

石油污染土壤菌剂修复技术研究

何 翊 吴 海 魏 薇
(吉林化工学院环境科学与工程系 吉林吉林 132022)

BACTERIA-BASED BIOREMEDIATION TECHNIQUE FOR OIL-POLLUTED SOIL

HE Yi WU Hai WEI Wei
(Department of Environmental Science and Engineering, Jilin Institute of Chemical Technology, Jilin, Jilin 132022)

摘 要 向石油污染土壤中投加环境适应能力强,降解效能高的菌种或菌群是提高石油类污染物降解效率的重要手段。本文应用菌剂修复技术对某污灌区石油烃污染土壤进行了处理,结果表明,混合施加两种菌剂,对石油的降解有相互促进作用,土壤中石油类污染物的降解率为 54.23%。本研究为该地区石油污染土壤的治理提供了有力的技术保证。

关键词 细菌;真菌;石油污染土壤;生物修复;微生物降解
中图分类号 X53

随着石油工业的发展,在采油、炼油、运输与利用过程中,很难避免石油及其废弃物对土壤的污染,石油污染土壤的清洁势在必行^[1,2]。

石油污染土壤生物修复的基本原理是利用微生物将土壤中有害有机物降解为无害的无机物质(如 CO₂ 和 H₂O)。降解过程可由改变土壤的理化条件(包括 pH、温度、湿度、通气及添加营养物等)来完成,也可接种特殊驯化与构建的工程微生物来提高降解效果^[3]。关于微生物对石油烃降解的报道较多。发达国家于 20 世纪 80 年代就开展了这方面的研究,并于 1991 年 3 月在美国的圣地亚哥召开了第一届“原位生物修复”国际研讨会。我国在 20 世纪 90 年代也开始了这方面的研究工作^[4-5]。

向石油污染土壤中投加环境适应能力强,降解效能高的菌种或菌群是提高石油类污染物降解效率的重要手段,在这方面已经取得了大量的研究成果。例如美国 BGI 公司的一项专利技术就是利用混合菌群来促进石油烃类的生物降解^[6]。Wilson 等^[7]的一篇关于石油烃类污染土壤中一类有毒物质—多环芳

烃(PAHs)降解的综述中也涉及了几种对 PAHs 有高效降解能力的菌类。但污染土壤的微生物修复过程是一项涉及污染物特性、微生物生态结构和环境条件的复杂系统工程,在对微生物修复影响因子充分研究的基础上,寻求提高微生物修复效能的其他途径就显得非常迫切。

某污灌区由于长期采用富含石油烃的污水进行农田灌溉,使得土壤中石油烃的积累已经远远超过了土壤的自净能力,严重威胁到该区域的生态环境和人群健康。在研究了高效菌根修复技术的基础上^[8],本文通过研究开发高效、实用、安全的微生物菌剂和施用技术,以期为该地区石油污染土壤的有效修复提供有力的技术保证。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 土壤 供试土壤采自某污灌区上游地区的污染土壤和远离污灌区的未污染土壤,土壤样本采集采用梅花取样法,其理化性质如表 1 所示。

表 1 供试土壤的理化性质

样品	pH	全 N (g/kg)	全 P (g/kg)	CEC (cmol/kg)	有机质 (g/kg)	总烃量 (g/kg)
污染土壤	9.0	1.8	0.51	0.846	138.7	65.3
未污染土壤	7.4	1.4	0.47	1.24	18.0	—

1.1.2 肥料 采用复合有机肥,经测定其有机质含量 393.0 g/kg, N 18.2 g/kg, P₂O₅ 56.9 g/kg, K₂O 26.2 g/kg, pH 8.02。

1.1.3 固体菌剂 从污染土壤土著微生物中筛选出降解石油的优势真菌 3 株,即小克银汉(*Cunninghamella* sp.)、毛霉(*Mucor* sp.)和曲霉(*Aspergillus* sp.)。细菌 2 株,即芽孢杆菌(*Bacillus* sp.)和动胶杆菌(*Zoogloea* sp.)。山东大学提供的白腐真菌:黄孢原毛平革菌(*Phanerochaete chrysosporium*),作为供试菌,经过 3 级培养制成固体菌剂。

1.1.4 膨松剂 采用稻壳、锯末、麦麸等。

1.1.5 供试植物 沙打旺、白蜡、玉米。

1.1.6 供试油品 采用辽河油田曙光采油厂提供的 20#柴油。

1.2 研究方法

1.2.1 微生物的计数 采用平板计数法。

1.2.2 石油烃总量(TPH)的测定 采用质量法

1.2.3 处理方法 采取网室盆栽实验的方式。首先将试验地未污染土壤取回,压碎过筛,然后按比例加 20#柴油、肥料、水、膨松剂和菌剂,充分搅拌,放置 1 天后装盆,每盆土重 3 kg。环境温度为 25℃,处理过程调节水分,控制在 20%左右。

1.2.4 水分测定 补充水分前,在盆中多点取样,混合均匀后,于 65℃烘至恒重。

1.2.5 油浓度实验 种植植物为沙打旺,实验设计方案见表 2。

表 2 油浓度实验方案

实验号	4	5	6	7	8	9
油浓度 (g/kg)	0	2	5	10	30	50
其他条件	肥料 (60g), 细菌菌剂 (15g), 真菌菌剂 (15g)					

1.2.6 菌剂实验 种植植物为白蜡,种植前先将白蜡剥去种皮,经催芽后植入槽中培育幼苗,待长出 2~3 个子叶时再移栽,其实验方案见表 3,实验天数为 4 个月。

表 3 菌剂实验方案

实验号	真菌菌剂 (g)	细菌菌剂 (g)	肥料 (g)	20#柴油 (g/kg)
1	15	15	60	10
2	30	0	60	10
3	0	30	60	10
对照	0	0	60	10

1.2.7 田间实验 在污染土壤的试验田(10 m×10 m)中种植玉米,投加 60 g 肥料+15 g 细菌菌剂+15 g 真菌菌剂(实验号 10),以空白为对照,实验天数为 4 个月。

2 结果与讨论

2.1 油浓度实验

由表 4 和表 5 可知:油浓度不同对农作物生长和微生物数量的影响不同。油浓度在 10 g/kg 以上时,农作物的生长及细菌的数量受到明显的抑制,因此油浓度以 10 g/kg 为宜。

表 4 农作物实验结果

实验号	株高 (cm)	生物量 (g)	植株茎叶 生长情况
4	14.8	15.82	黄绿
5	15.7	16.03	绿
6	14.4	19.10	绿
7	20.4	15.43	黄
8	4.5	6.33	绿
9	1.1	1.26	黄

表 5 微生物实验结果

实验号	细菌 (个/g 干土)		真菌 (个/g 干土)	
	0 时	运行后	0 时	运行后
4	2.02×10^7	5.21×10^8	1.30×10^4	9.98×10^3
5	1.01×10^7	9.02×10^8	1.18×10^4	2.49×10^3
6	2.36×10^8	6.06×10^8	1.32×10^4	6.63×10^2
7	5.51×10^9	5.93×10^8	1.28×10^4	6.04×10^3
8	1.06×10^8	7.88×10^6	2.84×10^4	2.41×10^3
9	1.49×10^8	8.91×10^7	2.73×10^5	4.90×10^2

2.2 菌剂实验

由表 6 可知:混合施加两种菌剂,细菌真菌数量均下降,根据环境营养与微生物数量的正比关系,可推断微生物数量下降的处理效果好,即两种菌剂混合施加,对油的降解有相互促进作用。

2.3 田间实验

由表 7 可知:在污染土壤中混合施加两种菌剂,与对照相比能明显提高植株的生物量,并且土壤中石油总烃量降解率也从 25.27% 上升到 54.23%。

表 6 菌剂实验结果

实验号	细菌 (个/g 干土)		真菌 (个/g 干土)	
	0 时	运行后	0 时	运行后
1	1.51×10^8	7.64×10^7	1.43×10^4	4.85×10^2
2	4.23×10^8	3.85×10^8	2.98×10^5	6.50×10^3
3	4.28×10^7	6.62×10^7	1.49×10^3	1.10×10^3
对照	1.44×10^7	1.08×10^8	4.91×10^2	3.48×10^2

表 7 田间实验结果

实验号	细菌 (个/g 干土)	真菌 (个/g 干土)	株高 (cm)	千粒重 (g)	TPH (%)	降解率 (%)
10	3.3×10^7	1.6×10^3	191.8	270.75	2.99	54.23
对照	3.7×10^5	4.5×10^2	173.5	219.25	4.88	25.27

3 结论

(1) 采用本研究筛选的土著石油类降解菌, 通过室内研究, 确定了石油类污染物的降解条件, 即土壤中油浓度不超过 10 g/kg, 混合施加细菌和真菌。

(2) 通过田间实验证明, 混合施加两种菌剂, 土壤中石油类污染物的降解效果显著, 其降解率为 54.23%。

(3) 室内实验和田间实验证明, 环境营养与微生物数量成正比关系。混合施加两种菌剂, 对油的降解有相互促进作用。

参考文献

- 1 丁克强, 骆永明, 孙铁珩, 李培军. 通气对石油污染土壤生物修复的影响. 土壤, 2001, 33 (4): 185 ~ 188
- 2 Ding KQ, Luo YM, Sun TH. Bioremediation of soil contaminated with petroleum using forced-aeration composting. Pedosphere, 2002, 12 (2): 145 ~ 150
- 3 丁克强, 孙铁衡, 李培军. 石油污染土壤的生物修复技术. 生态学杂志, 2000, 19 (2): 50 ~ 55
- 4 张春桂, 许华夏, 姜晴楠. 污染土壤恢复技术. 生态学杂志, 1997, 16 (4): 52 ~ 58
- 5 戴树桂, 刘小琴, 徐鹤. 污染土壤的植物修复技术进展. 上海环境科学, 1998, 17 (9): 25 ~ 27
- 6 Baltic General Investment Corporation. Method of decontamination of a hydrocarbon-polluted environment by the use of bacterial compositions. Us Patent 5494580, 1996
- 7 Wilson SC, Jones KC. Bioremediation of soil contaminated with polycyclic aromatic hydrocarbons: A review. Environmental Pollution, 1993, 81 (3): 229 ~ 249
- 8 何翊, 魏薇, 吴海. 菌剂-菌根联合修复石油污染土壤的实验研究. 土壤, 2004, 36 (6): 675 ~ 677