

坡地退耕还林(草)对土壤磷素流失的影响

崔力拓¹, 李志伟²

(1. 中国环境管理干部学院, 河北 秦皇岛 066004; 2. 河北农业大学 海洋学院, 河北 秦皇岛 066003)

摘 要: 退耕还林(草)能有效地减少坡地土壤磷素的流失, 尤其水溶态磷的流失, 表现为: 在相同的降雨量下, 地表径流中颗粒态磷的含量分别减少 62.95% 和 43.79%, 磷酸根态磷含量分别减少 45.59% 和 23.53%; 径流小区试验表明: 退耕还林(草)后径流中水溶性磷的流失量分别减少 44.81% 和 60.24%, 径流泥沙颗粒态磷的流失量分别减少 27.82% 和 41.94%。
关键词: 洋河流域; 退耕还林(草); 水溶态磷; 颗粒态磷
中图分类号: S157; X171.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1005-3409(2007)06-0272-03

Effect of Returning Farmland to Forest (Grass) on Phosphorus Runoff of Slope Land

CUI Li-tuo¹, LI Zhi-wei²

(1. Environmental Management College of China, Qinhuangdao, Hebei 066004, China;
2. Ocean College, Agricultural University of Hebei, Qinhuangdao, Hebei 066003, China)

Abstract: Returning farmland to forest (grass) can effectively reduce the phosphorus loss of slope land, especially dissolved phosphorus. By the experiments of runoff plots without boundary, at the same precipitation, the particulate phosphorus content of runoff reduced 62.95% and 43.79% respectively and the $PO_4^{3-}-P$ content reduced 45.59% and 23.53% respectively after returning farmland to forest (grass); By the experiments of runoff plots in field, the dissolved phosphorus loss of runoff silt reduced 44.81% and 60.24% and the particulate phosphorus loss of runoff silt reduced 27.82% and 41.94% respectively.
Key words: Yanghe watershed; returning farmland to forest (grass); dissolved phosphorus; particulate phosphorus

土壤磷素以颗粒态和溶解态形式迁移进入受纳水体, 成为水体磷素的潜在补给源, 因此水体富营养化的发生与农业土壤磷素的大量流失密切相关, 要治理水环境, 控制非点源污染是必要的条件, 而生态技术是解决非点源污染的根本途径之一。通过生态农业技术以及坡面生态工程等可以控制磷素向农田生态系统的投入和减少磷素从农田生态系统的输出。近期的研究也表明植物篱、植物缓冲带、地梗植被等能明显减少坡耕地地表侵蚀量以及颗粒态养分的流失量, 但未能减少溶解态养分的流失量^[1, 7-9], 而退耕还林(草)一方面能提高植被的覆盖度, 另一方面能减少肥料养分的投入量以及耕作等农事活动, 在减少坡耕地养分流失方面是有差异的。因此本文选择河北省秦皇岛市洋河流域坡地, 采用无界径流小区法以及野外坡面径流小区法设置试验区, 研究退耕还林(草)后坡地地表径流中磷素含量的变化以及土壤磷素流失量的变化, 为洋河流域坡耕地退耕还林(草)生态效益综合评价以及控制非点源污染提供科学依据。

1 试验区概况与研究方法

1.1 试验区概况

洋河流域位于秦皇岛市抚宁县境内, 属暖温带半湿润季风带华北型大陆性气候区, 年平均降雨量 750 mm, 降雨期集中于每年的 7-8 月, 占全年降雨量的 70%~75%^[2], 流域

内土地大部分被改造成农田, 农作物以玉米、小麦为主, 此外有部分天然次生灌木林和果树, 目前面积最大、分布最广的自然植被是森林遭破坏后次生的灌草丛, 次生植被中灌木以荆条、酸枣为主, 草本以黄背草、白羊草占优势, 流域内土壤类型为褐土, 地貌以低山、丘陵为主, >15°的坡耕地面积占总耕地面积的 20%~30%^[3], 是水土流失比较严重的地区之一, 同时降雨形成的地表径流还会携带土壤中的氮、磷等营养物质进入下游的洋河水库, 导致水库年年发生严重的富营养化, 直接威胁城市饮用水安全。

1.2 坡面地表径流的采集及其磷素的测定

在洋河流域的典型坡地上, 选择坡度为 15°的天然次生灌木林地(植被覆盖度 80%~90%)、退耕还林(草)地(植被覆盖度为 60%~95%)以及相应的旱地(春播玉米), 采用无界径流小区法设置径流收集槽^[4], 各径流小区均施磷肥(P_2O_5) 32.0 kg/hm², 均匀混入表土 15 cm。在同一自然降雨下(平均降雨量 35.6 mm/h, 持续降雨 3 h 以上)对天然次生灌木林地、退耕还林(草)地以及相应的旱地进行径流样品的收集, 量取 250 ml 径流液通过 0.45 μm 滤膜, 过滤后采用异丁醇萃取-钼蓝比色法测定水样中磷酸根态磷的含量, 同时测定径流泥沙浓度(定容干重法), 径流中颗粒态磷的含量采用硫酸-高氯酸消煮-钼蓝比色法测定。

*收稿日期: 2006-12-31
基金项目: 河北省教育厅自然科学基金项目(Z2005112); 中国环境管理干部学院基金项目(2005-002)
作者简介: 崔力拓(1975-), 男, 内蒙赤峰人, 讲师, 硕士, 主要从事水土环境研究。

1.3 坡地磷素流失量的测定

采用野外坡面径流小区试验,在坡面上设置试验区,坡度为 20°。试验设 4 个处理,即处理 1(玉米种植区,每 666.7 m² 种植玉米 3 800 株,施磷量为(P₂O₅) 32.0 kg/hm²)、处理 2(免耕休闲区,杂草覆盖度平均为 35%)、处理 3(退耕还林区,种植板栗,有杂草生长,覆盖度为 70%) 和处理 4(退耕还草区,种植黑麦草,覆盖度平均为 95%)。每个小区面积为 20 m×5 m,每个小区下端均设置沉沙槽和径流池。小区之间以及试验区周围用水泥板分离。在玉米主要生长期(5–7 月)测定和采集各处理沉沙槽中泥沙量和径流池内的水量及其磷的含量。径流泥沙磷含量(颗粒态磷)和径流水磷含量(水溶态磷)采用硫酸–高氯酸消煮–钼蓝比色法测定,并通过径流量和土壤侵蚀量换算成土壤磷素流失量。

2 结果与分析

2.1 坡地退耕还林(草)后地表径流磷含量的变化

试验区内坡地退耕还林(草)已进行了 3~4 a 的时间,在相似的土壤和坡度下,选择不同利用方式坡地进行地表径流的收集,分析结果表明,在天然降雨 35.6 mm/h 下,坡地

地表径流中泥沙浓度为 0.34~1.98 g/L,坡地退耕还林(草)后径流泥沙含量比相应的旱地减少 44.44% 和 41.29%,坡地径流中颗粒态含量为 0.407~1.218 mg/L,磷酸根态磷的含量为 0.023~0.068 mg/L,地表径流磷的流失以颗粒态磷流失为主。

坡地退耕还林地(草)后在空间上有林木、草本植物或绿肥植物等不同类型的组合,对雨滴的打击、侵蚀泥沙和径流的运动有明显的抵抗作用^[9]。从表 1 中看出,在同一降雨量下退耕还林(草)后坡地地表径流中颗粒态磷的含量分别比相应旱地减少 62.95% 和 43.79%,这与退耕还林(草)后地表径流泥沙浓度减少有关。退耕还林(草)后坡地地表径流中磷酸根态磷含量分别比相应旱地减少 45.59% 和 23.53%,这种下降趋势可能与退耕年限和植被盖度有密切关系,此外还可能与一定时间内土壤残留磷肥的有效性有关^[6]。因此只有通过较多年限的退耕还林(草)以及植被覆盖度的明显提高,增强植物根系对土壤磷酸根态磷的吸收能力,同时减弱残留磷肥的有效性后,才能明显地减少土壤磷酸根态磷向水体的迁移。

表 1 洋河流域坡地地表径流中磷的含量

土地利用方式	植被盖度	泥沙浓度/(g·L ⁻¹)	地表径流中磷的含量/(mg·L ⁻¹)	
			磷酸根态磷	颗粒态磷
天然次生灌木林地	荆条、酸枣为主(85%)	0.45	0.035	0.62
天然草地	黄背草、白羊草为主(90%)	0.34	0.023	0.407
玉米旱地	玉米(80%)	1.98	0.068	1.218
退耕还林地(4 a)	板栗幼树+ 杂草(75%)	1.10	0.037	0.462
退耕还草地(3 a)	多年生黑麦草(95%)	1.15	0.052	0.701

表 2 玉米生长期间坡地地表径流量、土壤侵蚀量及磷素含量和流失量

时间	处理	地表径流量/ (m·hm ⁻²)	土壤侵蚀量/ (kg·hm ⁻²)	水溶态磷含量/ (mg·L ⁻¹)	水溶态磷流失量/ (g·hm ⁻²)	颗粒态磷含量/ (mg·L ⁻¹)	颗粒态磷流失量/ (g·hm ⁻²)
5 月	玉米种植区	62.0	127.3	0.231	14.32	1.23	156.58
	免耕休闲区	47.7	103.5	0.179	8.54	1.19	123.17
	退耕还林区	57.5	75.9	0.116	6.67	1.10	83.54
	退耕还草区	52.6	63.3	0.101	5.31	1.29	81.66
6 月	玉米种植区	110.5	103.3	0.179	19.78	1.30	134.29
	免耕休闲区	106.0	88.3	0.170	18.02	1.12	98.90
	退耕还林区	103.7	82.5	0.129	13.38	1.57	129.53
	退耕还草区	100.4	72.7	0.08	8.03	1.18	85.79
7 月	玉米种植区	131.6	167.7	0.156	20.53	1.16	194.53
	免耕休闲区	113.1	142.5	0.130	14.70	1.14	162.45
	退耕还林区	138.2	109.9	0.073	10.09	1.25	137.38
	退耕还草区	111.8	117.9	0.075	8.39	0.97	114.36
平均	玉米种植区	101.37a	132.77a	0.189a	18.21a	1.23a	161.8a
	免耕休闲区	88.93a	111.43ab	0.160ab	13.75ab	1.15a	128.17ab
	退耕还林区	99.80a	89.43ab	0.106ab	10.05ab	1.31a	116.79ab
	退耕还草区	88.27a	84.63b	0.085b	7.24b	1.15a	93.94b

注:表中字母为多重比较结果,字母不同的处理之间达到 P 为 0.05 的显著性水平。

2.2 坡地退耕还林(草)对土壤磷素流失量的影响

仅从地表径流磷含量变化未能充分说明退耕还林(草)对减少土壤磷素流失的作用,而坡地土壤磷素的流失与地表径流量和侵蚀量密切相关,野外坡面径流小区试验结果表明(表 2),在玉米主要生长期(5–7 月)不同利用方式下坡地水溶态磷的流失量为 21.72~54.63 g/hm²,颗粒态磷的流失总量为 281.8~485.4 g/hm²,退耕还林区土壤水溶态磷

和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植区减少 44.81% 和 27.82%,退耕还草区土壤水溶态磷和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植区减少 60.24% 和 41.94%,说明退耕还林(草)后能明显地减少水溶态磷和颗粒态磷的流失量,特别是水溶态磷的流失。

经多重比较(表 2),退耕还草区与种植区之间水溶态磷和颗粒态磷的流失量都呈现显著性差异,而退耕还林区则未出现显著性的差异,说明在退耕还林(草)前期退耕还草的效

果明显大于退耕还林区,由于退耕还林区树木还处于幼龄阶段,其植被覆盖度明显小于退耕还草区,由表 2 看出,退耕还林区的地表径流量和土壤侵蚀量都大于退耕还草区,虽然泥沙中磷的含量未出现明显差异,但径流水中磷的浓度高于退耕还草区,因而退耕还草区磷的流失量小于退耕还林区;另外退耕还草区与玉米种植区之间径流泥沙中磷的含量、地表径流量未出现显著性的差异,但土壤侵蚀量、径流水中水溶态磷含量则达到显著性差异水平,说明坡地退耕还草后减少颗粒态磷流失量的主要原因是土壤侵蚀量的减少,而水溶态磷流失量减少的主要原因是径流中水溶态磷含量的下降。

从表 2 中可以看出,5- 7 月中坡面径流小区各处理中,水溶态磷、颗粒态磷以及总磷流失量的大小顺序为玉米种植区> 免耕休闲区> 退耕还林区> 退耕还草区。可见坡地退耕还林(草)后明显减少土壤磷的流失量,特别是水溶态磷的流失,而植物缓冲带等未能减少坡地水溶态磷的流失,这部分磷主要以正磷酸盐的形式存在,藻类可以直接吸收利用,对地表水环境质量有最直接的影响。因此退耕还林(草)工程是减少坡地磷素流失以及控制非点源污染的有效途径。

3 结 论

在相同的降雨量下,退耕还林(草)后坡地地表径流中磷酸根态磷和颗粒态磷含量低于相应的旱地,其中颗粒态磷含量分别比相应旱地减少 62.95% 和 43.79%,磷酸根态磷分别比相应旱地减少 45.59% 和 23.53%,退耕还林(草)后地表径流中颗粒态磷含量下降与径流泥沙减少有关,而径流中磷酸根态磷含量的下降趋势受退耕年限和植被覆盖度的影响较大。

退耕还林(草)后明显减少坡地土壤磷素的流失,特别是水溶态磷的流失。水溶态磷、颗粒态磷流失量的大小顺序为玉米种植区> 免耕休闲区> 退耕还林区> 退耕还草区,退耕还林区土壤水溶态磷和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植

区减少 44.81% 和 27.82%,退耕还草区土壤水溶态磷和颗粒态磷的流失量分别比玉米种植区减少 60.24% 和 41.94%。因此退耕还林(草)工程是控制非点源污染的有效措施,可考虑在水库区域进行局部耕地的退耕还林(草),以减少库区土壤磷素向水体的迁移,从而保护水环境质量。

参考文献:

[1] 许峰,蔡强国,吴淑安.三峡地区坡地生态工程控制土壤养分流失研究[J].地理研究,2000,19(3):303- 310.

[2] 崔力拓,李志伟.洋河流域缓坡地土壤磷素径流输出特征[J].水土保持学报,2006,20(3):10- 16.

[3] 崔力拓,李志伟.洋河水库“水华”形成的关键因子[J].农业环境科学学报,2005,24(增刊):141- 143.

[4] Robert J L.Measurement methods for soil erosion[J].Progress in Physical Geography,1989(2):5- 9.

[5] 许峰,蔡强国,吴淑安.坡地等高植物篱带间距对表土养分流失影响[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(2):23- 29.

[6] 鲁如坤,时正元,顾益初.土壤积累态磷研究- 磷肥的表观积累利用率[J].土壤,1995,27(6):286- 289.

[7] Mander U, Ain K.Nutrient runoff dynamics in a rural catchment:influence of land use changes, climatic fluctuations and ecotechnological measures[J].Ecological Engineering,2000,14:405- 417.

[8] McDowell R W, Sharpley A N.Approximating phosphorus release from soils to surface runoff and subsurface drainage[J].J. Environ. Qual.,2001,30:508- 520.

[9] Hooda P S, Rendell A R, Edwards A C.Relating soil phosphorus indices to potential phosphorus release to water[J].J. Environ. Qual.,2000,29:1166- 1171.

(上接第 271 页)

参考文献:

[1] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993:46- 140.

[2] 中野秀章.森林水文学[M].李云森,译.北京:中国林业出版社,1993.

[3] 鲁绍伟,毛富玲,靳芳,等.中国森林生态系统水源涵养功能[J].水土保持研究,2005,12(4):223- 226.

[4] Lin Teng- Chiu, et al.Spatial variability of throughfall in a subtropical rain forest in Taiwan[J].Journal of Environmental Quality,1997,26(1):172- 180.

[5] Delphis F, Levia J, Frost E E. A review and evaluation of stemflow literature in the hydrologic and biogeochemical cycles of forested and agricultural ecosystems[J].Journal of Hydrology,2003,274:1- 29.

[6] 刘文耀,刘伦辉,郑征.滇中不同群落结构云南松林的水文作用[J].北京林业大学学报,1992,14(2):38- 45.

[7] 程金花,张洪江,余新晓,等.贡嘎山冷杉林地被物及土壤持水特性[J].北京林业大学学报,2002,24(3):45- 49.

[8] 吴建平,袁正科,袁通志.湘西南沟谷森林土壤水文物理性质与涵养水源功能研究[J].水土保持研究,2004,11(1):74- 77.

[9] 温远光,刘世荣.我国主要森林生态系统类型降水截留规律的数量分析[J].林业科学,1995,31(4):289- 298.

[10] 朱金兆,刘建军,朱清科,等.森林凋落物层水文生态功能研究[J].北京林业大学学报,2002,24(5/6):30- 34.

[11] 黄承标,黄文俊,韦峰.田林老山南坡水热条件垂直变化及森林生态效益的研究[J].植物生态学报,1994,18(2):147- 160.

[12] 黄承标,文受春.里骆林区常绿阔叶林和人工杉木林气候水文效应[J].生态学杂志,1993,12(3):1- 7.

[13] 黄承标,李信贤.广西龙胜县里骆林场杉木人工林生态系统的量水结构、分配与平衡[J].广西科学,1994,1(2):24- 28.

[14] 马雪华.森林生态系统定位研究方法[M].北京:中国科学技术出版社,1994:84- 100;134- 135.

[15] 国家标准局.森林土壤分析方法[M].北京:科学出版社,1987:7- 8.