

污水排放对红树林植物桐花树叶片分解的影响^{*}

黄立南¹, 束文圣², 蓝崇钰²

(1. 中山大学环境科学系, 广东 广州 510275;

2. 中山大学生命科学学院//生物防治国家重点实验室, 广东 广州 510275)

摘要: 利用分解袋法研究城镇生活污水排放对红树植物桐花树叶片实地分解的影响。结果显示, 在实验开始两周后, 桐花树叶片在对照样带分解的速度显著快于在污水样带分解的速度。排污样带和对照样带分解袋内叶片的初始非灰分物质干质量 (AFDM) 损失一半所需的时间分别是 41 d 和 32 d。然而, 分解过程中叶片的氮、磷和有机碳的含量在两样带之间并无明显的差异。

关键词: 红树林; 桐花树; 污水; 叶片分解

中图分类号: Q948 文献标识码: A 文章编号: 0529-6579 (2002) 02-0100-03

我国东南海岸从海南岛至浙江瓯江口断断续续分布着红树林, 随着沿海各省市经济的高速发展和不断加快的城市化进程, 不少地方的城镇生活污水被直接排放到红树林湿地中。国内对红树林叶片分解的研究不少^[1,2], 但有关污水排放对红树林叶片实地分解的影响的报道极少。红树林凋落物是红树林系统向河口湾输出营养的重要组成部分, 很高的初级生产力和凋落物分解速度使红树林成为近岸海域各种水生有机体重要的食物和能量来源, 并对海岸带的生产力具有积极的影响^[3]。因此, 开展污水排放对红树林凋落物分解的影响的研究具有重要的理论价值和现实意义。

1 材料与方法

野外试验地设在深圳福田国家自然保护区内。该区红树林树种主要以桐花树 (*Aegiceras corniculatum*)、秋茄 (*Kandelia candel*) 以及白骨壤 (*Avicennia marina*) 为主。在保护区的沙嘴地段, 随机摘取桐花树的成熟绿叶, 洗净, 室温下晾干。考虑到本次分解试验要用较大的叶片, 因此改用成熟的绿叶代替即将凋落的黄叶^[4]。将烘干质量约 6 g 的叶片样品封入尼龙分解网袋 (20 cm×25 cm, 孔径 2 mm) 并使之保持平展且相互不重叠。试验前随机抽取 3 个分解袋用作本底分析并获得野外试验叶样的鲜质量与非灰分物质干质量 (ash free dried mass, AFDM) 的转化系数。分解袋随机放置于 Site A (污水样带, 接受附近小镇居民的生活污水) 和 Site B (对照样带, 离 Site A 200 m 以上) 的高潮带内。每隔一天于退潮期将附近小镇的生活污水抽排到 Site A, 每次持续 8 h (总量约 19 m³), 污水的主要特征

为 pH 7.4±0.1, EC 为 1 302±120 μS/cm, TKN 为 91±19 mg/L, TP 为 8.7±1.8 mg/L, COD 为 499±88 mg/L, BOD₅ 为 273±73 mg/L。

将分解袋的 4 个角固定以防被潮水冲走或折叠。分解试验从 1998 年 7 月底开始, 分别在第 7, 14, 21, 28, 42, 56 和 70 d, 每一样带随机采回 3 个分解袋。将腐叶碎片小心从分解袋内取出, 在 0.5 mm 的尼龙筛里冲洗干净, 过蒸馏水 3 遍, 烘干 (70 °C, 48 h)、称量后粉碎。粉碎样品测定含水量 (105 °C 下烘至恒质量)、氮 (凯氏法)、磷 (钼蓝比色法)、有机碳 (水合热法) 的含量以及灰分的质量分数 (马福炉 500 °C, 8 h), 分解袋内叶片的总 AFDM 及其各营养成分 (如总 N) 的剩余率通过以下公式计算:

t 时刻的 AFDM 剩余量 =

t 时刻腐叶的烘干质量 × (1 - 灰分质量分数)

AFDM 剩余率 = $\frac{t \text{ 时刻的 AFDM}}{\text{初始 AFDM}} \times 100\%$

总 N 剩余率 =

$\frac{t \text{ 时腐叶 N 含量} \times t \text{ 时分解袋内腐叶烘干质量}}{\text{叶片本底 N 含量} \times \text{分解袋内叶片烘干质量}} \times 100\%$

2 结果

2.1 叶片分解速度的比较

在最初的 2 周内, 两样带的分解袋内桐花树叶片总的 AFDM 损失的百分率相差不大。但从第 3 周起, Site B 分解袋内叶片总的 AFDM 损失的百分率明显高于 Site A, 即桐花树叶片在对照样带分解的速度显著快于在排污样带分解的速率 ($P < 0.05$,

* 收稿日期: 2001-01-03

基金项目: 香港 Croucher 基金资助项目; 香港科技大学研究基金资助项目

作者简介: 黄立南 (1971-), 男, 讲师, 通讯联系人, 蓝崇钰; Email: ls04@zsu.edu.cn

表 1)。回归分析的结果表明，分解袋内叶片的初始 AFDM 损失一半所需的时间分别是污水样带 41 d 和对照样带 32 d 左右，其回归公式分别是

$$Y = 27.663 \ln X + 1.339, R^2 = 0.9600$$
$$Y = 34.409 \ln X - 0.2675, R^2 = 0.9912$$

式中， Y 为分解袋内桐花树叶片的总 AFDM 损失的百分率， X 为分解时间。

2.2 叶片化学成分的变化

两样带的分解袋内桐花树叶片的氮含量在分解开始后均迅速上升，之后渐趋平稳，并在分解试验的后期逐渐下降（图 1a）。虽然在分解试验的后半段对照样带分解袋内叶片的氮含量下降的速度稍快于排污样带，但两者间无显著差异。随着总 AFDM

的损失，分解袋内桐花树叶片的总氮量保持持续的下降趋势，试验开始两周后总氮量在 Site B 下降的速率一直快于在 Site A 下降的速度（图 2a）。叶片中的磷含量在分解开始后迅速下降，之后相当稳定地保持在较低的水平上。叶片磷含量在两样带中的变化趋势非常一致且无明显差异（图 1b）。分解袋内叶片的总磷量在分解开始的第一周内迅速下降，此后下降速度逐渐放缓（图 2b）。虽然分解袋内桐花树叶片的总有机碳量在整个分解过程中也随总 AFDM 的下降而不断减少（图 2c），但叶片中有机碳的含量在整个分解过程中始终保持在相对较为稳定的水平，两样带之间也无显著的差异（图 1c）。

表 1 桐花树叶片在红树林内的污水样带和对照样带分解过程中总 AFDM 随时间的损失¹⁾
Tab 1 Loss of the initial AFDM in the litterbags during *Aegiceras corniculatum* leaf decomposition in sites A and B

时间/周	0	1	2	3	4	6	8	10
Site A	0	26.38±6.74	30.67±2.99	37.71±5.39	38.52±0.43	51.28±1.71	58.21±1.94	61.30±2.38
Site B	0	25.67±5.48	32.85±3.41	48.02±1.57	54.91±0.34	63.65±1.71	68.04±2.82	69.61±2.31

1) * 表示两样带之间的差异显著 ($P<0.05$)；** 表示差异极显著 ($P<0.01$)

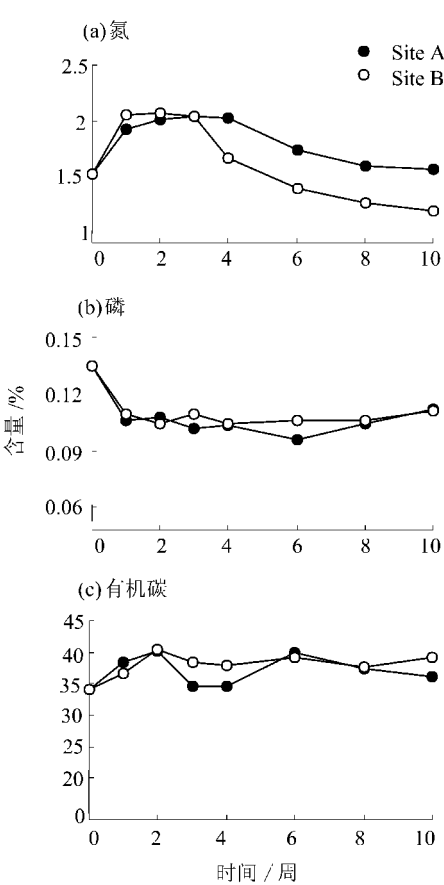


图 1 桐花树叶片分解过程中的氮、磷及有机碳含量随时间的变化
Fig 1 Concentrations of N, P and total organic C in *Aegiceras corniculatum* leaf detritus during decomposition at sites A and B

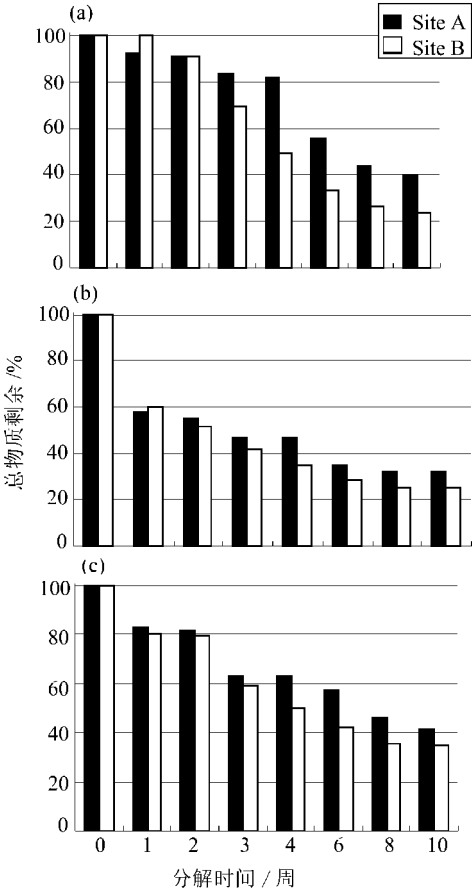


图 2 分解过程中分解袋内桐花树叶片的初始总氮量、总磷量和总有机碳量随时间的损失
Fig 2 Total amount of N, P and C remaining at litter bags during decomposition of *Aegiceras corniculatum* leaves in sites A and B

3 讨 论

虽然红树林叶片分解的研究已在国内外得到广泛开展, 但有关污水排放对红树林植物叶片分解速率的影响的报道极少。本试验过程中干物质从分解袋内红树林叶片中损失的模式与其它学者所观察到的很相似^[4-9], 分解开始后干物质的迅速损失主要是因为矿物质与有机物质的溶解和淋溶, 在此之后的物质损失(速度已有所放缓)主要是由于异养微生物对植物组织的破坏与分解代谢所致^[5]。

本实验结果表明, 桐花树叶片在排污样带分解时其 AFDM 损失的速率明显慢于在对照样带损失的速率。污水排放对红树林叶片分解可能造成的影响较为复杂, 概括起来主要有以下两个方面: 第一, 污水的持续排放无疑会使红树林底泥处于更为潮湿的状态, 而长时间潮湿的小环境会使红树林叶片分解时的干物质损失速度加快; 污水在红树林系统内的停留会使污水中总体的细菌活动状态得到加强, 而污水中可溶态及颗粒状有机碳的输入, 会增加缺氧底泥中的微生物的活动, 而微生物的降解活动是红树林叶片分解的重要环节^[3,9]。第二, 污水排放虽然可能对红树林植物本身不会造成伤害, 但污水负载的可溶性有机碳已被证实会导致红树林湿地系统内的水体溶解氧和 pH 持续下降, 从而对底栖动物, 包括在红树林凋落物降解过程中扮演重要角色的蟹类以及其它大量的小型食屑动物起明显的负面影响^[7]。而污水带来的大量可溶态和颗粒状有机物比红树林叶片组织更易于被微生物降解, 在这种情况下, 微生物可能会趋向于优先分解污水所负载的营养物质, 从而影响对红树林叶片的分解作用^[8]。此外, 在采样过程中发现, 排污样带的分解袋在分解开始一段时间后就慢慢地被污水携带的悬浮物沉积、覆盖, 从而可能会阻止在红树林凋落物降解过程中扮演重要角色的蟹类及其它大量的小型食屑动

物的摄食作用, 同时也使叶片处于更缺氧的状态、更不利于微生物对叶片的分解。

总之, 污水的排放使得在红树林底泥上分解的叶片其周围的环境如盐度、温度、酸碱度、潮湿状态、营养状况等都发生了很大的变化, 特别是污水悬浮物的沉积, 使叶片处于一种更为封闭、缺氧的环境中, 从而使叶片正常的分解过程受到阻碍。至于其中具体是哪些因素起主导作用, 以及不同浓度(尤其是不同悬浮物水平)污水的排放对红树林叶片分解的影响又有什么不同, 尚待进一步的研究。

参考文献:

- [1] 范航清, 林鹏. 秋茄落叶分解中营养元素释放的季节动态[J]. 应用生态学报, 1993, 4(3): 246-249.
- [2] 黄立南, 蓝崇钰, 束文圣. 深圳福田两种红树林叶片分解研究[J]. 应用生态学报, 2001, 12(1): 35-38.
- [3] STEINKE T D, WARD C J. Degradation of mangrove leaf litter in the St Lucia Estuary as influenced by season and exposure[J]. S Afr J Bot, 1987, 53(5): 323-328.
- [4] TAM N F Y, VRIJMOED L, WONG Y S. Nutrient dynamics associated with leaf decomposition in a small subtropical mangrove community in Hongkong[J]. Bull Mar Sci, 1990, 47: 68-78.
- [5] SWIFT M J, HEAL O W, ANDERSON J M. Decomposition in terrestrial ecosystems[M]. Oxford: Blackwell Scientific, 1979: 372.
- [6] TWILLEY R R, LUGO A E, PATTERSON-ZUCCA C. Litter production and turnover in basin mangrove forests in southwest Florida[J]. Ecology, 1986, 67(3): 670-683.
- [7] CLOUGH B F, BOTO K G, ATTWILL P M. Mangrove and sewage: a re-evaluation // Teas, ed. Biology and ecology of mangrove. Dr W Junk Publishers Lancaster, 1983: 151-161.
- [8] BOTO K G. Nutrients and mangroves // CONNELL D W, HAWKER D W, eds. Pollution in tropical aquatic systems [C]. Ann Arbor, London: CRC Press Inc, 1992: 129-145.

Effect of Sewage Discharge on Leaf Decomposition of *Aegiceras corniculatum*

HUANG Li nan¹, SHU Wen sheng², LAN Chong yu²

(1. Department of Environmental Science, Sun Yat-sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China;

2. School of Life Sciences // State Key Laboratory of Biological control,

SUN Yat-sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: An *in situ* experiment, using litterbags, was carried out in a mangrove swamp in Shenzhen to study the effect of municipal sewage discharge on the decomposition of leaves of *Aegiceras corniculatum*. The preliminary results showed that leaves of *A. corniculatum* decomposed much slowly in Site A (receiving sewage) than in Site B (serving as a control, $P < 0.05$). The durations for losing half of the initial AFDM of the *A. corniculatum* leaves in the litter bags in Sites A and B were 41 and 32 days, respectively. No significant differences in concentrations of nitrogen, phosphorus and total organic carbon in the leaf detritus were found between the two sites.

Key words: mangrove; sewage; *Aegiceras corniculatum*; leaf decomposition