

原油污染土壤对萝卜种子发芽和幼苗生长的定量分析

张丽辉, 陈庆吉, 赵骥民

(长春师范学院 生命科学学院 吉林 长春 130032)

摘要: 在实验室人工控制条件下, 研究了不同浓度原油污染土壤对萝卜种子萌发和幼苗生长的影响。结果表明: 随着原油处理浓度的增高, 种子发芽率和幼苗生长受到的抑制增强。在浓度 30 000 mg/kg 的土壤原油处理组, 萝卜种子的相对发芽率大于 50%, 萝卜种子对原油的敏感程度较强。不同浓度的原油污染对萝卜种子发芽率和幼苗各项生长指标的相对抑制率都符合根系长度> 幼苗总鲜重> 幼苗高度> 种子发芽率的规律。

关键词: 原油污染; 种子发芽率; 幼苗生长

中图分类号: S 606⁺. 1; S 631.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2008)01-0016-03

土壤石油污染是近几年继农药污染之后的又一大污染。早在20世纪40年代初, 就曾有人对石油引起的

污染给予关注^[1]。我国是石油储量大国, 由于有许多油矿区位于农耕田内, 因而在石油开发和开采过程中, 不可避免地会对周围农田和土壤产生影响^[2-3], 低浓度含油废水长期污灌和土壤矿物油环境污染研究已在过去做了不少工作^[4-9]。国内外已有石油污染对各种生物生长发育影响的研究与报道^[10-16], 但对较大浓度范围石油污染的报道较少^[8]。现选择萝卜(*Raphanus sativus* L.) 为研究对象, 在较大浓度范围内研究了土壤原油污染对

第一作者简介: 张丽辉(1971-), 女, 河北省昌黎人, 实验师, 硕士, 主要从事植物学和生态学的教学与研究。E-mail: zhanglihui-91@163.com.

通讯作者: 赵骥民。E-mail: jzm@263.net.

收稿日期: 2007-08-08

[J]. Agon J., 2003, 95: 592-596.

[7] 董晓涛. 沼液对果菜类蔬菜生长发育调控机制研究[D]. 吉林农业大学硕士学位论文. 长春: 吉林农业大学, 2004.

[8] 潘丽娜, 陈劫. 沼肥与其它肥料用于草莓生产的试验对比[J]. 中国沼气, 2004, 22(2): 34-36.

[9] 王朝辉, 李生秀, 田霄鸿. 不同氮肥用量对蔬菜硝酸盐累积的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 1998, 4(1): 22-28.

[10] 梁称福, 陈正法, 彭廷柏, 等. 沼肥与化肥在大白菜、花椰菜上的应用[J]. 生态学杂志, 2004, 23(2): 141-145.

[11] 陈钟佃, 冯德庆, 黄秀声, 等. 沼液及羊粪对牧草生产力和营养成分的影响[J]. 中国沼气, 2005, 23(4): 26-28.

[12] 王金花. 沼气发酵生态系统与残留物综合利用技术研究[D]. 中国农业大学硕士学位论文. 北京: 中国农业大学, 2005.

Effects of Anaerobic Fermentation Slurry as Supply Fertilizer on the Biological Characteristic and Yield of Chinese Cabbage

WANG Yuan-yuan, LIU Rong-hou, SHEN Fei, WU Li-juan

(Biomass Energy Engineering Research Centre, School of Agriculture and Biology, Shanghai JiaoTong University, Shanghai 201101, China)

Abstract: Effects of anaerobic fermentation slurry of different concentrations on the biological characteristic and yield of Chinese cabbage were studied through experiments of anaerobic fermentation slurry as supply application with water at different ratio. The anaerobic fermentation slurry as an organic fertilizer had rich nutrient contents which were helpful to improve the biological characteristic of Chinese cabbage. At 35th day after seeding stage of Chinese cabbage, the leaf width, leaf length and petiole length of Chinese cabbage were 50.37 mm, 58.17 mm and 26.34 mm, respectively, when the low concentration of the anaerobic fermentation slurry treatment was applied, which were higher than those of the other treatments. The highest leaf numbers of Chinese cabbage was 9.6 when the medium concentration of the anaerobic fermentation slurry was used. The yield of Chinese cabbage was enhanced remarkably by the supply application of anaerobic fermentation slurry. The highest yield of Chinese cabbage was 730.921 kg/667m² when the high concentration of the anaerobic fermentation slurry treatment was used and it was 97.74% higher than that of the control.

Key words: Anaerobic fermentation slurry; Chinese cabbage; Biological characteristic; Yield

农作物及其土壤的影响,一方面可为正确评估土壤石油污染对蔬菜的影响,另一方面可以推断出石油污染区是否适于种植蔬菜提供了一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试萝卜品种:501 水萝卜,长春市科丰蔬菜研究所研制,污染源:松源油田原油,土壤:取自长春师范学院院内土壤。

1.2 试验方法

1.2.1 土壤处理 把土取回实验室,进行风干。称重将其分成 1 kg 的若干份,放入花盆中。先将原油融入石油醚中,按土壤中原油浓度为 0、100、500、1 000、5 000、15 000、30 000 mg/kg 对土壤进行原油处理。每个处理浓度做 I、II、III 3 个平行重复,拌匀,为试验待用。

1.2.2 种子消毒 将萝卜种子放在 0.05%的高锰酸钾溶液中浸泡 1 h,倒出高锰酸钾溶液,用蒸馏水冲洗 3 次,洗净种子表面残留的高锰酸钾溶液,然后用滤纸将种子表面水分吸干。

1.2.3 种子播种与幼苗培养 将萝卜种子均匀散播 3~5 cm 深,萝卜种子每盆散播 50 粒,2006 年 11 月 4 日播种,11 月 21 日试验结束。第一次浇足水分,以后用喷洒式浇灌保证土壤湿度。使种子在 22℃温室中发芽,对幼苗进行培养。

1.2.4 各数据指标的测定 测量每天的发芽率(幼苗出土就算发芽),从对照组种子发芽第 1 天起,观察 5 d;对种子发芽观察结束,开始幼苗生长观察期,11 月 21 日量取幼苗高度,根系长度,称取幼苗总鲜重,记录数据。

1.2.5 数据处理 利用 Excel 表格处理数据,做出线性回归图表,分析结果。

2 结果及分析

2.1 原油污染对萝卜种子发芽率和发芽时间的影响

由表 1 可知,萝卜播种后第 3 天,对照组和原油剂量为 100 mg/kg 的处理组开始发芽。第 4 天原油剂量为 500~1 000 mg/kg 的处理组均开始发芽(剂量为 15 000 mg/kg 的处理组第 II 个平行有 1 粒种子发芽),处理剂量

为 100 mg/kg 的处理组与对照组发芽率呈显著性差异($P<0.05$),剂量为 500~1 000 mg/kg 的处理组与对照组发芽率呈极显著性差异($P<0.01$)。到第 5 天时所有处理组均有种子发芽,随着时间的增加各原油处理组的发芽率与对照组差异程度缩小,但是剂量为 15 000~30 000 mg/kg 的处理组萝卜种子每天的发芽率与对照组发芽率一直呈极显著性差异($P<0.01$)。到第 7 天对照组的种子发芽率达到 85%以上,对萝卜种子发芽情况的观察结束。即使原油剂量为 100 mg/kg 的处理组长出的幼苗与对照组也有差异,幼苗叶片较对照组叶片较小,幼苗的茎纤细。剂量在 5000 mg/kg 以上的原油处理组就有稍微枯萎现象发生,剂量为 30 000 mg/kg 的处理组叶片枯萎现象比较严重,有个别幼苗出现严重枯萎现象。

表 1 原油土壤污染对萝卜种子发芽率的影响

原油剂量 / mg · kg ⁻¹	每天的平均发芽率/%				
	X 3	X 4	X 5	X 6	X 7
0	27.33	45.33	80.00	81.33	86.67
100	24.00	31.33 *	74.67	82.67	84.67
500	0	10.00 **	60.67	78.00	79.33
1 000	0	8.67 **	38.00 *	76.67	78.67
5 000	0	0.00 **	18.67 **	49.33 *	65.33
15 000	0	0.67 **	14.00 **	37.33 *	52.00 **
30 000	0	0.00 **	9.33 **	34.67 **	45.33 **

注:1.表中数据 I、II、III 3 个平行的平均发芽率;2.后面的数字 3、4、5、6、7 代表是播种后的天数;3.*表示差异显著,α=0.05;**表示差异极显著,α=0.01。

2.2 原油污染对萝卜幼苗高度的影响

原油污染对萝卜生长高度的影响结果见表 2。由表 2 可知,通过两平均数间的 Aspin—Welch 检验,原油剂量为 1 000 mg/kg 的处理组萝卜幼苗高度与对照组间都呈现极显著性差异 $t>t_{0.01}$ ($P<0.01$),萝卜幼苗的高度随着土壤原油处理剂量的变化而变化,土壤原油处理剂量越大,幼苗的高度越小。相关分析表明,幼苗高度与原油处理剂量之间有较好的线性关系,土壤原油处理剂量对幼苗高度的影响,其相关系数达到 $r=-0.9422$,幼苗高度与原油剂量呈极显著线性负相关($P<0.01$)。

2.3 原油污染对萝卜种子发芽率和幼苗各项生长指标的影响

表 2 土壤原油污染对萝卜幼苗高度的影响

浓度/ mg · kg ⁻¹	每个处理组 3 个平行每盆的平均株高/ cm			
	I	II	III	平均高度/ cm
0	14.22±3.09(100.0)	13.38±2.12(100.0)	12.96±1.89(100.0)	13.52±2.40(100.0)
100	13.37±2.88(98.9)	13.85±2.85(102.4)	13.77±2.94(101.8)	13.66±2.80(101.1)
500	12.95±2.30(95.8)	13.35±2.55(98.7)	11.81±3.29(87.4)	12.70±2.73(94.0)
1 000	10.24±2.51(75.7) **	10.18±2.67(75.3) **	10.93±2.76(80.8) *	10.45±2.58(77.3) **
5 000	9.39±2.95(69.5) **	9.60±3.36(71.0) **	9.00±3.67(66.6) **	9.33±3.23(69.0) **
15 000	9.54±2.78(70.6) **	7.77±2.70(57.5) **	9.30±2.54(68.8) **	8.87±2.70(65.6) **
30 000	3.43±1.51(25.4) **	2.91±1.15(21.5) **	2.83±1.36(20.9) **	3.06±1.33(22.6) **
株高与原油处理浓度间的相关系数			$r=-0.9422$	

注 1.表中数据为平均株高±标准差,括号内为相对对照组平均高度的百分比;2.*表示差异显著,α=0.05;**表示差异极显著,α=0.01;3.相关系数 r 是植株高度与土壤原油处理浓度之间的相关性分析。

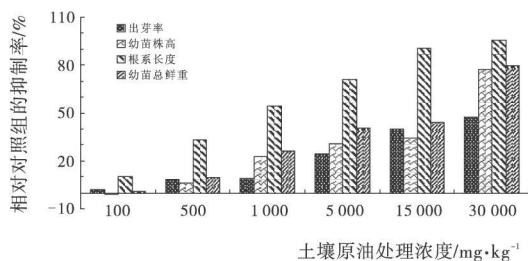


图1 土壤原油污染对萝卜各项生长指标的抑制率比较

由图1可以直观的看出,原油污染对萝卜种子发芽率的相对抑制率、幼苗根系长度的相对抑制率以及幼苗总鲜重的相对抑制率之间有明显的差异。土壤原油处理对萝卜种子发芽率及幼苗生长各项指标的相对抑制率都随着处理剂量的增加而增大。土壤原油污染浓度为100~30 000 mg/kg的处理组对萝卜根系的相对抑制率为9.88%~95.65%,对萝卜幼苗植株高度的相对抑制率为:1.06%~77.39%,对幼苗总鲜重的相对抑制率为0.88%~79.85%,对萝卜种子发芽率的相对抑制率为2.31%~47.69%。土壤原油污染对萝卜发芽率的相对抑制率和幼苗各项生长指标的相对抑制率比较结果为:根系长度的相对抑制率>幼苗总鲜重的相对抑制率>幼苗高度的相对抑制率>种子发芽率的相对抑制率。由图1明显得出2种蔬菜各生长指标对原油污染程度的敏感程度,由高到低依次为:根系>幼苗总鲜重>幼苗高度>种子发芽率。

3 结论与讨论

随着原油处理浓度的增高,种子发芽率和幼苗生长受到的抑制增强。在浓度30 000 mg/kg的土壤原油处理组,萝卜种子的相对发芽率大于50%,萝卜种子对原油的敏感程度较强。这是由于原油含有大量低分子烃类有机物的渗透能力比较强,可以通过种皮和生物膜渗透到种子内部,抑制了这类水解酶的活性,从而抑制了贮蛋白的分解,抑制了营养物质的有效供应,导致了种子延迟萌发^[1]。经原油处理过的土壤,“土壤—大气”系统被破坏,土壤的通透性降低,种子发芽缺少足够的空气,也是延迟种子发芽时间的一个主要原因。

根系对原油污染的敏感程度要高于幼苗高度的原

因,主要是幼苗的茎叶可以通过光合作用合成有机物可以不直接接触污染物,根系直接接触土壤中的污染物,因而有较强的敏感性。萝卜幼苗总鲜重对土壤原油污染的敏感度要高于幼苗高度,其主要原因是经过原油处理的土壤影响植物吸收营养物质,直接影响了植物幼苗有机物的合成,生长出的幼苗比较瘦弱纤细。

萝卜各生长指标对原油污染程度的敏感程度,由高到低依次为:根系>幼苗总鲜重>幼苗高度>种子发芽率,与Gong P.等研究结果一致^[14,17]。

参考文献

- [1] 孙清,陆秀君,梁成华.土壤的石油污染研究进展[J].沈阳农业大学学报,2002,10,33(5):390-393.
- [2] 董克虞.污水灌溉对冬小麦的影响及环境经济分析[J].农业环境保护,1989,8(1):10-15.
- [3] 蔡士悦.农田土壤污染治理对策与监测管理指标[J].农业环境与发展,1986(3):78-79.
- [4] 高吉喜,熊严军.含油废水对农作物影响的研究[J].农业环境保护,1994,13(1):26-29.
- [5] 宋玉芳,许华夏,任丽萍,等.土壤重金属对白菜种子发芽与根伸长抑制的生态毒性效应[J].环境科学,2002,23(1):103-107.
- [6] 宋雪英,宋玉芳,孙铁玢,等.石油污染土壤中芳烃组分的生物降解与微生物生长动态[J].环境科学,2004,25(3):115-119.
- [7] 王金虎,曹洪生.两种柴油污染方式对水稻生产的影响[J].铁道学院学报,2001,18(4):22-25.
- [8] 张松林,赵首彩.紫花苜蓿在柴油污染土壤中的萌发状况[J].生态环境,2004,13(4):569-571.
- [9] 沈明珠,东惠茹.蔬菜硝酸盐累积的研究—不同蔬菜硝酸盐和亚硝酸盐含量评价[J].园艺学报,1982(4):41-48.
- [10] 高吉喜,曹洪法.矿物油对土壤污染和对蔬菜影响的研究[J].水土保持研究,1994,1(5):90-95.
- [11] 许端平,王波.土壤中石油烃类污染物对高粱、玉米生长的影响研究[J].矿业快报,2006,12(12):28-30.
- [12] 傅克文.农业环境的化学污染[M].北京:农业出版社,1985:148-150.
- [13] 齐永强,王红旗.微生物处理土壤石油污染的研究进展[J].上海环境科学,2002,21(3):117-180.
- [14] 刘宛,宋玉芳,周启星,等.氯苯胁迫对小麦种子发芽和幼苗生长的影响[J].农业环境保护,2001,20(2):65-68.
- [15] 高拯民.致癌物苯(a)芘对土壤植物系统污染研究[J].环境科学学报,1981,1(1):12-30.
- [16] 杨景辉.土壤污染与防治[M].北京:科学技术出版社,1995.
- [17] Gong P, Wilke B M, Strozz E. Higher plant seed germination and early seedling growth test//Proceedings of the international symposium on soil human and environment interactions[C]. Nanjing, 1997.

Effects of Crude Oil Pollution on Seed Germination and Seedling Growth of Turnip

ZHANG Li-hui, CHEN Qing-ji, ZHAO Ji-min

(Department of Biology, Changchun Teachers College, Changchun, Jilin 130032, China)

Abstract: Effects of crude oil stress with different concentrations on seed germination, seedling growth of turnip (*Raphanus sativus* L.) under artificially controlled in laboratory was studied. The results showed that the higher the crude oil concentration became the more rapidly the seed germination and the seedling growth of crops declined. Even the 30 000 mg/kg the crude oil processing of the soil set the turnips opposite germination rate above 50%. The sensitive degree of turnip seed to crude oil is obviously stronger than others, turnip sensitivities of emergency ratio, root length, seedling height and seedling biomass both followed the order: root length>seedling biomass>seedling height>emergency ratio.

Key words: Crude oil Pollution; Seed germination ratio; Seedling