

模拟条件下排污对红树林土壤理化特性的影响

缪绅裕

陈桂珠

(广州师范学院)

(中山大学环科所)

地处热带亚热带的广东、海南、福建、广西及台湾等省区,其沿海海岸滩涂分布着丰富的红树林植物资源。近年来,由于沿海城市污水日益增加,直接排入海洋会给海洋生态系统带来严重后果,因此能否利用红树林湿地资源来处理城市污水已引起不少学者的注意^[1]。从保护发展和利用红树林生态系统的角度出发,本文试图通过研究在模拟条件下排污对红树林土壤造成的影响,说明红树林湿地处理城市污水的可行性。

一、材料与方法

(一) 试验设计

在温室中建立模拟的红树林湿地系统,每个系统由3个试验盆和1个潮汐盆等组成,试验盆和潮汐盆均为PVC板制成,大小为 $0.7 \times 0.5 \times 0.4 \text{m}^3$ 。试验盆中各盛有100kg的红树林林下底泥(铺高30cm,取自深圳福田红树林自然保护区),共24个,分8组处理,每组3个重复。其中4组,每盆种植红树植物秋茄(*Kandelia candel*)幼苗15株,另4组只盛有底泥。通过每个系统的定时器对抽水泵工作时间的自动控制,使模拟的潮汐条件为每天24小时内两涨两退潮。涨潮期内用人工所配制的15‰浓度的盐水(海水)停留在每组的3个重复试验盆中,这时底泥全部被海水浸没;退潮时海水由3个试验盆抽向同组的潮汐盆中贮存。

我们参考“污水综合排放标准”^[2]及实测的香港城市污水中的各物质含量,确定正常浓度的人工合成污水(代号NW)由表1所列浓度的溶液配备而成,而5倍(FW)和10倍(TW)浓度污水所含物质分别是正常浓度污水中的5倍或10倍。

每周2次把人工污水均匀排放到试验盆中,每盆每次排放量为1.75L,每组3盆共5.25L,排污试验共持续1年。

表1 人工合成污水成分 (mg/L)

组分	氨态氮	硝态氮	有机氮	总磷	钾	铁	锰	锌	铜	镍	铅	镉
				P	K	Fe ³⁺	Mn	Zn	Cu	Ni	Pb	Cd
含量	40.0	1.0	10.0	10.0	50.0	30.0	5.0	5.0	2.0	1.0	1.0	0.1

(二) 土壤取样与分析方法

于污水处理试验前、后,每个试验盆分上层(1~15cm)和下层(15~30cm)各取1个土样。风干研磨后过20目筛(直径1mm)备用,分析有机质含量的样品过60目筛(直径0.25mm)。

• 广东省科委科学基金资助项目。

土壤含水量用 105—110·C 烘干法测定;机械组成用甲种比重计法测定;pH 值用中山大学生产的 DF—808 数字 pH/离子计测定,土水比为 1:2.5;全盐(水溶性盐)用土水比 1:5 水提,烘干残渣法测定^[3];土壤有机质含量用重铬酸钾法测定^[4]。

二、结果与讨论

(一)对土壤颗粒组成的影响

不同直径土壤颗粒的组成能直接影响植物根系的生长,同时也会影响土壤的物理、化学及生物特性等,因此土壤颗粒组成是一个重要的生态因素。

污水处理试验前、后分别测定了供试土壤的颗粒组成,结果(表 2)表明,在污水处理 1 年后,0.001—0.005mm 颗粒的含量有了较明显的增加,但土壤质地未发生变化,仍属粉壤土(中国制)。若按卡庆斯基(1957)的土壤质地分类标准^[4]则属于中壤土。

表 2 供 试 土 壤 颗 粒 组 成 (%)

粒 级 (mm)	1.0—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001
试验前 上层	30.5	29.1	15.0	1.0	24.3
试验前 下层	36.8	27.1	13.0	1.0	22.3
试验后 上层	38.2	16.4	8.5	14.9	22.0
试验后 下层	31.8	20.7	10.7	16.0	20.9

注:质地均为粉壤土(中国制)。

(二)对土壤 pH 值的影响

土壤 pH 值的高低直接影响土壤养分的存在状态、转化和有效性,以及植物的生长发育和根系的生理状态等。

污水处理 1 年后,测定各组土壤的 pH 值,结果(表 3)表明,土壤 pH 值变化范围在 3.48~5.54 之间,接近于广东海涂红树林滩涂土 pH 值(4.1)^[5],处于海南岛东北部红树林盐土的 pH 值(2.61—6.10)变化范围内^[6]。种植秋茄幼苗的各组土壤 pH 值明显比未种植物的各组及本底值高,其中又以未经污水处理的对照组 A 为最高,且各组下层土壤的 pH 值高于上层土壤;而未种秋茄的各组土壤 pH 值总体差异不明显,上下层土壤 pH 值变化不大。

表 3 供 试 土 壤 pH 值

取 样 位 置	试 验 前	试 验 后							
		种 秋 茄 幼 苗				未 种 秋 茄 幼 苗			
		对 照 A	NW 组	FW 组	TW 组	对 照 B	NW 组	FW 组	TW 组
上 层	3.61± 0.16	4.35± 0.19	3.97± 0.16	4.12± 0.20	4.13± 0.17	3.81± 0.18	3.73± 0.15	3.64± 0.21	3.58± 0.18
下 层	3.68± 0.16	5.08± 0.22	4.41± 0.21	4.77± 0.28	4.67± 0.22	5.54± 0.19	3.88± 0.17	3.48± 0.18	3.77± 0.18

注:表中数据为平均值±标准差(n=3)。

红树林盐土的一个显著特征是酸度高。有资料表明,在一般条件下 pH 值随土壤深度而下降,表层(0—20cm)明显较高。红树林盐土的 pH 值低,一方面是黄铁矿(FeS₂)和硫化亚铁(FeS)氧化产生了 H₂SO₄ 的结果(生成的 H₂SO₄ 多少取决于 FeS₂ 和 FeS 的数量以及土壤通气(O₂)状况;表层由于 O₂ 相对充足,氧化还原电位较高,有利于 H₂SO₄ 生成,故 pH 值较低);另

一方面是红树植物凋落物的分解作用,所产生的鞣酸是红树林盐土的一种致酸因素;另外,有机物的分解也会产生多种有机酸和 H_2S ,因通气性差,使 H_2S 不能排除而溶于水形成氢硫酸,在一定程度上也会降低土壤 pH 值。

在种植有秋茄幼苗的模拟湿地系统中,植物对土壤的理化特性影响大于污水对土壤的作用。由于及时取走了秋茄的凋落叶,使红树林盐土的主要致酸因素不复存在,上层土壤因通气较好,pH 值比下层的低;植物根系的某些生理活动可以改变下层土壤的氧化还原电位,使 pH 值升高。在未种植秋茄幼苗的模拟湿地系统中,pH 值仅受污水中有机物分解速率的影响,有机质分解较快,含量也较少,故未能引起土壤 pH 值发生明显的改变。

(三)对土壤盐分的影响

土壤中盐分对植物生长的影响,主要决定于土壤可溶性盐分的含量及其组成,以及植物本身的耐盐程度;土壤胶体 Na^+ 增加时,很大程度上会改变土壤的理化性质,使 pH 值上升或改变水分、空气状况等。表 4 列出了污水处理前、后的土壤含盐量。

表 4 供试土壤全盐量 (%)

取位 样置	试验前	试 验 后							
		种 秋 茄 幼 苗				未 种 秋 茄 幼 苗			
		对照 A	NW 组	FW 组	TW 组	对照 B	NW 组	FW 组	TW 组
上 层	1.10± 0.11	1.19± 0.12	1.20± 0.12	1.35± 0.13	1.34± 0.13	1.06± 0.11	1.15± 0.12	1.32± 0.18	1.44± 0.14
下 层	1.00± 0.09	1.12± 0.11	1.12± 0.11	1.14± 0.10	1.27± 0.12	1.03± 0.10	1.16± 0.12	1.32± 0.15	1.40± 0.15

注:表中数据为平均值±标准差(n=3)。

随着污水处理浓度的提高,土壤含盐量也有所上升,但种植了秋茄幼苗的各组比未种植物的相应组稍低。试验中所测定的土壤全盐量的变化范围为 1.00--1.44%,与以前报道的红树林潮滩土含盐量为 1--2%^[7]或 0.19--1.41%^[8]相一致。

(四)对土壤有机质含量的影响

土壤有机质既是植物矿质营养的源泉,又是土壤中异养型微生物的能源物质,同时也是形成土壤结构的重要因素,并直接影响土壤的耐肥性、缓冲性、通气状况和土壤温度等。在污水处理前后测定的土壤有机质含量列于表 5。

表 5 供试土壤有机质含量 (%)

取位 样置	试验前	试 验 后							
		种 秋 茄 幼 苗				未 种 秋 茄 幼 苗			
		对照 A	NW 组	FW 组	TW 组	对照 B	NW 组	FW 组	TW 组
上 层	2.49± 0.24	2.10± 0.19	2.33± 0.36	2.60± 0.48	2.74± 0.68	2.16± 0.56	2.48± 0.34	2.90± 0.50	2.91± 0.68
下 层	2.58± 0.26	2.06± 0.22	2.28± 0.31	2.36± 0.36	2.65± 0.23	1.83± 0.23	2.50± 0.31	2.18± 0.39	2.76± 0.52

注:表中数据为平均值±标准差(n=3)。

红树林盐土每年有大量的红树植物凋落物进入,土壤常呈还原状态,有机质分解缓慢。有机质含量一般在 2.5% 以上,平均可达 4.48%^[8]或 3.8%^[9],而在试验中测定的结果大多低于 2.5%,可能与模拟的湿地系统中的凋落物叶被及时取走有关,其变化范围为 1.83--2.91%,它的平均值高于台湾竹围河口红树林土壤(1.88%)^[10]。尽管污水中含有一定量的有机质,但其分解速度相对较快,故与土壤本底的有机质含量相比,多数污水处理组土壤的有机质含量均

有所下降,且呈现出上层高于下层的趋势。

三、小 结

1. 污水中某些成分可能会影响一部分土壤颗粒的结合状态,但改变不了土壤质地类别。
2. 秋茄幼苗的根系对改善红树林盐土的 pH 值起到一定的作用。
3. 排放污水会使红树林盐土的水溶性盐含量有所提高。
4. 红树林土壤的有机质含量与污水处理浓度有较密切的关系,高浓度污水会显著增加土壤有机质。
5. 经 1 年的污水处理,土壤的理化性质未发生显著改变,种植其上的秋茄幼苗能维持正常生长,用模拟的秋茄湿地系统处理人工合成污水是可行的。

参 考 文 献

- [1] 陈桂珠等,人工合成污水对秋茄幼苗的几个生态生理学指标影响初报。应用生态学报,5(2):221—224,1994。
- [2] 国家环境保护局污染管理司编,水污染防治管理手册,95—114,中国环境科学出版社,1991。
- [3] 中国土壤学会土壤农化分析专业委员会编,土壤常规分析方法,1—105,科学出版社,1974。
- [4] 中国科学院南京土壤研究所,土壤理化分析,67—375,上海科学技术出版社,1978。
- [5] 张希然等,红树林和酸性潮滩土。自然资源学报,6(1):55—61,1991。
- [6] 廖金凤,海南岛东北部红树林盐土的化学性质。中山大学学报自然科学论丛(地理学论文集 4),23:67—72,1990。
- [7] 杨萍如等,红树林及其土壤。自然资源学报,2(1):32—37,1987。
- [8] 龚子同,张效朴,中国的红树林与酸性硫酸盐土。土壤学报,31(1):86—93,1994。
- [9] 何金海,广东省海涂土壤资源及其开发利用。广东土壤通讯,(2):11—15,1986。
- [10] Chou C. H. & Bi C. C., Proc. Natl. Sci. Counc. B. Taiwan, 14(3):131—141,1990。

~~~~~  
(上接第 69 页)

## 二、灌区盐碱荒地的开发利用

试验和效益计算结果说明,灌区内约 45 万公顷的盐碱荒地,只要合理采用化学、水利、生物及农业等综合措施,均可在短时间内,用较低成本得到改造。但开发利用时要因地制宜,即:宜农则农,宜牧则牧、宜渔则渔。并采用工、农、牧、渔业相结合的方式。

第一,在地势较高、盐碱程度较轻,周围有水利设施而且交通方便的地方可开发为农田。象 3 号试验区,距农民住宅较近,采用上述综合措施,使碱荒地改良的第 2 年,小麦产量为 255 千克/亩。

第二,对盐碱程度严重,地形较低(包含集水洼地的周围)又连片分布的碱荒滩,改良时,可施用一定数量的磷石膏,并种植稗子与碱茅,之后便可开发为牧场。因这里有草有水,发展畜牧业不仅有较好的经济效益和提供充足的有机肥,而且可以调整该地区的产业结构。象试验中的 1 号试验区属于此类荒地。试验中为了说明所选综合措施的有效性,将其改造为农田,但用工用料较多。因此,在大面积开发时,可改造为牧场。

第三,平原内有很多洼地(俗称水泡子),近年用其发展淡水养鱼效果很好。但因鱼饲料较贵,成本仍然较高。这些洼地周围多分布有盐碱化草甸土。试验中,施适量磷石膏后,种植稗子产量很高。用稗子枝叶做鱼饲料获得成功,这样不仅改良了洼地周围的荒地,同时降低了鱼业的成本,并且改善了生态环境。

最后,在以上开发利用工作中,磷肥厂还应做好磷石膏的销售服务工作。