
应用
技术

稀土配合物农用对土壤微生物活性的影响

黄建新¹, 杨一心², 唐雪玲¹

(1. 西北大学 生命科学院, 陕西 西安 710069; 2. 西北大学 化学系, 陕西 西安 710069)

摘要: 研究了稀土(La, Nd)与唑类二元和三元配合物及其稀土盐对耕作土壤中细菌、霉菌及土壤酶活性的影响作用; 结果表明, 各供试稀土盐配合物在浓度小于 1.5 mg/g 时对土壤生物活性影响不大。当浓度大于 3 mg/g 时, 对土壤中细菌、霉菌及脱氢酶、过氧化氢酶活性均具有一定抑制作用。在化合物浓度为 15 mg/g 土样中: 细菌生长的抑制率达 47%~63%, 霉菌为 23%~34%, 过氧化氢酶抑制率为 9.5%~38.7%, 脱氢酶活性明显降低。稀土化合物农用对土壤微生态环境的影响不容忽视。

关键词: 土壤微生态环境; 稀土; 配合物; 土壤酶活性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2003)02-0033-03

中图分类号: S144.1; X322

Effect of Coordination Complexes of Rare Earth Applied to Agriculture on Soil-microenvironment

HUANG Jian-xin¹, YANG Yi-xin², TANG Xue-ling¹

(1. Institute of Life Science, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, China;

2. Department of Chemistry, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi Province, China)

Abstract: The effects of coordination complexes of the rare earth (La & Nd) chlorides with imidazole and simple chloride salt on bacteria, mold and enzyme activity in field soil are determined in the laboratory. The result of the determination shows that the coordination complexes of rare earth used on experiment, when their concentration is less than 1.5 mg/g, have little effect on biological activity of the field soil; When their concentration is more than 3 mg/g, they have inhibitory effect on bacteria, mold, catalase and dehydrogenase in soil. In the coordination complexes of the sample soil, whose concentration is 15mg/g, inhibitory effect on bacteria is 47%~63%, on mold is 23%~34%, and on soil-catalase is 9.5%~38.7%, dehydrogenase activity obviously decreases; Therefore attention should be paid to the effect of rare earth used in agriculture soil microenvironment.

Keywords: soil microenvironment; rare earth; coordination complexes; enzyme activity in soil

目前, 由于化肥和农药的大面积使用, 造成耕作土壤土质的退化已成为农业生产重要问题。土壤中的微生物数量、种类和酶的活性在一定程度上可以反映土壤生态环境和土壤肥力的情况。通过土壤微生物的代谢活动, 可以改变土壤的理化性质, 进行物质转化。因此土壤微生物是构成土壤土质良好的重要因素。

我国稀土资源丰富, 约占世界储量的 80%^[1]。开发和应用稀土及其配合物的研究已成为热门课题。大量的研究表明, 很多稀土化合物具有刺激植物生长的作用^[2], 可作为农用微肥, 而且大多数稀土元素对细菌和植物病害霉菌具有较强的抑制作用^[3], 对动、植物病害的防治具有一定意义, 从而促使稀土农用得到迅速发展; 而大量的稀土化合物也随之较集中地进入耕作土壤和环境, 因此稀土对土壤生态活性的影响也将成为水土保持研究工作的重要课题之一。据此本文

通过研究几种不同的稀土配合物对土壤微环境的影响情况, 以探讨它们在农业方面应用后对土壤生态环境可能造成的影响作用。

1 材料和方法

1.1 供试稀土化合物

稀土盐: LaCl₃(氯化镧); NdCl₃(氯化钕); 稀土配合物: LaCl₃·C₃H₄N₂(La·Im 氯化镧咪唑); NdCl₃·C₃H₄N₂(Nd·Im 氯化钕咪唑); NdCl₃·AlaC₃H₄N₂(Nd·Im 氯化钕丙氨酸咪唑); NdCl₃·2(C₇H₆N₂)(Nd·Bim 氯化钕苯并咪唑)。以上化合物全部由西北大学化学系提供。

1.2 土壤的采集与制备

土壤采自植被为小麦的耕作农田。用无菌小铲取表层土下约 10 cm 处土壤于无菌容器中, 在同一块地

收稿日期: 2002-12-20

资助项目: 陕西省自然科学基金(97H04); 陕西省教委重点基金资助课题(99JK10)

作者简介: 黄建新(1956—), 女(汉族), 山西临猗县人, 副教授。主要从事环境微生物研究。电话(029)8302043, E-mail: jxhuang@nwu.edu.cn.

中分别取 5 个点土样带回实验室,土样于无菌室内过筛($\varphi=2\text{ mm}$)混匀分别称取 30 g 分装于大试管中。给各大试管分别加入不同浓度的供试稀土化合物 10 ml,使每种供试稀土化合物在土中的浓度分别为 0.5,1.0,1.5,3.0,5.0,8.0,15 mg/g。同时另设 1 管对照:30 g 土中加入 10 ml 无菌水。置 30℃ 恒温作用。

1.3 稀土化合物对土壤微生物生长影响测定

1.3.1 细菌的测定 上述土样恒温作用 3 d 后,取土样各 1 g 分别加入装有玻璃珠 99 ml 生理盐水的三角瓶中振荡 20 min 后,依次稀释至 1.0×10^{-7} ,取后 2 个稀释度用牛肉膏蛋白胨培养基制混合平皿^[4],每稀释度重复 3 个皿,30℃ 培养,24 h 和 48 h 连续计菌落数并计算抑菌率。

$$\text{抑菌率} = \left[\frac{\text{对照土样菌落数} - \text{化合物处理土样菌落数}}{\text{对照土样菌落数}} \right] \times 100\%$$

1.3.2 霉菌的测定 上述土样恒温作用 5 d 后,各取土样 5 g 分别加入装有玻璃珠 95 ml 生理盐水的三角瓶中,振荡 20 min,依次稀释至 5.0×10^{-4} ,将后 2 个稀释度同查氏培养基^[4](加入 1200 单位链霉素)制混合平皿,每稀释度重复 3 个皿,置 28℃ 培养,第 4 d 起每隔 24 h 连续计菌落数至第 7 d,并计算抑菌率。

1.4 稀土化合物对土壤中酶的影响测定

1.4.1 土壤过氧化氢酶的测定 将经各供试化合物不同浓度处理 5 d 后的土样和对照土样各取 5 g,用高锰酸钾滴定法^[5]分别测定其过氧化氢酶活性的变化。土壤过氧化氢酶活性以单位土重消耗的 0.1 mol/L 高锰酸钾毫升数(对照与样品试验测定之差)表示。

1.4.2 土壤脱氢酶活性变化测定 经各供试化合物不同浓度处理 5 d 后的土样及对照土样各 5 g 制成土壤悬液,分别取 2 ml 土壤悬液于已编号的小试管中,再各加 2 ml 的 1:3000 的美兰溶液混匀,再用 2 ml 液体石蜡覆盖于液面。另设一不加土样悬液改加磷酸缓冲液(pH=7.4)的对照。置 35℃ 水浴,观察记录各管美兰被还原褪色所需时间。

2 结果分析

2.1 各供试化合物对土壤微生物数量的影响

土壤中的细菌和霉菌在数量和种类上比其它微生物占的比例大,同时它们分别属于原核生物和真核生物,具有代表性,故分别对经各供试化合物处理的土壤中的细菌和霉菌的数量变化进行测定,其各化合物不同浓度对土壤微生物生长影响结果见表 1。

表 1 稀土化合物对土壤中细菌、霉菌数量的影响

测试菌种	化合物	供试化合物浓度/(mg·g ⁻¹)														
		对照菌数	0.5		1.0		1.5		3.0		5.0		8.0		15.0	
			A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
细菌 (1×10 ⁻⁶)	LaCl ₃	236	240	-1.6	210	11.0	194	17.8	186	21.2	141	40.3	124	47.5	93	60.5
	NdCl ₃	236	240	-1.6	252	-6.7	224	5.1	201	14.8	178	24.6	146	38.1	107	54.7
	La·Im	236	245	-3.8	214	9.3	206	12.7	182	22.8	162	21.3	136	42.3	98	58.4
	Nd·Im	236	227	3.8	218	7.6	196	16.9	183	22.5	134	43.2	117	50.4	103	57.8
	Nd·Ala·Im	236	250	-5.9	267	-13.1	282	-19.4	238	-0.8	195	19.4	145	38.6	121	48.7
	Nd·Bin	236	230	2.5	258	-9.3	228	3.4	168	28.8	125	47.0	117	50.4	86	63.5
霉菌 (5×10 ⁻³)	LaCl ₃	182	186	-2.2	178	6.6	178	6.6	168	12.0	151	17.0	137	24.5	124	31.8
	NdCl ₃	182	185	-1.6	187	-2.7	184	-1.1	170	6.6	159	12.6	141	24.7	130	28.6
	La·Im	182	181	0.0	184	-1.0	180	1.1	168	7.7	154	15.4	139	23.6	129	29.1
	Nd·Im	182	183	0.0	187	-2.7	185	-1.6	174	4.4	165	9.3	149	18.1	130	28.6
	Nd·Ala·Im	182	194	-6.5	189	-3.8	197	-8.2	183	0.0	169	7.1	152	16.5	40	23.1
	Nd·Bin	182	194	-6.5	189	-3.8	189	-3.8	178	2.2	156	14.3	140	23.1	119	34.6

注:A 表示 3 次重复平均菌落数(个);B 表示抑菌率(%)。

研究表明,供试用的稀土盐及其配合物对土壤微生物生长有一定的影响;当各供试化合物浓度在 0.5~1.0 mg/g 时,其作用并不明显。但随着浓度的升高,呈现了明显的抑制作用。并且各供试化合物对于土壤原核生物中细菌的抑制作用均高于对真核微生物中的霉菌的作用。从表 1 中还可看出,稀土化合物的配体不同,在低浓度时对土壤微生物可表现出不同影响作用;其中氯化钆丙氨酸咪唑在 1.5 mg/g 浓

度以下对细菌和霉菌均表现出有刺激其生长的作用。

2.2 各供试化合物对土壤酶活性的影响

土壤中的酶主要是来自微生物的代谢作用和死亡后细胞裂解而释放出、以及动植物活体及残体^[6],这些酶推动着土壤的生物化学反应。由于土壤中有些微生物种类在实验室条件下不易培养出来,因此检测土壤酶活性将能更全面地反映稀土化合物对土壤总的生物活性作用情况;根据几乎在所有的生物体内都

有过氧化氢酶及脱氢酶存在的特点,故对经各配合物处理后土壤中的这 2 种酶活性的变化进行测定,以反映出土壤呼吸强度的变化情况,进而研究不同稀土配合物对土壤微生态环境的影响。

2.2.1 土壤过氧化氢酶的变化 经不同浓度各供试稀土化合物作用后,土壤过氧化氢酶活性变化如图 1 所示。由图 1 可见,各供试配合物使用浓度为 0.5~1.5 mg/g 时对土壤过氧化氢酶活性的抑制作用不明显;其中 Nd·Ala·Im 浓度为 1 mg/g 时对土壤过氧化氢酶活有一定激活作用。但总体来说随着各配合物浓度增加,其对酶的抑制作用加大。各供试稀土配合物的最高浓度对土壤过氧化氢酶的抑制率分别在 9.5%~38.2%。

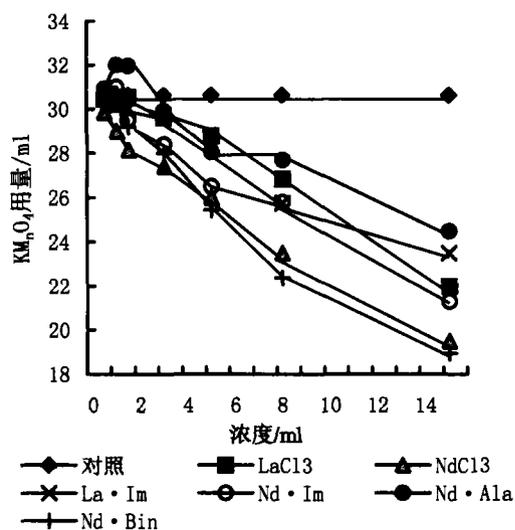


图 1 稀土化合物对土壤过氧化氢酶的影响

2.2.2 土壤脱氢酶的变化 经不同浓度各供试化合物作用后,土壤脱氢酶活性变化见表 2。

表 2 供试稀土化合物对土壤脱氢酶活性影响 min

稀土化合物	稀土化合物浓度/(mg·g ⁻¹)							
	CK	0.5	1.0	1.5	3.0	5.0	8.0	15.0
LaCl ₃	10	10	15	25	45	70	90	100
NdCl ₃	10	15	20	20	30	45	90	110
La·Im	10	10	15	25	35	55	65	95
Nd·Im	10	10	15	20	25	40	70	105
Nd·Ala·Im	10	8	5	10	15	30	60	90
Nd·Bin	10	13	15	15	25	45	85	100

注:土壤脱氢酶活性以美兰还原时间(min)计。

由表 2 可见,除 Nd·Ala·Im 在低浓度时对土壤脱氢酶活性有一定的激活作用外,高浓度时,同其它供试化合物一样对土壤脱氢酶均有不同程度的抑制作用,并且随着配合物浓度增加,美兰被还原退色的时间增长,即土壤脱氢酶活性明显降低。

3 小 结

(1) 各供试化合物在其浓度小于 1.5 mg/g 时对土壤生物活性影响不大;随着浓度的增大,其对土壤过氧化氢酶和脱氢酶活性产生的影响与对土壤微生物生长的抑制作用基本一致,对土壤微环境生态平衡具有一定危害作用。因此在使用时要控制其浓度。

(2) 各供试化合物对土壤中原核微生物的抑制作用强于真核微生物,这与实验室对纯种细菌和霉菌作用的测定结果一致^[3]。

(3) 稀土配合物的配体不同,可对土壤微生物活性有不同的影响;其中 Nd·Ala·Im 的配体中含有氨基酸,在低浓度时对土壤活性具有一定的刺激作用,在高浓度时的抑制作用也较 Nd·Im 和 Nd·Bin 的作用低,故选择适宜配体的稀土化合物对于农业生产应用具有意义。

以上研究结果提示,稀土农用对土壤生态环境的影响不容忽视,使用时应在浓度或配体选择等方面采取一定的措施。这样才能既保持土壤生态活性,防止水土流失,又能使我国丰富的稀土资源真正的为农业生产发挥其应用价值。

[参 考 文 献]

- [1] 王晓蓉. 稀土元素的化学研究现状及发展趋势[J]. 环境化学, 1991, 10(6): 73—76.
- [2] 吴兆明, 汤镇河, 贾克旺, 等. 稀土元素对农业增产的研究[J]. 中国稀土学报, 1984, 2(2): 75—80.
- [3] 黄建新, 袁成凌, 杨一心. 氯化稀土与咪唑配合物对微生物生长影响[J]. 西北大学学报(自然科学版), 1997, 27(增刊): 479—482.
- [4] 范秀容, 李广武, 沈萍编. 微生物实验[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993. 260—262.
- [5] 中国科学院土壤研究所微生物研究室编著. 土壤微生物研究方法[M]. 北京: 科学出版社, 1985. 261—263.
- [6] 陈义新编. 土壤和环境微生物[M]. 北京: 农业大学出版社, 1990. 86—89.