重庆维普 http://www.cqvip.com

模拟滨海湿地对氮磷营养盐污染的净化作用研究

烟台市海洋环境监测预报中心 李峰 喻龙
中科院烟台海岸带可持续发展研究所 郝彦菊

前 言

湿地由于参与水文循环和化学循环以及接受自然和人为的废水排泄的特殊功能，被人们誉为“自然之肾”，是人类最重要的环境资本之一，也是自然界富有生物多样性和较高生产力的生态系统。滨海湿地是海陆间的一种过渡区域，也是海洋作用、大气过程、生物作用、地质过程和人类活动相互作用最活跃的耦合带，兼有独特而显著的自然特征和社会特征双重性，对海岸带生态系统及人类社会具有其独特的功能和价值。

本文通过室内模拟芦苇湿地，研究滨海沼泽湿地中土壤、植物、微生物对含氮、磷污水的净化效果和净化机制，利用物量平衡原理分析N、P在滨海湿地可能的去除量、微生物脱氮的能力及植物的吸收能力，分析N、P在滨海湿地中的生物地球化学循环。

实验材料和方法

本实验所用土壤和芦苇采自小清河河口芦苇湿地中，土壤为典型的滨海盐土，芦苇为北方滨海湿地普通盐生沼生芦苇。

芦苇采用分茎繁殖法种植，取种时选择苇杆粗壮高大、无病虫害的芦苇，地上部分留大约10cm，挖取整株芦苇的地下根茎，挖土时必须小心，尽量保持根状茎及不定根的完整，使其少受伤或不受伤，并保留部分土壤。

室内模拟湿地是以PVC塑料圆桶为容器，其上口径φ0.48m，下口径φ0.39m，高度为0.5m。选择粗约1cm以上、长约20~30cm的黄色、褐色或乳白色的芦苇根状茎种下，茎上必须保留3~5个芽并有较多的不定根。每个容器中种植大约4~5株(密度约为25株/m2)，根茎埋深约15cm，保持模拟湿地中土壤深度为25cm。种上芦苇后先培育一段时间，待其生出新芽后开始实验。实验前按表层(1~5cm)、中层(6~15cm)、底层(16~25cm)分取容器中各层土壤样品，风干磨细过60目筛后，装入样品袋备用。

本实验中，水样分析方法参照《海洋监测规范》和《海水化学要素调查手册》。土壤分析方法参照《土壤理化分析》和《土壤农化分析》。

本实验共设三组：a.#1号盆添加正常浓度人工污水；b.#2号盆添加中等浓度人工污水；c.#3号盆添加高浓度人工污水。人工污水的配制见表1。

表1 人工污水的配置(mg/L)

Tab.1 The collocation of manual sewage(unit: mg/L)

正常浓度人工污水			中等浓度人工污水(5倍)			高浓度人工污水(10倍)		
NO_3-N	NH_4-N	KH_2PO_4-P	NO_3-N	NH_4-N	KH_2PO_4-P	NO_3-N	NH_4-N	KH_2PO_4-P
1	40	10	5	200	50	10	400	100

实验步骤：每次取3升人工污水均匀排放于各模拟湿地中，滞留期为一周。一周后用塑料管引出容器中残留液，量取其体积后以0.45μm滤膜抽滤，立即分析滤液中的各项参数，包括NH4-N、NO3-N、NO2-N和PO43--P；同时再次加入3升人工污水。循环进行四周(一个月)后停止浇人工污水，观察植物在实验前后的生长情况，并按1~5cm、6~15cm、16~25cm三层于各盆中各位点取土壤样品均匀混合，风干后磨细过60目筛。分析实验前后各层土壤样品中的TN、TP含量，根据试验前土壤各层中TN、TP含量分析N、P在不同层土壤中的变化；根据取得的数据分析植物、土壤及微生物在氮、磷去除中的作用及不同浓度营养盐对植物生物量和品质的影响。水样和土壤样品分析方法同上。土壤对营养盐的平衡吸附量按公式(1)计算。

$$Cs(mg/kg)=[(C标\times V标)-(Ct\times Vt)]/m \quad (1)$$

结果与讨论

1.净化效率

数据表明，在实验初期，该模拟系统无论是从浓度变化考虑还是从总量变化考虑，都能较好地净化不同浓度的含氮、磷污水。且随着实验的进行，净化率都呈下降趋势，但是下降的程度不一。从浓度变化考虑N、P的净化率，其下降程度明显强于从总量上考虑N、P的净化率。在实验初期，低浓度污水的无机氮净化率（考虑浓度变化）为60.44%，第二周稍有下降为57.76%，第四周时已

重庆维普 http://www.cqvip.com

降为 15.11%；中等浓度和高浓度污水的总氮净化率在实验初期分别为 45%和 55%，第三周时迅速下降，并由于排出无机氮浓度高于加入无机氮浓度而出现负值。

由进入系统的无机氮量和排出系统的无机氮量计算出的净化率总保持在一个较高的水平，特别是低浓度污水的净化率在实验初期为 85.23%，四周后净化率仍高于 60%。即使是在高浓度污水中，四周后的净化率也在 45%以上。出现这种情况的原因是，当净化率以浓度计算时，由于系统在实验过程中不断有水分蒸发及植物蒸腾作用使系统中的水分散失到大气中，并有部分水渗入深层土壤中，使排出水中营养盐浓度受到排出水量的影响。而以进出系统的营养盐总量变化计算净化率时，考虑的是出水量和出水浓度的综合影响，避免了仅仅考虑浓度指标的不合理性，而且有利于对系统进行总量平衡分析。因此作者认为，在计算系统的净化率时，以营养盐排出总量与加入总量的百分比来计算净化率是可行的，特别是在当今强调进行入海污染物总量控制的今天，这样考虑更符合环保要求。

P 的情况也是如此。从低浓度(10mg P/L)下模拟湿地对 P 的净化率(以浓度变化计算)在第一周和第二周基本保持不变，分别达到 92.17%和 91.59%，中等浓度和高浓度下的净化率也在 80%以上，但是从第三周 P 的净化率迅速降低，特别是中等浓度和高浓度含 P 人工污水分别降到 39.05%和 21.40%，第四周高浓度污水的净化率甚至降到 2%左右。以 P 的总量变化来考虑净化率时，低浓度污水中 P 的净化率在初始阶段为 97%左右，随时间延续净化率稍有下降，但仍能达到 84%左右；中等浓度和高浓度污水在初始阶段的净化率也在 90%以上，四周后分别降到 66.57%和 62.80%。表明该系统对 N、P 的净化率存在一定的饱和度，长时间的高浓度污水排放将会使滨海湿地净化能力减弱。

2. N、P 趋向

NO_2-N 是硝化过程和反硝化过程的中间产物，其性质非常不稳定，一般在天然环境水体中浓度不高。从本实验的水质分析结果来看，实验过程中未加入系统的 NO2-N 出现在排出水中，虽然相对于总氮水平不高，但是可说明在该模拟系统中有硝化作用或反硝化作用发生。

比较水质分析和土壤分析结果可以发现，未排出的 N、P 营养盐多数残存在土壤中，但也有部分被植物根系吸收、微生物转化或通过其他途径散失。表 2 表明，系统对 N 的总净化率随浓度变化分别为 75.60%、67.93%和 66.05%，其中土壤吸附的 N 量分别占 67.24%、59.08%和 56.71%，另有其他因素去除的 N 分别占 8.36%、8.85%和 9.33%，主要是由微生物转化、植物吸收、NH3 的挥发及渗入深层土壤的地下水引起的。P 的总净化率随浓度变化分别为 91.47%、83.15%和 80.85%，其中土壤吸附的量分别占 81.54%、66.03%和 63.90%，其他因素引起的消失占 10%~20%不等。

进入土壤中的 N 在各层土壤中都有分布，但主要是分布于表层，底层分布也稍高于中层。这是因为只有 NH4+阳离子容易被表层土壤胶体大量吸附，而 NO3-和 NO2-不易吸附，只能随下渗水进入土壤底层。残留于土壤中的 P 也主要集中在表层，中层稍有分布，底层基本没有变化，这与柱状土壤实验的结果一致。

结语

1.从模拟湿地净化污水的效果来看，在浓度达标控制和总量控制之间存在一定差异，关键是进出湿地的水分不同所致。尤其在野外湿地中，降水、蒸发、蒸腾以及与地下水和海水的交换都将对排出水的浓度产生影响。因此本文认为从总量控制来估量湿地净化效果比较合理。

2.从无机氮和磷的总量分析，循环四周后的实验结果表明，在不同浓度下无机氮的平均净化率分别达到 75.60%(正常浓度)、67.93%(中等浓度) 和 66.04%(高浓度)；PO43--P 的平均净化率依次为 91.48%、83.15%和 80.85%。该模拟湿地对低浓度无机氮和 PO43--P 有较好的净化效果。

3.模拟湿地对无机氮和磷的净化效果随时间变化呈下降趋势。从总量变化来考虑净化率时，#1、#2、#3 模拟湿地无机氮净化率从第一周的 85.23 %、82.90%和 81.50%分别降至第四周的 61.38%、49.07%和 47.81%；PO43--P 从第一周的 97.07%、94.10%和 92.61%降至 84.31%、66.57%和 62.79%。

4.该模拟系统是在冬季室内进行的，芦苇由于季节原因生长缓慢，氮磷去除的主要机制是土壤的吸附作用，通过其他方式(如植物吸收、微生物转化、NH4+的挥发以及向深层土壤及地下水的渗漏等)去除只占较少部分。在野外芦苇湿地中，特别是在芦苇生长的旺季，各种因素将对氮和磷的去除发挥重要作用。

参考文献(略)

我的心

叶 果

我的心
向西南方向 飘去
这一刻 我的脉搏
激荡

看到了同胞压在废墟下
见到了生命生的渴望
这一刻 我的心
经受了创伤

我在想
宇宙的天平能否偏向海洋
让我用浪花般的温情
抚慰汶川心的彷徨