

文章编号: 1003-8701(2000)01-0038-04

潮褐土镉、锌、铅复合污染 与土壤酶活性的关系

李博文, 刘树庆

(河北农业大学, 河北 保定 071001)

摘要:野外调查的典型相关分析表明, 在 Cd、Zn 和 Pb 复合污染的潮褐土上, 土壤脲酶活性与植物吸收 Zn 量呈高度的负相关, 用它作为评价 Zn 污染程度的指标, 可反映 Zn 污染的植物有效性; 过氧化氢酶活性与植物吸收 Pb 量、碱性磷酸酶活性与植物吸收 Cd 量有可能相关, 作出此判断分别有 80% 和 50% 的把握, 尚难以判定它们能否作为评价土壤 Pb、Cd 污染的指标; 转化酶活性与 Cd、Zn、Pb 的植物吸收量均未达到相关, 不能作为评价 Cd、Zn、Pb 复合污染的指标。

关键词:土壤酶活性; 复合污染; 镉; 锌; 铅

中图分类号: X 53

文献标识码: A

土壤重金属污染问题在国际上引起了广泛的关注^[1], 对土壤重金属污染的研究, 主要集中在研究土壤重金属背景值、存在形态及其转化、迁移的过程、重金属污染的环境质量评价以及重金属的生物有效性等方面。但迄今为止, 尚未研究出一种理想的土壤重金属污染评价指标^[2]。鉴于土壤重金属污染是一种难以逆转的累积过程, 一旦污染极难治理, 寻求一种与其生物有效性高度相关的评价指标, 超前预测并控制其污染面积的拓展, 为无公害食品和绿色食品的生产提供保障, 将成为人们高度重视的热点问题。

近年来, 土壤重金属污染已引起了我国的高度重视, 但迫于水资源匮乏和农业增产的压力, 污灌农田的面积仍在不断扩大。国内外众多学者已开始研究利用土壤酶活性评价土壤重金属污染的可行性^[3], 并取得了显著进展。主要是从考察土壤酶活性与土壤重金属含量之间的关系得出的结论, 在一定程度上可反映重金属污染的土壤环境容量, 可为土壤质量评价提供参考。然而, 缺乏与植物吸收重金属相关关系方面的研究。而且, 表征土壤重金属复合污染指标的研究尚处于起步阶段^[4]。为此, 本研究将重点探讨重金属复合污染土壤的植物吸收重金属量与土壤酶活性的关系, 为进一步研究利用土壤酶活性评价土壤重金属复合污染的可行性提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

收稿日期: 1999-04-19

作者简介: 李博文(1963-), 男, 回族, 河北文安人, 河北农业大学副研究员, 农学硕士, 现在中国农业大学攻读博士学位, 长期从事土壤学研究。

本文承蒙中国农业大学博士生导师郝晋珉教授审阅指导。

土壤样本:考虑到土壤酶活性随土壤类型、肥力水平的不同可发生相应的变化^[5~6],本研究在保定市污灌区Cd、Zn、Pb复合污染农田,选择具有代表性的中高等肥力的潮褐土作为供试土壤。设置了10个具有代表性的地块,用多点随机取样方式采集0~20 cm表层土壤作为供试样本,其土壤重金属Cd、Zn、Pb的含量,平均达到了30.78、87.10和40.07mg/kg,为轻度污染。土壤肥力状况平均为:有机质含量22.68 g/kg,全氮含量0.92 g/kg,速效氮含量65.21 mg/kg,速效磷含量52.40 mg/kg。

植物样本:在采集土壤样本的同时,于5月中旬采集相应样点的植物茎叶作为供试的植物样本。

1.2 测试方法

土壤酶活性测定:转化酶(蔗糖酶)、过氧化氢酶、脲酶活性测定,采用周礼恺、张志明介绍的方法^[7];碱性磷酸酶活性测定,采用赵兰坡、姜岩介绍的方法^[8]。其酶活性表示单位分别为:转化酶用0.05 mol/L Na₂S₂O₃ mL/g(37℃, 24 h);过氧化氢酶用0.1 mol/L KMnO₄ mL/g(室温20℃, 20 min);脲酶用NH₃-N mg/100 g(37℃, 24 h);碱性磷酸酶用酚 mg/g(37℃, 24 h)。

土壤重金属含量测定^[9]:采用HCl-HNO₃-HClO₄三酸消化,原子吸收法测定,单位mg/kg。

植物重金属含量测定^[9]:采用HNO₃-HClO₄消化,原子吸收法测定,单位mg/kg。

1.3 数据分析方法

数据分析采用典型相关分析^[10],它是研究两组变量之间相关性质的一种数理统计分析方法。为研究两组变量之间的相关关系,从每组变量原始数据阵的总变差出发,分析构建每组变量的线性组合,从这两个线性组合中找出最相关的综合变量,即典型变量,通过研究这两组综合指标之间的相关关系,揭示两组变量的相关性质,代替两组变量间的相关关系。

2 结果与分析

通过对采集的土壤样本和植物样本进行测试分析,取得了土壤4种酶活性及植物茎叶Cd、Zn、Pb吸收量的基础数据(表1)。

表1 保定市污灌区农田土壤酶活性及植物茎叶重金属(Cd、Zn、Pb)吸收量 mg/kg

样本编号	植物名称	Cd Y ₁	Zn Y ₂	Pb Y ₃	过氧化氢酶 X ₁	转化酶 X ₂	脲酶 X ₃	碱性磷酸酶 X ₄
1	菜花	0.042	1.56	3.65	1.78	2.54	2.17	0.309
2	小麦	0.028	1.72	7.19	1.81	3.17	1.91	0.283
3	菜花	0.032	1.39	5.36	1.75	3.06	2.65	0.272
4	莴苣	0.021	1.59	7.14	1.92	2.40	2.25	0.299
5	水稻	0.025	2.01	7.91	1.98	2.82	1.82	0.236
6	小麦	0.013	2.31	7.29	2.08	2.27	1.84	0.605
7	小麦	0.023	2.71	3.66	1.63	1.99	0.91	0.418
8	水稻	0.021	2.97	6.91	1.95	1.13	0.64	0.195
9	小麦	0.009	1.42	5.26	1.92	2.68	2.64	0.389
10	小麦	0.017	4.10	4.21	1.99	5.44	1.15	0.511
均值		0.023	2.18	5.86	1.88	2.75	1.80	0.352

由4种土壤酶活性组成第一组变量,植物茎叶3种重金属含量组成第二组变量,经典型相关分析处理,得到典型相关系数和典型变量(表2)。并在不同显著水准的X²检验下,得

到了相应的典型相关系数的 X^2 统计值和检验临界值(表 3)。

表 2 典型相关系数和典型变量

顺序号	典型相关系数	典型变量
1	$\lambda_1=0.990\ 2$	$U_1=0.274\ 4X_1+0.393\ 4X_2-0.885\ 5X_3+0.029\ 2X_4$ $V_1=0.074\ 4Y_1+1.052\ 5Y_2+0.217\ 8Y_3$
2	$\lambda_2=0.794\ 1$	$U_2=-0.982\ 1X_1+0.379\ 6X_2-0.151\ 4X_3+0.332\ 6X_4$ $V_2=0.214\ 8Y_1+0.039\ 0Y_2-0.915\ 9Y_3$
3	$\lambda_3=0.620\ 7$	$U_3=-0.070\ 7X_1+0.311\ 7X_2-0.294\ 1X_3-1.037\ 5X_4$ $V_3=1.111\ 3Y_1+0.388\ 2Y_2+0.568\ 8Y_3$

表 3 相关系数的 X^2 检验

顺序号	相关系数的 X^2 统计值	检验临界值		
		$\alpha=0.01$	$\alpha=0.20$	$\alpha=0.50$
1	27.083 3	13.381 1	12.121 3	11.345 6
2	5.929 8	6.777 4	5.891 0	5.357 7
3	1.459 8	4.605 2	3.218 9	1.386 3

由表 2 和表 3 可看出,在第一对典型变量 U_1 和 V_1 中, U_1 表示土壤酶活性的线性组合,其中脲酶活性 X_3 较其它变量有较大的载荷量(绝对值),为较大的负向载荷($-0.885\ 5$); V_1 表示重金属的植物吸收量的线性组合,其中 Zn 的吸收量 Y_2 较其它变量有较大的正向载荷量,为正向载荷($1.052\ 5$)。由此可推断土壤脲酶活性与植物 Zn 吸收量存在着负相关性,其典型相关系数为 $0.990\ 2$,经 X^2 检验达到了 1% 的显著水准,说明土壤脲酶活性与植物吸收量的 Zn 之间有极显著的负相关关系。

依此分析可知,在第二对典型变量 U_2 和 V_2 中,过氧化氢酶活性 X_1 (载荷量为 $-0.982\ 1$)与植物吸收 Pb 量 Y_3 (载荷量为 $-0.915\ 9$) 呈一定的正相关,典型相关系数为 $0.794\ 1$,但 X^2 检验表明,作出这种判断只有 80% 的把握,因为 λ_2 的 X^2 统计值只达到了 20% 的检验水准。在第三对典型变量 U_3 和 V_3 中,碱性磷酸酶活性 X_4 (载荷量为 $-1.037\ 5$)与植物吸收 Cd 量 Y_1 (载荷量为 $1.111\ 3$) 有可能呈负相关,典型相关系数为 $0.620\ 7$,作出这种判断的把握性也比较小,仅有 50% 的把握。

3 小 结

在重金属 Cd 、 Zn 、 Pb 轻度复合污染的潮褐土上,土壤脲酶活性与植物吸收 Zn 量呈极显著的负相关,用它作为评价 Zn 污染程度的指标,可反映 Zn 污染的植物有效性。

土壤过氧化氢酶活性与植物吸收 Pb 量、碱性磷酸酶活性与植物吸收 Cd 量有可能分别相关,但作出此判断的把握性尚小,且后者的把握性小于前者,尚难以判定它们能否作为评价土壤 Pb 、 Cd 污染程度的指标。

土壤转化酶活性与 Cd 、 Zn 、 Pb 的植物吸收量均未达到相关,它不能作为评价 Cd 、 Zn 、 Pb 污染的指标。

参 考 文 献

- [1] Chino M. Uptake-transport of toxic metals in rice plants, in "Heavy metals pollution in soil of Japan". Japan Scientific Press, 1981.
- [2] 许嘉琳, 杨居荣. 陆地生态系统中的重金属[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1995.
- [3] 周礼恺. 土壤的重金属污染与土壤酶活性[J]. 环境科学学报, 1985, 5(2): 176—184.
- [4] 国家自然科学基金委员会. 环境化学[M]. 北京: 科学出版社, 1996.
- [5] 李 勇. 试论土壤酶活性与土壤肥力[J]. 土壤通报, 1989, 4: 190—193.
- [6] Burns R G. Soil enzymes. Acad. Press, London, 1978.
- [7] 周礼恺, 张志明. 土壤酶的测定方法[J]. 土壤通报, 1980, 5: 37—38.
- [8] 赵兰坡, 姜 岩. 土壤磷酸酶测定方法的探讨[J]. 土壤通报, 1986, 3: 138—141.
- [9] 环境污染分析科研协作组. 环境污染分析方法[M]. 北京: 科学出版社, 1982.
- [10] 罗积玉, 邢 瑛. 经济统计分析方法及预测[M]. 北京: 清华大学出版社, 1987.

Relations between Enzymatic Activities and Contents of Cadmium, Zinc and Lead in Meadow Cinnamon Soil of Heavy Metal Compound Pollution

LI Bo-wen, LIU Shu-qing

(Agricultural University of Hebei, Baoding 071001 China)

Abstract: The field investigation data with the canonical correlation analysis indicated that in the meadow cinnamon soil polluted by Cd, Zn and Pb, the urease activity correlated closely with the content of Zn sorbed by the crops and it can indicate the bio-availability of Zn as an index. In addition, it was possible that the catalase activity and the content of Pb sorbed by the crops, the alkaline phosphatase activity and the content of Cd sorbed by the crops were separately correlative. The correlative possibilities were more than 80% and 50% in the analysis. Nevertheless, the relations of invertase activity and the contents of Cd, Zn and Pb sorbed by the crops had not reached to significant correlation.

Key words: Soil enzymatic activity; Compound pollution; Cadmium; Zinc; Lead