

松华坝库区土壤氮磷累积特征与流失风险研究

刘芳, 张乃明

(云南农业大学 资源与环境学院, 云南 昆明 650201)

摘要: 分析了松华坝水库库区土壤的 N、P 累积特征。结果表明, (1) 整个库区土壤(0—20 cm) 全氮含量平均值为 1.79 g/kg; $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量平均值为 13.55 mg/kg; $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量平均值为 7.29 mg/kg。全氮含量依次为: 粮田> 果园> 菜地; $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量依次为: 果园> 粮田> 菜地; $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量依次为: 果园> 菜地> 粮田。(2) 整个库区土壤(0—20 cm) 全磷平均值为 1.60 g/kg; 速效磷含量平均值为 10.36 mg/kg。全磷含量依次为: 粮田> 果园> 菜地; 速效磷含量依次为: 菜地> 粮田> 果园。(3) 入库河流的全 N 含量最初为 II 类水, 但是在入库口全 N 含量为 V 类水。入库河流的全 P 含量最初为 II 类水, 全 P 含量最高为 III 类水, 入库口水质全 P 下降为 III 类水。

关键词: 松华坝; 氮; 磷; 库区; 土壤

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)03-0032-04

中图分类号: S157, X524

Characteristics of Soil N and P Accumulation and Their Loss Risk in Songhuaba Reservoir

LIU Fang, ZHANG Nai-ming

(College of Resources and Environment, Yun'nan Agriculture University, Kunming, Yun'nan 650201, China)

Abstract: The N and P accumulation characteristics of soil in Songhuaba Reservoir are studied. Results show that the average content of total N of soil(0—20 cm) in the whole reservoir is 1.79 g/kg; $\text{NH}_4\text{-N}$, 13.55 mg/kg; and $\text{NO}_3\text{-N}$, 7.29 mg/kg. Landuses ranked from the high content of total N to the low are in turn the agricultural land, fruit land and vegetable land; $\text{NH}_4\text{-N}$, in turn the fruit land, agricultural land and vegetable land; and $\text{NO}_3\text{-N}$, in turn the fruit land, vegetable land and agricultural land. The average content of total P of soil(0—20 cm) is 1.60 g/kg, and available phosphate, 10.36 mg/kg. Landuses ranked from the high content of total P to the low are in turn the agricultural land, fruit land and vegetable land; available phosphate, in turn the vegetable land, agricultural land and fruit land. The content of total N in the rivers entering the reservoir is in the 2nd grade, but falls into the 5th grade near the reservoir. The content of total P of the rivers is in the 2nd grade, and the highest content of total P is in the 3rd grade. However, the water quality falls into the 3rd grade near the reservoir.

Keywords: Songhuaba; nitrogen; phosphorus; reservoir; soil

N、P 是农作物生长所必需的营养元素, 对提高农作物的产量, 改善农产品的品质有重要作用。但 N、P 肥的长期大量施用所造成的环境问题已引起了人们的普遍关注^[1-2]。由于农田中所投入的化肥量大大超过了农作物的实际利用量, 造成农田土壤中营养元素大量盈余, 容易形成农业非点源污染, 导致水环境质量下降^[3-4]。松华坝水库是昆明市重要的防洪、供水工程和优质饮用水水源地, 水质的优劣, 直接关系到昆明市的经济发展和社会稳定, 并对未来的可持续发展产生重要影响。据资料显示, 当前水库水质全 N, 全 P 超标, 水质总体评价为 III 类水。对水质污

染较大的是农田化肥、农药过量使用。此外, 乡镇垃圾、污水、人畜粪便等对水库水体也有不同程度污染。但是, 对于松华坝的研究资料较少, 更没有针对于整个库区土壤 N、P 含量对水库水质影响的研究。所以研究松华坝库区内土壤, 尤其是农田土壤 N、P 累积特征及流失风险对水库水质的影响十分必要。

1 研究方法

1.1 研究区概况

松华坝水源保护区位于昆明市东北部, 东经 $102^{\circ}45' - 102^{\circ}59'$, 北纬 $25^{\circ}08' - 25^{\circ}28'$, 海拔 1 909~

2840 m, 径流面积 593 km², 占滇池汇水面积的 1/5 强。多年平均径流量为 2.10×10^9 m³, 正常年景, 来水占滇池年交换量的 42% 以上。区内河流属长江水系金沙江流域, 主要河流有西部牧羊河及东部冷水河, 均为盘龙江的正源, 两河汇交后注入松华坝水库。库区内森林覆盖已恢复到 59%, 总人口约 75 000 人, 其中农业人口占 96%。农业以种植业为主, 主要作物有水稻、玉米、小麦等。据 2005 年资料, 耕地总面积为 6 053.2 hm², 其中, 粮田面积为 4 690.9 hm², 菜地 1 338.3 hm², 果园 709.2 hm²。比例约为 7:2:1。

1.2 布点与采样

从松华坝水库水源源头至水库库区内, 沿入库主干河流自上而下, 选择不同的土地利用类型: 粮田、菜地、果园各取了 3 个点, 土样按 0—20 cm 耕层土壤采集, 保留部分鲜样, 其余在室内自然风干, 过筛。在主要农田排水的沟渠与入库河流及库区内采集水样, 入库河流为河流源头至水库依次采样, 带回室内分析。

表 1 松华坝库区农业用地土壤全氮, NH₄-N, NO₃-N 含量范围及平均值

土地利用类型	全氮/(g·kg ⁻¹)		NH ₄ -N/(mg·kg ⁻¹)		NO ₃ -N/(mg·kg ⁻¹)	
	平均值	范围	平均值	范围	平均值	范围
粮田(0—10 cm)	2.08	1.87~2.30	19.77	4.77~28.98	5.46	2.10~7.21
粮田(10—20 cm)	1.85	1.43~2.20	10.48	3.71~20.25	3.73	0.87~5.71
菜地(0—10 cm)	1.70	1.15~2.09	16.87	14.96~18.76	5.52	2.41~11.15
菜地(10—20 cm)	1.55	1.10~1.78	3.73	0.72~9.71	9.83	3.42~21.62
果园(0—10 cm)	1.80	1.63~2.09	27.48	3.05~74.48	10.44	5.39~13.26
果园(10—20 cm)	1.73	1.55~2.03	2.98	2.27~3.50	8.75	5.01~11.70
整个库区(0—10 cm)	1.86	1.15~2.30	21.37	3.05~74.48	7.14	2.10~13.26
整个库区(10—20 cm)	1.71	1.10~2.20	5.73	0.72~20.25	7.44	0.87~21.62

表 1 表明整个松华坝库区土壤(0—20 cm) 全氮含量为 1.10~2.30 g/kg, 平均值为 1.79 g/kg; NH₄-N 含量为 0.72~74.48 mg/kg, 平均值为 13.55 mg/kg; NO₃-N 含量为 0.87~21.62 mg/kg, 平均值为 7.29 mg/kg。据全国第二次土壤普查结果显示, 全国平均耕地土壤耕层的全氮含量为 1.05 g/kg, 云南省的全氮含量在 1.00~1.50 g/kg。松华坝库区土壤的全氮含量显著高于全国和云南省的平均含量, 属于全氮含量比较丰富的土壤。土壤(0—20 cm) 全氮含量依次为: 粮田(1.97 g/kg) > 果园(1.77 g/kg) > 菜地(1.63 g/kg); 土壤(0—20 cm) NH₄-N 含量依次为: 果园(15.23 mg/kg) > 粮田(15.13 mg/kg) > 菜地(10.30 mg/kg); 土壤(0—20 cm) NO₃-N 含量依次为: 果园(9.60 mg/kg) > 菜地(7.68 mg/kg) > 粮田(4.60 mg/kg)。由图 1 可以比较直观地看出各种地块土壤(0—20 cm) 氮素含量的高低。

1.3 分析项目与测定方法

(1) 土壤。铵态氮—靛酚蓝比色法; 硝态氮—酚二磺酸比色法; 全氮—开氏法; 速效磷—Olsen 法; 全磷—酸溶—钼锑抗比色法。

(2) 水样。氨态氮—靛酚蓝比色法; 硝态氮—紫外分光光度法; 总氮—过硫酸钾—紫外分光光度法; 水溶性总磷—过硫酸钾消解—钼酸铵分光光度法(0.45 μm 滤膜抽滤); 总磷—过硫酸钾消解—钼酸铵分光光度法。

2 结果与分析

2.1 库区土壤氮素累积特征

本研究调查了松华坝库区 3 种主要土地利用类型, 粮田包括玉米、烤烟、水稻 3 个点; 菜地包括白菜、韭菜和大棚种植蔬菜; 果园包括果树、桂花树苗、小树林。各种土地利用类型的土壤全氮, NH₄-N, NO₃-N 含量见表 1。

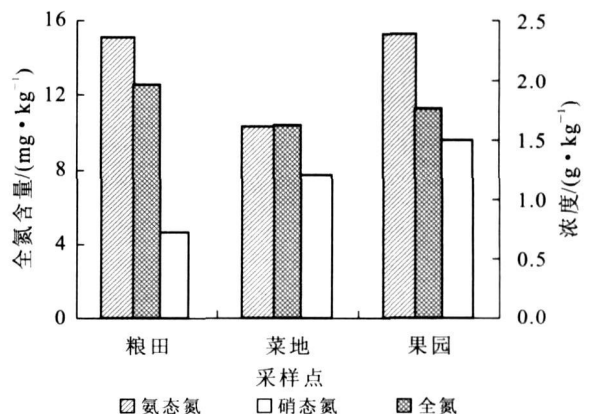


图 1 松华坝库区各种土地利用类型土壤氮素含量

库区土地利用类型中, 粮田和果园的氮素含量要稍高于菜地的氮素含量, 这主要是因为耕作土壤中氮素的含量除了受施入土壤中的各种氮肥的影响外, 还受作物残茬的影响, 粮田和果园可以采取秸秆还田等

措施。所以,氮素含量会高些。总体来说,3种主要土地利用类型氮素含量差异并不是很明显,这主要是由于农户为追求经济效益,大量追施氮肥所致。

研究表明,各种作物对氮肥的平均利用率一般40%~50%,其余大部分氮流失而进入水体^[5]。据2003年统计,水源区使用氮肥2502.09 t,氮肥的利用率仅30%~35%,剩余的氮素通过各种途径,如径流、淋溶等进入环境。必然会对水库水质产生影响。

2.2 库区土壤磷素累积特征

表2表明,整个库区土壤(0—20 cm)全磷含量为0.64~2.31 g/kg,平均值为1.60 g/kg。速效磷含量为1.74~27.31 mg/kg,平均值为10.36 mg/kg。根据浙江省土壤全磷含量分级标准(即全P>1.00 g/kg为1级;1.00~0.81 g/kg为2级;0.80~0.61 g/kg为3级;0.60~0.41 g/kg为4级;0.40~0.20 g/kg

为5级;≤0.20 g/kg为6级)。按这个标准划分,整个松华坝库区土壤全磷含量均属1级,只有白菜地的土壤全P含量属于2级,3级。属于全磷含量比较丰富的土壤。

农田土壤全磷含量受含磷肥料使用的历史所影响。土壤(0—20 cm)全P含量依次为:粮田(1.89 g/kg)>果园(1.68 g/kg)>菜地(1.24 g/kg)。这主要是因为,粮田和果园属于传统种植模式,土壤中全磷的累积值高于菜地全磷量。

土壤速效磷含量主要受含磷肥料的施用情况所影响。土壤(0—20 cm)速效磷含量依次为:菜地(13.49 mg/kg)>粮田(9.93 mg/kg)>果园(7.68 mg/kg)。菜地的速效磷含量明显要高于粮田和果园,这主要是由于菜地能为农户带来更多收入,农户为追求经济效益,大量施肥所致。

表2 松华坝库区农业用地土壤全磷、速效磷含量范围及平均值

土地利用类型	全磷/(g·kg ⁻¹)		速效磷/(mg·kg ⁻¹)	
	平均值	范围	平均值	范围
粮田(0—10 cm)	1.83	1.31~2.31	8.51	1.74~13.06
粮田(10—20 cm)	1.94	1.27~2.30	11.34	2.15~26.03
菜地(0—10 cm)	1.16	0.64~1.64	13.85	7.56~21.26
菜地(10—20 cm)	1.31	0.66~1.85	13.12	4.70~27.31
果园(0—10 cm)	1.66	1.40~2.20	7.40	2.76~15.15
果园(10—20 cm)	1.70	1.26~2.17	7.95	3.49~12.72
整个库区(0—10 cm)	1.55	0.64~2.31	9.92	1.74~21.26
整个库区(10—20 cm)	1.65	0.66~2.30	10.80	2.15~27.31

2002年库区调查资料显示,松华坝库区土壤全磷含量为0.97 g/kg。本次调查表明,0—20 cm土壤比2002年高出167%。即使是土壤(0—20 cm)全磷含量最小的菜地,也高出128%。粮田的全磷含量最高,其次为果园,菜地最低。

根据2003年统计,库区使用磷肥1762.22 t,磷肥比氮肥的利用率更低,为10%~20%,磷肥的流失比氮肥更加严重,这表明,磷肥更易随径流、淋溶等进入环境,使水库水质恶化。

2.3 入库河流水体N、P沿程分布

在两条入库河流牧羊河和冷水河上游住户较多,在入库口和库区周围也有居民,但相对较少。由此可推断,松华坝库区内土壤中磷素和氮素的累积主要来源于耕地施肥和居民的生活垃圾等。合理施肥和处理生活垃圾会使库区内土壤氮素和磷素的累积状况明显改观。

由图2、3可见,全N、全P含量呈上升趋势,而且趋势明显(所取样点沿入库河流冷水河源头至水库)。

全P变化趋势没有全N明显,这可能与全P在土壤中比全N更易富集,而不易随地表径流流走有关。

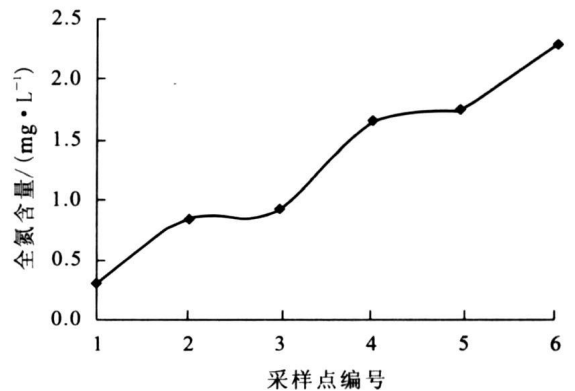


图2 松华坝水库入库河流全N含量趋势变化

由图2可以看出,入库河流的全N含量最初为II类水,但是在入库口全N含量为V类水。图3显示,入库河流的全P含量最初为II类水,全P含量最高为III类水,总体趋势为,顺流而下,直至入库口水质

逐渐恶化为 II 类水。农田是整个库区土地利用类型之一,分布在入库河流周围。整个水源区主要以种植业为主,随着农业产业结构的调整,一些农户改种果树、花卉等高产经济作物,随着作物播种面积的扩大,产量增加的同时,化肥、农药的施用量随之增加。松华坝库区农田径流、入库河流与水库已构成一个相互联系,相互影响的整体。农田施肥量的增加,促使农田径流、入库河流的全 N,全 P 含量的升高,再加上昆明地区旱雨两季非常明显,在雨季,土壤中的 N, P 势必会随着降雨通过地表径流流入入库河流,从而进入水库,使水库水质恶化。

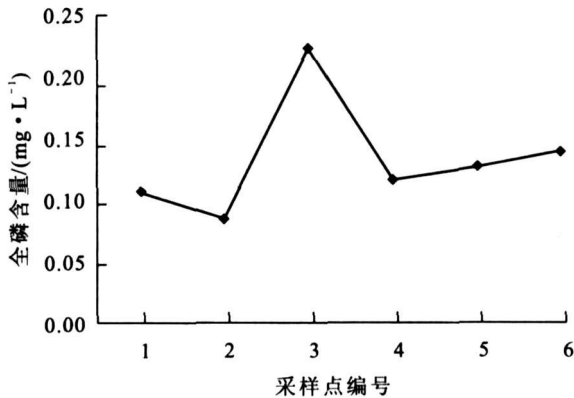


图3 松华坝水库入库河流全P含量趋势变化

3 结论

(1) 整个库区土壤(0—20 cm)全氮含量为 1.10 ~ 2.30 g/kg, 平均值为 1.79 g/kg; $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量为 0.72~ 74.48 mg/kg, 平均值为 13.55 mg/kg; $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量为 0.87~ 21.62 mg/kg, 平均值为 7.29 mg/kg, 属于全氮含量比较丰富的土壤。土壤(0—20 cm)

全氮含量依次为: 粮田> 果园> 菜地; 土壤(0—20 cm) $\text{NH}_4\text{-N}$ 含量依次为: 果园> 粮田> 菜地; 土壤(0—20 cm) $\text{NO}_3\text{-N}$ 含量依次为: 果园> 菜地> 粮田。土壤中剩余的氮肥通过各种途径, 如径流、淋溶等进入环境, 必然会对水库水质产生影响。

(2) 整个库区土壤(0—20 cm)全磷含量为 0.64 ~ 2.31 g/kg, 平均值为 1.60 g/kg; 速效磷含量为 1.74~ 27.31 mg/kg, 平均值为 10.36 mg/kg。属于全磷含量比较丰富的土壤。土壤(0—20 cm)全磷含量依次为粮田> 果园> 菜地; 土壤(0—20 cm)速效磷含量依次为菜地> 粮田> 果园。磷肥更易随径流、淋溶等进入环境, 使水库水质恶化。

(3) 入库河流的全 N 含量最初为 II 类水, 但是在入库口全 N 含量为 V 类水。入库河流的全 P 含量最初为 II 类水, 全 P 含量最高为 III 类水。总体趋势为, 顺流而下, 直至入库口水质下降为 II 类水。农田施肥量的增加, 促使农田径流、入库河流的全 N, 全 P 含量升高。在雨季, 土壤中的 N, P 势必会随着降雨通过地表径流流入入库河流, 从而进入水库, 使水质恶化。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 张水龙, 庄季屏. 农业非点源污染研究现状与发展趋势[J]. 生态学杂志, 1998, 17(6): 51—55.
- [3] 吕殿青, 同延安, 孙本华, 等. 氮肥施用对环境污染影响的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 8—15.
- [4] 高超, 张桃林, 吴蔚东. 农田土壤中的 P 向水体释放的风险评价[J]. 环境科学学报, 2001, 21(3): 343—348.
- [5] 周健. 试论农业非点源污染的危害[J]. 农业环境保护, 1990, 9(1): 22—24, 45.
- [6] Chen W F, Mizuro E. Nonlinear Analysis of Soil Mechanics, theory and implementation[M]. Elsevier Scientific Publishing Company, 1990.
- [7] 沈珠江. 用有限元法计算软土地基的固结变形[J]. 水利水运科技情报, 1977(1): 7—13.
- [8] 钱家欢, 殷宗泽. 土工原理与计算[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1996.
- [9] 朱湘. 软土地基格栅加筋路堤结构性能研究[D]. 南京: 东南大学博士学位论文, 2000.
- [10] 孙钧, 任炳铿. 地下结构有限元法解析[M]. 上海: 同济大学出版社, 1988.
- [11] 谢婉丽. 黄土地区高填方加筋土路堤变形与稳定性研究[D]. 西安: 西北大学博士学位论文, 2004.

(上接第26页)