

盐沼植物对石油污染滩涂微生物群落特性的影响*

朱鸣鹤¹ 朱文材¹ 庞艳华² 俞徐波¹ 牛程飞¹ 黄绍堂³ 严小军¹ 丁德文⁴

(1. 宁波大学 宁波 315211; 2. 辽宁出入境检验检疫局 大连 116001; 3. 宁波市出入境检验检疫局 宁波 315012;
4. 国家海洋局第一海洋研究所 海洋生态环境科学与工程国家海洋局重点实验室 青岛 266061)

摘要 野外定期采样分析植物生长区根际沉积物和无植物生长区域对应深度的沉积物, 研究了海三棱藨草对石油污染滩涂根际沉积物中微生物种群特点、生长条件和脱氢酶活性的影响。结果表明, 无论植物是否存在, 一般细菌数量均在春季或夏季达到高值。黄杆菌和假单胞菌在春季达到最高值, 微球菌和无色杆菌在夏季达到最高值, 而在秋季或冬季达到最低值; 微球菌和假单胞菌在冬季达到最低值, 黄杆菌和无色杆菌在秋季达到最低值。并且在植物存在的条件下, 微生物的数量均比无植物存在时提高 1—2 个数量级; 植物使混合菌的生长条件发生改变, 使其能适应更恶劣的微观环境(pH 6.5, 耐受温度为 36°C), 且其达到最大生长量的时间降低至 30h, 同时脱氢酶的活性提高 2—3 倍。

关键词 海三棱藨草, 盐沼植物, 石油污染, 根际沉积物, 微生物群落特性

中图分类号 X174

自从 1989 年在美国阿拉斯加首次应用生物技术修复原油泄漏污染的滩涂土壤获得巨大成功以来, 以植物修复、微生物修复及植物-微生物联合修复技术等为典型的生物学方法来修复石油污染土壤的研究逐渐得到国内外学者的重视(蔺昕等, 2007; 刘五星等, 2008; Wonjae *et al.*, 2011)。目前这些研究主要集中于降解石油的微生物种群筛选驯化及降解特性、石油烃生物降解的影响因素[石油的理化性质、环境参数(温度、营养盐、氧气、pH、湿度以及其它污染物等)和微生物种类等]、如何提高石油降解速率和修复机理研究等方面(陈晓鹏等, 2008; 苏莹等, 2008; Arthur *et al.*, 2000)。植物和微生物在根际的相互作用是复杂而互惠的, 一方面, 植物的根系分泌物为根际微生物提供了丰富的营养和能源, 另一方面, 微生物的活动也促进了根系分泌物的释放。近年来, 研究人员发现植物和微生物在生物修复及污染物治理方面优势更加突出, 且表明根际微生物联合菌群对污染物的消解作用比单一微生物更有效, 而这种有效性的大

小主要取决于植物-微生物的特异根圈效应(何良菊等, 2004; 张明露等, 2008; AlMailem *et al.*, 2009)。特异根圈效应能够显著影响其周围土壤溶液的化学状况, 使根际与非根际的土壤溶液在化学特性上表现出显著的差异(朱鸣鹤等, 2009, 2010)。而就植物对微生物的影响效果来看, 主要体现在其通过根系分泌物影响系统中微生物的特性, 进而影响微生物降解有机物的效果。根系分泌物为土壤微生物提供大量的营养和能源物质, 使得根际微生物不仅种类和数量远高于非根际土壤, 而且其代谢活性也比非根际微生物高(Dos Santos *et al.*, 2010; Icaro *et al.*, 2011; 周启星, 2004)。尽管植物-微生物联合修复在石油污染物降解中的重要性已经被充分认识, 但是由于植物根际环境的微域性、动态性和复杂性等特点, 目前对石油污染物植物-微生物联合修复的研究还存在一定困难, 对有关降解微生物的群落组成和变化动态了解甚少(耿春女等, 2002)。因此, 微生物修复技术与植物修复技术的综合运用, 特别是植物对石油降解微生物的

* 宁波市自然科学基金项目, 2006A610080 号, 2007A610056 号; 宁波市海洋渔业局项目, 9-19 号, 2006.09—2009.09; 宁波大学科研基金项目, XK200562 号, XY0600062 号; 宁波大学人才引进项目, 2005.10—2007.10; 宁波市 4321 人才工程项目, 2007.03—2011.03; 王宽诚教育基金会资助, 2011—2012; 浙江省教育厅项目, Y201017988 号; 宁波市政府湿地调查项目, 201102 号; 宁波市学科项目, szx11064 号。朱鸣鹤, 博士, 副教授, E-mail: zhuminghe1998@yahoo.com.cn

收稿日期: 2011-03-16, 收修改稿日期: 2011-05-18

影响动态变化规律, 将是今后土壤生态恢复的重要研究方向(项学敏等, 2004; 王靖等, 2008; Lori *et al.*, 2011)。本文以石油污染滨海湿地中的盐沼植物海三棱藨草为研究对象, 对照有无植物存在时, 微生物种类数量以及降解酶活性的差别, 从而揭示植物的协同修复作用, 为该类区域的原位修复提供理论支持。

1 样品采集与分析方法

1.1 样品采集

在野外实地考察后, 选择宁波镇海炼化厂附近石油污染滩涂为研究区域, 选择海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)生长较好的潮滩, 并跟踪植物生长季节于2007—2008年分别于每年4—5月(春季)、6—7月(夏季)、9—10月(秋季)和11—12月(冬季)对根际沉积物进行季节性连续采样, 同时采集未生长植物地区的沉积物样品作为对照。根据该植物季节生长特点, 一般采样深度控制0—30cm。根际土采样, 选择相似大小的植株, 将植株整棵完好挖出, 取附着于细小根系表面约3cm厚度的土壤(与陆地土壤不同), 每个样区采集5个样点, 每次采用棋盘式布点方法各采20个样品。样品的采样、贮存、运输以及其它各个要素均根据《海洋调查规范》(国家海洋局, 1995)执行。采集的样品装入可密封的聚乙烯塑料袋中, 随即带回到实验室进行预处理。

1.2 样品处理及分析方法

1.2.1 高效降解菌株的分离及纯化 在三角烧瓶中装入60ml灭菌无机盐培养基, 加入10g土样和100mg石油。30℃振荡培养2d, 取5ml培养液接种到新的含100mg石油的培养基中, 再培养3d, 如此重复4次(碳源相应递增至120mg)。选取这4批培养液中浊度最高的培养液2ml, 与10ml无菌水相混合, 制成 10^{-1} 稀释液, 以此类推, 制成 10^{-5} 稀释液。取2ml涂布在分离固体培养基上, 25℃培养72h, 挑取菌落边缘清晰的优势菌落, 划线纯化2次, 最后将纯化到的单菌移到牛肉膏蛋白胨斜面上保存, 并进行菌种鉴定。根据《伯杰氏系统细菌鉴定手册》(Brenner *et al.*, 2004)和《一般细菌常用鉴定方法》(中国科学院微生物研究所细菌分类组, 1984)进行鉴定。

1.2.2 细菌的鉴定方法和细菌总数计算 将采集到的土壤样品制成一定浓度的悬液样品。加5ml于50ml无机盐基础培养基, 40℃(120r/min)摇床上富集培养。转接入含 50×10^{-6} 石油的无机盐培养液, 待浑浊后转接入含 100×10^{-6} 石油的无机盐培养液, 依次

转入含高浓度石油的无机盐培养液。将培养液涂于含石油无机盐培养基, 选择具有优势的细菌, 纯化后, 接斜面保存。由于直接从沉积物中鉴定出的有效细菌已经在污染条件下有一定的驯化, 所以减少了处理时间。根据《伯杰氏系统细菌鉴定手册》(Brenner *et al.*, 2004)和《一般细菌常用鉴定方法》(中国科学院微生物研究所细菌分类组, 1984)进行鉴定。分离培养基: 将无机盐培养基中的碳源以石油代替, 添加2%琼脂。孢子固体培养基为稻壳与麦麸比为4:1, 含水量为30%。细菌总数采用平板计数法。

1.2.3 土壤酶活性测定 对分离到的优势菌利用中性红法进行解脂酶活性测定, 并确定其是否具有石油降解能力。

植物根系及微生物都能产生各种各样的酶, 催化石油烃进行氧化反应, 其中最为重要的是脱氢酶。脱氢酶在石油烃氧化过程的起始阶段起着重要作用, 它使石油烃的氢原子活化并传递给特定的受氢体, 实现石油烃的氧化和转化。在许多情况下, 植物根系及微生物对石油污染物的降解或转化从脱氢开始。因此, 可以利用脱氢酶的活性反映植物根系-微生物系统降解石油的活性。脱氢酶活性测定采用氯化三苯基四氮唑(TTC)比色法[一般以不溶于水的三苯甲膦(TPF)为基准], 紫外分光光度法测定(Suominen *et al.*, 2000; Tadashi *et al.*, 2011)。

1.2.4 菌体生长量测定 菌体生长量将菌液适当稀释, 测定其在700nm处的光密度(OD)值。

2 结果与讨论

2.1 植物对降解菌种群和数量的影响

植物根际微生物是指在植物根系直接影响的土壤范围内生长繁殖的微生物, 包括细菌、放线菌、真菌、藻类和原生动物等, 它们与植物之间是互生关系, 在外界环境影响下与植物根系相互作用、相互促进, 对周围微生态环境有直接或间接的影响。一方面, 微生物可以改变根系分泌物, 从而去影响环境污染物的降解; 另一方面, 环境污染物的性质改变反过来又会影响到微生物的种类和数量(Lori *et al.*, 2011; Louisa, 2011)。

通过菌种分离鉴别, 结果显示, 无论植物是否存在, 虽然从沉积物中分离出来的细菌株数有所差别(分别为11株和9株), 但一般均包括微球菌属(*Micrococcus*)、黄杆菌属(*Flavobacterium*)、假单胞菌属(*Pseudomonas*)和无色杆菌属(*Achromobacter*)等4

个菌属。

由表 1 可知, 无论植物是否存在, 一般细菌数量均在春季或夏季达到高值, 其中黄杆菌和假单胞菌在春季达到最高值(植物存在时分别为 9.1×10^7 个/ml 和 8.7×10^{12} 个/ml, 植物未存在时分别为 5.8×10^5 个/ml 和 6.7×10^9 个/ml), 而微球菌和无色杆菌在夏季达到最高值(植物存在时分别为 8.7×10^8 个/ml 和 9.2×10^{10} 个/ml, 植物未存在时分别为 6.8×10^6 个/ml 和 7.3×10^8 个/ml), 而在秋季或冬季达到最低值, 其中微球菌和假单胞菌在冬季达到最低值(植物存在时分别为 2.1×10^7 个/ml 和 1.7×10^{11} 个/ml, 植物未存在时分别为 2.8×10^6 个/ml 和 1.9×10^9 个/ml), 黄杆菌和无色杆

菌在秋季节达到最低值(植物存在时分别为 3.2×10^6 个/ml 和 1.6×10^9 个/ml, 植物未存在时分别为 3.1×10^5 个/ml 和 1.3×10^8 个/ml), 这可能是由于春、夏季植物生长旺盛, 能分泌更多的适合微生物生长的分泌物从而为其数量的增加创造了有利条件, 而在秋、冬季, 植物生命活动缓慢, 植物一般只能依靠提供腐殖质来为微生物生长提供条件, 因而其数量没有春、夏季那么明显。但植物存在条件下, 微生物的数量均比无植物时有 1—2 个数量级的提高, 特别值得一提的是, 春、夏季细菌的数量有显著的增加, 明显比秋、冬季高 1 个数量级。这说明滩涂植物与陆生植物对微生物的影响差别比较大。

表 1 植物根际土壤微生物数量和种类的季节变化
Tab.1 Seasonal variations of microbe species and quantity of rhizosphere soil

菌种	植物生长区(个/ml)				植物未生长区(个/ml)			
	春	夏	秋	冬	春	夏	秋	冬
微球菌	4.9×10^8	8.7×10^8	3.6×10^7	2.1×10^7	4.3×10^6	6.8×10^6	3.3×10^6	2.8×10^6
黄杆菌	9.1×10^7	8.3×10^7	3.2×10^6	4.1×10^6	5.8×10^5	4.7×10^5	3.1×10^5	4.2×10^5
假单胞菌	8.7×10^{12}	7.7×10^{12}	2.7×10^{11}	1.7×10^{11}	6.7×10^9	3.8×10^9	2.9×10^9	1.9×10^9
无色杆菌	6.6×10^{10}	9.2×10^{10}	1.6×10^9	2.3×10^9	3.2×10^8	7.3×10^8	1.3×10^8	2.6×10^8

2.2 植物对降解混合菌生长条件的影响

2.2.1 pH 的影响

培养 60h, 测定菌体的生长量。一般情况下, 混合菌在强酸性或强碱性条件下生长情况不好。实验结果如图 1A 所示。植物存在使得在该混合菌能在酸性较强情况下(pH 为 6)达到最佳生长状态。这一方面说明该混合菌是中性偏酸性的, pH 太高或太低都会影响微生物的降解能力; 另一方面也说明植物使得混合菌生长更能适应环境的变化。

2.2.2 温度的影响

不同温度下的实验结果如图 1B 所示。无论植物存在与否, 25—30℃ 的中温条件最适合该混合菌的生长。低于该温度, 混合菌进入对数增长期的时间延长, 因为在环境中烃类降解与温度呈正相关, 若高于该温度区间, 则不利菌体存活。但是, 很显然植物存在时其耐受温度由 27℃ 提高至 36℃, 从而可以提高混合菌适应恶劣条件的能力, 为提高石油的降解率提供有利条件。

2.2.3 时间的影响

在不同时间下观察菌体生长量, 实验结果如图 1C 所示。植物未存在时, 在 60h 时, 混合菌的生长量达到最大值; 而有植物存在, 其达到最大菌体生长量的时间提前了 30h。时间过短或过长都会影响混合菌的降解能力。所以植物存在时其降解石油的速率可能会更高。

2.3 植物对脱氢酶的影响

石油烃生物修复过程中降解微生物量和活性的测定结果成为监控生物修复效率的重要指标。微生物体内含有各种各样的酶, 能够催化石油烃进行氧化反应, 其中脱氢酶类尤为重要。脱氢酶活性已作为总氧化能力标志用于检测微生物活性(Frankenberger *et al.*, 1989; 李广贺, 2002)。在石油烃的降解过程中脱氢酶使石油烃的氢原子活化并传递给特定的受体, 实现石油烃的氧化和转化(Nazaré *et al.*, 2010; Mohsen *et al.*, 2010)。微生物的数量变化反映生物量的变化, 但微生物数量在一定程度上并非准确反映微生物活性状况, 用微生物数量代替生物量存在较大的局限性。一般研究人员习惯直接用微生物活性指标来反映降解生物活性。

微生物对石油污染物的降解或转化从脱氢开始, 因此, 可以利用脱氢酶的活性反映植物根系-微生物系统降解石油的活性(Nie *et al.*, 2009; Sharyn *et al.*, 2010)。石油污染土壤植物修复根际效应实验过程中脱氢酶活性的动态变化状况如图 1D 所示。由图 1D 可知, 在整个修复过程中, 植物根际土壤中的脱氢酶活性要比未种植植物的平均约高 2—3 倍, 脱氢酶活性的增强反映了石油污染物被降解程度的提高, 说

明植物根际有利于石油污染物的降解。因此, 盐生植物根际微环境不仅能增加土壤微生物的数量, 还能提高土壤盐生植物根际土壤中各种酶的活性。

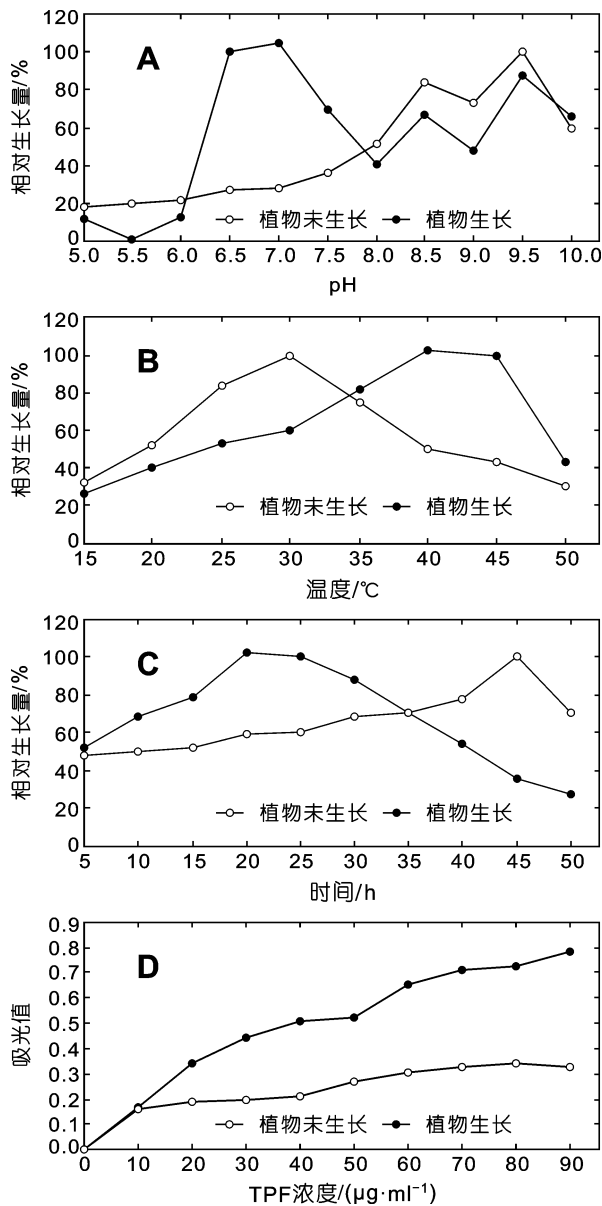


图 1 pH、温度、时间对混合菌生长的影响以及脱氢酶的活性变化

Fig.1 Effects of pH, temperature, time on the growth of mixed bacteria and variations of dehydrogenase activity

A. pH 对混合菌生长的影响, B. 温度对混合菌生长的影响, C. 时间对混合菌生长的影响, D. 脱氢酶的活性变化

综合不同季节、不同菌属与脱氢酶活性的相关性分析发现, 黄杆菌和假单胞菌的数量与脱氢酶活性呈现一定的正相关性, 表明这 2 种细菌有利于脱氢酶活性的提高, 从而有利于石油降解率的提高; 而微球

菌和无色杆菌与脱氢酶活性呈现一定的负相关性, 表明这 2 种细菌不利于脱氢酶活性的提高, 从而对石油降解率的提高产生了抑制作用。综合上述细菌的季节变化情况, 可以推断黄杆菌和假单胞菌在春季对石油的降解效果最佳, 而微球菌和无色杆菌在夏季对石油的降解效果最差, 在秋季或冬季正好相反。微球菌在冬季对石油的降解效果最差, 假单胞菌在冬季对石油的降解加强效果最佳。黄杆菌在秋季节对石油的降解加强效果最差, 而无色杆菌对石油的降解在秋季促进作用最佳。因此, 4 种菌属在不同季节对石油降解的综合作用尚需要进一步明确。

3 结论

(1) 无论植物是否存在, 一般细菌数量均在春季或夏季达到高值, 其中黄杆菌和假单胞菌在春季达到最高值, 微球菌和无色杆菌在夏季达到最高值, 而在秋季或冬季达到最低值, 其中微球菌和假单胞菌在冬季达到最低值。但植物存在条件下, 微生物的数量均比无植物时有 1—2 个数量级的提高, 特别值得一提的是, 春、夏季细菌的数量有显著的增加, 明显比秋、冬季高 1 个数量级。

(2) 植物存在情况下, 混合菌的生长条件发生了改变, 其能适应更恶劣的微观环境, 承受的 pH 低至 6, 所承受温度由 25 提高至 36, 其达到最大生长的时间由 60h 降低至 30h。

(3) 植物存在情况下, 反映植物根系-微生物系统降解石油的活性的脱氢酶的活性提高了 2—3 倍。

(4) 黄杆菌和假单胞菌在春季对石油的降解效果最佳, 而微球菌和无色杆菌在夏季对石油的降解效果最差, 而在秋季或冬季正好相反。微球菌在冬季对石油的降解效果最差, 假单胞菌在冬季对石油的降解加强效果最佳。黄杆菌在秋季节对石油的降解加强效果最差, 而无色杆菌对石油的降解在秋季促进作用最佳。

本文对照有无植物存在时, 微生物种类数量以及降解酶活性的差别, 研究了植物对石油降解优势菌的特性的影响, 但石油污染物在土壤-植物-微生物共存体系的修复机制及在植物根际及其体内的迁移和转化规律, 特别是对根系分泌物、微生物在根际污染生态系统中的作用机制以及根系分泌物和微生物的相互关系还需要做进一步的研究。此外, 4 种菌属在不同季节对石油降解的综合作用尚需要进一步的明确。

致谢 作者对王宽诚教育基金会的资助谨致谢忱。

参 考 文 献

- 王 靖, 张忠智, 苏幼明等, 2008. 石油污染土壤植物修复根际效应研究. 石油化工高等学校学报, 21(2): 36—40
- 中国科学院微生物研究所细菌分类组, 1984. 一般细菌常用鉴定方法. 北京: 科学出版社, 111—187
- 朱鸣鹤, 方彪雄, 庞艳华等, 2010. 海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)根系低分子量有机酸对根际沉积物重金属生物有效性的影响. 海洋与湖沼, 41(5): 784—790
- 朱鸣鹤, 张效龙, 黄绍堂等, 2009. 海三棱藨草(*Scirpus mariqueter*)根际沉积物中重金属生物有效性的影响因素. 海洋与湖沼, 40(3): 373—379
- 刘五星, 骆永明, 滕 应等, 2008. 石油污染土壤的生态风险评估和生物修复. 石油污染土壤的植物-微生物联合修复. 土壤学报, 45(5): 994—999
- 苏 莹, 陈 莉, 汪 辉等, 2008. 海洋石油降解菌的筛选与降解特性. 应用与环境生物学报, 14(4): 518—522
- 李广贺, 2002. 土壤残油生物降解性与微生物活性. 地球科学, 27(2): 181—185
- 何良菊, 李培杰, 魏德洲等, 2004. 石油烃微生物降解的营养平衡及降解机理. 环境科学, 25(1): 91—94
- 张明露, 马 挺, 李国强等, 2008. 一株耐热石油烃降解菌的细胞疏水性及乳化、润湿作用研究. 微生物学通报, 35(9): 1348—1352
- 陈晓鹏, 易筱筠, 陶雪琴等, 2008. 石油污染土壤中茈高效降解菌群的筛选及降解特性研究. 环境工程学报, 2(3): 413—417
- 国家海洋局主编, 1995. 海洋调查规范. 北京: 海洋出版社, 1—35
- 周启星, 2004. 污染土壤修复标准建立的方法体系研究. 应用生态学报, 15(2): 316—320
- 项学敏, 宋春霞, 李彦生等, 2004. 湿地植物芦苇和香蒲根际微生物特性研究. 环境保护科学, 30(124): 34—38
- 耿春女, 李培军, 陈素华等, 2002. 菌根生物修复技术在沈抚污水灌区的应用前景. 环境污染治理技术与设备, 3(7): 51—55
- 蔺 昕, 李培军, 孙铁珩等, 2007. 石油污染土壤修复植物的根-土界面微生物特征. 应用生态学报, 18(3): 607—612
- AlMailem D M, Sorkhoh N A, Marafie H *et al*, 2009. Field-scale assessment of weathered hydrocarbon degradation by mixed and single plant treatments. Soil Ecology, 42(1): 9—17
- Arthur E L, Perkovich B S, Anderson T A *et al*, 2000. Degradation of an atrazine and metolachlor herbicide mixture in pesticide contaminated soils from two agrochemical dealerships in Iowa. Water, Air and Soil Pollution, 119(124): 75—90
- Brenner D J, Krieg N R, Staley J T, 2004. Bergey's Manual of Systematic Bacteriology (second edition). Volume 2. Springer, 494—545
- Dos Santos, Antonio F S, Queiroz M *et al*, 2010. Oil phytoremediation potential of hypersaline coasts of the Arabian Gulf using rhizosphere technology. Bioresource Technology, 101(15): 5786—5792
- Frankenberger Jr W T, Emerson K D, Turner D W, 1989. Bioremediation of an underground diesel fuel spill: a case history. Environmental Management, 13: 325—332
- Icaro T A, Moreira L, Olivia M C *et al*, 2011. Phytoremediation using *Rizophora mangle* L in mangrove sediments contaminated by persistent total petroleum hydrocarbons (TPH's). Microchemical Journal, 99(2): 376—382
- Lori A P, Charles W G, Farrel R E *et al*, 2011. Suitability of different salt marsh plants for petroleum hydrocarbons remediation. Chemosphere, 84(8): 1052—1057
- Louisa Wessels Perelo, 2011. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbons by a halotolerant bacterial strain *Ochrobactrum* sp. VA1. Marine Pollution Bulletin, 62(2): 388—394
- Mohsen Soleimani, Majid Afyuni, Mohammad A Hajabbasi *et al*, 2010. Rhizoremediation of hydrocarbon contaminated soil using Australian native grasses. Science of the Total Environment, 408(17): 3683—3688
- Nazar é P F S M, Couto M, Clara P *et al*, 2010. Phytoremediation of an aged petroleum contaminated soil using endophyte infected and non-infected grasses. Chemosphere, 81(9): 1084—1090
- Nie M, Zhang X D, Wang J Q *et al*, 2009. Rhizosphere effects on soil bacterial abundance and diversity in the Yellow River Deltaic ecosystem as influenced by petroleum contamination and soil salinization. Soil Biology and Biochemistry, 41(12): 2535—2542
- Sharyn E Gaskin, Richard H Bentham, 2010. Review: In situ and bioremediation of organic pollutants in aquatic sediments. Journal of Hazardous Materials, 177(1): 81—89
- Suominen L, Jussila M M, Makelane P *et al*, 2000. Evaluation of the Galega *Rhizobium galegae* system for the bioremediation of oil- contaminated soil. Environ Poll, 107: 39—44
- Tadashi Toyama, Tetsuya Furukawa, Noritaka Maeda *et al*, 2011. Accelerated biodegradation of pyrene and benzo[a]pyrene in the *Phragmites australis* rhizosphere by bacteria-root exudate interactions. Water Research, 45(4): 1629—1638
- Wonjae Chang, Lyle Whyte, Subhasis Ghoshal *et al*, 2011. Comparison of the effects of variable site temperatures and constant incubation temperatures on the biodegradation of petroleum hydrocarbons in pilot-scale experiments with field-aged contaminated soils from a cold regions site. Chemosphere, 82(6): 872—878

SALINA PLANT'S INFLUENCE ON THE COMMUNITIES CHARACTERISTICS OF MICROBIAL IN TIDELAND POLLUTED BY THE PETROLEUM

ZHU Ming-He¹, ZHU Wen-Cai¹, PANG Yan-Hua², YU Xu-Bo¹, NIU Cheng-Fei¹,
HUANG Shao-Tang³, YAN Xiao-Jun¹, DING De-Wen⁴

(1. Ningbo University, Ningbo, 315211; 2. Liaoning Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Dalian, 116001; 3. Ningbo Entry-Exit Inspection and Quarantine Bureau, Ningbo, 315012; 4. Key Laboratory of Science and Engineering for Marine Ecological Environment, First Institute of Oceanography, State Oceanic Administration, Qingdao, 266061)

Abstract The *Scirpus mariqueter*'s influences on microbe communities characteristics, growth conditions and dehydrogenase activity of rhizosphere sediment in tideland polluted by petroleum were researched, depending on field periodical sampling for sediment of plant zone and no plant zone. The results showed that the microbe quantities generally reached to the top values in spring or summer, whether the plant was in existence or not. For example, *Flavobacterium* and *Pseudomonas* reached the top value in spring, but *Micrococcu* and *Achromobacter* did in summer, furthermore, they reached to the lowest value in autumn or winter. *Micrococcus* and *Pseudomonas* reached the lowest values in winter, whereas *Flavobacterium* and *Achromobacter* did in autumn. The microbe quantities boosted 1 or 2 order of magnitude in the condition of plant existence, compared to no plant existence. The plant changed the growth conditions of mixed bacteria, which forced them to adapt to worse microcosmic environment (pH 6.5, temperature 36°C), reduce time of the biggest growth quantity to 30 hours, and enhance 2—3 times of dehydrogenase activity.

Key words *Scirpus mariqueter*, Salina plant, Petroleum pollution, Rhizosphere sediment, Microbe communities characteristics

2011 年度《海洋与湖沼》动态

(1) 《海洋与湖沼》2011 年最新公布的总被引频次在海洋科学期刊中名列第一位; 影响因子为 1.404, 学科影响指标和综合评价总分均列海洋科学期刊首位; 综合评价总分在全国期刊中排第 18 位。

(2) 荣获 2011 年度百种中国杰出期刊奖。

(3) 荣获 2011 年度中国精品期刊奖。