

微生物富集铊的初步研究——以真菌为例

孙嘉龙^{1,2}, 肖唐付²

1. 贵州理工学院, 贵阳 550001

2. 中国科学院地球化学研究所, 贵阳 550081

重金属污染对于多数微生物生长有毒害作用。但在污染环境中, 往往也存在一些对重金属胁迫具高耐受性的微生物菌种, 他们可用于生物修复、工业废水处理等实际应用(Bosecker, 1997; Anand et al., 2006)。

过去十年中, 对微生物吸附重金属的研究取得了很大进展。大量研究表明, 一些微生物如细菌、真菌和藻类等对重金属都有很强的吸附能力, 并且对生物吸附的机理也有了一定了解(Barros et al., 2007)。近年来, 许多学者对微生物吸附重金属离子的现象和机理进行的大量研究(Aksu and Balibek, 2007; 杜爱雪等, 2008; Li et al., 2014)表明, 微生物吸附重金属存在静电吸引、络合、沉积和主动运输等作用(Dacera and Babel, 2008)。但是这些研究大多以死菌体为研究对象, 而对于活菌体的研究报道较少。

铊是一种典型的有毒有害重金属元素, 国内外有关这方面的研究主要集中在铊的毒理、环境地球化学等方面(Jacobson et al., 2005; Amiri et al., 2007), 而目前关于铊与微生物之间相互作用的相关研究较少。

本工作通过对黔西南铊矿区土壤和沉积物样品的采集、菌株分离、高铊耐受性菌株的筛选、胞外吸附、富集、亚细胞水平区系分布、絮凝实验及 ITS 序列等实验分析, 并结合铊的地球化学相关研究, 较系统地阐述了真菌富集铊的机理, 获得一些有价值的认识。

与环境背景区相比, 黔西南滥木厂铊矿区内的河流、土壤中的铊已有不同程度的积累, 直接导致了当地微生物生物量在很大程度上的降低, 微生物生物量与铊含量间有显著的负相关关系, 铊污染的负面影响较显著。研究区内的沉积物、土壤中的微生物区系结构和数量发生了明显变化, 细菌、真菌及放线菌数量均出现显著降低, 而且三大微生物对重金属污染的敏感性大小也不一样, 即放线菌>细菌>真菌。从土壤样品中分离到的主要菌群仍为常见种属, 如青霉属、木霉属、拟青霉等。

经过初筛菌株的铊耐受性实验在 1000 mg/L 水平筛选得到九株高耐受性菌株。吸附实验表明: 微生物菌株对铊的吸附效率在 4.63%~16.89%, 且随着环境中铊浓度的上升而降低, 各种常量元素和铊的关系呈显著相关性。

铊富集实验表明, 九株菌株对铊的富集量随着铊处理浓度变化而发生变化, 其影响趋势与对生物量的影响趋势较一致, 最高可达到 7189 mg/kg, 最大富集系数为 7.2。同时, 菌株对常量元素的富集与对铊的富集并无明显的相关性, 但在考察铊处理浓度对常量元素的富集影响时发现, 铊处理浓度与对钙的富集量表现出较强的正相关, 这与前人研究具有相似性; 而对钾、钠、镁的富集影响并不明显。

通过亚细胞水平上的铊分布实验表明, 铊的富集优先顺序为: 细胞质>细胞壁>细胞器。亚细胞水平的区隔化作用是微生物对铊的主要耐受机制, 细胞质是赋存铊的主要场所(53.83%~79.45%)。结合各亚细胞组分中常量元素与铊之间的相关性, 并联系前人的研究, Ti^{+} 主要是通过细胞壁的 $\text{Na}^{+}\text{-K}^{+}\text{ATPase}$ 和 K^{+} 电位门通道进入细胞内的, 影响细胞的正常代谢的, 而 Ca^{2+} 的活化更有助于这一过程。

通过对九株铊高耐受性菌株的 ITS 序列分析及其在 Gene Bank 中的 BLAST 比对, 结果表明五株菌株同属于木霉属(Trichoderma), 两株菌株同属于青霉属(Penicillium), 这表明这两类真菌对铊的适应性较强, 为以后寻找铊高耐受性菌株及其资源化利用提供了基础。

参考文献:

- [1] Aksu Z., Balibek E. Chromium(VI) biosorption by dried *Rhizopus arrhizus*: Effect of salt (NaCl) concentration on equilibrium and kinetic parameters[J]. *Journal of Hazardous Materials*, 2007, 145 (1/2): 210-220.
- [2] Amiri A, Fatemi S., Fatemi S. Removal of thallium by combining desferrioxamine and deferiprone chelators in rats[J]. *BioMetals*, 2007, 20 (2): 159-163.
- [3] Anand P, Isar J, Saran S, et al. Bioaccumulation of copper by *Trichoderma viride*[J]. *Bioresource Technology*, 2006, 97 (8): 1018-1025.
- [4] Bosecker K. Bioleaching: metal solubilization by microorganisms[J], 1997, 20 (3-4): 591-604.
- [5] Dacera D D M, Babel S. Removal of heavy metals from contaminated sewage sludge using *Aspergillus niger* fermented raw liquid from pineapple wastes[J]. *Bioresource Technology*, 2008, 99 (6): 1682-1689.
- [6] Jacobson A R., Klitzke S, McBride M B., et al. The desorption of silver and thallium from soils in the presence of a chelating resin with thiol functional groups[J]. *Water, Air, & Soil Pollution*. 2005, 160 (1): 41-54.
- [7] Li C S, Jiang W, Ma N, ea al. Bioaccumulation of cadmium by growing *Zygosaccharomyces rouxii* and *Saccharomyces cerevisiae*[J]. *Bioresource Technology*, 2014, 155: 116-121.
- [8] 杜爱雪, 曹理想, 张仁铎. 高抗铜青霉菌的筛选及其对重金属的吸附[J]. *应用与环境生物学报*. 2008,14 (5): 650-653.

联系方式: 孙嘉龙, E-mail:danielsjl@163.com