

重金属污染下土壤酶活性的研究进展

陈娟, 何云晓, 冉琼 (绵阳师范学院, 四川绵阳 621000)

摘要 综述了重金属污染胁迫下土壤酶活性的研究进展, 阐述了重金属胁迫下土壤酶活性研究的目的和意义、重金属污染和土壤酶的关系, 并提出了重金属污染下土壤酶研究值得深入探讨的问题。

关键词 土壤酶; 重金属

中图分类号 S154.2 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2009)21-10083-02

Progress of Studies on Soil Enzyme Activity under Heavy Metal Contamination

CHEN Juan et al (Mianyang Normal University, Mianyang, Sichuan 621000)

Abstract The progresses on studies of soil enzyme activity under heavy metal contamination were reviewed. The aim and meaning of studies on soil enzyme activity under heavy metal contamination and the correlation between heavy metals contamination and soil enzymes were discussed. The questions that should be paid attention to and deeply researched on soil enzymes under heavy metal contamination were put forward.

Key words Soil enzymes; Heavy metals

工业废物排放、肥料和农药的大量使用、植物的富集作用、大气沉降等导致的土壤重金属污染, 已成为全球面临的一个严重的环境问题。土壤酶活性反映了土壤中各种生物化学过程的强度和方向, 是土壤肥力评价和土壤自净能力评价的重要指标^[1]。土壤酶参与植物养分的吸收转化过程和残体、代谢物的分解过程, 其活性变化的研究也有助于阐述重金属胁迫下植物的生理生化响应机制。

1 重金属胁迫下土壤酶活性研究的目的和意义

1.1 确定重金属污染的预警指标和分级指标 通过重金属种类、含量与土壤酶活性的线性关系的研究, 寻找能够指示土壤污染程度的特征土壤酶, 将其一定范围的活性变化值作为污染的预警阈值^[2]。Marzadori C 等学者认为, 采用磷酸酶活性进行分级较好, 磷酸酶活性下降 20% 为轻微污染; 20% ~ 45% 为中等污染; 45% 以上为严重污染^[3]。

1.2 将土壤酶活性作为土壤修复的评价指标 研究认为, 当污染土壤修复后, 土壤酶活性能够有一定程度的恢复^[4], 通过治理前后的土壤酶活性的比较, 可以评价土壤修复的效果。Hinojosa 等研究了重金属污染土壤的修复效应, 比较了未污染、污染后修复、污染后未修复 3 个样地土壤中的土壤酶活性, 结果显示土壤酶活性表现为: 污染未修复土壤 < 修复土壤 < 未污染土壤, β -葡萄糖苷酶和脲酶活性的变化最显著, 可作为土地质量和修复效应的评价指标^[5]。

1.3 植物-土壤酶系统的研究有助于阐明植物对重金属污染的响应机制 植物根际是土壤微生态系统的重要组成部分, 研究重金属污染下根际土壤酶活性特征, 将有助于认识土壤、植物的营养状况以及植物对环境胁迫的响应机制。刘登义等的研究表明, 凤丹根际土壤各种酶活性显著大于非根际土壤^[6]。根际环境对土壤酶活性的影响表现为: 磷酸酶 > 脲酶 > 过氧化氢酶 > 蔗糖酶 > 多酚氧化酶。目前, 将重金属-土壤-植物三者作为一个系统来研究重金属胁迫对植物和土壤生态系统的危害效应的研究不多, 有待深入。

2 重金属污染和土壤酶活性的关系的研究

2.1 重金属污染对土壤酶的激活和抑制效应 重金属污染对土壤酶表现为激活或抑制效应。这与重金属的种类、浓度、土壤类型等有关。研究认为重金属离子作为土壤酶的辅基, 能促进酶活性中心与底物间的配位结合, 使酶分子及其活性中心保持一定的专性结构, 改变酶催化反应的平衡性质和酶蛋白的表面电荷, 从而可增强酶活性, 表现出激活效应^[8]。重金属对土壤酶的抑制效应机理是重金属占据酶的活性中心或与酶分子的巯基、胺基和羧基的结合, 导致酶活性降低。研究认为重金属降低了土壤中微生物的数量和活性, 从而使土壤酶的分泌和合成减少, 土壤酶活性降低^[1]。

土壤酶本身对重金属胁迫的反应敏感度存在差异, 效应方向(抑制或激活)和强度各有不同, 其中磷酸酶、脲酶、过氧化氢酶、蛋白酶、脱氢酶等对重金属的效应表现得比较敏感^[7-10]。

2.2 重金属污染对土壤酶动力学特征的效应研究 土壤酶动力学研究可以阐明重金属污染物对酶促反应过程的影响机理^[12]。杨春璐等的研究显示汞对脲酶活性、 K_m 、 V_{max} 、 V_{max}/K_m 均有负效应, 其影响幅度分别为 39% ~ 98%、46% ~ 74%、90% ~ 98%、20% ~ 68%; $HgCl_2$ 与动力学参数之间呈显著或极显著线性负相关^[11]。目前土壤酶的动力学特征的研究、土壤酶与一些污染物的作用机理的研究报道相对较少, 有待深入。

2.3 单一重金属污染胁迫下土壤酶活性的研究 Todorov 等认为 Pb 对蛋白酶活性没有影响, 而明显激活脲酶活性, 抑制淀粉酶^[12]。Kumar 等的研究显示, 不同的金属离子对脲酶活性的抑制存在明显差异, 作用的顺序为: $Ag^+ \geq Hg^{2+} > Au^{3+} > Cu^{2+} > Cu^+ > Co^{2+} > Pb^{2+} > As^{3+} > Pb^+ > Cr^{3+} > Ni^{2+} > 其他离子$ ^[13]。

重金属对土壤酶活性呈现明显的剂量效应。Lebedeval 发现质量分数为 20 mg/kg 不会引起脲酶活性明显降低, 100 ~ 150 mg/kg 的 Zn 和 80 ~ 100 mg/kg 的 Pb 则使脲酶活性显著降低^[14]。石汝杰等的研究表明, Pb 对土壤脲酶活性表现出低浓度下激活高浓度下抑制的作用^[15]。

重金属的化学形态决定了其在土壤中的移动性和生物

作者简介 陈娟(1975 -), 女, 湖南衡阳人, 硕士研究生, 研究方向: 生态工程。

收稿日期 2009-04-20

利用率。重金属的生物毒性不仅与其总量有关,更大程度上取决于它们的化学形态^[16-17]。杨红飞等的研究显示在水稻土中,碳酸盐结合态 Cu、Zn 对过氧化氢酶活性的抑制作用最大,交换态 Pb 对脲酶活性的抑制作用最大^[18]。

2.4 重金属复合污染胁迫下土壤酶活性的研究 重金属污染常常是一种复合污染,除了重金属之间的复合,还有重金属和有机质、城市固体废物、肥料等的复合污染。复合污染的生态效应和毒性效应较单一污染更为复杂。近几年国内外已相继开展了重金属复合污染的研究^[19-22]。于寿娜等的研究表明,Cd 和 Hg 复合污染对土壤脲酶和酸性磷酸酶活性表现为协同抑制作用^[21]。沈国清等研究结果显示,Zn 和苯并 a 芘相互作用对脲酶活性以及 Cd 和 Zn 交互作用对脱氢酶活性的影响均表现为拮抗作用^[22]; Zn 和非、Cd 和非之间的交互作用,无论是对脲酶还是脱氢酶均表现为协同作用。Barbara 等的研究结果显示重金属和 PAH(多环芳香族碳氢化合物)复合污染下对土壤脱氢酶和磷酸酶的作用强度较各自单独作用时大^[23]。

3 结语

土壤酶是土壤生态系统重要的功能指示因子之一,研究土壤酶活性的变化对于土壤重金属污染的监测和土壤环境的评价十分必要。在现有的基础上,土壤酶与重金属关系的研究仍有待深入。将来的研究可以从以下几个方面着手:①将重金属-土壤-植物作为一个系统来研究,通过土壤酶参与的生物化学过程来阐明植物对重金属胁迫的响应机制,寻找抗性植物或是能够修复重金属污染土壤的植物。②将土壤酶作为重要的生化指示因子,开展矿区、工业污染区、农业污灌区等污染地的土壤监测和生态治理修复前、修复中、修复后的评价工作。③深入开展重金属各种复合污染下土壤酶活性变化模式的研究。④可以通过研究重金属胁迫下土壤微生物的数量、组成、遗传结构变化来阐明土壤酶活性的变化机理。⑤研究土壤酶的动力学参数,深入开展土壤酶与一些污染物的作用机理的研究,这方面的研究报道较少,有待深入。⑥开展不同土壤类型下重金属胁迫与土壤酶活性关系的研究,土壤酶与重金属的关系受众多因素的影响,可研究相关影响因子参与下土壤酶活性的变化模式及机制。

参考文献

[1] 万忠梅,吴景贵.土壤酶活性影响因子研究进展[J].西北农林科技大学

学报:自然科学版,2005,33(6):87-92.

- [2] 张桂山,贾小明,马晓航,等.山东棕壤重金属污染土壤酶活性的预警研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(3):272-276.
- [3] MARZADORI C, CLAVATTA D. Effect of lead pollution on different soil enzyme activities [J]. Biol Fertil Soil, 1996, 23(6):581-587.
- [4] 刘云国,李欣,徐敏,等.土壤重金属镉污染的植物修复与土壤酶活性[J].湖南大学学报,2002,29(4):108-113.
- [5] HINOJOSA M B. Soil moisture pre-treatment effects on enzyme activities as indicators of heavy metal-contaminated and reclaimed soils [J]. Soil Biochemistry, 2004, 36: 1559-1568.
- [6] 刘登义,沈章军,严密,等.铜陵铜矿区凤丹根际和非根际土壤酶活性[J].应用生态学报,2006,17(7):1315-1320.
- [7] 和文祥,朱铭,张一平.土壤酶与重金属关系的研究现状[J].土壤与环境,2000,9(2):139-142.
- [8] 龙健,黄昌勇,滕应,等.矿区废弃地土壤微生物及其生化活性[J].生态学报,2003,23(3):496-503.
- [9] 胡学玉,孙宏发,陈德林.大冶矿区土壤重金属积累对土壤酶活性的影响[J].生态环境,2007,16(5):1421-1423.
- [10] 和文祥,朱铭,张一平. pH 对汞镉与土壤脲酶活性关系的影响[J].西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(3):66-70.
- [11] 杨春璐,孙铁,和文祥,汞、豆磺隆复合污染对土壤脲酶活性及动力学特征的影响[J].生态学报,2008,27(5):740-744.
- [12] TODOROV T S, DIMKOV R, KOTIEVA Z H, et al. Effect of lead contamination on the biological properties of alluvial meadow soil [J]. Pochovoznanie, Agrokhimiya, 1987, 22(5):33-40.
- [13] KUMAR V, SINGE M. Inhibition of soil urease activity and nitrification with some metallic cations [J]. Australian Journal of Soil Research, 1986, 24(4):527-532.
- [14] LEBEDEVAL L A, LEBEDEVA S N, EDEMSKAYA N L. The effect of heavy metals and lime on urease activity podzalic soil [J]. Moscow University Soil Science Bulletin, 1995, 50(2):68-71.
- [15] 石汝杰,陆引,丁美丽.植物根际土壤中铅形态与土壤酶活性的关系[J].山地农业生物学报,2005,24(3):225-229.
- [16] LENA Q M A. Chemical fractionation of Cadmium, copper, nickel, and zinc in contaminated soils [J]. J Environ Qual, 1997, 26:259-264.
- [17] 刘霞,刘树庆,唐兆宏.潮土和潮褐土中重金属形态与土壤酶活性的关系[J].土壤学报,2003,40(4):581-587.
- [18] 杨红飞,严密,王友保,等.安徽主要水稻土中重金属形态分布与土壤酶活性研究[J].土壤,2007,39(5):753-759.
- [19] ZHOU D M, CHEN H M. Effect of Cr(VI) and p-chloroaniline interaction on their reaction behaviors on soil colloids [J]. Pedosphere, 1999, 9(3):233-242.
- [20] MADEJON E, BURGOS P, LOPEZ R, et al. Soil enzymatic response to addition of heavy metals with organic residues [J]. Bio Fertil Soils, 2001, 34(3):144-150.
- [21] 于寿娜,廖敏,黄昌勇.镉、汞复合污染对土壤脲酶和酸性磷酸酶活性的影响[J].应用生态学报,2008,19(8):1841-1847.
- [22] 沈国清,陆贻通,洪静波.重金属和多环芳烃复合污染对土壤酶活性的影响及定量表征[J].应用与环境生物学报,2005,11(4):479-482.
- [23] BARBARA M K. Habitat function of agricultural soils as affected by heavy metals and polycyclic aromatic hydrocarbons contamination [J]. Environment International, 2003, 28: 719-728.

(上接第 10082 页)

- [7] 张玉铭,胡春胜,董文旭.华北太行山前平原农田氨挥发损失[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):417-419.
- [8] 张玉铭,张佳宝,胡春胜,等.华北太行山前平原农田土壤水分动态与氮素的淋溶损失[J].土壤学报,2006,43(1):17-25.

- [9] 王圣瑞.陕西省和北京市主要施肥状况的评价[D].北京:中国农业大学,2002.
- [10] 邹国元.冬小麦-夏玉米轮作体系中肥料氮的硝化-反硝化作用研究[D].北京:中国农业大学,2001.
- [11] 宋春梅.农作系统养分平衡的研究[D].北京:中国农业大学,2004.