

# 黄土丘陵区不同土地利用方式水土流失及养分保蓄效应研究<sup>①</sup>

赵护兵<sup>1</sup>, 刘国彬<sup>1,2</sup>, 曹清玉<sup>1,2</sup>, 吴瑞俊<sup>1,2</sup>

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100; 2. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨陵 712100)

**摘要:** 对黄土丘陵沟壑区安塞水土保持试验站3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田共计11种不同土地利用方式径流小区进行径流和侵蚀泥沙观测,并分别分析其养分含量,研究黄土丘陵区不同土地利用方式水土流失及养分保蓄效应。结果表明,试验区2003年草本的年均径流量为1248 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,灌木为843 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,乔木为2079 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,农田为10672 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>;草本的年均土壤侵蚀模数为4.6 t/km<sup>2</sup>,灌木为1.0 t/km<sup>2</sup>,乔木为2.6 t/km<sup>2</sup>,农田为169.5 t/km<sup>2</sup>。2003年乔木的径流年均氮素损失量5.68 kg/km<sup>2</sup>,灌木为3.32 kg/km<sup>2</sup>,草本为2.49 kg/km<sup>2</sup>,农田为10.80 kg/km<sup>2</sup>;乔木的径流年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为0.29 kg/km<sup>2</sup>,灌木为0.22 kg/km<sup>2</sup>,草本为0.17 kg/km<sup>2</sup>,农田为0.49 kg/km<sup>2</sup>。乔木的侵蚀泥沙年均氮素损失量为2.69 kg/km<sup>2</sup>,灌木为1.18 kg/km<sup>2</sup>,草本为7.51 kg/km<sup>2</sup>,农田为139.95 kg/km<sup>2</sup>;乔木的侵蚀泥沙年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为1.51 kg/km<sup>2</sup>,灌木为0.54 kg/km<sup>2</sup>,草本为2.78 kg/km<sup>2</sup>,农田为259.25 kg/km<sup>2</sup>。在本研究区注意发展和恢复草灌植被,使之尽快起到水土保持作用;另外,乔、灌、草土地利用方式相对农田对径流和侵蚀泥沙有很好的养分保蓄效应。

**关键词:** 草本; 灌木; 乔木; 农田土地利用方式; 径流; 侵蚀泥沙; N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

中图分类号: S157.1; S158.3 文献标识码: A 文章编号: 1009-2242(2006)01-0020-05

## Influence of Different Land Use Types on Soil Erosion and Nutrition Care Effect in Loess Hilly Region

ZHAO Hu-bing<sup>1</sup>, LIU Guo-bin<sup>1,2</sup>, CAO Qing-yu<sup>1,2</sup>, WU Rui-jun<sup>1,2</sup>

(1. College of Resources and Environment, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100;

2. Institute of Soil and Water Conservation, CAS, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** The plot experiment of 11 land use types include 3 herb land, 3 shrub land, 4 arbor land and 1 farmland at Ansai soil and water conservation research station in loess hilly region were observed. Runoff datum and runoff and sediment nutrition content were analyzed in order to research the influence of different land use types on soil erosion and nutrition care effect. The obtained results showed that the mean runoff amount of herb land use type was 1248 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, shrub was 843 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, arbor was 2079 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, farmland was 10672 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, the mean sediment amount of herb land use type was 4.6 t/km<sup>2</sup>, shrub was 1.0 t/km<sup>2</sup>, arbor was 2.6 t/km<sup>2</sup>, farmland was 169.5 t/km<sup>2</sup>, the mean runoff N amount of arbor land use type was 5.68 kg/km<sup>2</sup>, shrub was 3.32 kg/km<sup>2</sup>, herb was 2.49 kg/km<sup>2</sup>, farmland was 10.80 kg/km<sup>2</sup>, the mean runoff P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> amount of arbor land use type was 0.29 kg/km<sup>2</sup>, shrub was 0.22 kg/km<sup>2</sup>, herb was 0.17 kg/km<sup>2</sup>. Farmland was 0.49 kg/km<sup>2</sup>. The mean sediment N amount of arbor land use type was 2.69 kg/km<sup>2</sup>, shrub was 1.18 kg/km<sup>2</sup>, herb was 7.51 kg/km<sup>2</sup>, farmland was 139.95 kg/km<sup>2</sup>. The mean runoff P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> amount of arbor land use type was 1.51 kg/km<sup>2</sup>, shrub was 0.54 kg/km<sup>2</sup>, herb was 2.78 kg/km<sup>2</sup>, farmland was 259.25 kg/km<sup>2</sup>. So the herb and shrub vegetation should be rehabilitated and developed quickly in order to decrease soil erosion in loess hilly region. On the other hand, the arbor, shrub, herb land use types have good nutrition care effect compare with farmland.

**Key words:** herb; shrub; arbor; farmland land use types; runoff; sediment; N; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

黄土高原丘陵区沟壑纵横,梁峁坡地分布广泛,表层土壤结构疏松易蚀,水土流失十分严重。水土流失在带走大量的径流和泥沙的同时,大量的土壤氮素和磷素养分也随之流失<sup>[1]</sup>。土壤中的氮素和磷素不但是作物生长所必须的一种重要营养物质<sup>[2]</sup>,同时它也是重要的非点源污染源<sup>[3,4]</sup>,它的流失不但是一种肥料资源的浪费,而且会对下游地表水和地下水造成污染<sup>[5]</sup>。我国每年流失的N、P、K总量近亿t,黄河流域每年流失泥沙所携带

① 收稿日期: 2005-08-02

基金项目: 中科院重大项目“黄土高原水土保持与可持续生态建设试验示范研究”; 国家自然科学基金重点项目“黄土高原生态恢复的环境效应及评价”(90502007)资助

作者简介: 赵护兵,男,生于1974年,博士生,讲师。主要从事流域养分管理及土壤与植物营养方面研究。

的N、P、K总量达4 000万t<sup>[6]</sup>, 陕北黄土丘陵沟壑区每年的土壤养分流失量折合化肥2 250 kg/hm<sup>2</sup>, 坡耕地的养分损失相当于当年化肥投入量的17.9倍<sup>[7]</sup>。

植被可以涵养水源改良土壤, 增加地面覆盖防止水土流失进而对养分产生保蓄作用, 植被覆盖面积大, 生存时间长, 可以在较大范围内长期起作用, 所以改善植被是水土流失治理的根本措施<sup>[8]</sup>。鉴于目前在陕北黄土丘陵沟壑区广泛实施的生态恢复、不同土地利用方式调整的政策, 以及以往对于黄土丘陵沟壑区植被减蚀的定性描述较多, 而对于植被减蚀及养分保蓄效应的定量描述研究较少, 本文选取典型黄土丘陵沟壑区水土流失十分严重的安塞水土保持试验站3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田11种不同土地利用方式径流小区, 进行径流观测和径流及侵蚀泥沙养分含量分析, 定量分析陕北黄土丘陵沟壑区不同土地利用方式对于水土流失的影响以及对土壤和径流养分的保蓄效应, 旨在为今后该区生态恢复、不同土地利用方式调整在水土保持、土壤养分保蓄效应评价、预测以及养分非点源污染防治方面提供科学依据。

## 1 研究区概况及研究方法

### 1.1 研究区概况

试验区位于安塞水土保持试验站。试验区的年均降水量500 mm, 其中60%集中在7~9月份。土壤类型为黄绵土。试验选取黄土丘陵沟壑区柠条(*Caragana korshinskii* Kom)、天然草地、人工草地、沙棘(*Hippophae rhamnoides*)、沙棘+小叶杨(*Populus. simonii* Carr.)、撂荒、侧柏(*Platycladus orientalis* (L.) Franco)、油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、农田等11种土地利用方式, 各供试径流小区基本情况见表1。农田选取安塞站坡耕地长期定位试验, 2003年种植谷子, 肥料用量、种类及施用方法和当地农民坡耕地种植谷子的习惯施肥相类似, 氮肥施用量55.2 kg N/hm<sup>2</sup>, 磷肥施用量45 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/hm<sup>2</sup>。

上述不同土地利用方式径流小区建于1992年, 设2个重复。各试验小区的坡长、坡度和小区面积相同, 小区的规格为: 宽5 m, 长20 m。试验小区之间有20 cm左右的水泥栏隔开。各试验小区分别建有地表径流收集槽——集水桶。集水桶为铁桶, 防止降雨过程中径流渗漏, 上部加盖以去除降雨的影响。

### 1.2 研究方法

试验在2003年进行。主要观测内容为降雨、径流和泥沙数据, 并在8月15日测定各试验小区的覆盖度。

(1) 降水数据: 采用安塞站自记雨量计记录降水量。2003年安塞总降水量为580.4 mm。

(2) 径流和泥沙: 每次降雨后, 首先测定集水桶中的径流深。然后将各实验小区集水桶中的径流和泥沙充分搅匀, 采取1 000 ml混合水样, 沉淀后求出泥沙含量。径流量为每次降雨后在集水桶中测定水深读数, 按公式换算成径流总量。采样结束后, 将各集水桶冲刷干净, 为第2次采样做准备。

(3) 径流及侵蚀泥沙养分分析: 于每次产流后, 分析径流泥沙含量时, 加入少许防腐剂甲醛和4.5 mol/L 硫酸。分析完径流泥沙含量后, 取100 ml径流样, 在实验室用流动注射分析仪分析NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N和NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N含量, 用钼锑抗比色法分析P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量。侵蚀泥沙风干后用开氏法测定全氮含量, HClO<sub>4</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>法测定全磷含量。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同土地利用方式对地表径流的影响

2003年共观测3次产流过程, 各供试地点引起侵蚀降雨量见表2。

11种土地利用方式径流小区径流量情况见表3, 由表3可以看出, 不同土地利用方式的年产流量不同。就草本土体利用方式而言, 天然草地、人工草地和3年撂荒地的年产径流量, 以3年撂荒地最大, 天然草地次之, 人工草地最少。这是由于人工草地为水平沟种植, 而水平沟耕作具有

减少水土流失的作用<sup>[9]</sup>; 天然草地的土壤表层有腐殖质的积累, 表层土壤结构良好, 对降雨的渗漏和通透性良好; 撂荒3年的草地径流小区相比天然草地, 植被恢复时间短, 对土壤表层结构改善有限, 所以对降雨入渗和通

表1 各供试土地利用类型径流小区基本情况

编号	土地利用方式	备注	小区地点	坡向	坡位	坡度(°)
1	柠条	10年	安塞站	E	坡上部	24
2	天然草地	撂荒11年	安塞站	E	坡上部	24
3	人工草地	5年	安塞站	E	坡下部	24
4	林地	沙棘+小叶杨	安塞站	E	坡下部	24
5	沙棘	平茬	安塞站	E	坡下部	24
6	撂荒	3年	安塞站	E	坡下部	24
7	侧柏	11年	安塞站	E	坡下部	24
8	沙棘	未平茬(10年)	安塞站	N	坡上部	24
9	油松	11年	安塞站	N	坡上部	24
10	刺槐	25年	纸坊沟	W	坡下部	24
11	农田	长期定位试验	安塞站	E	坡上部	24

表2 各供试地点每次降雨量情况

小区地点	产流次数	降雨时间	降雨量(mm)
安塞站	第1次	2003.08.06	59.3
	第2次	2003.08.07	
	第3次	2003.08.24	
纸坊沟	第1次	2003.07.31	71.5
	第2次	2003.08.24	
	第3次	2003.08.26	

透性就不如天然草地良好。就灌木土地利用方式而言,柠条产流量最少,未平茬的成年沙棘次之,平茬的幼年沙棘最大。这是由于柠条生长茂密,郁闭度高,表层土壤有腐殖质层,结构良好,不仅土地利用削弱降雨较多,而且土壤的入渗也较快,所以径流量就较少。未平茬的成年沙棘生长较平茬的幼年沙棘生长茂密高大,所以对降雨的削弱能力也较平茬的幼年沙棘大,故未平茬的成年沙棘年产流量较少,平茬的幼年沙棘年产流量较多。就乔木土地利用方式而言,油松林的年产流量比侧柏的年产流量大,而侧柏的年产流量比沙棘+小叶杨的年产流量大,刺槐的产流量最小。这是由于油松林冠层小,在油松林小区内也很少有杂草生长,地下根系不发达;而侧柏林生长相对油松林高大,林下杂草丛生,根系也较油松林发达;沙棘+小叶杨林地生长更为茂盛,郁闭良好,林下可见腐殖质层,草本密度大,盖度高;刺槐林在这4种乔木土地利用方式中,生长年限最长,已经生长26年,植被生长最为良好,没有裸露地面,这大大降低了降雨雨滴的动能,增加了水分的入渗<sup>[10]</sup>。农田土地利用方式由于种植时的耕作,所以土壤表面较为疏松,在2003年8月6日没有产流,降雨全部就地入渗。在8月7日和8月24日两次产流过程中,农田土地利用方式的产流量明显大于林、灌、草10种土地利用方式。

表3 不同土地利用方式的径流量

m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>

产流次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
第1次	56.5	56.5	113.0	325.0	282.6	254.3	310.9	127.2	409.8	141.3	0
第2次	70.7	353.3	310.9	692.4	452.2	777.2	734.8	353.3	1519.0	254.3	3236.5
第3次	141.3	565.2	423.9	805.4	607.6	890.2	1031.5	438.0	1526.0	565.2	7435.1
总量	268.5	975.0	847.8	1822.8	1342.4	1921.7	2077.2	918.5	3454.8	960.8	10671.6

在本实验所供试的11种土地利用方式中,将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田的年产流量平均,可得草本土利用方式的年均径流量为1 248 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,灌木为843 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,乔木为2 079 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>,农田为10 672 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>。可见,农田土地利用方式的年均径流量远远大于其他3种土地利用方式。农田土地利用方式年均径流量是乔木土地利用方式的近5倍,乔木的年均径流量比草本高66.6%,草本比灌木高48.0%。就减少径流损失作用而言,灌木土地利用方式作用最为明显,草本次之,乔木较差,农田最差。由此可见,在退耕还林、不同土地利用方式调整过程中,因地制宜地选择合理的植被和植被构造对减少径流损失有重要意义。

## 2.2 不同土地利用方式对土壤侵蚀的影响

由表4可以看出,不同土地利用方式的土壤年侵蚀量不同。就草本土利用方式而言,天然草地、人工草地和3年撂荒地的年土壤侵蚀量以人工草地最大,

表4 不同土地利用方式的泥沙量

t/km<sup>2</sup>

产流次数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
第1次	0.0	0.0	3.2	0.0	0.2	0.7	0.8	0.0	0.7	0.0	0
第2次	0.0	1.3	3.9	0.5	0.0	3.6	0.9	0.0	2.0	0.0	33.9
第3次	0.0	0.0	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	5.4	0.0	135.6
总量	0.0	1.3	8.2	0.5	0.2	4.3	1.7	2.7	8.1	0.0	169.5

3年撂荒地次之,天然草地最小。这是由于人工草地虽为水平沟种植,但其盖度低,行之间有裸露的土地,降雨可对地表直接进行打击,使土壤松动,径流很容易携带土壤,发生土壤侵蚀;撂荒3年的径流小区和天然草地的径流小区植被盖度较人工草地的盖度大,土壤表层结构良好,对降雨的渗漏和通透性良好,所以降雨就较难剥离土壤颗粒发生土壤侵蚀;撂荒3年的径流小区相比天然草地,植被恢复时间短,土壤表层结构改善有限,对降雨入渗不如天然草地好,所以土壤侵蚀就较天然草地剧烈,这和径流损失有相同的规律。就灌木土地利用方式而言,柠条年土壤侵蚀量最少,平茬的幼年沙棘次之,未平茬的成年沙棘最大。这是由于柠条生长茂密,灌木盖度和草本盖度都高,表层土壤有腐殖质层,结构良好,不仅植被削弱降雨较多,而且土壤的入渗也较快,所以侵蚀泥沙量就少。未平茬的成年沙棘生长,虽较平茬的幼年沙棘生长茂密高大,但林下草本植物盖度较小。说明对防止土壤侵蚀而言,贴地面覆盖比其他覆盖尤为重要。就乔木土地利用方式而言,土壤侵蚀和径流损失有相同的规律,即油松林的年土壤侵蚀量比侧柏的年土壤侵蚀量大,侧柏比沙棘+小叶杨林地大,沙棘+小叶杨比刺槐大。这也是由于油松林冠层小,在油松林小区内也很少有杂草生长,地下根系不发达;而侧柏林生长相对油松林高大,林下杂草丛生,根系也较油松林发达;沙棘+小叶杨林地生长更为茂盛,郁闭良好,林下可见腐殖质层,草本密度大,盖度高;而刺槐林地的植被在这4种乔木土地利用方式中发育最为良好。农田土地利用方式由于地表没有草本植物的覆盖,再加上受耕作的影响,土壤表层疏松易蚀,所以土壤侵蚀量在供试的11种土地利用方式中最大。

将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田土地利用方式的年土壤侵蚀量平均,可得草本土利用方式的年均土壤侵蚀模数为4.6 t/km<sup>2</sup>,灌木为1.0 t/km<sup>2</sup>,乔木为2.6 t/km<sup>2</sup>,农田为169.5 t/km<sup>2</sup>。农田土地利用方式远远大于林草土地利用方式,另外在林草土地利用方式中,草本的年均土壤侵蚀量比乔木高76.9%,乔木比灌木

高160.0%,对减少土壤侵蚀作用而言,灌木作用最为明显,乔木次之,草本较差,农田最差。由此可见,在生态恢复、不同土地利用方式调整过程中,因地制宜选择合理的植被和合理的植被构造可有效减少土壤侵蚀。

### 2.3 不同土地利用方式与径流养分保蓄效应

#### 2.3.1 不同土地利用方式与径流氮素养分保蓄效应

表5 不同土地利用方式径流氮素损失量

kg/km<sup>2</sup>

编号	第1次产流			第2次产流			第3次产流			总计
	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	合计	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	合计	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> - N	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> - N	合计	
1	0.49	0.44	0.93	0.61	0.20	0.81	0.16	0.17	0.33	2.07
2	0.06	0.05	0.11	0.34	0.28	0.62	0.53	0.69	1.22	1.95
3	0.25	0.16	0.41	0.25	0.24	0.49	0.28	0.12	0.40	1.30
4	0.83	0.26	1.09	0.84	0.82	1.66	3.88	1.30	5.18	7.93
5	0.98	0.31	1.29	0.82	0.53	1.35	1.53	0.68	2.21	4.85
6	0.51	0.31	0.82	0.70	0.82	1.52	0.82	1.08	1.90	4.24
7	0.43	0.30	0.73	0.74	0.74	1.48	0.96	1.13	2.09	4.30
8	0.54	0.36	0.90	0.38	0.43	0.81	0.56	0.78	1.34	3.05
9	0.70	0.53	1.23	1.03	1.38	2.41	1.48	1.50	2.98	6.62
10	0.33	0.21	0.54	0.76	0.19	0.95	1.48	0.88	2.36	3.85
11	-	-	-	3.45	0.90	4.35	4.80	1.65	6.45	10.80

2003年不同土地利用方式3次径流的NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N和NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N养分损失量见表5。将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田的年径流氮素损失量平均,可得草本土地利用方式的年均氮素损失量为2.49 kg/km<sup>2</sup>,乔木为5.68 kg/km<sup>2</sup>,灌木为3.32 kg/km<sup>2</sup>,农田为10.80 kg/km<sup>2</sup>。农田土地利用方式径流氮素年损失量比乔木土地利用方式高出90.1%,乔木比灌木高出71.1%,灌木比草本高出33.3%。将农田、乔木、灌木、草本土体利用方式径流的年均氮素损失量和年均径流量相比较可以看出,农田、乔木、灌木、草本土体利用方式的年均氮素损失量和年均径流量没有表现出相同的趋势。即农田土地利用方式的径流量比乔木土地利用方式高出近5倍,但径流氮素的损失量只有其2倍左右;灌木土地利用方式的年均径流量虽然比乔木和草本都小,但其年均氮素损失量却比乔木小、草本大。

#### 2.3.2 不同土地利用方式与径流磷素损失

表6 不同土地利用方式径流P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量

kg/km<sup>2</sup>

编号	第1次产流	第2次产流	第3次产流	总计
1	0.03	0.07	0.01	0.11
2	0.01	0.07	0.07	0.15
3	0.01	0.01	0.02	0.04
4	0.02	0.07	0.26	0.35
5	0.03	0.13	0.28	0.44
6	0.01	0.20	0.12	0.33
7	0.02	0.25	0.23	0.50
8	0.01	0.04	0.05	0.10
9	0.01	0.09	0.15	0.25
10	0.00	0.00	0.07	0.07
11	-	0.11	0.38	0.49

2003年3次径流的P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>养分损失量见表6。将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田的年径流P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量平均,可得乔木的年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为0.29 kg/km<sup>2</sup>,灌木为0.22 kg/km<sup>2</sup>,草本为0.17 kg/km<sup>2</sup>,农田为0.49 kg/km<sup>2</sup>。农田土地利用方式径流P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>年损失量比乔木土地利用方式高出70.0%,乔木比灌木高出31.8%,灌木比草本高出29.4%,这和径流年均氮素损失量的趋势是相同的。将农田、乔木、灌木、草本土体利用方式径流的年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量和年均径流量相比较也可看出,农田、乔木、灌木、草本土体利用方式的年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量和年均径流量没有表现出相同的趋势。即农田土地利用方式的径流量比乔木土地利用方式高出近5倍,但径流P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>的损失量只有其1.7倍左右;灌木的年均径流量虽然比乔木和草本都小,但其年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量却比乔木土地利用方式小、草本土体利用方式大。

造成上述现象的原因是由于农田表层肥沃土壤不断被侵蚀,目前表层耕作土壤已经很贫瘠,所以在相同的降雨条件下,交换到径流中的NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N和磷素养分就少;相反,林草土地利用方式由于在很大程度上减少水土流失这个养分通道,再加上枯枝落叶对土壤表层肥力的改善作用,在相同的降雨条件下,交换到径流中的NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N和磷素养分就多。另外,灌木土地利用方式的径流NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N和磷素养分浓度比乔木和草本土体利用方式高,这可能与植被覆盖度和土壤性质有关。在柠条、幼年沙棘和成年沙棘试验小区,可以明显看见土壤腐殖质层,土壤中的氮素含量比较高,在相同的降雨条件下,交换到径流中的NO<sub>3</sub><sup>-</sup> - N、NH<sub>4</sub><sup>+</sup> - N和磷素养分就多。

由此可见,林草土地利用方式相比农田,由于大大增强了拦蓄降水就地入渗的能力,降低了降水的径流损失,因而减少了土壤养分交换到径流中的损失量,相比农田,林草土地利用方式对土壤养分产生了保蓄效应。所以在黄土丘陵沟壑区,应因地制宜地将农田中水土流失严重、产量低而不稳、不适宜耕作的坡耕地进行不同土地利用方式调整,用于改善生态环境,减少水土流失及养分流失,进而对陡坡地土壤养分产生良好的保蓄效应。

### 2.4 不同土地利用方式与侵蚀泥沙养分保蓄效应

#### 2.4.1 不同土地利用方式与侵蚀泥沙氮素养分保蓄效应

2003年3次产流的侵蚀泥沙氮素养分损失量见表

7. 将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农田的年均侵蚀泥沙氮素损失量平均, 可得乔木的年均氮素损失量为2.69 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为1.18 kg/km<sup>2</sup>, 草本为7.51 kg/km<sup>2</sup>, 农田为139.95 kg/km<sup>2</sup>。农田是草本的18.6倍, 草本比乔木高出179.2%, 乔木比灌木高出127.9%。将农田、乔木、灌木、草本土利用方式的侵蚀泥沙年均氮素损失量和年均侵蚀泥沙量相比较可以看出, 农田、乔木、灌木、草本土利用方式侵蚀泥沙的年均氮素损失量和年均侵蚀泥沙量表现出了相同的趋势。即侵蚀泥沙量大的土地表7 不同土地利用方式侵蚀泥沙氮素损失量 kg/km<sup>2</sup>

编号	第1次产流	第2次产流	第3次产流	总计
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	4.12	0.00	4.12
3	5.04	3.65	1.40	10.09
4	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
6	2.47	5.84	0.00	8.31
7	2.41	2.58	0.00	4.99
8	0.00	0.00	3.54	3.54
9	1.23	1.41	3.12	5.76
10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-	36.91	103.04	139.95

#### 2.4.2 不同土地利用方式与侵蚀泥沙磷素养分保蓄效应

2003年3次产流的侵蚀泥沙P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>养分损失量见表8。将3种草本、3种灌木、4种乔木、1种农地的年均侵蚀泥沙P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量平均, 可得乔木的年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为1.51 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为0.54 kg/km<sup>2</sup>, 草本为2.78 kg/km<sup>2</sup>, 农田为259.25 kg/km<sup>2</sup>。农田是草本的93.3倍, 草本比乔木高出84.1%, 乔木比灌木高出179.6%。将农田、乔木、灌木、草本土利用方式的侵蚀泥沙年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量和年均侵蚀泥沙量比较也可以看出, 农田、乔木、灌木、草本土利用方式侵蚀泥沙的年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量和年均侵蚀泥沙量也表现出了相同的趋势。即侵蚀泥沙量大的土地表8 不同土地利用方式侵蚀泥沙磷素损失量 kg/km<sup>2</sup>

编号	第1次产流	第2次产流	第3次产流	总计
1	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.00	1.07	0.00	1.07
3	2.09	2.08	0.70	4.87
4	0.00	0.00	0.00	0.00
5	0.00	0.00	0.00	0.00
6	0.49	1.91	0.00	2.40
7	0.60	0.70	0.00	1.30
8	0.00	0.00	1.63	1.63
9	0.43	1.27	3.02	4.72
10	0.00	0.00	0.00	0.00
11	-	54.30	204.95	259.25

### 3 小结

径流小区监测表明, 试验区2003年草本的年均径流量为1248 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 灌木为843 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 乔木为2079 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>, 农田为10672 m<sup>3</sup>/km<sup>2</sup>; 草本的年均土壤侵蚀量为4.6 t/km<sup>2</sup>, 灌木为1.0 t/km<sup>2</sup>, 乔木为2.6 t/km<sup>2</sup>, 农田为169.5 t/km<sup>2</sup>。可以看出, 林草土地利用方式可以有效降低水土流失。所以目前在黄土丘陵沟壑区进行的大范围生态恢复、不同土地利用方式调整, 是遏止多年来黄土丘陵区水土流失愈演愈烈的有力措施, 但是应注意目前水土保持林地条件一般较差, 应优先种草植灌。灌草由于适应性强, 一般能较为迅速地郁闭覆盖地面, 而且较为贴地面生长, 其作用优于长期不能郁闭、林下缺乏枯枝落叶层的人工林。草灌更适宜于早期保持水土。乔木林应尽早促进其郁闭并保护林下枯落物层和草被。因此, 在本研究区应注意发展和恢复草灌植被, 使之尽快起到水土保持作用。

2003年乔木的径流年均氮素损失量5.68 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为3.32 kg/km<sup>2</sup>, 草本为2.49 kg/km<sup>2</sup>, 农田为10.80 kg/km<sup>2</sup>; 乔木的径流年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为0.29 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为0.22 kg/km<sup>2</sup>, 草本为0.17 kg/km<sup>2</sup>, 农田为0.49 kg/km<sup>2</sup>。乔木的侵蚀泥沙年均氮素损失量为2.69 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为1.18 kg/km<sup>2</sup>, 草本为7.51 kg/km<sup>2</sup>, 农田为139.95 kg/km<sup>2</sup>; 乔木的侵蚀泥沙年均P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>损失量为1.51 kg/km<sup>2</sup>, 灌木为0.54 kg/km<sup>2</sup>, 草本为2.78 kg/km<sup>2</sup>, 农田为259.25 kg/km<sup>2</sup>。可以看出, 乔木、灌木、草本土利用方式和农民传统耕作的农田相比, 径流和侵蚀泥沙养分保蓄效应良好。这是由于一方面农田侵蚀泥沙量大于林草地, 另一方面是由于坡耕地施用化肥<sup>[11]</sup>。所以, 将原来水土流失严重、坡度较陡、广种薄收的坡耕地退耕还林、植树种草, 可以有效地对养分产生保蓄效应, 改善生态环境。

肥氮对渗漏氮量的贡献量与化肥氮排放到环境中的氮量比值而言,各个时期、各个处理间的差异很小,且所占比例很小,说明化肥氮在水稻当季淋失较少,可以忽略不及,这与大多数<sup>15</sup>N标记的实验结果是吻合的<sup>[6]</sup>。

### 3 结 论

(1) 氮素利用情况受到施氮水平、施氮方法等影响。浙北高肥力稻田,总体氮素利用率都不高,排入环境量较大,达到化肥氮的70%~80%,对环境影响严重,这可能与稻田土壤本底氮含量较高有关。

(2) 在移栽期,由于根系尚未发育完全,吸氮量有限,所以基肥氮损失较严重,而本地农民习惯施用50%的基肥氮,这对地下水和大气都将会造成严重的污染,且浪费资源,这是不可取的,可以考虑减少基肥用量,或采用基肥无氮栽培措施,来避免较多氮素的损失。

(3) 稻田田面水氮素流失主要在施氮后一星期,此时若遇暴雨,将导致氮素随径流流失,水体受到污染。

(4) 适宜的施氮量可以保持土壤肥力,但施用较多的氮素会导致土壤氮素严重积累,进而会影响渗透水的氮素含量,不利于环境保护。从本实验结果来看:施氮量高于150 kg/hm<sup>2</sup>,而低于225 kg/hm<sup>2</sup>对于保持土壤肥力,稳定水稻产量和减少稻田氮素流失与损失,保护环境较为有利。

(5) 从估算结果发现,排入环境中的化肥氮有30.37%~40.99%进入土壤,转化为土壤氮素,而渗透水中的化肥氮相对很少,因此,从氮素损失途径角度来说,有很大一部分转变为气态氮损失掉。气态氮是化肥氮损失的主要途径。

参考文献:

- [1] 朱兆良,范晓晖,孙永红,等.太湖地区水稻土上季氮素循环及其环境效应[J].作物研究,2004(4):187-191.
- [2] 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1-6.
- [3] 宋勇生,范晓晖,林德喜,等.太湖地区稻田氮挥发及影响因素的研究[J].土壤学报,2004,41(2):265-269.
- [4] 朱兆良.中国土壤氮素[M].南京:江苏科学技术出版社,1992.
- [5] Ghosh B C, et al. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields [J]. Environmental Pollution, 1998, 102: 123-126.
- [6] 陈若敦,陈青萍,韦茹编.环境监测实验[M].上海:同济大学出版社,1993.64-67.
- [7] Hossain M F, White S K, Elahi S F. The efficiency of nitrogen fertilizer for rice in Bangladeshi farmers' fields[J]. Field Crops Research, 2005, 93: 94-107.
- [8] Cassman K G, DeDatta S K, Amarante S T. Long-term comparison of the agronomic efficiency and residual benefits of organic and inorganic nitrogen sources for tropical lowland rice[J]. Expl. Agric., 1996, 32: 427-444.
- [9] 金洁.分次施氮对稻田水层及渗漏水氮素影响动态变化研究[D].杭州:浙江大学,2005.
- [10] 张福珠,高拯民,熊先哲.应用<sup>15</sup>N对土壤-植物系统中氮素淋失及其防治途径的研究[M].北京:中国科学技术出版社,1986.490-502.

上接第24页

参考文献:

- [1] 世界资源研究所,联合国环境规划署,联合国开发计划署编.世界资源报告(1992-1993)[M].北京:中国环境科学出版社,1993.43-56.
- [2] 吕殿青,杨学云,张航.陕西塬土中硝态氮运移特点及影响因素[J].植物营养与肥料学报,1996,2(4):289-296.
- [3] Carpenter S R, Caraco N F, Correll D L, et al. Nonpoint pollution of surface water with phosphorus and nitrogen[J]. Ecol. Applie., 1998, 8: 559-568.
- [4] Schindler D W. Evolution of phosphorus limitation in lakes[J]. Science, 1977. 195: 260-262.
- [5] Pimentel D A, et al. World agriculture and soil erosion threaten world food production[J]. Bioscience, 1987, 37(4): 277-283.
- [6] 王国梁,刘国彬,许明祥,黄土丘陵区纸坊沟流域植被恢复的土壤养分效应[J].水土保持通报,2002,22(1):1-5.
- [7] 孟庆华.黄土丘陵坡面土地利用与水土流失研究[D].北京:中国科学院生态环境研究中心博士毕业论文,2002.63-98.
- [8] 蒋定生等编.黄土高原水土流失与治理模式[M].北京:中国水利水电出版社,1997.89-102.
- [9] 张兴昌.水蚀条件下土壤氮素流失机理及影响因子[D].西北农业大学1999届博士毕业论文,1999,52-62.
- [10] 刘秉正,吴发启编.土壤侵蚀[M].西安:陕西人民出版社,1996.93-94.
- [11] Thomas M L, Lal R, Logan T, et al. Land use and management effects on nonpoint loading from Mianian soil[J]. Soil Sci. Soc. Am. J., 1992, 56: 1871-1875.