤剖面形成了耕层—犁底层—B—C 层—C 层的黄绵土耕种土壤剖面,破坏了原来由 A—A—B—B—C—C 的土壤剖面,使原来土壤剖面 A<sub>0</sub>—A 层被侵蚀掉,土壤剖面变薄。③土壤理化性状发生恶化。分析资料表明<sup>[2]</sup>开垦 10 年后,10~20cm 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%。另一方面,开垦 10 年后,土壤剖面各发生层的水稳性团聚体含量均低于林地土壤剖面各发生层的水稳性团聚体含量,农地中大于 5.0mm 和大于 1.0mm 的大团聚体含量的减少最明显。由于土壤理化性状恶化,使土壤入渗能力减少,径流

量增大,又促进土壤侵蚀和土壤退化进一步发展。同时,林地开垦后,由于强烈的土壤侵蚀,也使土壤物理力学特性发生变化,开垦耕种 10 年后,农地 0~20cm 土层的抗冲能力仅是林地的 6.4%<sup>[2]</sup>

总之,林地开垦破坏后,使土壤发生严重退化,导致土地生产力下降,而土壤退化又是生态环境恶化的主要表现之一。

## 4 结 语

4.1 植被破坏导致土壤侵蚀加剧,河流输沙量增大;植被破坏的程度越大,土壤侵蚀愈剧烈;有森林植被覆盖的流域或流域区间的径流、泥沙量与林木率呈线性关系。

4.2 植被破坏使河川径流分配更趋于不均,径流集中在汛期;植被破坏后,使次洪水总量增大,次洪水过程为历时短,造峰快,洪峰模数大。所有这些易导致洪涝灾害的发生和灾害性水土流失的出现。

4.3 植被破坏后,使气候发生变化,降水量和相对湿度减少,气温和地温上升。这些导致农业生产旱情频率增加,强度加剧。

4.4 植被破坏导致土壤侵蚀加剧,从而使土壤发生严重退化。土壤退化的主要表现是:土壤肥力退化,土壤营养物质流失;土壤剖面遭到破坏,母质出露地表,土地生产力下降;土壤理化特性变坏及其土壤物理力学特性变差,土壤抗冲能力减弱。

4.5 在黄土高原恢复和建造植被,恢复良性的生态环境,是治理黄土高原的根本措施,同时也是根治黄河下游水患的主要途径。

## 参考文献

- [1]米登山. 近几年子午岭森林破坏情况及其影响. 水土保持通报, 1982(5)
- [2]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(2)