

多氯联苯污染土壤的Fenton试剂化学修复效应^①

李秀华^{1,2,3}, 骆永明^{1,2*}, 滕应^{1,2}, 李振高^{1,2}

(1 中国科学院土壤环境与污染修复重点实验室(南京土壤研究所), 南京 210008; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用室内模拟实验, 研究了 0.5 mol/L FeSO₄ 溶液与 1.0 mol/L H₂O₂ 溶液组成的Fenton试剂对污染土壤中PCBs的去除效果。结果表明: 20 ml FeSO₄ + 40 ml H₂O₂ 的Fenton试剂对PCBs污染土壤处理 336 h后, PCBs总量的去除率达 71.9%, 继续增加Fenton试剂剂量或延长Fenton反应时间对PCBs去除效果影响较小。Fenton试剂对三氯、四氯、五氯、六氯等PCBs同系物去除效果较好, 去除率分别为 92.5%、75.8%、51.4%、39.5%。加入Fenton试剂后, 供试土壤的pH值出现明显降低, 而对土壤有机质含量的影响不明显。可见, 该剂量的Fenton试剂对PCBs污染土壤的修复有明显的效果, 是一种可利用的环境修复材料。

关键词: Fenton 试剂; 多氯联苯同系物; 土壤; 修复

中图分类号: X53

多氯联苯 (polychlorinated biphenyls, PCBs) 是环境中优先控制的持久性有机污染物之一。它进入环境后, 受各种因素影响, 在不同的介质中会发生一系列的转化, 最终进入土壤中, 严重威胁着人类和其他生物的健康。因此, 如何去除土壤环境中的PCBs成为人们急需解决的问题。有机污染土壤的修复方法包括物理修复、化学修复和生物修复, 而且各方法具有不同的优缺点及其适用性^[1-7]。通常, 化学氧化法适用于场地有机物污染土壤的修复。土壤化学氧化技术是通过向土壤中投加化学氧化剂 (Fenton试剂、臭氧、过氧化氢、高锰酸钾等), 使其与污染物质发生化学反应来实现净化土壤的目的^[8]。

近年来, Fenton试剂作为一种强氧化剂, 用来去除环境介质中的有机污染物越来越受到人们的重视。Fenton试剂是由Fe²⁺与H₂O₂混合而成, 其氧化反应机理为亚铁离子和过氧化氢反应产生氧化性极强的羟基自由基 (Fe²⁺+H₂O₂→•OH+OH⁻+Fe³⁺)^[9], 它能够裂解并氧化苯环类物质^[10]。目前Fenton试剂主要应用于水体中有机污染物的去除, 如它能够明显降解废水中农药阿特拉津、TCDD、2,4-二氯酚、氯苯、二硝基苯等, 其去除率可达 99%^[11-16]。相比较而言, 针对有机污染土壤的研究报道较少, 仅有部分学者曾尝试用Fenton试剂处理污泥和沉积物中的PAHs、土壤中的阿特拉

津、杂酚油及爆炸物污染土壤等^[17-20], 其研究结果表明Fenton试剂能氧化土壤中难降解的有机污染物。但是, 前人的研究多考虑其去除效果, 缺乏对土壤本身性质影响的评价, 而且针对PCBs污染土壤的修复研究甚少。鉴于此, 本研究以长江三角洲地区某典型PCBs污染土壤为研究对象, 研究不同剂量的Fenton试剂在不同作用时间下对土壤中PCBs的去除效果, 及其对PCBs各同系物的作用, 并评价Fenton试剂对土壤基本性质的影响, 为研发PCBs污染土壤的化学修复技术提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤采自长江三角洲某高风险污染地区的水稻土, 成土母质为老海积物, 土壤系统分类命名为简育水耕人为土。样品采集后在室内自然风干, 研磨过 100 目筛。土壤中有机质为 41.7 g/kg, pH 值为 4.45, PCBs 含量为 464.5 ng/g。供试土壤的 PCBs 同系物含量见表 1。

1.2 主要试剂

试剂: PCBs 标准物质: PCB18、PCB28、PCB52、PCB44、PCB66、PCB101、PCB77、PCB118、PCB153、PCB138、PCB126、PCB128、PCB180、PCB200、PCB170、

①基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (kzcx2-yw-404) 和国家自然科学基金重点项目 (40432005) 资助。

* 通讯作者 (ymluo@issas.ac.cn)

作者简介: 李秀华 (1983—), 女, 江苏姜堰人, 硕士研究生, 主要从事有机污染土壤修复方面的研究。E-mail: xhli@issas.ac.cn

PCB206、PCB209 共 17 种混合标样(数字均为 IUPAC 编号), 购自北京百灵威公司。FeSO₄ (分析纯), H₂O₂ (分析纯, 30%), 丙酮(分析纯), 正己烷(分析纯, 色谱纯), 硅胶(200~300目, 分析纯), 无水硫酸钠(分析纯)。

表 1 供试土壤中 PCBs 同系物的含量
Table 1 Contents of PCBs congeners in soil sample

名称	含量 (μg/kg)	名称	含量 (μg/kg)
PCB28	139	PCB128	4.40
PCB44	39.1	PCB138	17.1
PCB52	107	PCB153	16.9
PCB66	25.7	PCB170	ND
PCB77	19.5	PCB180	11.0
PCB101	18.3	PCB200	8.20
PCB118	22.6	PCB206	11.1
PCB126	17.3	PCB209	7.90

注: ND 为未检出。

1.3 实验设计与实施

称取 500 g 风干土, 按表 2 设计的剂量加入 0.5 mol/L 的 FeSO₄ 溶液和 1.0 mol/L 的 H₂O₂ 溶液(体积比 FeSO₄:H₂O₂=1:2 (Arnold 等^[12]研究认为 FeSO₄:H₂O₂ 以 1:1 加入水体中对阿特拉津效果最好, 由于土壤中含有有机质, H₂O₂ 加入会被有机质消耗, 所以本实验采用体积比 FeSO₄:H₂O₂=1:2)。再加入适量去离子水使每个处理土壤含水量为 70% 田间最大持水量, 拌匀, 装入钵中, 置于光照培养箱中, 25℃ 下光照培养(模拟田间条件)。实验共 6 个处理(表 2), 每个处理设 3 次重复, 在 12、24、48、96、168、336 h 分别取样。

表 2 实验设计
Table 2 Design of the experiment

处理	CK	1	2	3	4	5
FeSO ₄ (ml)	0	2.5	5	10	20	40
H ₂ O ₂ (ml)	0	5	10	20	40	80

1.4 分析方法

1.4.1 PCBs 分析 (1) 土壤样品前处理。称取一定量的鲜样, 加入无水硫酸钠脱去土样中的水分, 再加入 40 ml 正己烷和丙酮(1:1, v/v) 混合液超声萃取 3 min, 静置 12 h 后超声 1 h, 离心(1500 r/min, 5 min) 取上清液, 再加入 20 ml 上述提取剂超声 30 min, 离心, 重复一次, 然后合并上清液旋转蒸发浓缩至 5 ml, 用正己烷转移至分液漏斗中, 加入此提取剂体积 1/10

左右的浓硫酸, 振荡, 静止分层后, 弃去硫酸层, 重复数次, 直至加入的提取液两相界面清晰均呈无色透明时止。然后加入 0.14 mol/L 的硫酸钠溶液, 振荡, 静止分层, 弃去水层, 重复数次至提取液呈中性。过无水硫酸钠-硅胶净化柱纯化, 收集液旋转蒸发至 1 ml 左右, 用正己烷定容至 5 ml, 密封保存于 4℃ 冰箱中, 供 GC-ECD 测定^[21]。该方法回收率为 76.34%~98.52%。

(2) GC-ECD 测定条件。色谱柱: CP-sil24CB (30 m × 0.25 m × 0.25 m); 进样口温度: 260℃; 检测器温度: 300℃; 柱温: 程序升温, 初始 120℃ 保持 0.5 min, 以 10℃/min 上升至 180℃, 保持 1 min 后以 15℃/min 上升至 250℃, 保持 25 min, 再以 20℃/min 上升至 280℃, 保持 1 min。0.75 min 后分流进样, 分流比设为 30; 载气: 高纯氮, 流速 1.0 ml/min, 线速度为 13.5 cm/s^[22]。仪器检测限为 1.43~5.10 ng/g。

1.4.2 土壤基本性质的分析 pH 值采用 1:2.5 水土比, pH 计测定。有机质用高温外热重铬酸钾氧化-容量法测定^[23]。

1.5 统计分析

数据分析与统计采用 Excel 和 SPSS15.0 进行。

2 结果

2.1 土壤 PCBs 总量的变化

2.1.1 不同处理条件下土壤 PCBs 总量的动态变化

从图 1 可以看出, 随着培养时间的延长, 5 个处理土壤中 PCBs 含量与对照相比均出现了不同程度的降低。12 h 时, 各处理土壤中 PCBs 含量降低较少, 且处理和对照间差异不显著, 24、48、96 h 时土壤中 PCBs 含量均有所降低, 且与对照间的差异达到显著水平 ($p < 0.05$)。到 168 h 时, 土壤中 PCBs 含量出现极显著变化 ($p < 0.01$), 至 336 h 时各处理土壤的 PCBs 含量几乎维持稳定状态。

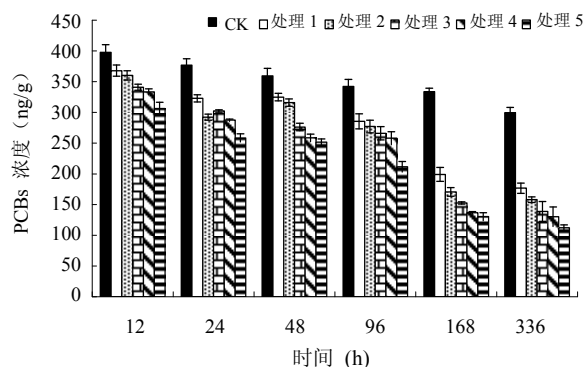


图 1 不同处理条件下土壤 PCBs 含量随时间日动态变化
Fig. 1 The dynamic changes of PCBs contents in soils under different treatments

2.1.2 不同处理条件下土壤PCBs去除率的变化

去除率能更加直观地看出该 Fenton 试剂对 PCBs 的去除效果[去除率(%) = 100 × (供试土壤 PCBs 含量 - 处理后土壤中 PCBs 含量) / 供试土壤 PCBs 含量]。从图 2 中可以看出：在 168 h 前，土壤中 PCBs 去除率缓慢增加，至 168 h 时 PCBs 去除率呈现显著提高，达 71.9%。在 336 h 时土壤中 PCBs 去除率较 168 h 时略有增大，但变化很小。与对照相比，5 个处理土壤中 PCBs 去除率呈现显著差异 (p<0.05)，其中处理 5 的去除率最高。但这里值得一提的是，本实验中对照处理的土壤去除率高达 35.5%，这可能与供试土壤水分调节激发了土著微生物

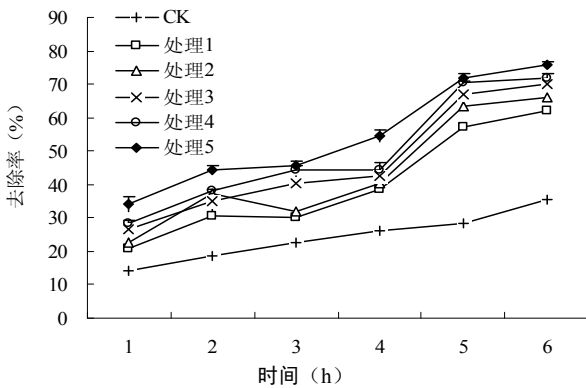


图2 不同处理条件下 PCBs 去除率的动态变化
Fig. 2 The dynamic changes of removal rate of PCBs in soils under different treatments

活性，从而增加了土壤中 PCBs 的降解有关。

2.2 土壤 PCBs 各同系物含量变化 (以氯原子个数计)

图 3 显示了不同时间条件下土壤中三氯、四氯、五氯、六氯 PCBs 含量的动态变化。由图 3 可以看出，Fenton 试剂对土壤中三氯 PCBs (包含 PCB28)、四氯 (PCB44、PCB52、PCB66、PCB77) 的去除效果明显 (图 3 中所示为三氯、四氯 PCBs 的总量，下同)，在 168 h 时，处理 5 土壤中三氯 PCBs 总量降到 10.7 ng/g，去除率达 91.4%，四氯 PCBs 含量下降到 51.00 ng/g，去除率达到 73.32%。48 h 时，处理 2 和处理 3 土壤中三氯、四氯 PCBs 含量略高于 24 h，可能是部分高氯 PCBs 转化为三氯、四氯 PCBs。

Fenton 试剂对土壤中五氯 PCBs (PCB101、PCB126、PCB118)、六氯 PCBs (PCB128、PCB138、PCB153) 的去除效果比三氯、四氯 PCBs 差，且没有明显的规律性。这可能与供试土壤中五氯、六氯 PCBs 含量较低有关。Fenton 试剂作用后，处理 5 中五氯 PCBs 含量从 62.01 μg/kg 降低到 28.29 μg/kg，去除率达 51.4%，六氯 PCBs 含量从 41.81 ng/g 下降到 23.22 ng/g，降解率为 44.46%，说明 Fenton 试剂对五氯、六氯 PCBs 作用效果比较明显。

图 4 显示了不同时间条件下土壤中七氯、八氯、九氯、十氯 PCBs 含量的动态变化。供试土壤中七氯 PCBs (PCB170、PCB180) 在 96 h 时其含量降至 8 ng/g

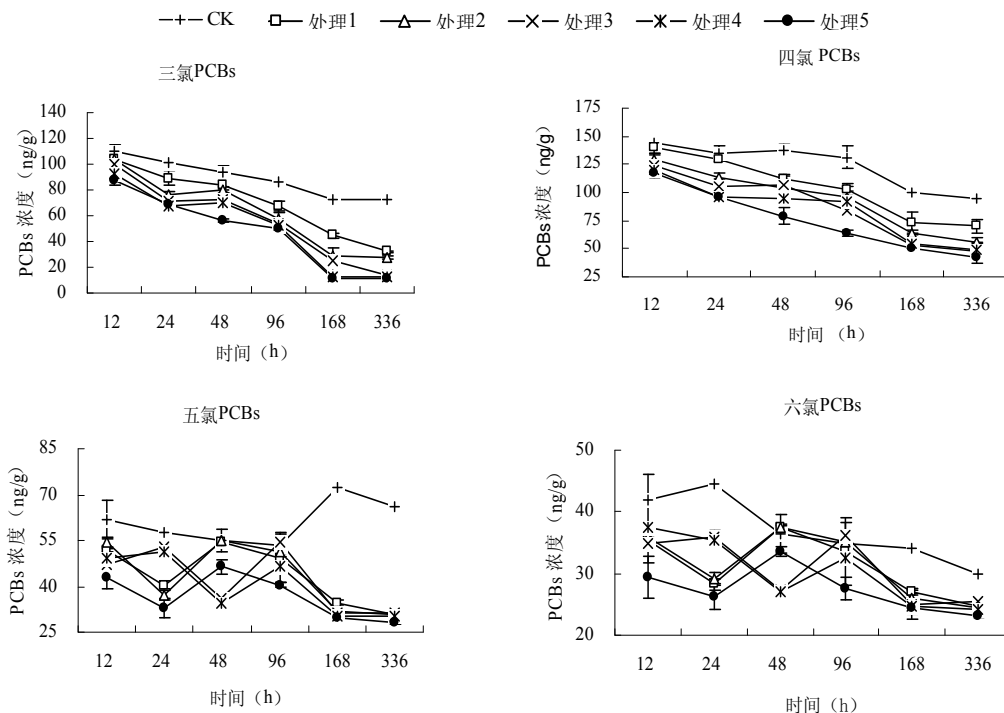


Fig. 3 Dynamic changes of Tri-Cl PCBs, Tetra-Cl PCBs, Penta-Cl PCBs and Hexa-Cl PCBs contents in soil

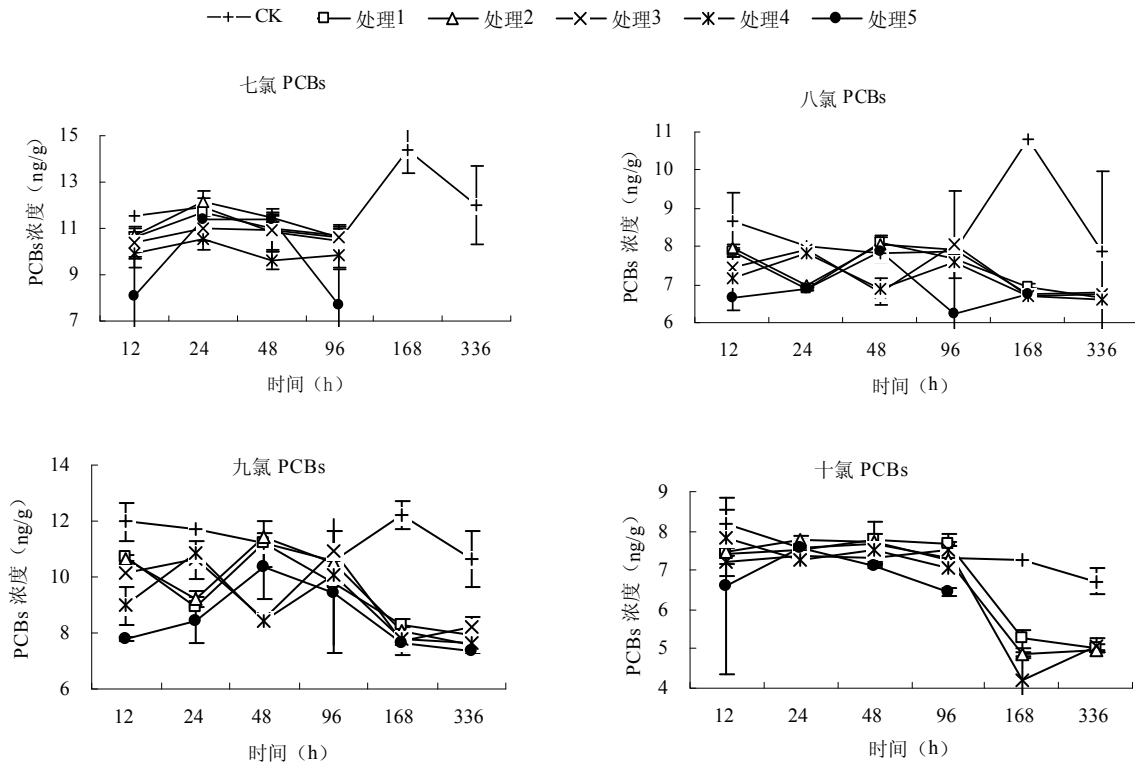


图 4 土壤中七氯、八氯、九氯、十氯 PCBs 含量的动态变化

Fig. 4 Dynamic changes of Hepta-Cl PCBs, Octa-Cl PCBs, Nona-Cl PCBs and Deca-Cl PCBs contents in soil

以下, 168 h 时除对照以外, 各处理中七氯 PCBs 均完全消失, 表明 Fenton 试剂对七氯 PCBs 去除效果较好。从图 4 中还可看出, 八氯 PCBs (PCB200)、九氯 PCBs (PCB206) 含量几乎不变。在 96 h 以前土壤中十氯 PCBs (PCB209) 含量几乎不变, 到 168 h 时, 加入 Fenton 试剂的处理中十氯 PCBs 含量呈现一定程度的降低, 其

中处理 4、处理 5 中已检测不到十氯 PCBs。

2.3 土壤 pH 值和有机质

表 3 显示了不同处理条件下土壤中 pH 值和有机质的变化。从表 3 中可以看出, Fenton 试剂加入土壤后, pH 值降低较明显, 有机质含量也有一定降低, 但影响较小。

表 3 土壤 pH 值和有机质的变化

Table 3 Changes of pH value and organic matter content in soil used

处理	本底值	CK	处理1	处理2	处理3	处理4	处理5
pH 值	4.45	4.52 a	4.42 b	4.33 c	4.16 d	3.95 e	3.62 f
有机质 (g/kg)	41.7	42.1 a	41.6 a	41.5 a	41.4 a	40.5 a	40.3 a

注: 不同字母表示差异显著 $p < 0.05$ 。

3 讨论

化学修复是一种快速、彻底的修复技术, 尤其适用于重污染场地。Fenton 试剂是化学修复中常用的一种强氧化剂, 具有反应迅速、温度和压力等反应条件缓和等优点。对于芳香族化合物来说, $\cdot\text{OH}$ 自由基可以破坏芳香环, 使其转化成脂肪族化合物, 从而消除

芳香族化合物的生物毒性^[24]。从 Fenton 试剂本身来说, 它在土壤中的作用与在水体中的作用不一样, 是一个相对缓慢的过程。同等浓度的 Fenton 试剂, 在水体中 2~24 h 即可完全反应^[25], 而在土壤中, 则需要较长时间。因为在液相体系中, Fenton 试剂可以直接作用于污染物, 所以反应较快。而土壤是一个固相体系, Fenton 试剂不易直接作用于污染物, 其作用过

程要复杂得多。而且土壤本身是一个复杂的体系,作用过程可能与土壤的性质有关。本研究选择低浓度的 Fenton 试剂作用于高风险区 PCBs 污染土壤,作用 168 h 土壤中 PCBs 总量去除率达 71.9%。作用 336 h, 土壤中 PCBs 含量趋于稳定,这可能与 Fenton 反应过程中会有一些副反应有关,如副反应中会产生 $\text{HO}_2\cdot$ 、 $\text{O}_2\cdot^-$ 、 HO_2^- 等自由基,它们比 $\cdot\text{OH}$ 的氧化能力更强^[26],但副反应的进行缓慢。

从土壤中 PCBs 同系物来看, Fenton 试剂对三氯、四氯、五氯、六氯 PCBs 作用速度较快且去除效果较明显,主要是由于这些 PCBs 属于低氯,易降解,且其具有一定的半挥发性,在土壤中易于自然降解。而对七氯、八氯、九氯、十氯 PCBs 的作用比较缓慢,需要在 168 h 时才出现较明显的变化,其可能原因有:①供试土壤中高氯 PCBs 含量较低,且与土壤有机质结合,需要较长时间才能与 Fenton 试剂作用;②Fenton 试剂浓度较低,对土壤中高氯污染物的氧化能力有限。

本实验是在人工气候箱中进行的,实验过程中土壤水分一直保持在田间最大持水量的 60% 左右,温度为 25℃,恒定的温度与适宜的水分,有利于土壤中土著微生物的生长,其中一些功能微生物能降解土壤中的 PCBs,尤其是低氯 PCBs。所以出现对照处理土壤中虽然未添加 Fenton 试剂,但其 PCBs 总量的去除率达 35.5%。而且其 PCBs 同系物中也出现类似现象。这说明适宜的温度和水分条件有利于土壤中 PCBs 的降解,尤其是低氯 PCBs^[27-28]。

加入该剂量 Fenton 试剂后,供试土壤的 pH 值出现一定程度的降低,从原始土壤 pH 值 4.45 下降至 3.62。Arnold 等^[12]研究 Fenton 试剂对阿特拉津作用时得出:pH 在 3~9 时,对阿特拉津的去除率为 99%~37%,即 pH 值低, Fenton 试剂对土壤中 PCBs 的去除率较高。所以本研究中土壤 pH 值降低,有利于 Fenton 反应进行,对污染物的去除效果更好。土壤有机质含量变化很小,几乎可以忽略。燕启社等^[29]研究表明,当 Fenton 氧化剂的剂量为 2.5 mmol/g 土时,有机质的降解率达 22.5%,本实验 Fenton 氧化剂的剂量最大只有 0.016 mmol/g 土,由于施用剂量较小,对土壤有机质影响不大。可见,本研究使用的 Fenton 试剂浓度不仅能有效地去除土壤中的 PCBs,而且对土壤有机质的破坏性小,是一种有应用前景的修复剂。

4 结论

通过本研究发现,0.5 mol/L 的 FeSO_4 溶液 40 ml 与 1 mol/L 的 H_2O_2 溶液 80 ml 组成的 Fenton 试剂能有效地去除土壤中 PCBs,其去除率可达 71.9%,而且对三氯、四氯、五氯、六氯等 PCBs 同系物的去除效果较为明显。Fenton 试剂加入后虽然土壤 pH 值有一定程度的降低,但是对土壤有机质的破坏性较小。因此,基于污染土壤的再利用,本研究采用的低剂量 Fenton 试剂,是一种具有应用潜力的土壤化学修复剂。

参考文献:

- [1] Ockende WA, Breivik K, Meijer SN, Steinnes E, Sweetman AJ, Jones KC. The global recycling of persistent organic pollutants is strongly retarded by soils. *Environ. Pollut.*, 2003, 121(1): 75-80
- [2] 郑海龙, 陈杰, 邓文靖. 土壤环境中的多氯联苯 (PCBs) 及其修复技术. *土壤*, 2004, 36(1): 16-20
- [3] 安琼, 董元华, 王辉, 陈芳, 张劲强. 长江三角洲典型地区农田土壤中多氯联苯残留状况. *环境科学*, 2006, 27(3): 528-532
- [4] 毕新慧, 储少岗, 徐晓白. 多氯联苯在土壤中的吸附行为. *中国环境科学*, 2001, 21(3): 284-288
- [5] 高军, 骆永明. 多氯联苯 (PCBs) 污染土壤生物修复的研究进展. *安徽农业科学*, 2005, 33(11): 2119-2121
- [6] Stuart J, Harrad D. PCBs in environment in British. *Environment Pollution*, 1994, 13(5): 131-142
- [7] 滕应, 骆永明, 高军, 李振高. 多氯联苯污染土壤菌根真菌-紫花苜蓿-根瘤菌联合修复效应. *环境科学*, 2008, 29(10): 2925-2930
- [8] 骆永明. 污染土壤修复技术研究现状与趋势. *化学进展*, 2009, 21(2/3): 558-565
- [9] Haber F, Weiss JJ. The catalytic decomposition of hydrogen peroxide by iron salts. *Proc. R. Soc.*, 1934, 147(51): 332-345
- [10] 朱秀华, 张诚, 丁珂, 沙宇. 处理硝基苯类废水的 Fenton 催化氧化技术研究现状. *工业水处理*, 2007, 27(3): 1-3
- [11] Teel AL, Warberg CR, Atkinson DA, Watts RJ. Comparison of mineral and soluble iron Fenton's catalysts for the treatment of trichloroethylene. *Water Res.*, 2000, 34(13): 1791-1802
- [12] Arnold SM, Hickey WJ, Harris RF. Degradation of atrazine by Fenton's reagent: Condition optimization and product quantification. *Environ. Sci. Technol.*, 1995, 29(8): 2083-2089
- [13] Kao CM, Wu MJ. Enhanced TCDD degradation by Fenton's reagent preoxidation. *Journal of Hazardous Materials*, 2000, 74(3): 197-211

- [14] Oliveira R, Almeida MF, Santos L, Madeira LM. Experimental design of 2,4-dichlorophenol oxidation by Fenton's reaction. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 2006, 45:1266-1276
- [15] Sedlak DL, Andren AW. Oxidation of chlorobenzene with Fenton's reagent. *Environ. Sci. Technol.*, 1991, 25(4): 777-782
- [16] 余宗学. 利用Fenton试剂预处理间二硝基苯生产废水. *环境污染与防治*, 2002, 24(5): 282-284
- [17] Flotron V, Delteil C, Padellec Y, Camel V. Removal of sorbed polycyclic aromatic hydrocarbons from soil, sludge and sediment samples using the Fenton's reagent process. *Chemosphere*, 2005, 59(10): 1427-1437
- [18] Mecozzi R, Palma LD, Merl C. Experimental in situ chemical peroxidation of atrazine in contaminated soil. *Chemosphere*, 2006, 62(9): 1481-1489
- [19] Palmroth MT, Langwaldt JH, Aunola TA, Goi A, Munster U, Puhakka JA, Tuhkanen TA. Effect of modified Fenton's reaction on microbial activity and removal of PAHs in creosote oil contaminated soil. *Biodegradation*, 2006, 17(2): 29-39
- [20] 何义亮, Hughes JB, SooHan S. Fenton氧化处理爆炸物污染土壤的实验研究. *环境科学学报*, 2007, 27(10): 1657-1662
- [21] 申荣艳, 骆永明, 章钢娅, 李振高, 滕应, 钱薇. 长江三角洲地区城市污泥中多氯联苯和有机氯农药含量与组分研究. *土壤*, 2006, 38 (5): 539-546
- [22] 滕应, 骆永明, 李振高, 邹德勋. 多氯联苯复合污染土壤的土著微生物修复强化措施研究. *土壤*, 2006, 38(5): 645-651
- [23] 鲁如坤. *土壤农业化学分析方法*. 北京: 中国农业科技出版社, 1999: 12-19
- [24] 王罗春, 闻人勤, 丁桓如. Fenton 试剂处理难降解有机废水及其应用. *农业环境保护*, 2001, 27(105): 11-14
- [25] 解清杰, 吴荣芳, 卢娜, 王琳玲, 陆晓华. Fenton试剂处理六氯苯废水的试验研究. *环境技术*, 2004, 22(5): 40-43
- [26] Watts RJ, Stanton PC, Howsawkung J, Teel AL. Mineralization of a sorbed polycyclic aromatic hydrocarbon in two soils using catalyzed hydrogen peroxide. *Water Research*, 2002, 36(17): 4283-4292
- [27] 陈胜兵, 何少华, 娄金生, 谢水波. Fenton试剂的氧化作用机理及其应用. *环境科学与技术*, 2004, 27(3): 105-107
- [28] 杜社妮, 梁银丽, 徐福利, 陈志杰. 温室黄瓜产量和土壤微生物随土壤水分的变化特征研究. *中国农学通报*, 2005, 21(5): 300-303
- [29] 燕启社, 孙红文. Fenton氧化对土壤有机质及其吸附性能的影响. *农业环境科学学报*, 2006, 25(2): 412-417
- [30] Arnold SM, Hickey WJ, Harris RF. Degradation of Atrazine by Fenton's Reagent: Condition Optimization and Product Quantification. *Environ. Sci. Technol.*, 1995, 29(8): 2083-2089

Chemical Remediation Effect of Fenton Reagent on PCB-Contaminated Soils

LI Xiu-hua^{1,2,3}, LUO Yong-ming^{1,2}, TENG Ying^{1,2}, LI Zhen-gao^{1,2}

(1 Key Laboratory of Soil Environment and Pollution Remediation, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China; 2 Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Effects of Fenton reagent made of 1mol/L H₂O₂ and 0.5mol/L FeSO₄ on chemical remediation of PCB-contaminated soils were studied under indoor culture condition. The results showed that the removal rate of soil PCBs reached to 71.9% after the soil being treated with 20ml FeSO₄ and 40ml H₂O₂ for 168 hours, but later, this removal effect changed a little with the increase of Fenton reagent dose and reaction time. The removal rate of Tri-Cl to Hexa-Cl PCBs in soil were 92.5%, 75.8%, 51.4% and 39.5% respectively. After adding Fenton reagent, soil pH decreased obviously while soil organic matter content changed little. The results indicated that Fenton reagent can remove effectively PCBs in soil, it is an available material for chemical remediation.

Key words: Fenton reagent, PCBs congener, Soil, Remediation