

N/P 比调节对小球藻净化渗滤液效能的影响^{*}

姜必亮, 林 里, 蓝崇钰, 王伯荪, 胡宏伟

(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: 以蛋白核小球藻作为实验材料, 研究 N/P 比例调节对藻类净化渗滤液效能的影响, 通过一系列不同 N/P 比例的渗滤液小球藻培养试验, 结果表明, 下调渗滤液中的 N/P 比例促进了小球藻的生长, 其种群增长率随 N/P 的降低而增加, 从而提高了对 COD、NH₄-N 和重金属的吸收净化效果. 小白菜种子的发芽试验也表明, 小球藻对渗滤液毒性的去除效果也随 N/P 比例的降低而提高. 建议在渗滤液的藻类净化过程中, 根据渗滤液的理化性质, 适当补充 P 从而提高其净化效果.

关键词: 垃圾填埋场; 渗滤液; 藻类净化

中图分类号: X171.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2001) 02-0101-03

藻类不但能直接积累污染物质, 还能消耗污水中的 N、P 等物质从而使污水得到净化. 研究表明, 污水净化与藻类的产量及充氧系数有关, 藻类的产量越高, 对污水的净化效果越好^[1,2]. 藻类的产量不但受光强、温度、以及水利动力学特征的影响, 还与水中的营养成分配比有关^[3]. 垃圾填埋场渗滤液的成分相当复杂, 不仅含有高浓度的有机物, 还含有高浓度的氨氮和重金属等, 尤其是氨氮, 而 P 含量偏低许多. 根据对李坑填埋场渗滤液的动态调查结果显示, N/P 比在 300 左右, 因此, P 可能是垃圾填埋场渗滤液藻类生长的一个重要限制因素. 为此, 本文研究了一系列不同 N/P 比例下渗滤液藻类生长情况, 并比较其对渗滤液的净化效果.

1 材料与方法

1.1 试验材料与实验设计 以李坑填埋场渗滤液分离出来的蛋白核小球藻 (*Chlorella pyrenoidosa* (LK)) 为净化藻种. 试验用渗滤液来自李坑填埋场. 为了尽可能消除其他微生物对试验的干扰, 所有用作藻类培养试验的渗滤液都经过 0.45 μm 滤膜过滤, 之后用蒸馏水把它稀释成 30% (L30) 和 50% (L50) 2 个等级, 2 个浓度级培养液各理化指标见表 1. N/P 比水平调节成 10 (R10)、25 (R25)、50 (R50)、100 (R100), 加上不添加 P 的对照处理 CK (经测定其 N/P 比为 140 即 R140), 有 5 个水平, 共 10 个处理, 编号分别为 L30R10 (表示渗滤液浓度 30%, N/P

比 10, 以此类推)、L30R25、L30R50、L30R100、CKL30、L50R10、L50R25、L50R50、L50R100 和 CKL50, 每处理 3 个重复. 各处理培养液按 300 mL 的容量装于灭菌处理的 500 mL 三角瓶中, 瓶口用脱脂棉封住, 之后在恒温摇床上培养, 摇床转速为 100 r/min 左右, 温度控制在 25~30 °C 之间, 光照控制在 3 000 lux 左右, 光暗比 16 :8, 每 2 天用镜检法记录各处理藻种的密度, 每 3 天分析培养液中的 NH₄-N (蒸馏法)、NO₃-N (戴氏合金还原法)、有效 P (钼蓝比色法)、COD (高锰酸钾指数法)、总氮 (凯氏定氮法) 及 pH 值 (pH 计)、电导率 (电导率仪) 和重金属元素 (原子吸收法) 含量^[4].

1.2 小球藻对渗滤液毒性去除效果的测定 用小白菜 (*Brassica chinensis*) 种子的发芽率来检测藻类对渗滤液毒性去除情况^[5]. 净化实验结束后, 所有培养液于 4 °C 冷藏, 以蒸馏水作为对照处理, 取每处理培养液 5 mL 于培养皿中, 培养皿放置 2 张滤纸, 然后, 均匀放置 100 粒种子, 置于恒温箱内培养, 恒温箱温度为 (25±2) °C, 光暗比为 14 :10, 光强为 1 500 lux, 6 d 后统计发芽率, 并进行 *t*-检验.

2 结果与讨论

2.1 调节 N/P 比对小球藻种群数量增长的影响

图 1 表明, 无论是在 50% 的渗滤液培养液中还是在 30% 的渗滤液培养液中, 小球藻种群的个体数量都随 N/P 比的降低而升高, 说明 P

* 基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (39970144); 广东省自然科学基金资助项目 (990248); 广州市重点科技计划项目 (000448126)

收稿日期: 2000-03-20; 作者简介: 姜必亮 (1967-), 男, 博士; 通讯联系人: 蓝崇钰.

表 1 试验用渗滤液的基本理化性质¹⁾

Tah 1 General properties of landfill leachate for trial

项目	pH	EC	COD	TN	NH ₄ -N	NO ₃ -N
RL	8.02	4.75	684.17	724.56	654.48	68.81
L50	7.75	2.85	342.09	362.28	327.24	34.41
L30	7.25	1.45	205.25	217.37	196.34	20.64

项目	Ortho-P	Cu	Zn	Pb	Cd
RL	5.188	0.163	0.432	0.117	0.012
L50	2.594	0.082	0.216	0.059	0.006
L30	1.556	0.049	0.130	0.035	0.004

1) EC 的单位 $\text{mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, 除 pH, EC 外其余项目的单位均为 mg/L

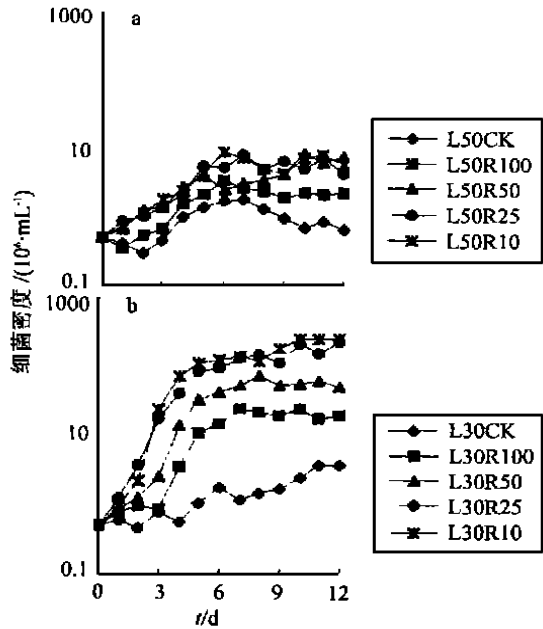


图 1 不同 N/P 比例下小球藻种群数量对数增长曲线

Fig. 1 Algal logarithmic growth curves in leachate

是渗滤液藻类生长的一个限制因子. 总体而言, 各处理在 30% 的渗滤液培养液中种群密度高于 50% 渗滤液培养液中的种群密度. 表 2 表明, 在渗滤液浓度相同时, 种群增长率随 N/P 比的降低而呈增加趋势. 相关分析亦表明, 小球藻种群密度与 N/P 比呈显著的负相关, 在 L50 处理中相关系数为 0.800, 在 L30 处理是 0.882.

2.2 渗滤液净化效果比较 渗滤液中通常含有较高的 COD 和 $\text{NH}_4\text{-N}$, 对渗滤液的净化效果从

表 2 不同处理间的小球藻种群增长率

Tah 2 The algal growth rate among different treatments

处理	R10	R25	R50	R100	CK
L50	0.2173	0.2031	0.2180	0.1570	0.0640
L30	0.5040	0.4732	0.4281	0.3592	0.1800

COD 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除情况可以得到的反映(图 2). 图 2 表明, 随着 N/P 比的降低, 小球藻对 COD, $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率提高, 在 L50 组, 小球藻对 COD 的去除率在第 6 或第 9 天达到最大然后下降; 对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 去除率在第 6 天达到最大然后下降. 但在 L30 组, 小球藻对 COD 的去除率在第 6 或第 9 天达到最大, N/P 比为 10 和 25 的两个处理继续呈上升趋势, 而其它 3 个处理随后下降; 对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率基本上在第 9 天达到最大, N/P 比为 10 和 25 的两个处理对 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率基本上也是继续上升趋势, 而其它 3 个处理随后下降. 说明了添 P 提高了小球藻的净化能力, 从而使整体净化效果提高.

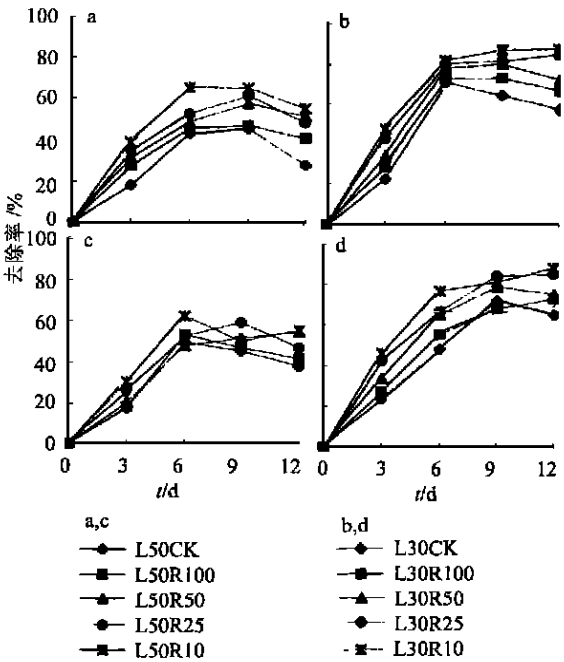


图 2 小球藻在不同 N/P 比中对渗滤液 COD 和 $\text{NH}_4\text{-N}$ 的去除率比较

Fig. 2 Comparison of COD and ammonia removal of *C. pyrenoidosa* (LK) treated with different N/P ratio

2.3 对渗滤液重金属去除的影响 表 3 显示, 随着 N/P 比的下降, 小球藻对几种重金属的去除效果越为显著. 藻类对重金属的去除机理较为复杂, 除了吸收部分重金属供自身生长所需外, 其死、活藻体对重金属都具有相似的吸附能力^[9]. 向渗滤液培养液添加 P, 促进了藻类的生长, 提高生物量, 从而使藻类对重金属的吸收和吸附量都得到增加, 提高了对重金属的去除效果.

2.4 对渗滤液毒性的去除效果 渗滤液成分性质复杂多变, 其毒性效应不光体现在高浓度的氨

表 3 不同 N/P 比 对小球藻去除重金属的影响

Tah 3 Comparison of heavy metal removal
among different treatments

处理组		$\rho / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$			
		Cu	Zn	Pb	Cd
L50	CK	0.052	0.156	0.046	0.005
	R100	0.046	0.132	0.035	0.004
	R50	0.042	0.114	0.031	0.003
	R25	0.032	0.108	0.024	0.003
	R10	0.025	0.088	0.021	0.003
L30	CK	0.029	0.088	0.027	0.003
	R100	0.026	0.081	0.018	tr
	R50	0.021	0.064	0.015	tr
	R25	0.008	0.037	0.008	tr
	R10	tr	0.025	tr	tr

氮和重金属等方面, 其中的各种毒性有机物毒理效应不容忽视. 小白菜种子的发芽率实验表明, 其发芽率都随 N/P 比的降低而提高, 说明渗滤液的毒性经藻类培养后明显下降.

表 4 具有不同 N/P 比的渗滤液经小球藻净化后对小白菜种子发芽率的影响¹⁾

Tah 4 Comparson of germination rate of *B. chinensis* among different leachate cultures with different N/ P ratio %

处理	CK	R100	R50	R25	R10
L50	63.33	66.67	75.00**	78.00**	76.67**
L30	85.33	91.00*	95.00**	96.33**	96.67**

1) **表示与相应的对照处理相比在 $\alpha = 0.01$ 水平差异显著; *表示在 $\alpha = 0.05$ 水平差异显著

t-检验表明, 在 L50 组中, R10、R25 和 R50 的发芽率在 $\alpha = 0.05$ 水平与对照处理差异显著, 而 R100 与对照处理差异不显著; 在 L30 组中, R10、R25 和 R50 的发芽率在 $\alpha = 0.01$ 水平与对照处理差异显著, 而 R100 也在 $\alpha = 0.05$ 水平下与对照处理差异显著. 说明 *C. pyrenoidosa* (LK) 对低水平污染强度的渗滤液毒性去除效果良好, 而对高水平

污染强度的渗滤液毒性去除效果有限, 但添加 P 对毒性的去除具有增效作用. 因此, 在用藻类对渗滤液进行净化处理时, 应适当稀释并添加适当的 P, 从而提高其总体净化效果.

3 结 论

垃圾填埋场渗滤液中的 N/P 比可达到 300 左右, 致使 P 成为渗滤液藻类生长和重要限制因子. 为提高藻类对渗滤液的净化效果以小球藻为实验材料, 用人工调节的不同 N/P 比例的渗滤液做为培养液进行净化试验, 测试结果显示, 下调 N/P 比例能显著地促进小球藻生长, 其种群增长率随 N/P 比例的降低而增大, 从而提高了藻类种群的生物量, 提高了对 COD、NH₄-N 和重金属的吸收净化能力. 小白菜种子的毒性试验表明, 小球藻对渗滤液毒性的去除效果也随 N/P 比例的下调而增强. 通过下调 N/P 比例来促进藻类对渗滤液的总体净化效能随渗滤液浓度降低而增强. 建议用藻类净化渗滤液时, 根据渗滤液的理化性质, 应适当补充 P 以促进藻类的总体净化效能.

参考文献:

[1] OSWALD W J, GATAAS H B, GOLUEKE C G, et al Algae in waste treatment[J] . sewage and Industrial Waste, 1957, 29: 437— 455.

[2] AZOV Y, SCHELEF G. Operation of high rate oxidation ponds: Theory and experiments[J] . Eat Res, 1982, 16: 1153— 1160.

[3] GHILAROV A M. Report on eutrophication studies in the USSU[J] . Wat Res, 1983, 17(6): 607— 611.

[4] 国家环保局. 水和废水分析监测方法(第三版)[M] . 北京: 中国环境科学出版社, 1989.

[5] 姚政, 赵京音. 种子发芽势在环境污染监测中作为生物指标的尝试[J] . 环境保护科学, 1995, 21(4): 40—42.

[6] 李建宏, 曾昭琪, 薛宇鸣. 极大螺旋藻富集重金属机理的研究[J] . 海洋与湖沼, 1998, 29(3): 275— 278.

Effects of Lowering N/ P Ratio on Purification of Landfill Leachate by *Chlorella pyrenoidosa*(LK)

JIANG Bi-liang, LIN Li, LAN Chong-yu, WANG Bai-sun, HU Hong-wei

(School of Life Sciences/State Key Laboratory for Biocontrol, Zhongshan University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: This paper dealt with the effect of lowering N/P ratio on the purification of landfill leachate by *Chlorella pyrenoidosa*. The results indicated that lowering N/P ratio in leachate could improve algae growth regardless in high or low concentration of leachate. The growth rate of algal population and the purification effects of COD, ammonia and heavy metals increased with the decrease of N/P ratio. The toxic test of *Brassia chinensis* seeds showed that lowering N/P ratio could reduce the toxicity of leachate to the seeds by the increase of algal growth rate. This suggested that adding phosphate into leachate is an useful approach to purify leachate by algae.

Keywords: landfill leachate; algae; purification