

文章编号: 1003-8701(2007)04-0026-03

微生物在污染蔬菜土壤修复中的作用

李晓云¹, 史良图², 王海文¹, 崔宏宇¹

(1. 吉林工程技术师范学院, 长春 130011; 2. 长春医学高等专科学校, 长春 130031)

摘要: 论述了我省菜田土壤的污染概况, 着重阐述了微生物对菜田土壤有机农药污染的修复和微生物对菜田土壤重金属污染的修复, 为菜田土壤污染治理提供新的技术信息。

关键词: 微生物; 蔬菜地; 污染; 修复

中图分类号: X53

文献标识码: A

伴随着农业经济的迅猛发展, 各种农药及化学品的数量、种类剧增, 不合理使用日益严重地污染着土壤, 其中蔬菜生产田的土壤污染问题尤为突出, 蔬菜田的土壤污染治理成为目前土壤污染治理的重要课题。目前土壤污染治理已有许多成功的技术, 但关于蔬菜土壤污染的治理尚缺少研究。本文就我们开展的蔬菜保护地土壤污染的修复研究结果予以公示, 为菜田土壤污染治理提供新的技术信息。

1 我省菜田土壤的污染概况

1.1 菜田土壤主要的污染和来源

目前菜田土壤的污染主要是化学污染, 可概括化学农药污染、化学肥料污染、重金属污染3个部分。

化学农药污染主要是某些含有较多有毒物质农药的污染, 如有机磷农药在土壤中残留时间较长, 又因农药多年、多次、大剂量使用更增加了农药在土壤中残留量, 进而加重了蔬菜地的污染。

化学肥料污染主要是指不合理的化肥施用导致的菜地污染, 如施用过氮氮肥, 可使硝酸盐累计于土壤和蔬菜中, 还会引起土壤有机质含量降低、磷钾养分有效性降低、土壤酸化板结, 加重了蔬菜地的污染和恶化。

重金属污染主要是指含有铅、汞、砷等制剂农药的使用, 邻近郊区的蔬菜地受到含有有毒物质和重金属的工业废水废气排放而污染更加严重。

1.2 菜田土壤污染的现状

随着人们对蔬菜的数量和品种的需求量日益高涨, 蔬菜生产区域不断扩大, 随之蔬菜保护地的污染也不断加深和扩大。

在蔬菜土壤中, 通常使用一些富含 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 和在土壤中可转化成 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 的化肥, 主要有尿素、碳酸铵和硝铵等无机化肥, 大多数无机化肥易于溶解, 能释放出二氧化碳和四氧化氮气体, 常以 $\text{NO}_3^- \text{N}$ 形式存在于土壤中, 而蔬菜恰是一种容易富集硝酸盐的植物性食品, 直接吸收硝酸盐后, 蔬菜中累积的硝酸盐无害于蔬菜本身, 但对人畜产生危害。施用氰化钙(石灰氮)可产生双氰胺(Dicyandimide, $\text{H}_4\text{C}_2\text{N}_4$)及氰酸(Gyanic, HOCN)、氰氨基氢(Hydrogen cyananide)等有害物质抑制土壤的硝化作用, 降低触酶活力, 损害植物代谢, 从而影响蔬菜生产。

目前所涉及的农药主要有杀虫剂、灭菌剂、除草剂等(表 1)。这些农药大部分都是有机化合物, 通常含有机氯、有机磷及含砷、含汞的化合物, 毒性都很强。农药一经施入, 引起土壤污染, 并因蔬菜的吸收, 使农药的有毒成分危害人畜健康。

收稿日期: 2007-02-05

作者简介: 李晓云(1957-), 女, 副教授, 主要从事生态环境研究。

除此而外,还有许多其它污染存在。主要包括重金属、激素和农用膜等的污染。其中因工业三废引起土壤的 Pb、Cd、Zn、Cu 等重金属污染很普遍,主要来源是工业钢渣、矿渣及炉灰渣,或工业废气所含重金属粉尘降落而致。

表 1 常见农药分类

杀虫剂类	灭菌剂类	除草剂类
滴滴涕(DDT) $C_{14}H_9Cl_5$	硫酸铜(Gopper sulphate)	二四滴(2,4-D) $C_6H_6Cl_2O_3$
六六六(666) $C_6H_6Cl_6$	二甲氨基荒酸铁(Ferban)	二四五涕(2,4,5-T) $C_6H_5Cl_3O_3$
艾氏剂(Aldrin) $C_{12}H_8Cl_6$	二甲氧荒酸锌(Ziram)	阿密苯(Aniben) $C_7H_5Cl_2NO_2$
氯单(Ghlordane) $C_{10}H_6Cl_8$	有机磷(甲胺磷)	杀草强(Anitrol) $C_2H_4N_4$
马拉硫磷(Malathion) $C_{10}H_{19}O_6PS_2$	乐果	
砷酸铅(Lead arsenate) $PbHAsO_4$		

表 2 吉林省菜田土壤主要污染物的概况

化学农药 (mg/kg)	有机磷 (甲胺磷)	有机氯 (六六六)	甲磺隆	乐果
杀草剂、杀虫剂、抗病剂等	4.0	5.2	2.3	7.2
重金属(mg/kg)	镉	铅	汞	砷
	2.36	40.35	0.08	8.96

表 3 国家无公害蔬菜生产基地土壤环境质量标准

化学农药 (mg/Kg)	有机磷 (甲胺磷)	有机磷 (六六六)	甲磺隆	乐果
杀草剂、杀虫剂、抗病剂等	0.5	0.5	0.3	0.6
重金属(mg/kg)	镉	铅	汞	砷
	0.3	30	0.5	0.3

从表 2 和表 3 对比发现,我省的农药和重金属的污染情况都远高于国家无公害蔬菜生产基地土壤环境质量标准。其中农药的有机磷(甲胺磷)、乐果指标超 8~10 倍,重金属镉、汞也超标达 8~10 倍,砷尤为严重,超标近 30 倍。

2 生物修复的基本理念

在土壤污染治理中,有化学、物理及生物修复几大类。其中生物修复备受青睐。所谓生物修复是指在人为作用下,利用活有机体(微生物、植物、小型动物)促进环境中有毒有害物质的降解或固定,减少其对环境危害的一种技术。

生物修复本身通常分为微生物修复、植物修复和动物修复 3 种类型。其中微生物修复是利用土壤中的某些微生物或外源微生物对有机污染物及重金属等污染物,通过吸收、沉淀、氧化和还原等作用,降低土壤中污染物的毒性。有研究报道:菌根真菌能降解土壤中的有机污染物,原核生物(细菌、放线菌和真核生物 - 真菌)能不同程度地使重金属形成难溶性盐沉淀而降低重金属污染,这是因为微生物对重金属有很强的亲合吸附能力,重金属离子在细胞的不同位沉积、或结合于胞外基质上、或在可溶或不可溶性生物多聚体上产生熬合的机理所致。

3 菜田土壤有机农药污染的微生物修复

从我省菜田土壤污染的状况(表 2)反映出来,有机农药的污染占有相当比例,其污染物之广之重,成为目前迫切需要解决的问题,我们专门针对此问题进行了有机农药污染物的微生物防治技术研究,研究的作用机理和作用结果分别概述如下:

3.1 有机农药的微生物修复作用机理

微生物是污染土壤中生物降解的主体,这是由于微生物具有种类多、分布广、个体小、繁殖快、比表面积大、代谢多样性等特点所决定的。当环境中存在新的有机物(农药)时,其中部分微生物或外源微生物通过自然突变形成新的变种,并由基因调控产生诱导酶,在新的微生物酶作用下可产生与环境相适应的代谢功能,从而具备了对新污染物的降解能力。环境中存在的许多有机物质(包括有机污染物)几乎都有使之降解的相应微生物。农药在微生物作用下产生生物降解的过程,一般包括初级降解、环境容许的生物降解和最终降解 3 个阶段。其中初级降解是农药等污染物在微生物的作用下母体化学结构发生变化,从而失去原污染物分子结构的完整性,进一步降解,使农药的毒性丧失达到第 2 个环境容许的生物降解阶段,最终被完全降解为 CO₂ 和 H₂O 及其它无机物,并被微生物同化。整个过程的代谢途径主要有氧化(羟基化、脱烷基、β- 氧化、脱羟基、醚键断裂、环氧化、芳环杂环开裂)、还原(如硝基苯还原为苯胺类)、水解(如醚、酯或酰胺键类农药在酯酶、酰胺酶、磷酸酶作用下降解)与合成,

具体可表示为：



3.2 有机农药的微生物修复作用效果

根据有机农药的微生物修复作用机理，我们针对我省的主要有机农药污染物进行了有效微生物的筛选试验研究，反映出了有机农药微生物修复的明显作用(表 4)，所做的试验中具有对农药污染物有明显降解作用的，其降解率可达 18%~45%。

表 4 常见农药污染的微生物修复作用

微生物	作用对象(污染物)	作用效果(%)
VAM 真菌(光壁无梗球囊霉菌, 34 号)	乐果	降解率 28.03
VAM 真菌(苏格兰球囊霉菌, 90036 号)	甲胺磷	降解率 18.63
产碱杆菌(<i>Alcaligenes</i> , sp. 670 号)	有机氯(六六六)	降解率 45.65
假单胞菌(<i>Pseudomonas</i> sp. 8-2- A 菌株)	甲磺隆	降解率 37.86
节细菌(<i>Arthrobacter</i>)	2,4- D, 茅草枯	降解率 33.57
DR- 8 菌(<i>Pseudomonas mendocina</i>)	甲胺磷	降解率 25.66

4 菜田土壤重金属污染的微生物修复

上述我省菜田土壤污染的状况还反映出，重金属的污染也较为严重。我们针对此进行了重金属污染的微生物防治技术研究。其研究的作用机理和作用结果分别概述如下：

4.1 重金属污染的微生物修复作用机理

专性微生物区系能促进重金属与微生物体的组成，因而向污染土壤中接种专性微生物能促进微生物吸收重金属。常见的重要专性微生物包括细菌、真菌、内生菌根和外生菌根等。其中细菌的分泌物(如多糖、蛋白质和核酸)含有多种具有金属络合、配位能力的基因(如巯基、羧基、羟基、氨基、磷酸根等)，它们能通过离子交换或络合作用与重金属结合形成金属—有机化合物，就可以变成无毒或低毒化合物，起到吸附、降低毒性之作用；其中真菌的细胞壁对金属有吸附作用，在重金属污染环境中，真菌采用细胞内和细胞外的螯合物固定重金属，这种螯合物主要是重金属与低分子有机酸、金属因等形成的；其中的内生菌根和外生菌根都是通过菌丝体的吸附作用来减少环境中存在的重金属的。总之，从这些微生物对重金属的吸收、吸附作用来看，是可以用来固定土壤中的重金属，而减轻重金属在土壤中的移动性。靠微生物吸收的重金属以及代谢分泌物与重金属的结合，也可以减轻重金属在土壤中的毒性。

4.2 重金属污染的微生物修复作用

根据重金属的微生物修复作用机理，我们针对我省的主要重金属污染物也进行了有效微生物的筛选试验研究，所反映出的重金属的微生物修复作用从表 5 可见，试验中具有对重金属污染物降解作用明显的、可使重金属的吸附率达到 13%~46%水平，尤其以对铅和镉的效果更好，其次之，微生物修复对汞的作用最弱。

表 5 常见农药污染的微生物修复作用

微生物	作用对象(污染物)	作用效果(%)
酵母菌(<i>S.cerevisiae</i>)	Cr、Pb	吸附率 35,46
真菌(<i>Bacillus megaterium</i>)	Cr、As、Pb	吸附率 28,33,21
真菌(<i>Penicillium funiculosum</i>)	Pb、Hg、Ni	吸附率 39,13,24
真菌(<i>P. simplicissimum</i>)	Cr、Pb、Hg、	吸附率 19,40,22
白腐菌(<i>Phanerochaete chrysosporium</i>)	As、Pb	吸附率 29,43
青霉素发酵菌	As	吸附率 26

5 结 语

作为土壤污染的最新修复技术，微生物对有机农药和重金属的修复作用，可以说是积极有效、具有显著作用，在当今蔬菜保护地的土壤污染治理方面不失为一重要手段，值得在实际生产中加以推广和应用。

- [2] 王庆祥,等.玉米种子差异对前期生长及产量的影响[J].玉米科学,1994(2):41-44.
- [3] 边秀芝,等.玉米自交系的干物质积累与氮磷钾吸收[J].吉林农业大学学报,1997(3):29-34.
- [4] 刘广亮,等.玉米杂交制种果穗缺粒成因及对策[J].玉米科学,2001(增刊):61-62.
- [5] 王连继,等.玉米制种田施用钾肥效果试验研究简报[J].国外农学-杂粮作物,1997(6):47.
- [6] 孙亚芹,等.玉米杂交制种高产高效综合措施[J].玉米科学,1993,1(4):23-25.
- [7] 牛道平,等.杂交玉米制种花期的调节与不育的对策[J].玉米科学,2004,12(3):80-81.

=====

(上接第 28 页)

参考文献:

- [1] 张 民,龚子同.我国菜园土壤中某些重金属元素的含量与分布[J].土壤学报,1996,33(1):85-93.
- [2] 李佩祥.市郊菜田土壤污染及治理[J].长江蔬菜,1996(2):32-34.
- [3] 王丽英,张国印,王志军.土壤污染的生物修复技术研究现状及展望[J].河北农业科学,2003,7(9):75-79.
- [4] 徐亚同,史家梁,张 明.生物修复技术的作用机理和应用 I [J].上海化工,2001(18):4-7,19.
- [5] 徐亚同,史家梁,张 明.生物修复技术的作用机理和应用 II [J].上海化工,2001(19):4-7.
- [6] 徐亚同,史家梁,张 明.生物修复技术的作用机理和应用 III [J].上海化工,2001(20):4-7,22.
- [7] 王曙光,林先贵,等.VA 菌根对土壤中 DEHP 降解的影响[J].环境科学学报,2002,22(3):369-373.

Functions of Microorganism on Restoring Polluted Vegetable Soil

LI Xiao-yun¹, SHI Liang-tu², WANG Hai-wen¹, CUI Hong-yu¹

(1. JiLin Engineering Technology Normal College ChangChun, 130011;

2. ChangChun Medical College, ChangChun 130031, China)

Abstract: The general situation of polluted vegetable soil in JiLin province was presented in the paper. Focusing on the mechanism and efficiency, we expound the role of microorganism in restoring polluted vegetable soil, which was caused by organic pesticide and heavy metals. The results outlined in this paper can provide new technologic information for the treatment of polluted vegetable soil.

Key words: Microorganism; Vegetable soil; Pollution; Restoration

=====

(上接第 30 页)

3 小 结

水稻考种结果表明,平衡施肥处理较其它处理,降低了水稻的瘪粒数和瘪粒率,增加了水稻的千粒重。

在供试土壤上,平衡施肥的水稻产量(8 482 kg/hm²)最高,其次是减 K 处理(8 450 kg/hm²)、减 P 处理(8 316 kg/hm²)和单 N 处理(8 086 kg/hm²),水稻产量最低的是减 N 处理,仅为 4 800 kg/hm²; 减 K 处理的水稻经济效益(5 136 元 /hm²)最高,减 N 处理为亏损(- 979 元 /hm²)。

由于平衡施肥有利于水稻的吸收利用及养分向子粒运转,促进蛋白质及淀粉合成,提高子粒中蛋白质及淀粉的含量,各处理相比, NPK 处理的粗蛋白与粗淀粉含量最高,分别为 7.211 6%(比其它各处理增加 0.212 6~1.116 7 个百分点)和 66.03%(比其它各处理增加 0.25~1.51 个百分点)。

参考文献:

- [1] 应存山,等.中国优异稻种资源[M].北京:中国农业出版社,1997.
- [2] 全东兴,等.吉林省特种稻的研究现状与开发利用对策[J].吉林农业科学,2006,31(2):17-20.
- [3] 赵英奎,等.吉林省稻作条件与可持续发展[J].吉林农业科学,2004,29(1):23-27.