

涕灭威复合污染体系对土壤微生物的生态毒理效应

张清敏, 李得翔, 熊 瑛, 戴树桂

(南开大学环境科学与工程学院, 天津 300071)

摘要: 选择了一种毒性很高的氨基甲酸酯类农药——涕灭威和一种常用的阴离子表面活性剂——十二烷基苯磺酸钠(SDBS)组成复合污染体系,以细菌、真菌、放线菌、脲酶、过氧化氢酶和呼吸强度为土壤微生物生态毒理测试指标,研究了其对土壤微生物的联合作用。实验结果表明,涕灭威-SDBS复合污染体系对土壤微生物的影响存在着显著的交互作用,复合体系较二者单独作用的显著效应时间明显缩短,其机制是SDBS加速了涕灭威的降解解毒作用。

关键词: 涕灭威;十二烷基苯磺酸钠;复合污染体系;土壤微生物生态毒理效应

中图分类号: S482.34 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2001)05-

Ecotoxicological Effects of Aldicarb and Sodium Dodecylbenzenesulfonate Combined Pollution System on Microbial Consortia

ZHANG Qing-min, LI De-xiang, XIONG Ying, DAI Shu-gui

(College of Environmental Science and Engineering, Nankai University, Tianjin 300071 China)

Abstract: Interaction between aldicarb and sodium dodecylbenzenesulfonate(SDBS) on soil microbial ecotoxicological effects was evaluated in the present investigation. Six ecotoxicological parameters namely bacteria, actinomycetes, fungi, urease, catalase and respiration were selected to illustrate the effects of aldicarb-SDBS combined pollution in soil. A significant interaction effect on soil microbe of aldicarb-SDBS combined pollution system has been shown by the experimental results. The combined action is antagonistic interaction, it may be explained by the following viewpoint that SDBS can help to increase degradation rate of aldicarb and the combined pollution system can remarkably shorten the action time in comparison with their single factor.

Keywords: aldicarb; sodium dodecylbenzenesulfonate; combined pollution system; ecotoxicological effect of microbial consortia in soil

涕灭威(Aldicarb)是一种广泛使用的水溶性强、降解快的氨基甲酸酯类的高效、广谱杀虫剂,它在土壤中易被氧化降解为较稳定但毒性更高的涕灭威亚砷和涕灭威砷^[1]。十二烷基苯磺酸钠(Sodium dodecylbenzenesulfonate, SDBS),是一种阴离子表面活性剂,由于其水溶性好,渗透力和去污力强,所以是常用洗涤剂的主要成分,因而也是污染土壤和地下水的主要成分之一。这类表面活性剂,在水溶液中能较迅速地降解为烷基酚、烷基苯羧酸等中间代谢产物。在这些中间代谢产物中,由于苯环的存在使得进一步生物降解过程非常缓慢,而且其毒性高于亲代化合物。最近报道SDBS也是土壤修复剂之一^[2]。为此,我们在研究了涕灭威和SDBS各自单独对土壤微生物影响的基础上,采用有交互作用的三因素、四因子[L₃(3⁴

)]正交设计实验,以土壤微生物的菌群变化和微生物活性为主要指标,针对这两种污染物都具有水溶性强、容易降解,但降解的中间代谢产物毒性增强,进一步降解缓慢的特点,研究了由这两种污染物所组成的复合体系对土壤微生物的综合生态毒理效应,并且对其联合作用的机制作了初步的探讨。

1 实验材料和方法

1.1 实验土壤理化性质

本实验土壤样品取自河北省卢龙县邵各庄,属于沙质土,土样采于0—20 cm耕作层,其理化性质如表1所示。

1.2 仪器与试剂

1.2.1 试剂

(1)土壤微生物菌群测定所需试剂:细菌培养基:牛肉膏蛋白胨^[3];真菌培养基:马铃薯培养基^[3];放线菌培养基:可溶性淀粉培养基^[3]。

收稿日期:2000-11-16

基金项目:国家自然科学基金资助重点项目(29837170)

作者简介:张清敏(1946—),男,南开大学环境科学与工程学院副教授,研究方向为环境生物技术。

表1 土壤样品理化性质

Table 1 Physical and chemical properties of the soil studied

pH	含水率 /%	速效磷 /mg·kg ⁻¹	速效钾 /mg·kg ⁻¹	有机质 /g·kg ⁻¹
6.20	15—20	2 600—3 700	4 000—5 000	12

(2) 脲酶测定所需试剂: 尿素, 磷酸盐缓冲液(pH6.7), 甲苯, 天津市化学试剂二厂; 氯化钾, 天津市化学试剂一厂; 酒石酸钾钠, 氢氧化钠, 天津迪博化工有限公司; 纳氏试剂, 氯化铵, 优级纯。

(3) 过氧化氢酶测定所需试剂: 过氧化氢溶液, 北京试剂三厂; 浓硫酸, 天津市化学试剂五厂; 高锰酸钾, 草酸钠, 优级纯, 天津市化学试剂一厂。

(4) 呼吸强度测定试剂: 氢氧化钠, 盐酸, 酚酞指示剂, 天津市化学试剂一厂; 乙醇, 天津市化学试剂二厂。

(5) 污染物标准溶液: 涕灭威, 天津农药研究所, 纯度> 99%, SDBS, 化学纯, 天津光复精细化工研究所。以上试剂无特别说明级别均为分析纯。

1.2.2 仪器

YXQG02 型电热蒸汽消毒器, 山东新华医疗器械厂; 恒温培养箱, 天津市天宇技术实业有限公司; 电热鼓风干燥箱, 天津市实验仪器厂; TN-100B 型扭力天平, 上海第二天平仪器厂; GT2A 型精密天平, 北京光学仪器厂; 722 分光光度计, 上海第三分析仪器厂; THZ-82 型恒温振荡器, 上海跃进医疗器械厂; PHS-2C 酸度计, 上海雷磁仪器厂。

1.3 实验方法

(1) 土样的处理

称取过筛(筛孔直径 D=0.9 mm) 土样 10.0 kg, 盛放于一培养容器中, 加入适量 5% 葡萄糖水溶液, 静置 3—4 h 后过筛, 充分混匀, 使土样含水量为 15%—20%, 将此土样置于 28℃ 下恒温培养 1 周。

土样处理采用了有交互作用的正交表 L₉(3⁴) 设计安排实验^[4]。称取经预处理 1 周的土样 10 份, 每份重 1.0 kg, 盛放于 10 个培养容器中, 涕灭威和 SDBS 均设置 3 个浓度水平, 即低浓度 I(涕灭威 1 mg·kg⁻¹, SDBS 4 mg·kg⁻¹), 中等浓度 II(涕灭威 5 mg·kg⁻¹, SDBS 20 mg·kg⁻¹) 和高浓度 III(涕灭威 25 mg·kg⁻¹, SDBS 100 mg·kg⁻¹), 除对照外, 1—9 号处理加入涕灭威(A 因素) 和 SDBS(B 因素) 的混合溶液, 浓度搭配见正交设计表(表 2)。将此系列土样置于 28℃ 恒温箱培养, 分别于培养开始后第 1、3、5、7、14 d 采样测定, 每次取样都测含水量, 适当补充水分, 使土样含水量总保持在 15%—20%, 每个处理设置两次重复。

(2) 土壤微生物数量的测定——稀释平板法^[3];

(3) 过氧化氢酶的测定——高锰酸钾滴定法^[5];

(4) 脲酶的测定——纳氏试剂分光光度法^[5];

(5) 呼吸强度的测定——碱吸收滴定法^[5];

表2 正交设计表 L₉(3⁴)Table 2 Design of L₉3⁴ orthogonal method

编号	A 涕灭威	B SDBS	A×B 交互作用	e 误差
1	I	I	1	1
2	I	II	2	2
3	I	III	3	3
4	II	I	2	3
5	II	II	3	1
6	II	III	1	2
7	III	I	3	2
8	III	II	1	3
9	III	III	2	1

(6) 土壤含水量测定——烘干法^[6];

2 结果与讨论

2.1 涕灭威-SDBS 对 6 项微生物生态毒理指标的影响

将 6 项微生物指标变化实验结果(参数值和与对照相比的变化百分率) 和统计结果(成组数据 t 检验值) 进行方差分析^[4], 所得的结果列于表 3。

从表 3 方差分析的结果可见, 不同配比涕灭威-SDBS 加入土壤后, 7 d 内 6 项测试指标在不同时段都存在显著影响因素。对于细菌, 第 5 d 涕灭威和 SDBS 主效应以及二者交互作用都呈显著影响; 对于真菌, 涕灭威作用一直都呈显著效应; 对于放线菌, 除第 1 d 外, 交互作用一直呈显著影响; 对于脲酶, SDBS 的作用一直呈显著影响; 对于过氧化氢酶, 两种污染物的主效应一直都呈显著效应; 对于呼吸强度, 除第 7 d 外, 交互作用一直呈显著效应。总之, 除了两种污染物对微生物的主效应外, 每项指标都出现过二者交互作用为主要影响因素的情况, 第 5 d 时 6 项指标的交互作用都呈显著效应, 这说明涕灭威-SDBS 复合体系对微生物的影响不是二者单效应的简单相加, 而是其它类型的联合作用。由表 3 还可以看出, 在 14 d 时涕灭威和 SDBS 主效应以及二者交互作用都已不显著。

2.2 涕灭威-SDBS 对土壤微生物联合作用类型及作用机制

为了定性说明 SDBS 与涕灭威的联合作用, 将 6 项测试指标在涕灭威-SDBS 复合污染体系(以涕灭

表3 正交实验方差分析结果

Table 3 Variance analysis of experimental results

参数	采样时间/d					
	1	3	5	7	14	
细菌	F _A	—	—	36.3*	—	6.66*
	F _B	—	—	44.0*	—	—
	F _{AB}	-12.86**	6.58*	31.3*	-25.54*	—
真菌	F _A	25.88**	17.82*	-87.41*	46.28**	1.22
	F _B	5.94	—	-38.15*	4.82	3.91
	F _{AB}	—	11.79*	-187.2**	—	—
放线菌	F _A	—	15.05	-22.22*	-36.07**	—
	F _B	-13.34*	12.22	7.09	—	—
	F _{AB}	-4.26	123.7**	-47.47*	-9.81*	-2.51
脲酶	F _A	48.87*	-2.29	-22.23*	-434**	—
	F _B	59.12*	-14.29*	-19.33*	-230**	1.79
	F _{AB}	8.39	—	-39.30*	-163**	—
过氧化氢酶	F _A	-18.54**	-170**	-218**	-108**	-2.11
	F _B	-36.35**	-179**	-314**	-17.14	-4.78
	F _{AB}	—	12.5	-38.3*	-54.0*	—
呼吸强度	F _A	26.67*	8.98	-15.30	15.81*	4.53
	F _B	30.56*	8.60	-8.47	21.51*	15.54
	F _{AB}	19.74*	132**	-30.14	—	18.78

注: F_A 表示 A 因素(涕灭威)的 F 检验值, F_B 表示 B 因素(SDBS)的 F 检验值, F_{AB} 表示 AB 因素(涕灭威-SDBS)的 F 检验值; “—” 表示 F 值小于 1 或并入误差项中; “*” 和 “**” 分别表示 t 检验显著水平, $\alpha=0.05$ 和 $\alpha=0.01$ 。

威 $5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ - SDBS $20 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 为代表) 作用下随时间变化的规律用图 1 来分析。由图 1 可见, 在 14 d 的实验期内, 脲酶第 1 d 呈现最大激活状态; 细菌、真菌、放线菌、呼吸强度和过氧化氢酶第 3 d 出现第一激活峰; 真菌、放线菌和呼吸强度第 5 d 出现最大抑制峰; 细菌第 7 d 出现最大抑制峰; 真菌和呼吸强度第 7 d 出现第二激活峰。与涕灭威和 SDBS 对土壤微生物单独效应时, 不同之处在于第 5 d 细菌、第 7 d 真菌和呼吸强度才达到激活高峰。在 14 d 内活性指标与微生物菌群都呈显著相关, 这在一定程度上说明 14 d 后涕灭威-SDBS 复合体系对微生物的影响已呈随机效应。此外还可以看出在涕灭威-SDBS 复合系统中, 细菌和呼吸强度是最敏感的指标。

综上所述, 涕灭威-SDBS 复合体系对 6 项微生物测试指标的影响都不同程度提前于二者单独作用时所产生的同类效应。涕灭威-SDBS 联合作用既使微生物的显著影响期缩短, 又使影响本身减弱, 两种现象都说明涕灭威和 SDBS 对土壤微生物的联合作用是拮抗作用。

3 小结

(1) 在本实验研究条件下, 涕灭威-SDBS 复合体



图1 涕灭威-SDBS 对 6 项测试指标随时间的变化

Figure 1 Change of six ecotoxicological parameters for aldicarb-SDBS by time

系对微生物的联合作用与二者单独效应相比既缩短了土壤微生物受影响的时间, 又使影响本身减弱, 在 7 d 内除了两种污染物的主效应外, 存在交互作用, 第 5 d 时 6 项测试指标交互作用都呈显著效应, 第 14 d 时二者复合效应已呈随机效应。

(2) 在涕灭威-SDBS 复合体系对微生物的影响中, 细菌和呼吸强度是最敏感的指标。

(3) 在涕灭威-SDBS 复合体系中二者对土壤微生物的联合作用是拮抗作用, 其机制是 SDBS 促进了涕灭威的降解, 加速了其代谢解毒作用。SDBS 加速涕灭威降解的原因可能有三: 一是 SDBS 能增大土壤环境的 pH 值; 二是 SDBS 增加了涕灭威的水溶解度; 三是 SDBS 作为土壤微生物的碳源促进了细菌优势菌群的生长繁殖。这三种作用都有利于加速涕灭威的降解。

参考文献:

- [1] Union Carbide Corporation. Temic Aldicarb Pesticide. Technical Information [M]. 1975. 35.
- [2] Nimrod A C and Benson W H. Environmental estrogeenic effects of alkylphenol ethoxylates[J]. *Crit Rev Toxicol*, 1996, 26(3): 335-364.
- [3] 王家玲, 等. 环境微生物学实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1988. 3-5.
- [4] 杜荣莺. 生物统计学[M]. 北京: 高等教育出版社, 海德堡: 施普林格出版社, 1999. 146-287.
- [5] 许光辉, 郑元洪. 土壤微生物分析手册[M]. 北京: 农业出版社, 1986. 255-287.
- [6] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 1978. 466.