

Oil Pollution Effects on Different Types of Soil Rape Growth

Fuli Zheng^{1,2}, Deshui Tan^{1,2}, Ye Tian^{1,2}, Lihua Jiang^{1,2}, Bosong Zhang^{1,2*}

¹Agricultural Resources and Environment Institute, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Jinan Shandong

²Shandong Provincial Key Laboratory of Plant Nutrition and Fertilizer, Jinan Shandong

Email: miss_xin@126.com

Received: Jan. 18th, 2016; accepted: Feb. 1st, 2016; published: Feb. 4th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

By rape pot experiment, rape response of three-type soils in Shandong Province to incorporation of oily sludge was studied. Rape biomass and physiologic indices included yield, chlorophyll content, POD, NR activity, root vigor and cell membrane permeability. The results showed that effects of oil-pollution on rape were varied with different soil types. The effect of petroleum hydrocarbon on rape growth in brown soil was lightest. The ability to repair for oily sludge was stronger in brown soil. Rape growth was best and yield was highest. Effects on rape growth were varied with petroleum hydrocarbon content. Petroleum hydrocarbon could promote rape growth when the consistency was 500 mg/kg. It increased rape yield. But when the petroleum hydrocarbon consistency > 500 mg/kg, the harm of rape was more serious. It was shown that rape yield was decreased. Chlorophyll content and root activity and NR activity reduced gradually with the increase of petroleum hydrocarbon consistency. Cell permeability and POD activity increased rapidly with the increase of petroleum hydrocarbon consistency.

Keywords

Petroleum Hydrocarbon Pollution, Rape, Soil Type, Physiological Index

石油污染物对不同类型土壤油菜生长的影响

郑福丽^{1,2}, 谭德水^{1,2}, 田叶^{1,2}, 江丽华^{1,2}, 张柏松^{1,2*}

¹山东省农业科学院农业资源与环境研究所, 山东 济南

*通讯作者。

文章引用: 郑福丽, 谭德水, 田叶, 江丽华, 张柏松. 石油污染物对不同类型土壤油菜生长的影响[J]. 世界生态学, 2016, 5(1): 1-7. <http://dx.doi.org/10.12677/ije.2016.51001>

²山东省植物营养与肥料重点实验室, 山东 济南
Email: miss_xin@126.com

收稿日期: 2016年1月18日; 录用日期: 2016年2月1日; 发布日期: 2016年2月4日

摘 要

本文通过油菜盆栽试验, 研究了山东三大类型土壤上石油污染物对油菜产量和叶绿素含量、POD、硝酸还原酶活性、根活力、细胞膜透性等一系列生理指标的影响。研究表明: 不同土壤类型油菜的生长受石油污染物影响的程度不同, 其中棕壤土上油菜生长受土壤石油烃含量的变化影响较小, 对石油烃造成的影响修复能力较强, 油菜长势最好产量最高。不同石油烃含量对油菜生长的影响也不同, 当石油烃含量为500 mg/kg时, 与空白处理相比, 油菜产量有所增加, 但随石油烃含量继续增大, 对油菜的影响也越明显, 表现为油菜产量、叶绿素含量、根活力、硝酸还原酶活性大幅降低, 细胞膜透性和POD大大增加。

关键词

石油烃污染, 油菜, 土壤类型, 生理指标

1. 引言

石油是由上千种化学性质不同的物质组成的复杂混合物, 主要包括饱和烃、芳香烃类化合物、沥青质、树脂类等[1]。在石油生产、贮运、炼制加工及使用过程中, 由于井喷、泄漏、检修等原因都会有石油烃类的溢出和排放, 造成落地石油污染, 已成为石油污染的主要原因之一[2]。中国每年有 60 多万吨石油进入环境, 污染土壤、地下水、河流和海洋[3]。石油进入土壤后难以去除, 在环境中残留时间较长, 对土壤微生物和土壤—植物生态系统, 甚至地下水产生污染, 影响土壤肥力, 破坏土壤生产力。其所产生的危害主要体现在以下几方面: 影响土壤的通透性, 降低土壤质量; 阻碍植物根系的呼吸与吸收, 引起根系腐烂, 影响农作物的根系生长; 使土壤有效磷、氮的含量减少, 影响作物的营养吸收; 石油中的多环芳烃具致癌、致变、致畸等作用, 能通过食物链在动植物体内逐级富集, 危及人类健康; 石油烃中不易被土壤吸附的部分能渗入地下并污染地下水[4]-[6]。

石油污染在中国十分严重, 其中, 石油对土壤的问题尤其突出, 因而迫切需要针对石油污染物在可持续发展农业中的安全性进行评价。本研究利用山东胜利油田开采的含油污泥, 按不同比例混入山东省三种主要的土壤类型, 以盆栽油菜为基础, 通过研究石油污染物对油菜产量及生理指标的影响, 评价了不同类型的土壤对不同含量石油污染物的反应差异, 为石油污染物的安全处理及污染土壤的复垦利用提供科学依据。

2. 材料与方法

2.1. 材料

油菜(*Brassica juncea* L.)品种为苏州青。石油污染物是指含石油原油的污泥通过微生物原位堆肥处理[5]后的产物, 其总石油烃含量为 62 g/kg。

2.2. 试验设计

本试验设三种土壤类型四种石油污染物浓度共 12 个处理, 每个处理四个重复。三种土壤类型分别为

棕壤、褐土和潮土, 4 种石油污染物中总石油烃浓度分别为 0 mg/kg, 500 mg/kg, 1000 mg/kg, 2000 mg/kg, 即按土壤中石油烃浓度分别为 0、500 mg/kg、1000 mg/kg、2000 mg/kg 4 个水平加入土壤中, 混合均匀、静置 7 日, 使土壤与石油污染物充分接触后待用。

每盆装土 5 kg, 施尿素 1.5 g、磷酸二铵 1.75 g、硫酸钾 2.0 g 作为基肥, 同时每盆按照试验设计要求加入不同量的石油土。试验于 4 月 14 日播种, 每盆播 25 粒左右种子, 覆土 1 cm 左右, 同时草帘子覆盖遮荫保湿, 6 月 7 日全部收获, 然后进行油菜指标的室内分析。盆栽试验期间正常水分病虫害管理。

2.3. 测定方法

收获后测定油菜产量, 采样方法为全盆油菜全部带回实验室后洗净把根和叶片分开, 然后分别剪碎混匀留待称样测定各项指标。细胞膜透性测定按照电导法[7], 根活力测定按照 TTC 法[7], 叶绿素含量测定按照波钦诺克法[8], POD 活性测定按照愈创木酚氧化法[7], 硝酸还原酶活性测定按照磺胺比色法[7]。试验数据采用 DPS 2.0 进行统计分析。土壤石油烃含量测定按照超声-紫外法[9], 即以三氯甲烷作为提取剂抽提土壤中的石油类物质时, 最佳超声提取条件是: 超声波功率为 25 w, 室温下超声提取 15 min; 每个样品提取 2 次, 每次加入提取剂 20 ml。将提取物中的溶剂蒸发后, 用石油醚溶解残余物; 再用紫外分光光度法在 225 nm 进行测定。

3. 结果分析与讨论

3.1. 石油污染物对油菜产量及株高的影响

从图 1 中可以看出, 各处理对油菜产量及油菜株高的影响都很明显, 尤其是对油菜产量的影响, 各处理之间差异可达极显著水平, 不管是哪种土壤类型当石油污染物浓度为 500 mg/kg 时对油菜的产量和株高都具有明显的促进作用, 油菜产量最高可增产 19%, 潮土表现最差也增产 8.32%, 但是随着浓度的加大石油污染物对油菜生长的抑制作用就开始体现出来了, 当石油烃浓度达 2000 mg/kg 时, 油菜的生长明显受到了抑制, 油菜产量最高减产达 17.01%。从图 2 油菜株高的变化我们可以更明显的看出, 无论以上哪种土壤类型哪个时期, 其石油烃浓度 2000 mg/kg 处理的油菜生长都是最慢的, 其株高要比空白处理的油菜矮 3%~16%左右, 这说明高浓度的石油烃明显抑制了油菜的生长。石油烃含量低时对油菜的生长具有一定的刺激作用, 但是随着浓度的增大, 对油菜生长及产量的负面作用也逐渐加强。虽然加入石油烃之后三种土壤类型上表现出来的规律是基本一致的, 但是三种土壤之间差别很大, 潮土无论是产量还是油菜株高都显著不如棕壤和褐土, 而棕壤上油菜的产量和油菜的株高都是最高的, 但是褐土上加入石油污染物的效果是最明显的, 无论是低浓度时产生的促进作用还是高浓度产生的抑制作用, 这可能是由于不同的不同类型之间其土壤质地及构造的差别所造成的。

3.2. 石油污染物对油菜生理指标影响的研究

3.2.1. 石油污染物对细胞膜透性的影响

细胞膜透性反映出质膜受伤害的程度, 也能反映植物组织抗逆性的强弱, 组织受伤害越严重, 电解质增加越多, 细胞膜透性越大。从图 3 中可以看出, 未加石油污染物的油菜叶片的细胞膜透性为 27.99%, 加入石油污染物后, 油菜叶片的细胞膜透性开始增加, 尤其是在石油烃浓度达 1000 mg/kg 之后迅速增大, 石油烃浓度为 500 mg/kg 时, 细胞膜透性仅为 28.9%, 石油烃浓度为 1000 时透性为 30.65%, 浓度达到 2000 mg/kg 时细胞膜透性达 39.05%, 与空白处理相比细胞膜透性已经增加了 43%, 各处理与空白处理间的差异均达极显著水平, 各加石油污染物的处理间的差异也达到了显著水平, 这说明添加石油污染物后, 油菜叶片的细胞膜受到了不同程度的伤害, 随着石油烃浓度的加大, 其受伤害的程度也不断增大。

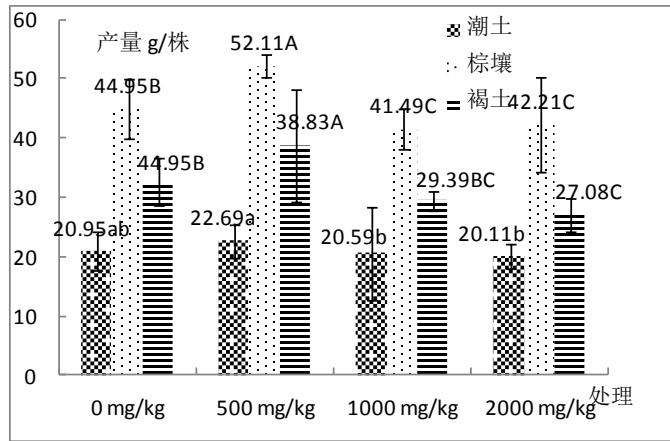


Figure 1. Rape yield in different soils
图 1. 不同土壤类型油菜产量

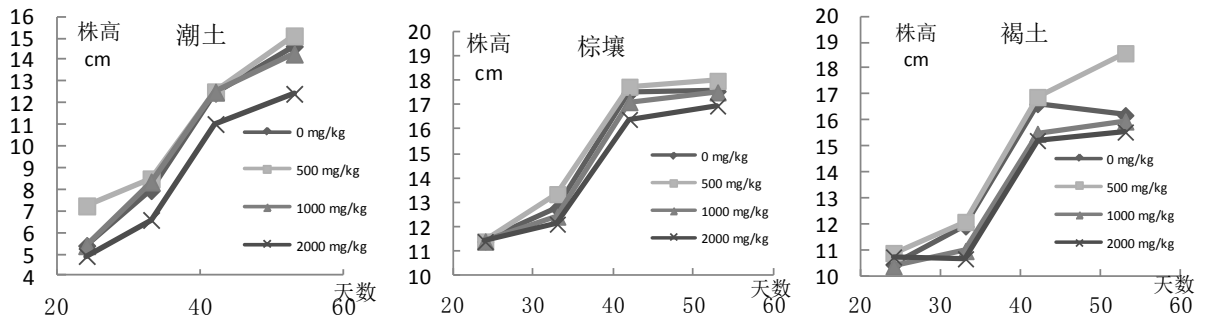


Figure 2. Effect of oil-pollution on rape height in different periods
图 2. 石油污染物对油菜不同时期株高的影响

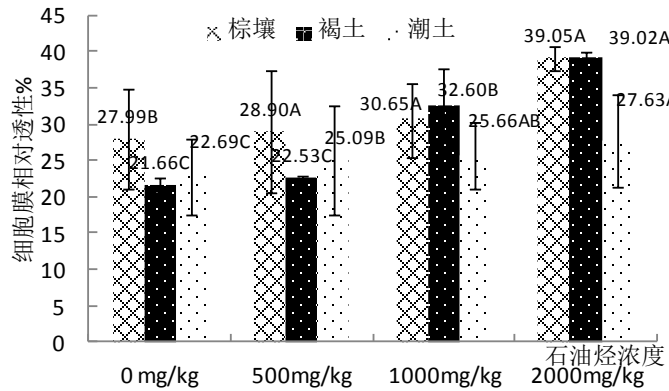


Figure 3. Effect of oil pollution on cell membrane permeability
图 3. 石油污染物对细胞膜透性的影响

3.2.2. 石油污染物对 POD 的影响

POD 在植株体内广泛存在, 并具有多种生理功能, 对环境变化反应灵敏, 其数值大小往往与植物的生长成负相关, 其活性的上升是植物对逆境的适应性反应, 可用来鉴别环境污染对植物的毒害及确定临界含量[10] [11]。从下图的变化可以看出油菜 POD 变化趋势与细胞膜透性相同(图 4), 加入石油污染物后油菜的 POD 迅速增大, 随着石油烃浓度的增大 POD 也逐渐增大, 而且与空白处理的差异均达到了极显

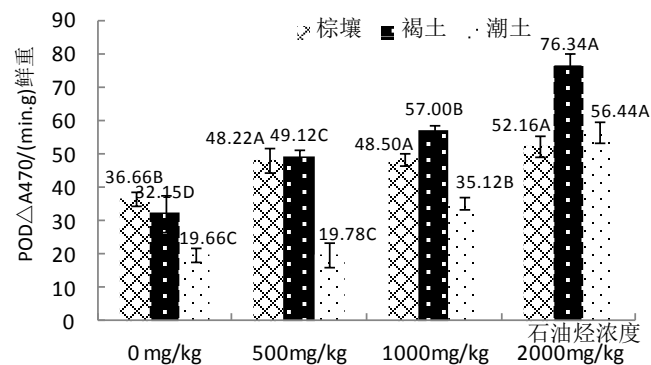


Figure 4. Effect of oil pollution on rape's POD

图 4. 石油污染物对油菜 POD 的影响

著水平, 2000 mg/kg 时油菜的 POD 已经接近空白处理油菜 POD 的 1.5 倍。从 POD 的变化就可以知道, 石油污染物对油菜产生了很大的毒害作用, 随着石油烃浓度的增大其毒害作用也增大。

3.2.3. 石油污染物对根活力的影响

根系活力是指根系的吸收与合成能力, 是反应的植物根系物质代谢与能量代谢强弱的重要生理指标。当加入石油污染物后油菜的根系受到了明显的伤害(图 5), 其根系活力明显下降, 当石油烃浓度达到 1000 mg/kg 时, 根系活力仅为 1.43。从方差分析的结果也可以看出, 每个石油污染物的处理与空白处理之间的差异均达到了极显著水平, 各个石油污染物的处理之间的差异也很明显, 这说明加入石油污染物后明显伤害了油菜的根系, 随着石油烃浓度的加大, 其根系受伤害的程度也明显增大。

3.2.4. 石油污染物对硝酸还原酶活性的影响

硝酸还原酶是反应植株体内氮素代谢的一个生理指标, 硝酸还原酶在植株体内可催化 NO_3^- 转化为 NO_2^- , 其活性越强 NO_3^- 转化速率越大, 植株的氮素代谢就越旺盛, 硝酸还原酶活性通常被看作是诊断氮素营养的一项重要指标[12]-[14]。从下图硝酸还原酶活性的变化可以看出, 当石油烃浓度为 500 mg/kg 时, 油菜体内硝酸还原酶的活性还有所上升(图 6), 但当石油烃浓度为 1000 mg/kg 时, 其活性就已经下降到了 $38.15 \mu\text{g NO}_2^-/(\text{g}\cdot\text{h})$, 与空白处理的差异就达到了极显著水平了, 与 500 mg/kg 处理的差异也是极显著水平, 当浓度达到 2000 mg/kg 时其活性就下降的更明显了, 与空白处理相比下降了 25% 左右。这可能是由于石油烃中含有的一些其他的成分使得石油烃浓度在小于 500 mg/kg 时对油菜体内的硝酸还原酶活性还表现出了一定的促进作用, 但是当石油烃浓度超出一定范围时就开始对对硝酸还原酶活性产生抑制作用了, 而且随着浓度的加大其抑制作用也明显的迅速增大, 其表现为硝酸还原酶活性迅速下降。

3.2.5. 石油污染物对叶绿素含量的影响

当植株受到伤害时叶片的光合作用会受到影响, 叶片中的叶绿素含量跟着发生变化[15]。当处理中加入石油污染物时油菜叶片中的叶绿素含量明显下降(图 7), 当石油烃浓度为 1000 mg/kg 时, 其叶绿素含量与 500 mg/kg 时基本相同, 之后随着浓度的加大叶绿素含量开始明显下降, 当石油烃浓度为 2000 mg/kg 时油菜叶片叶绿素含量仅为 0.17, 与空白相比下降了近 21%, 但是各加石油污染物的处理之间的差异不是很明显, 只是随着石油烃浓度的加大其油菜叶片中叶绿素含量也逐步下降。

4. 结论

1) 本试验的研究结果表明, 不同浓度的石油烃在三种类型土壤上对油菜生长的影响表现一致, 油菜产量的最高值均出现在土壤石油烃浓度为 500 mg/kg 的处理上, 这说明低浓度的石油烃在一定程度上增

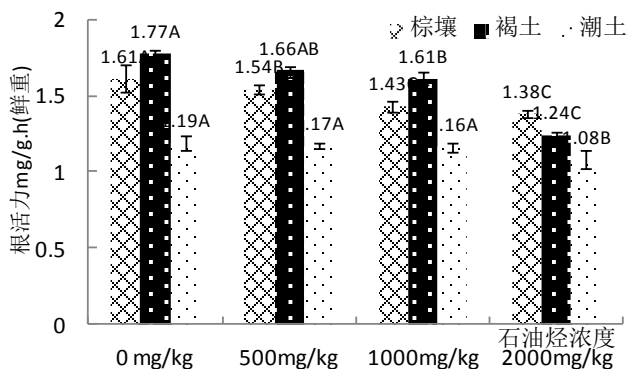


Figure 5. Effect of oil pollution on root vigor

图 5. 石油污染物对根活力的影响

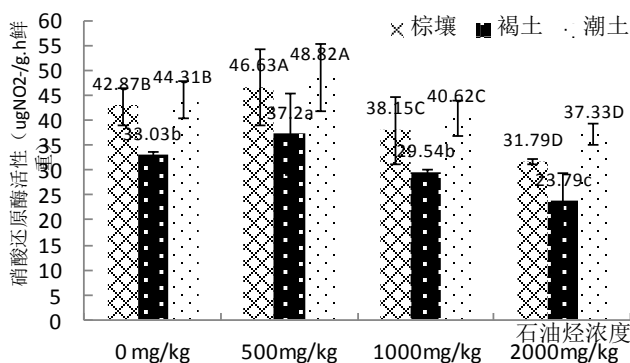


Figure 6. Effect of oil pollution on NR activity

图 6. 石油污染物对硝酸还原酶活性的影响

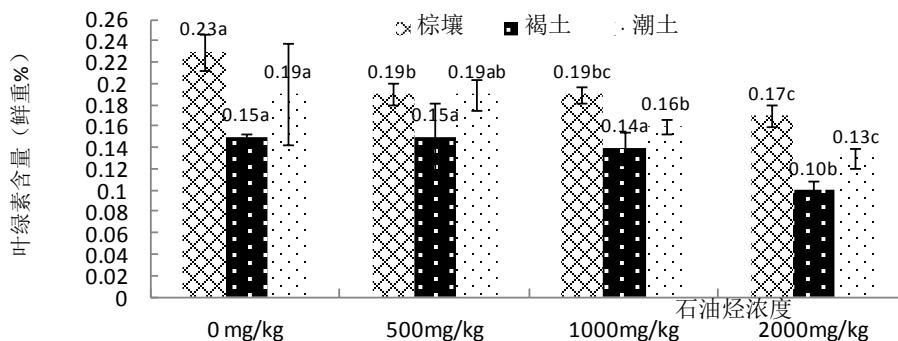


Figure 7. Effect of oil pollution on chlorophyll content

图 7. 石油污染物对叶绿素含量的影响

加了油菜的产量，但随着石油烃浓度增加产量急剧下降。从其生理指标看，石油烃的存在降低了油菜根系活力和叶绿素含量，增大了油菜叶片细胞膜透性和 POD 值，浓度越大伤害越严重，产量也随之明显降低，但是由于石油烃在低浓度时对油菜的硝酸还原酶活性还有一定的促进作用，这样随着硝酸还原酶活性的有所增高，加速了油菜体内的 NO₃⁻ 的转化，油菜体内的 NO₃⁻ 浓度降低，于是根系从土壤中吸收的 NO₃⁻ 就更多，油菜氮代谢随着碳代谢的旺盛而更加旺盛，最终表现为油菜的产量有所增加，而且此浓度对油菜生理指标方面的影响也很小。但是当石油烃浓度高于 500 mg/kg 时，其毒害作用随着浓度的增大也就更加显现出来了，由于石油烃的破坏作用使得油菜叶片叶绿素含量下降，叶片失绿，硝酸还原酶活

性下降,根系活力降低,同时高浓度的石油烃使油菜 POD 活性上升,可见体内 H_2O_2 增加,膜稳定性变化,植物处于逆境,最终导致油菜产量下降。

2) 从不同类型土壤分析,棕壤土油菜的产量最高,其次是褐土,潮土产量最低。从其生理指标研究发现,不同类型土壤上各生理指标的影响也不一样,棕壤土叶片叶绿素含量和硝酸还原酶活性最高,石油烃对叶片 POD 的影响也最小,而褐土的油菜根活力受石油烃的影响最小,如果采用植物修复的方法治理土壤中的石油烃污染,可以首要选择棕壤[16] [17]。

基金项目

公益性行业(农业)科研专项(201103039)和山东省科技发展计划(2013GNC11204)资助。

参考文献 (References)

- [1] 沈德中. 污染环境生物修复[M]. 北京: 化学工业出版社, 2002: 62.
- [2] 孙铁纮, 周启星, 李培军. 污染生态学[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 57.
- [3] 许华夏, 张春桂. 微生物降解石油污染的土壤[J]. 辽宁城乡环境科技, 1998, 18(6): 22-24.
- [4] 侯杰. 大庆市地下水石油类污染系统形成机制研究[J]. 中国岩溶, 1999, 18(4): 361-366.
- [5] 王浩颖, 赵爽, 姜虎生. 石油污染土壤对大豆生理指标的影响[J]. 当代化工, 2015, 44(3): 451-453.
- [6] 马文漪, 杨柳燕. 环境微生物工程[M]. 南京: 南京大学出版社, 1998: 250-267.
- [7] 张志良. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 高等教育出版社, 1990: 46-159.
- [8] 波钦诺克. 植物生物化学分析方法[M]. 北京: 高等教育出版社, 1981: 255-259.
- [9] 李纪云, 李丽, 冯成武. 超声-紫外法测定土壤中石油类物质含量[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1999(6): 82-83.
- [10] 吴家燕, 夏增禄, 巴音. 土壤重金属污染的酶学诊断[J]. 环境科学学报, 1990, 10(1): 73-77.
- [11] Wittsuwannakul, R., Sattaysevana, B. and Pasitkul, P. (1997) Peroxidase from *Hevea brasiliensis* Bark. Purification and Properties. *Phyto-Chemistry*, **44**, 237-241. [http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422\(96\)00487-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0031-9422(96)00487-6)
- [12] Curtis, I.S., Power, J.B., Delaat, A.M.M., et al. (1999) Expression of a Chimeric Nitrate Reductase Gene in Transgenic Lettuce Reduces Nitrate in Leave. *Plant Cell Reports*, **18**, 889-896.
- [13] 张涛, 陈云, 谢虹, 等. 硝酸还原酶活性的调节及可能机制的研究进展[J]. 广西植物, 2004, 24(4): 367-372.
- [14] Das, K. and Mukherjee, A.K. (2007) Differential Utilization of Pyrene as the Sole Source of Carbon by *Bacillus subtilis* and *Pseudomonas aeruginosa* Strains: Role of Biosurfactants in Enhancing Bioavailability. *Journal of Applied Microbiology*, **102**, 195-203.
- [15] Chen, X.Y. and Lin, P. (1998) Comparison of Hypocotyls Morphology and Seedling Growth between Normal and Albino Embryos of *Kandelia candel* (L.) Druce: A Reevaluation of the Roles of Vivipary in Mangroves. In: Mortor, B., Ed., *The Marine Biology of the South China Sea M*, Hong Kong University Press, Hong Kong, 83-90.
- [16] 丁克强, 骆永明, 刘世亮, 等. 黑麦草对土壤中苯并[a]芘动态变化的影响[J]. 土壤学报, 2004, 41(3): 348-353.
- [17] 张松林, 董庆士, 周喜滨, 等. 人为石油污染土壤紫花苜蓿田间修复试验[J]. 兰州大学学报:自然科学版, 2008, 44(1): 47-50.