

厦门坂头水库扩容对土壤氮磷浸出的模拟试验研究^{*}

刘启明, 王莹莹, 黄宁, 黄志勇, 蔡旭晖, 林嘉

(集美大学 生物工程学院 环境工程研究所, 福建 厦门 361021)

摘 要: 水库建成蓄水后, 库底大多不铺设或不全部铺设防渗衬垫层, 库底土壤中氮、磷的浸出对库水水质产生一定影响。在现场调查的基础上, 使用蒸馏水和水库原水组成各个不同水土组合分别进行连续性实验, 分析研究了土壤中氮、磷浸出对库水中总氮、总磷浓度的影响。结果表明: 总氮、总磷的浓度均发生一定程度的变化, 引起变化的主要是表层土中氮、磷的浸出。从整体看, 土壤氮磷的浸出量占水库水体氮磷总量比例较低, 对库水水质不会产生明显的不良影响。

关键词: 土壤; 氮; 磷; 坂头水库

中图分类号: X820.3; S153

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)03-0238-03

Experimental Research on the Impact of Nitrogen and Phosphorus in Submerged Soil on Water Quality in Bantou Reservoir, Xiamen

LIU Qi-ming, WANG Ying-ying, HUANG Ning, HUANG Zhi-yong, CAI Xu-hui, LIN Jia

(School of Biotechnology Engineering, Institute of Environmental Engineering, Jimei University, Xiamen, Fujian 361021, China)

Abstract: Most reservoirs are not paved with liner layer in the bottom. Nitrogen and phosphorus in submerged soil will be dissolved, influencing water quality when the reservoirs begin to run. In this study, on the basis of field investigation, continuous experiment was conducted with different water-soil compages which were consisted of distilled water, reservoir water and soil at the same time, and the changes of concentrations of total nitrogen and total phosphorus were analyzed, the effect for water quality was assessed. The results revealed that concentrations of total nitrogen, phosphorus changed under the experimental conditions, and the change in reservoir water was less significant than in the distilled water, and the nitrogen, phosphorus which were dissolved from surface soil were the important factors. The submerged soil will not exert significant adverse effect on water quality on the whole.

Key words: soil; nitrogen; phosphorus; Bantou reservoir

据联合国发展计划署(UNDP)统计, 21 世纪人类饮用水的供给进入以水库供水的时代, 水库功能由发电、防洪转向供水已成为世界性发展趋势。通常水库建成蓄水后, 库底大多不铺设或不全部铺设防渗衬垫层, 库底土壤中氮、磷的浸出可能对库水水质产生一定影响^[1-6]。厦门坂头水库为坂头桥和石兜两水库的对外统称, 它位于市区西北约 30 km 处, 属于苎溪河系, 长期以来担负着厦门市工农业及城市居民生活供水的重要水源地之一。2008 年起坂头水库将实施扩容整治, 预计工期在三年内完成, 届时, 坂头水库蓄水位由原来的 41.76 m 提高至 49.26 m, 库容由原来 4 510 万 t 增加至 6 280 万 t。

本文以坂头水库周围地面为基底原型, 通过现场调查, 采集库区土样, 将库区土壤样品与蒸馏水、水库原水采用不同水土组合进行混合, 取上清液, 进行连续性模拟实验研究。从而对水库蓄水后土壤中氮磷浸出对水库水质的影响作出评价。

1 材料和方法

利用土壤采样器, 在厦门市坂头水库周边布设采样点。考虑土壤中各组分含量在水平方向上的变化以及土壤对水质的影响均随浓度增大而不同。本实验共分 10 个采样点采集表土层(0-20 cm)、心土层(20-40 cm)和底土层(40-100 cm)样品。同时

^{*} 收稿日期: 2008-11-28

基金项目: 国家自然科学基金(40771185); 福建省自然科学基金(D0710021)

作者简介: 刘启明(1973-), 男, 博士, 副教授, 主要从事环境科学研究。E-mail: qmliu@xmu.edu.cn

采集水库不同区域原水混合待用。土壤经预处理后将同一深度不同采样点的土壤样品等量混匀, 采用四分法取样待用。

将不同层位土样及水库水进行不同组合, 变化其外界条件, 同时用蒸馏水作参比实验, 考察各组合土壤中氮、磷浸出对水质影响。总氮的测定采用碱性过硫酸钾消解紫外分光光度法, 总磷的测定采用钼酸铵分光光度法。具体试验组合如下: (1) 蒸馏水与水库原水为上覆水的实验, 在 3 L(试验瓶) 中从下至上依次铺填预处理后的底土层、心土层、表土层, 各土层厚度均为 2 cm。水层高度为 30 cm, 即水土比取 5: 1(以高度计)。1 号瓶以蒸馏水为上覆水, 2 号瓶以水库原水为上覆水, 试验瓶敞口放置。(2) 厌氧条件下水库原水为上覆水的实验, 方法同上铺填土层并装入水库原水为上覆水。3 号瓶密封,

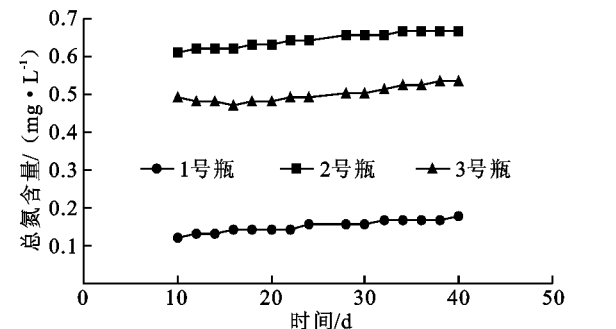


图 1 1 号、2 号和 3 号瓶中总氮含量变化图

(1) 在 1 号瓶中以蒸馏水为上覆水组合中(图 1), 水体中总氮的变化趋势相对简单, 土壤中氮的浸出以及土壤与水之间的界面反应是主要的影响过程, 土壤中的氮呈浸出状态, 趋势上升。

(2) 在 2 号瓶中水库原水为上覆水组合中, 在第 10 天, 水体中总氮含量达到了 0.612 mg/L, 对比水库原水测得的总氮含量 0.482 mg/L, 前 10 天有了明显的浸出。如图 1 所示, 在第 10 天之后, 总氮含量的变化总体仍有上升趋势, 但到第 40 天, 总氮浓度仍为 0.666 mg/L, 变化趋于平衡, 总氮含量没有呈现明显变化, 即不再浸出或者浸出增加量极少。

对比 1 号瓶与 2 号瓶数据, 变化趋势基本一致, 均呈上升趋势, 从水库原水所覆盖的土壤中浸出的氮在总量上与蒸馏水的浸出量接近, 但蒸馏水的浸出量稍小。

(3) 在 3 号瓶中水库原水为上覆水组合中, 在厌氧状态下, 第 10 天的总氮含量为 0.492 mg/L, 相对于水库原水有略微浸出, 但在第 10 天到第 18 天这段时间内, 总氮的含量先是呈现下降趋势后趋于平衡, 而从第 20 天开始, 总氮含量呈现略微的上升趋势, 到最后平衡状态, 第 40 天总氮含量为 0.536 mg/L。

形成厌氧条件。(3) 不同土层在水库原水覆盖下的实验, 在实验瓶中铺填同种土层 6 cm, 以水库原水为上覆水, 水层高 30 cm。4 号瓶填入表层土, 5 号瓶填入心层土, 各试剂瓶均敞口放置。

在实验瓶内盛水后, 在第 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30 天分别采集各瓶中水样, 分析总氮, 总磷浓度。

2 结果与讨论

2.1 总氮

按照总氮的测定方法, 测定各水土组合中总氮含量随着时间推移的变化。由于实验的前 9 天出现失误, 而模拟试验为连续性实验, 故实验顺延 10 天, 即在实验瓶中装水后的第 32, 34, 36, 38, 40 天测定总氮含量。各组合数据分析如下:

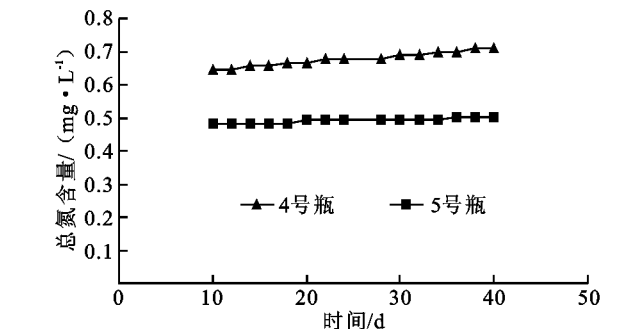


图 2 4 号瓶和 5 号瓶中总氮含量变化图

(4) 对比 4 号瓶(水库原水- 表层土) 和 5 号瓶(水库原水- 心层土) 中总氮含量的变化(图 2), 4 号瓶总氮的浓度在第 10 天已经达到了 0.647 mg/L, 高于 2 号瓶同一时间浸出量, 并且在此之后也继续上升, 趋势明显, 在第 40 天达到了 0.710 mg/L。而 5 号瓶中, 总氮的浓度在第 10 天为 0.482 mg/L, 与水库原水测定值相比较, 没有明显变化, 在此之后虽然有上升, 但是变化很微小, 浸出不明显, 到第 40 天总氮浓度为 0.503 mg/L。说明, 土壤中氮的浸出主要是源于表层土中的浸出, 心层土对氮的浸出影响微弱。

通过以上对比分析, 在模拟实验的各个组合和不同条件下, 土壤中的氮均有一定程度的浸出, 总氮含量发生了一定程度上的变化; 在厌氧状态下, 水体中的氮浸出量会降低一段时间而后再呈上升趋势, 但浸出量不大; 土壤中氮的浸出主要是表层的土壤。

2.2 总磷

(1) 在 1 号瓶中以蒸馏水为上覆水组合中(图 3), 磷从土壤中浸出量随时间延伸而增多, 但由于在土壤中, 有效磷在全磷中占的比例小, 数量有限, 因此, 在一般情况下浸出量有限。从 14 天之后, 磷的浸出变得缓慢, 量逐渐趋于平衡(0.026 mg/L)。

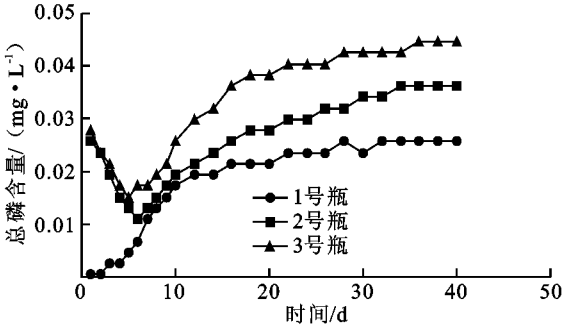


图 3 1 号、2 号和 3 号瓶中总磷含量变化图

(2) 在 2 号瓶中水库原水为上覆水组合中, 对比与同等条件下厌氧环境下的 3 号瓶。初始时由于土壤的吸附作用、上覆水与土壤孔隙水中物质交换作用, 使得磷的含量降低, 因此, 在第 1 天到第 6 天, 总磷含量呈现逐渐降低的趋势。第 7 天开始, 水体中总磷含量逐渐开始有浸出, 到第 18 天, 水体中磷的沉淀-溶解平衡、吸附-解吸平衡受到各种成分相互作用而导致的环境条件变化的影响, 水体中磷的浸出趋势明显。而从第 18 天之后, 水体中的磷仍有浸出, 但趋势减小, 并趋于平衡。对比 2 号瓶与 3 号瓶, 3 号瓶比 2 号瓶浸出更明显, 幅度更大, 这与厌氧状态有关系。在水刚装入实验瓶时, 瓶内的空气未抽空, 此时实验瓶内并未处于真正的厌氧状态, 故总磷含量在复杂的土壤吸附作用、物质交换作用中有所下降。在厌氧条件持续到一定程度, 瓶内的氧气被消耗殆尽, 此时瓶内环境真正达到厌氧状态, 瓶内可能存在类似聚磷菌的微生物, 这类微生物在厌氧状态下, 会将体内吸收积聚的聚磷分解为无机磷释放回水体中, 使得水体中的总磷含量呈现较大幅度的增加。

(3) 在 4 号瓶中, 水体中总磷含量的变化是先下降后上升, 上升阶段趋势先快后逐渐变平缓, 最终趋于平衡。水体中总磷含量在第 5 天达到最低 0.019 mg/L, 第 10、20、30、40 天依次为 0.032 mg/L、0.043 mg/L、0.049 mg/L、0.053 mg/L。而 5 号瓶在第 10 天的总磷含量仅为 0.019 mg/L, 第 40 天的总磷含量为 0.026 mg/L。说明, 土壤中磷的浸出主要是表层土中含磷物质的浸出, 到心层土的深度, 含磷物质较少, 几乎对磷的浸出影响微弱, 在实际情况中可以不必考虑其磷浸出对水质的影响。

通过以上对比及分析, 在模拟实验的各个组合和不同条件下, 土壤中的磷均有一定程度的浸出, 总磷含量发生了一定程度上的变化。在各个组合中, 初始时总磷含量均因为土壤的吸附作用、上覆水与土壤孔隙水中物质交换作用, 使得磷的含量有所降低, 之后水体中磷的浸出趋势逐渐明显, 由于土壤中有效磷的

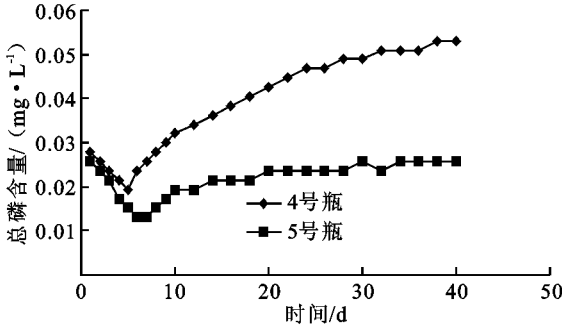


图 4 4 号瓶和 5 号瓶中总磷含量变化图

含量有限, 到实验后期浸出趋势逐渐变缓慢, 最终趋于平衡; 在厌氧状态下, 水体中的磷浸出量会比非厌氧状态更大; 土壤中磷的浸出主要是表层的土壤。

3 结论

当上覆水为水库原水时, 由于土壤与库水间的界面反应、土壤孔隙水与上覆水层间的物质交换, 以及库水中各种组分间的反应, 使总氮、总磷发生一定程度的变化, 并且引起变化的主要是表层土中氮磷的浸出, 心层土的浸出量很小, 对浸出量不产生显著影响。从总体趋势看, 总氮、总磷的浸出趋势均是先变化较为明显, 到后期仍然有浸出, 但变化幅度逐渐变小, 最终达到平衡状态。本试验从数值上看, 从土壤中浸出的氮磷对水质有一定程度的影响。但由于模拟实验中采用的水土比为 5: 1, 相对来说, 土量较多, 浸出量也相应较大。在现实情况中, 水库中水土比应远远小于 5: 1, 因此影响将变得很小。综上所述, 该区域地面作为坂头水库库底或者选择作为水库扩建地址时, 土壤中氮的浸出对水库水质不会产生不良影响。

参考文献:

[1] Carpenter S R, Ludwig D, Brock W A. Management of eutrophication for lakes subject to potentially irreversible change [J]. Ecological Applications, 1999, 9: 456-462.

[2] 崔磊, 郝芳华, 许嘉琳, 等. 水库蓄水初期库底土壤对水质影响的模拟实验研究[J]. 北京师范大学学报, 2003, 39(5): 688-693.

[3] 李春晖, 郝芳华, 崔磊. 瀑河水库蓄水后水质变化预测[J]. 长江流域资源与环境, 2003, 12(1): 61-67.

[4] 李鱼, 邓凤君, 李兴春, 等. 青龙山水库土壤养分溶出对水质的影响[J]. 水资源保护, 2000(59): 18-21.

[5] 刘虹, 崔磊, 郝芳华, 等. 土壤中氮磷浸出对水库水质影响的模拟实验研究[J]. 土壤通报, 2004, 35(3): 316-318.

[6] 王里奥, 黄川, 詹艳慧, 等. 三峡库区消落带淹水-落干过程土壤磷吸附-解吸及释放研究[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(5): 593-597.