

蚯蚓对不同 Pb 浓度土壤化学性质的影响

冯英梅 (广西师范大学生命科学院, 广西桂林 541004)

摘要 [目的]为探讨蚯蚓对铅污染土壤的修复作用。[方法]通过网室盆栽试验,将蚯蚓放入不同浓度(0、100、300、500、1 000 mg/kg)铅污染的土壤中,研究蚯蚓对土壤 pH 值、有机质含量以及阳离子交换量(CEC)的影响。[结果]当土壤铅浓度为 0~300 mg/kg 时,加入蚯蚓提高了土壤的 pH 值。当铅浓度为 500 mg/kg 时,加入蚯蚓降低土壤 pH 值,有利于植物吸收富集铅。当铅浓度为 0、100、300、500 mg/kg 时,加入蚯蚓能提高土壤 CEC,其增幅在无污染土壤中最大。随着铅浓度的增加,土壤有机质含量增加,加入蚯蚓后土壤有机质含量总体上呈增加趋势。当铅浓度为 1 000 mg/kg 时,加入蚯蚓对铅污染土壤的化学性质没有影响。[结论]在铅浓度为 0~100 mg/kg 的土壤中,加入蚯蚓可减少作物对铅的吸收,增加作物的产量;在铅浓度为 500 mg/kg 的土壤中,加入蚯蚓可提高植物的修复效率。

关键词 蚯蚓;铅污染;pH 值;阳离子交换量;有机质

中图分类号 Q958.11 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2008)02-00638-02

Effects of Earthworm on the Chemical Properties of Soil with Different Pb Concentrations
FENG Ying-mei (College of Life Sciences, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi 541004)

Abstract [Objective] The research aimed to discuss the repairing effects of earthworm on Pb-polluted soil. [Method] In pot experiment in net room, earthworms were put into the soils polluted with different concentrations (0, 100, 300, 500, 1 000 mg/kg) of Pb to study the effects of earthworm on pH value, organic matter content and cation exchange capacity(CEC) in the soil. [Result] When Pb in the soil was at 0~300 mg/kg, adding earthworms increased soil pH value. When Pb was at 500 mg/kg, adding earthworms decreased soil pH value, which was favorable for Pb absorption and enrichment in plants. When Pb was at 0, 100, 300, 500 mg/kg, adding earthworms could enhance CEC in the soil and its increasing amplitude was highest in the soil without pollution. With the increasing of Pb concentration, the content of organic matter in the soil was increased and the content of organic matter in the soil showed an increasing trend on the whole after adding earthworms. When Pb was at 1 000 mg/kg, adding earthworms had no effect on the chemical prosperities of Pb-polluted soil. [Conclusion] In the soil with Pb at 0~100 mg/kg, adding earthworms could decrease Pb absorption of crops and increase the crop yield. In the soil with Pb at 500 mg/kg, adding earthworms could enhance the repairing effects of plants.

Key words Earthworm; Pb pollution; pH value; Cation exchange capacity; Organic matter

近年来,许多资料报道了污染物对土壤动物的生态毒理效应、土壤动物的生物指示作用以及污染土壤的动物修复研究。其中,蚯蚓是土壤动物的代表。蚯蚓对污染土壤的修复主要是通过土壤理化性质和生物学过程的调节来实现的,但是目前在理论和实践上都还存在许多问题^[1-4],研究还处于初始阶段。因此,当前主要是对污染物对土壤动物的生态毒理效应、土壤动物的生物指示作用的研究,用蚯蚓来评价土壤修复的状况^[5]。笔者研究了蚯蚓对不同铅(Pb)浓度污染土壤理化性质的影响,测定了土壤的 pH 值,土壤阳离子交换量(CEC)和土壤有机质(O.M)含量变化,考察蚯蚓对 Pb 污染土壤修复的影响。

1 材料与方法

1.1 材料 供试土壤采自广西师范大学生物园的耕层土壤(0~20 cm)。土壤的基本性状:土壤类型为黄泥土;pH 值为 5.65;有机质为 20.70%;全氮 1.03 g/kg;全磷 0.54 g/kg;全铅 19.70 mg/kg。供试蚯蚓为野生环毛蚓(*Pheretima* sp.),采自广西师范大学生物园无污染的荒地。供试植物为生菜(*Lactuca sativa* var. *romana* Gars)。

1.2 试验设计 采用网室盆栽试验。试验布置为 5 个处理,3 个重复,共 30 盆。Pb 的处理浓度为 0、100、300、500、1 000 mg/kg。用 20 cm×20 cm 塑料花盆盛过 3 mm 筛的风干土,每盆装土 5 kg。重金属 Pb 以 $Pb(Ac)_2$ 形式施入土壤。每盆加入蚯蚓 30 条,并以不加蚯蚓的相应处理为对照(其他施加物相同)。塑料盆底加钢丝网防止蚯蚓逃逸。供试生菜选取生长状况基本一致的苗,每盆 3 株,在网室正常阳光下生长。

基金项目 广西师范大学青年基金资助。

作者简介 冯英梅(1976-),女,湖南岳阳人,硕士,讲师,从事土壤污染修复研究。

收稿日期 2007-05-30

30 d 后收获测定植株地上部、地下部的产量。定期补水、补肥。

1.3 测定方法 土壤 pH 值采用电位法测定;土壤有机质采用低温外热重铬酸钾氧化-比色法测定;土壤全氮采用半微量法测定;土壤全磷采用 $HClO_4-H_2SO_4$ 消化,钼锑抗比色法测定;土壤阳离子交换量采用 $BaCl_2-H_2SO_4$ 快速测定法测定;土壤全铅采用 $HNO_3-HF-HClO_4$ 消煮,原子吸收分光光度法测定。

2 结果与分析

2.1 蚯蚓对不同浓度 Pb 污染土壤 pH 值的影响 表 1 表明,随着 Pb 浓度的增加,pH 值的总体变化趋势是增高的。pH 值增高的原因是由于加入醋酸铅的醋酸弱酸根的水解。加入蚯蚓的土壤 pH 值在 Pb 浓度 0~300 mg/kg 时都高于对照,蚯蚓的活动使土壤的 pH 值增加,这与刘德辉研究结果相符^[6],他将 pH 值升高的原因归纳为:①蚯蚓吞食有机物料的能力很强,可将有机物质结合入土壤内,有机物质的某些活性基团导致土壤 pH 值改变;②有机物料分解过程中产生的有机还原物质使土壤中的铁、锰氧化物等被还原,消耗了土壤溶液中的质子,使土壤 pH 值增高。该试验在 Pb 浓度 500 mg/kg 时,加入蚯蚓土壤的 pH 值低于不加蚯蚓的土壤,其原因^[7]:在这一浓度条件下,蚯蚓对重金属胁迫产生了积极的响应。蚯蚓通过大量取食来抵制 Pb 的胁迫,在取食过程中,蚯蚓体内吸收累积了大量的醋酸铅,而醋酸铅是增加土壤碱性的重要因素,因此,土壤中的醋酸铅减少直接导致了土壤的 pH 值显著降低。在 Pb 浓度为 1 000 mg/kg 时,土壤的 pH 值几乎没有变化,表明蚯蚓活动对土壤 pH 值影响很小,蚯蚓的土壤修复能力受到抑制。已有资料证明,土壤的 pH 值与土壤中有效铅含量成正比,因此,试验在 Pb

浓度 0~300 mg/kg 范围内加入蚯蚓,提高了土壤的 pH 值,降低土壤中重金属有效性,对植物吸收富集 Pb 具有负面影响。Pb 浓度在 500 mg/kg 时,加入蚯蚓降低了土壤的 pH 值,降低土壤中重金属有效性,有利于植物吸收富集 Pb。高浓度(1 000 mg/kg) Pb 条件下,蚯蚓不能通过改变 pH 值来影响 Pb 的有效性。

2.2 蚯蚓对不同浓度 Pb 污染土壤 CEC 的影响 表 1 表明,在 0、100、300、500 mg/kg Pb 浓度时,加入蚯蚓能提高土壤 CEC;在 Pb 浓度 1 000 mg/kg 时,加入蚯蚓对提高土壤 CEC 没有影响;在 0 mg/kg 浓度 Pb 条件下,CEC 增加量最大。说明在无污染土壤上,蚯蚓对土壤 CEC 的增加影响最大,在 100、300、500 mg/kg Pb 浓度下,蚯蚓对增加土壤 CEC 含量的能力有所波动,但是总体趋势是一致的,这说明在该试验设计条件下,加入蚯蚓有利于提高 Pb 污染土壤的 CEC 含量,但是在高浓度(1 000 mg/kg) Pb 条件下,蚯蚓改善土壤 CEC 的能力消失。

表 1 蚯蚓活动对土壤 pH 值、CEC、有机质含量的影响

Table 1 The effect of earthworm activity on soil PH value, CEC and organic content

Pb 处理的浓度 mg/kg Processing concentration of Pb	pH 值 pH value		CEC		有机质 // % Organic matter	
	0	+	0	+	0	+
0	5.63	5.67	2.17	2.46	22.64	22.68
100	5.69	5.76	2.02	2.06	22.67	22.72
300	5.73	5.96	2.04	2.18	22.88	22.68
500	5.98	5.88	2.12	2.22	22.71	22.79
1 000	6.13	6.14	2.08	2.08	22.80	22.80

注:“+”与“0”表示加入与不加蚯蚓处理。

Note: + and 0 mean adding or not adding earthworm treatment, resp.

2.3 蚯蚓对不同浓度 Pb 污染土壤有机质含量的影响 表 1 表明,随着加入 Pb 浓度的提高,有机质含量增加,这是由于醋酸铅使土壤微生物量增大,在 Pb 浓度为 300 mg/kg 时,有机质含量达到峰值,是由于在这一浓度条件下微生物受到中度干扰,微生物量达到最大^[9]。加入蚯蚓,土壤有机质含量总体趋势增大,但有机质含量在添加 Pb 浓度为 300 mg/kg 时出现了波谷。造成这一现象的原因是^[9]:在 Pb 浓度 300 mg/kg 时,土壤的有机质含量和微生物量很高,蚯蚓取食有机物和微生物,而蚯蚓代谢物的易利用碳源对微生物生长影响不大,微生物量下降,由于不加蚯蚓的原土有机质峰值出现主要是由于 Pb 刺激微生物增多造成的,所以,蚯蚓取食微生物从根源上使有机质含量减少,这一影响与蚯蚓直接取食有机质共同作用,导致土壤有机质含量急剧下降。蚯蚓对土壤有机质含量的影响与对 pH 值和 CEC 的影响类似,在 Pb 浓度 1 000 mg/kg 时,加入蚯蚓对 Pb 污染土壤的

(上接第 609 页)

9.411 mg/ml。在优化条件下,山茶萸总苷含量为 10.016 mg/ml, RSD 为 2.52%,表明试验重现性良好。

3 结论

山茶萸总苷溶剂提取法的最佳工艺条件为:50%乙醇提取,料液比 1:3,提取时间 6 h,提取 3 次。在此提取过程中没有经过加热处理,提取方法温和,工艺简单,易操作,其中的有效成分损失较少,提取物中山茶萸总苷含量平均为 10.016 mg/ml。

有机质含量并没有产生影响。

3 结论与建议

通过蚯蚓对不同 Pb 浓度土壤的 pH 值、CEC、土壤有机质含量的影响可以看出,蚯蚓进入不同 Pb 污染浓度的土壤具有不同的作用。因此,可以根据不同 Pb 浓度土壤采取不同的处理方法^[9-12]:Pb 浓度 100 mg/kg 以下,加入蚯蚓能够提高土壤 pH 值和 CEC,减少有效 Pb 的含量,同时有机质含量增加,有利于植物生长,因此,在这一浓度范围内,可以通过蚯蚓来抑制作物对 Pb 的吸收,增加作物的产量,可以考虑在这一较轻污染浓度土壤上加入蚯蚓进行农业生产;Pb 浓度在 300 mg/kg 时,加入蚯蚓能够提高土壤 pH 值和 CEC,减少有效 Pb 的含量,但是有机质含量却急剧减少,可见,300 mg/kg 左右是变化比较复杂的一个点,应对其进一步研究;当 Pb 浓度达到 500 mg/kg 时,加入蚯蚓的土壤 pH 值降低,CEC 和有机质含量升高,说明在这一浓度加入蚯蚓,有利于植物生物量的提高,同时,有利于有效 Pb 的存在,这一浓度土壤一般为需要进行植物修复的土壤,因此,可在这类土壤中加入蚯蚓,以利于提高植物修复的效率。当 Pb 浓度达到 1 000 mg/kg 时,蚯蚓对土壤的影响作用消失,这一浓度土壤可不必加入蚯蚓。

参考文献

- [1] 周启星.污染土壤修复原理及方法[M].北京:科学出版社,2004.
- [2] 俞协治,成杰民.蚯蚓对土壤中铜、镉生物有效性的影响[J].生态学报,2003,23(5):922-928.
- [3] 王振中,张友梅.土壤重金属污染对蚯蚓影响的研究[J].环境科学学报,1994,14(2):236-243.
- [4] 黄初龙,张雪萍.蚯蚓环境生态作用研究进展[J].生态学杂志,2005,24(12):1466-1470.
- [5] 冯凤玲,成杰民.蚯蚓在植物修复重金属污染土壤中的应用前景[J].土壤,2006,37(4):256-260.
- [6] 刘德辉,胡锋,胡佩.蚯蚓活动对红壤磷素有效性的影响及其活化机理研究[J].生态学报,2003,23(11):2300-2306.
- [7] 戈峰,刘向辉,江炳缜.蚯蚓对金属元素的富集作用分析[J].农业环境保护,2002,21(1):16-18.
- [8] 张立宏.微生物和蚯蚓的协同作用对土壤肥力影响的研究[J].生态学报,1996,10(1):117-120.
- [9] 李法云,曲向荣,吴龙华,等.污染土壤生物修复理论基础与技术[M].北京:化学工业出版社,2005.
- [10] BUNZL K, TRAUTMANN-SHEIMER M, SCHRAMMEL P, et al. Availability of arsenic, copper, lead, thallium, and zinc to various vegetables grown in slag-contaminated soils [J]. J Environ Q, 2001, 30: 934-939.
- [11] WEI C M. 土壤 pH 值和有机质对锌冶炼联合企业附近的蚯蚓吸收镉、锌、铅和铜的影响[J]. Bull Environ Contam Toxicol, 1983, 30(4): 424-427.
- [12] 陈怀满,陈能场.土壤-植物系统中的重金属污染[M].北京:科学出版社,1996.

参考文献

- [1] 刘德军,路涛.山茶萸[M].北京:中国中医药出版社,2001:3-4.
- [2] 张兰桐,袁志芳,杜英峰,等.山茶萸的研究近况及开发前景[J].中草药,2004,35(8):952-955.
- [3] 吕晓东,张永祥,茹祥斌,等.山茶萸体液免疫抑制活性成分的药理学导向评价分离[J].解放军药学报,2002,18(6):357-359.
- [4] 郭丽丽,周勇,王旭丹,等.山茶萸总苷抗炎风湿关节炎免疫作用机理的初步研究[J].中国免疫学杂志,2002,18(3):197-199.
- [5] 陈霞,沈爱宝,钱东升.山茶萸不同提取部位对小鼠血糖的影响[J].南通医学院学报,2004,24(2):365-366.
- [6] 郝海平,许惠琴,朱荃,等.山茶萸环烯醚萜总苷对由链脲佐菌素诱导的糖尿病血管并发症大鼠血清 sICAM-1、TNF- α 的影响[J].中药药理与临床,2002,18(4):13-14.