

昆明市松华坝水源区不同利用类型 坡地氮素输移规律研究^{*}

张瑞国,王克勤,陈奇伯,冉江华

(西南林学院 环境科学与工程系,昆明 650224)

摘 要:采用径流小区法对昆明市松华坝水源区牧羊河中游 5 种不同利用类型坡地地表径流及流失土壤的 N(氮)素输移情况,在 2007 年雨季进行了观测分析。结果表明:不同利用类型坡地 N 素流失量和水土流失量具有一致性,径流泥沙中,N 素流失量分别是裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地;径流中,N 素流失量依次为裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地;5 种不同利用坡地截流能力依次为草地>林地>马铃薯地>豆地>裸地。随着截流能力的提高,其径流流失量和土壤侵蚀呈递减趋势,因而 N 素流失量也逐渐减少;其次,坡度、施肥及土壤自身 N 素含量也是影响土壤 N 素流失的重要因素,因此控制水源区水土流失是控制由于 N 素流失而引起的面源污染的主要途径。

关键词:水源区;坡地;径流;氮素输出;面源污染

中图分类号:S153.61

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2009)01-0047-04

Nitrogen Loss Characteristics in Different Use Slope Field in Songhua Dam Reservoir of Kunming

ZHANG Rui-guo, WANG Ke-qin, CHEN Qi-bo, RAN Jiang-hua

(Department of Environment Science and Engineering, Southwest Forestry College, Kunming 650224, China)

Abstract: The nitrogen transformation in the soil erosion and runoff of different use slope field had been observed in rainy season in the middle reaches of Muyang river of Songhua dam reservoir in Kunming. The results showed that the nitrogen loss amount was consistent with loss amount of soil and water in different use slope field, the nitrogen loss in the erosion soil was bare plot > bean plot > tomato plot > forest plot > grass plot, and in the runoff bare plot > bean plot > tomato plot > forest plot > grass plot respectively. The cut-off ability of different use slope field was grass plot > forest plot > tomato plot > bean plot > bare plot respectively, and that of runoff loss and soil erosion loss decreased with the cut-off ability increasing, which lead the nitrogen in runoff and soil erosion to be reduced gradually. Secondly, the nitrogen content in soil, gradient and fertilization are important reasons of nitrogen loss. So, to control soil and water loss is to control non-point source pollution because of nitrogen loss.

Key words: head waters; slope field; runoff; nitrogen loss; non-point source pollution

对我国许多湖泊水体的调查表明,输入湖体的污染物约 50% 以上来自农业面源污染^[1]。在农业面源污染中,N 是造成湖泊富营养化、藻类快速生长繁殖和损害水生生物栖息地的主要污染物之一^[2]。根据中国国家环保局在太湖、巢湖、滇池、三峡库区等流域的调查,工业废水对 TN 的贡献率仅占 10%

~ 16%,而生活污水和农田的 N 素流失是水体富营养化的主要原因。

国外的研究资料表明,面源污染已成为世界范围内地表水和地下水污染的主要来源,而农业是主要的面源污染来源。全球范围来看,30%~50% 的陆地表面受面源污染的影响,并且在全世界不同程

^{*} 收稿日期:2008-05-26

基金项目:国家自然科学基金项目(30660037);云南省科技攻关项目(2006SG20)

作者简介:张瑞国(1977-),男,云南昆明人,硕士研究生,主要研究方向为面源污染。E-mail:ZR.G206@sina.com

通信作者:陈奇伯(1965-),男,甘肃通渭人,博士,教授,主要研究方向为土壤侵蚀。E-mail:chengqb@swfc.edu.cn

度退化的 12 亿 hm^2 耕地中,约 12 %由农业面源污染引起^[3]。

坡地是云南省的主要耕地,长期以来由于不合理的利用,水土流失严重,导致土壤养分流失,一方面坡地养分流失导致土壤肥力下降,另一方面 N 素随地表径流流出农田汇入各种水体,引起水体的富营养化和污染,成为水体富营养化的限制因子^[4-6]。长期以来昆明城市供水短缺,主要供水水源松华坝水库的水质逐渐恶化,已经严重地影响昆明的经济发展和人民的生活质量,如何防治和控制松华坝水源区面源污染逐步扩大成为水源区保护的关键。近两年来,为了防止松华坝水质进一步恶化,牧羊河、冷水河沿河两岸 100 m 内的稻田和台地已经作为缓冲带被退耕还林,所以水田和台地剩下的面积较少,而坡地污染物的输出就成为影响水质的主要来源;因此对松华坝水源区不同利用类型坡地 N 素输出过程及特征进行研究具有重要的理论意义。

1 研究区概况

松华坝水库位于昆明市北郊,地理位置在东经

102°45′ - 102°59′,北纬 25°08′ - 25°27′,属低纬度高原山地季风气候,年平均降雨量 987.1 mm,年平均温度 14.2℃,总面积 62 980 hm^2 ,库容量 2.19 亿 m^3 ,多年平均供水 1.5 亿 m^3 ,城市供水量占昆明市供水量的 50 %以上,是昆明市防洪、供水的一项十分重要的大型水利基础设施;区域内土壤为地带性黏性红壤,偏酸性,上游控制径流面积 593 km^2 ,主要入库河流有牧羊河、冷水河,多年的平均径流量为 2.1 亿 m^3 。2005 年 8 月,水利部将松华坝水库水源区列为全国 10 个城市水源型水库水源区,水土保持和防治面源污染试点建设工程之一。

2 材料与方法

2.1 样地布设

为了监测不同利用类型坡地的 N 素输出过程及特征,在水源区选取 5 种较有代表性的利用类型样地布设径流小区,小区布设在牧羊河中游的坡地,每个小区下方设置截流沟,中央出口安装一个“V”型薄壁五分三角堰,1/5 的径流进入水池。各类小区的主要特征如下:

表 1 五种不同利用类型径流小区的主要特征

利用类型	坡度/(°)	面积/(m ×m)	盖度/%	植物和土壤状况
林地	25	20 ×5	> 75	小区内主要植物种群为云南松及禾本科类草,土壤表层有有机质积。
裸地	25	20 ×5	0	小区内不生长植物,土壤裸露且无明显有机质。
草地	15	20 ×5	> 95	小区内主要植物种群为禾本科杂草,土壤曾经种植农作物。
豆地	15	20 ×5	> 70	小区内种植黄豆,土壤曾经种植农作物。
马铃薯地	5	20 ×5	> 80	小区内种植马铃薯,种植时施底肥(碳酸氢氨和有机肥)。

注:植被盖度为植物生物量最大时期的盖度。

2.2 供试材料

2.2.1 供试土样 用“对角线”法从不同利用类型径流小区 5 个点取耕作层 0 - 20 cm 深度的土样,然后把所取土样均匀混合;每次降雨后定量取径流小区截流沟和水池底部径流泥沙,在避光条件下自然风干径流泥沙和小区土样。

2.2.2 供试水样 取降雨后径流小区水池中径流上层液。

2.3 测定方法

2.3.1 径流量测定 用 ODYSSEY 型自记水位计观测,水池为长、宽、高 1 m ×1 m ×1 m 的标准型水池,以一次降雨过程为单位,根据水位计记录可以直接算出径流量。

2.3.2 土壤氮素和径流泥沙氮素的测定 称取过 0.25 mm 孔筛风干土样 0.5 ~ 3.0 g 测定相关化学性质。全氮、铵态氮、硝态氮分别用重铬酸钾 - 硫酸

消解法、纳氏试剂比色法、酚二黄比色法^[7]。

2.3.3 径流水样氮素的测定 总氮、铵态氮、硝态氮分别按国标用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法、纳氏试剂比色法、离子色谱仪测定。

3 结果与分析

3.1 不同利用类型坡地土壤和径流泥沙中氮素含量及存在形式

由表 2 看出,5 种利用类型坡地中土壤全氮含量为马铃薯地 > 豆地 > 草地 > 林地 > 裸地,径流泥沙流失的 TN 含量大体和土壤背景值相似,为马铃薯地 > 豆地 > 草地 > 林地 > 裸地,这说明土壤 N 素随径流泥沙流失浓度和土壤本身 N 素含量存在一致性;在 5 种利用类型坡地中,马铃薯地径流泥沙全 N 含量最高,裸地最小,马铃薯地径流泥沙全 N 含量高是因为在耕种期间施化肥和有机肥,因而径流泥沙中 N 素

富集量也相应增加,裸地径流泥沙中 N 素含量最小是因为土壤侵蚀严重,土壤表层可溶性 N 素和有机质容易随径流流失。5 种不同利用类型坡地径流泥沙中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量分别为马铃薯地 > 草地 > 豆地 > 林地 > 裸地,这其中马铃薯地径流泥沙 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量最大是因为施碳酸氢铵化肥,土壤胶体带负电荷,而 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 带正电荷,所以吸附量增大;草地、豆地、林地径流泥沙中 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 相差不大是因为 3 个径流小区不施化肥, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 主要来自有机质的矿化作用,由于小区在同一区域,其土壤水热条件及 pH 值

相差不大,所以 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 含量也相近。在 5 种利用类型坡地中,裸地径流泥沙 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量最少,主要是由于裸地没有植被生长,土壤透气保水能力较差,土壤中硝化细菌较少,所以导致其径流泥沙中 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量也必然低;其次是林地,林地径流泥沙 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量少是由于林地中主要植物种群为云南松,土壤相对较其余 4 类用地偏酸而不利于有机质的硝化作用;和林地、裸地相比,其余 3 类利用类型坡地径流泥沙 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 含量较高,分别是二者的 2~3 倍,说明植物对土壤的硝化作用影响较明显。

表 2 不同利用类型坡地土壤及径流泥沙氮素含量

利用类型	土壤氮素含量			径流泥沙氮素含量			侵蚀模数/ ($\text{t} \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$)
	全 N/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NO}_3^- - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全 N/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$\text{NO}_3^- - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	
林地	0.78	1.85	3.61	0.85	1.73	3.11	76
裸地	0.47	1.12	1.79	0.62	1.10	1.65	200
草地	0.88	2.18	6.45	0.95	1.93	5.27	37
豆地	0.91	1.97	5.44	1.04	1.78	5.18	139
马铃薯地	1.15	3.74	5.67	1.27	3.15	5.14	81

注:全 N, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为各次径流泥沙和土样测定的平均值。

3.2 不同利用类型坡地径流泥沙中氮素流失规律及影响因素

不同利用类型坡地由于其种植类型、坡度、植被覆盖度等因素导致土壤侵蚀量不同,因而其径流泥沙 N 素输出量也各不相同。

从表 2 可以看出,5 种不同利用类型坡地土壤侵蚀量分别是裸地 > 豆地 > 马铃薯地 > 林地 > 草地,其径流泥沙 N 素流失量随土壤侵蚀量加剧而增加,依次为裸地 > 豆地 > 马铃薯地 > 林地 > 草地,因此控制土壤侵蚀是控制土壤 N 素流失的主要途径之一。在 5 种利用类型坡地中,草地控制土壤侵蚀能力最好,其次分别是林地、马铃薯地、豆地,裸地最差,这表明,植被盖度是影响径流泥沙 N 素输出的主要原因,随植被盖度的增加,径流和土壤侵蚀量均呈递减趋势,与侵蚀情况一样,泥沙 TN 呈递减趋势;和裸地相比,马铃薯地、豆地的 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 流失量却呈递增趋势,这说明植被覆盖并不一定能减少土壤 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 和 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 的流失,植被在防止土壤颗粒流失的同时,相应地减少了土壤 TN 的流失,其减少作用随盖度的增大而增加;土壤 $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 和 $\text{NH}_4^+ - \text{N}$ 容易溶于水体($\text{NO}_3^- - \text{N}$)和被径流泥沙吸附($\text{NH}_4^+ - \text{N}$),其随径流流失量主要取决于径流量的大小和径流与表层土壤颗粒相互

作用的强度等因素,这和 Schnitzer M 及 Anderson D W^[8-9]等研究基本一致;再者,通过对豆地和马铃薯地的径流泥沙 N 素流失量可以看出,坡度和施肥条件也是径流泥沙中 N 素流失的重要影响因素,坡度增大,径流泥沙中 N 素输出量有增大的趋势,而施肥也会导致径流泥沙 N 素含量增大;因此,对坡地流失泥沙进行截留是防止 N 素进一步流入水体的有效措施。

3.3 不同利用类型坡地径流氮素流失规律及影响因素

红壤坡地土壤 N 素主要是以径流形式流失^[10],监测表明,不同利用类型坡地由于其降雨过程中,产流量、坡度、施肥状况等因素不同,而导致径流 N 素的流失量也各不相同。

表 3 不同利用类型坡地径流量及径流中氮素含量

利用类型	径流量/ L	全 N/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NH}_4^+ - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\text{NO}_3^- - \text{N}/$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)
林地	7601	2.12	0.95	0.87
裸地	15500	1.86	0.48	0.86
草地	4324	2.17	1.10	0.89
豆地	10491	2.14	0.91	1.05
马铃薯地	8127	2.45	1.22	1.08

注:全 N, $\text{NH}_4^+ - \text{N}$, $\text{NO}_3^- - \text{N}$ 为各次径流测定的平均值。

从表 3 可以看出,5 种不同利用类型坡地径流总氮(TN)流失量依次是裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地;虽然马铃薯地 TN 平均浓度最大,但其径流量不大,因此径流流失 N 素总量不大;裸地 TN 浓度最小,由于其径流总量最大,因而通过径流流失的 N 素最多;其余 3 类坡地 TN 浓度相差不大,径流量却相差大,导致 N 素流失总量也相差较大,可见,不同利用类型坡地径流量的不同是导致其 N 素径流流失量不同的主要原因。5 种不同利用坡地截流能力依次为草地>林地>马铃薯地>豆地>裸地,随着截流能力的提高,其径流量和土壤侵蚀量呈递减趋势,因而 N 素流失量也逐渐减少;其次,从豆地和草地的流失径流量来看,同一坡度下,种植类型的不同,径流流失的 N 素也截然不同,这说明种植类型也是影响径流 N 素流失的重要因素;再者,通过豆地和马铃薯地的 N 素流失量来看,坡度和施肥条件对径流 N 素流失影响也较大。

不同利用类型坡地径流 N 素输出形式和输出量各不相同。其中, NH_4^+ -N 输出量分别是马铃薯地>豆地>裸地>林地>草地, NO_3^- -N 输出量分别是裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地。以上分析结果表明,径流量对不同利用类型坡地的 N 素径流输出影响最大,由此可见,控制水土流失,特别是控制径流流失是控制土壤 N 素流失的关键。

4 结论与建议

通过对 5 种不同利用类型坡地径流及径流泥沙 N 素流失量观测表明,5 种不同利用类型坡地 N 素输出和水土流失具有一致性。径流泥沙中,N 素流失量分别是裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地;径流中,N 素流失量依次为裸地>豆地>马铃薯地>林地>草地;5 种不同利用坡地截流能力依次为草地>林地>马铃薯地>豆地>裸地。随着截流能力的提高,其径流量和土壤侵蚀量呈递减趋势,因而 N 素流失量也逐渐减少;再者施肥、坡度及土壤自身

N 素含量也是影响 N 素流失的重要因素。因此,控制水源区水土流失是控制由于 N 素流失而引起的面源污染的主要途径。由此可见,改变传统农作方式,以套种经济林木和牧草来大力发展林业和农牧业,不但可以进一步控制水源区的水土流失,还能从根本上防止由于水土流失而造成的面源污染。

参考文献:

- [1] 金相灿. 湖泊富营养化控制和管理技术[M]. 北京:化学工业出版社,2001:52-86.
- [2] 张维理,徐爱国,冀宏杰,等. 中国农业面源污染控制中存在问题分析[J]. 中国农业科学,2004,37(7):1026-1033.
- [3] Dennis L, corw I N, Allen B L, et al. Nonpoint pollution modeling based on GIS[J]. Soil and Water Conservation,1998,1:75-88.
- [4] Iry A N, Simth S J, Naney J W. Environmental impact of agricultural nitrogen and phosphorus [J]. Agric. Food Chem.,1998,35:812-817.
- [5] Sharpley A N, Menzel R G. The impact of soil and fertilizer phosphorus environment [J]. Adv. Agron., 1987,41:297-324.
- [6] 王玉宽,文安邦,张信宝,等. 长江上游重点水上流失区坡耕地土壤侵蚀的 ^{137}Cs 法研究[J]. 水土保持学报, 2003,17(2):76-80.
- [7] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社,1978:62-93.
- [8] Schnilzer M, Kodama H. Interactions between organic and inorganic components in particle-size separated from four soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. J.,1992,56:1099-1105.
- [9] Anderson D W, Saggat S, Bettany J R, et al. Particle size fractions and their use in studies of soil organic matter I, The nature and distribution of forms of carbon, nitrogen, and sulfur[J]. Soil Sc. Soc. Am. J., 1985,44:767-772.
- [10] 周才平,欧阳华. 温度和湿度对长白山两种林型下土壤氮矿化的影响[J]. 应用生态学报,2001,12(4):505-508.