

高岭矿铜 锌矿废弃尾矿植物分布及超量积累金属元素植物研究

苏国兴，万志刚，顾福根

(苏州大学生命科学院生物科学系，江苏 苏州 215151)

摘 要:对高岭土矿、铜锌矿废弃尾矿的植物分布及体内金属元素的积累进行了调查分析。结果表明,新废弃劣质高岭土,呈酸性,寸草不长,但堆放了 5—6 年后,稀有植物分布,可生长狼把草(*Pennisetum alopecuroides*)一种植物;被铜锌矿尾矿污染的土壤,仅生长柔枝莠竹(*Microstegium vimineum*(*Trin.*) *A. Camus*)、稗草(*Echinochloa crusgalli*(*L.*) *Beauv.*)两种植物;柔枝莠竹能富集锌、锰、铜、铁等离子;稗草可富集锌、锰离子;狼把草可生长在酸性环境,也可富集锌、锰离子。

关键词:尾矿; 植物分布; 金属元素积累

中图分类号:X173 **文献标识码:**A **文章编号:**1000 – 0267(2002)01 – 0060 – 03

Plant Species Growing on Porcelain Clay Mine Abandoned and Super – Accumulation of Metals of Copper and Zinc

SU Guo-xing, WAN Zhi-gang, GU Fu-gen

(College of Life Science, Soozhu University, Suzhou, 215151, P. R. China)

Abstract: Both accumulation of metals in vivo in plants and distribution of the plant species growing in porcelain clay abandoned in a selected mine of copper and zinc were investigated. Results showed: (1) there were not any plants growing in newly discarded porcelain clay which was characterized by acidity, but sparse plants, for example, *Pennisetum alopecuroides* appeared in the porcelain clay stalked for about 5 – 6 years. (2) two species *Microstegium vimineum* (*Trin.*) *A. Camus* and *Echinochloa crusgalli* (*L.*) *Beauv.* only appeared in soil contaminated by selected – mine of copper and zinc, and (3) *Microstegium vimineum* (*Trin.*) *A. Camus* could accumulate Zn, Fe, Mn and Cu cations, while *Echinochloa crusgalli*(*L.*)*Beauv.* accumulated Zn and Mn cations, *pennisetum alopecuroides* growing in acidic soil and also could accumulate both Zn and Mn cations.

Keywords: selected mine; distribution; accumulation of metals

早在 1885 年, Baumann^[3]就发现 *T. calaminare* 植物的锌含量为 39 600 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$ 。1948 年 Minguzzi^[2]又报道庭荠属植物 *A. bertonii* 叶片组织的镍含量大于 10 000 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$ 。直至 1977 年 Brooks^[4]才提出超量积累重金属的概念。目前国外的工作主要集中在超量积累重金属植物的筛选及解毒机理的研究上^[5、6], 国内的工作较少。本研究旨在揭示被高岭土矿、铜锌矿尾矿污染土壤上植物的分布、生长及体内金属元素的积累情况, 为发现和应用重金属超量积累植物, 治理金属离子污染土壤提供依据。

1 材料和方法

收稿日期: 2001 – 02 – 21

作者简介: 苏国兴(1962—),男,苏州大学生命科学院生物科学系副教授。

选择被高岭土矿、铜锌矿尾矿污染且生长有植物的地段,用竹签采集 0 – 20 cm 的土样。土样经自然风干、木棒碾碎、尼龙筛过筛后,制成土壤样品。用去 CO₂ 水以 2.5: 1 的水土比浸提,剧烈搅动 2 min,静置 0.5 h 后,用 REX – pH_B – 4 计测定土壤的 pH。用 0.1mol · L⁻¹ HCl 以 5: 1 水土比提取土壤,用等离子直读光谱仪,测定土壤 Cu、Zn、Fe、Cr 的含量;用 1mol · L⁻¹ NH₄OAc,以 10: 1 的水土比浸提新鲜土样,用同法测定土壤交换性锰的含量。

采集生长在被尾矿污染的土壤上的植物若干,冰壶内保存。用重蒸馏水洗净吸干后,称取一定重量的植物部分,分别置于瓷坩锅内。先高温 105 ℃ 杀青,后文火灰化,最后置于马福炉内 500 ℃ 灰化 5 h。用 2 mL1: 1HCl 溶解灰分,重蒸馏水定容至 25 mL,上清

液用等离子直读光谱仪测定植物体内 Cu、Fe、Zn、Mn、Cr 的含量。以邻近矿区没被污染的土壤及植物为对照。设 3 个重复,取平均值。

2 结果与分析

2.1 被高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上的植物分布及生长情况

分别对新堆放以及堆放了 5—6 年的高岭土矿堆和被铜锌矿尾矿污染的土壤上的植物分布进行调查。发现新堆高岭矿土上寸草不生,矿堆周围约 4—5 m 范围内的植物全部枯死;老高岭土矿堆顶部虽也不长植物,但基部有植物零星分布,主要生长狼把草 [*Pennisetum alopecuoides*];被铜锌矿尾矿污染的土壤只生长柔枝莠竹 [*Microstegium vimineum* (*Trin.*) *A. Camus*] 和 稗 草 [*Echinochloa crusgalli* (*L.*) *Beauv.*]。这两种植物长势弱,基叶枯黄,株高仅 2—5cm。对照区除生长有柔枝莠竹、狼把草外,还生长有拉拉藤 [*Humulus scandens* (*lour.*) *Merr.*]、野艾 [*Artemisia lavandulaefolia* *DC*]、苦苣菜 [*Sonchus oleraceus* *Linn.*]等植物,植物生长茂盛。随机选择 3 个样区进行调查,每个样区为 1 m²,结果见表 1。

表 1 高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上的植物分布情况

Table 1 Distribution of vegetation over the polluted soil derived from kaolin and selected mine of copper and zinc

矿区	植物	样区 1		样区 2		样区 3	
		株高 /cm	盖度 /%	株高 /cm	盖度 /%	株高 /cm	盖度 /%
高岭矿区	狼把草	10—15	15	5—15	3	5—8	1
	金狗尾草	14—15	1	—	—	—	—
铜锌矿尾矿区	柔枝莠竹	2—5	80—90	3—5	70—80	2—5	80—85
	稗草	2—5	10—20	2—5	20—30	—	—

和 Mn。

2.3 生长在被高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上的植物体内金属元素含量

测定被高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上生长植物的金属元素含量,结果表 3 表明:(1)污染区生长植物的 Zn、Mn 含量大大高于对照区,而 Cu、Cr 含量略高于对照,污染区仅柔枝莠竹的含 Fe 量显著高于对照;(2)柔枝莠竹可富集 Zn、Cu、Mn、Fe,分别为对照的 18.98、10.70、16.87 和 12.90 倍;稗草可富集 Zn、Mn,分别为对照的 44.65 和 10.52 倍,狼把草也可积累较多的 Zn 和 Mn,但积累量少于柔枝莠竹和稗草。(3)与表 2 对照分析可知,植物体内金属元素的富集量与土壤内金属元素的含量不成比例。

2.4 金属元素在植物体内的分布

2.2 高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上部分金属离子成分

测定被高岭土矿、铜锌矿尾矿污染土壤的 pH,结果表明:高岭矿土壤呈严重酸性,pH 仅 3.87,而被铜锌尾矿污染的土壤,呈微碱性,pH 为 7.33—7.47。狼把草生长在高岭土废矿堆基部,说明其有很强的耐酸能力。

而被高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤的 Cu、Zn、Mn、Fe、Cr 含量的测定结果如表 2 所示。据报道^[1],土壤以 0.1 mol · L⁻¹HCl 浸提,供 Cu 和 Zn 的临界值分别为 1.9 和 1.5 μg · g⁻¹DW;交换性 Mn 的供应值为 2—3 μg · g⁻¹DW,酸性土壤 Fe 的供应值为 4.5 μg · g⁻¹DW。据此标准,高岭废矿堆富含 Fe,而铜锌尾矿含较高的 Zn

表 2 被高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤
金属离子含量(μg · g⁻¹DW)

Table 2 Contents of metal cations in the polluted soil
derived from kaolin and selected mine (μg · g⁻¹ DW)

	pH	Cu	Zn	有效 Mn	Fe	Cr
高岭矿尾堆	3.87	1.42	5.35	2.40	419.25	0.242
铜锌尾矿污染 1 区	7.47	16.18	64.50	83.00	0.958	0.101
铜锌尾矿污染 2 区	7.33	5.10	85.00	59.00	1.342	0.123
对照区	6.70	2.78	4.50	2.73	5.450	0.240

表 3 高岭矿、铜锌矿尾矿污染土壤上植物体内
金属元素含量(μg · g⁻¹DW)

Table 3 Contents of metal cations in vegetation grown on the
polluted soil derived from kaolin and selected mine (μg · g⁻¹DW)

植物	地区	Zn	Cu	Mn	Fe	Cr
柔枝莠竹	对照	147.5	21.91	152.0	280.0	1.053
	污染区	2 800.5	234.51	2 565.0	3 615.0	6.052
稗草	对照	41.5	10.65	172.5	985.0	2.238
	污染区	1 853.0	28.65	1 815.5	984.0	2.894
狼把草	对照	79.5	28.64	71.00	366.5	2.803
	污染区	241.0	29.65	264.0	329.5	3.005

将植物的茎叶与根分开,分别测定这两器官金属元素含量,结果如表 4 所示。可见生长在被铜锌矿尾矿污染土壤上的植物——柔枝莠竹和稗草的金属元素成分主要集中在根部,其中柔枝莠竹根部金属元素

的含量约是茎部的 3—5 倍, 稗草为 1.5—3.5 倍; 而生长在高岭废矿堆上的植物狼把草金属元素含量茎叶部略高于根部。茎叶、根部金属元素含量的变化与该部位器官的灰分含量的变化相一致。

3 讨论

检测土壤部分金属元素含量的结果表明, 被高岭

表 4 污染土壤上植物体内金属元素的分布 ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$)

Table 4 Distribution of metal Cations in vegetation grow on the polluted soil ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}\text{DW}$)								
植物	部位	灰分/%	Fe	Mn	Cu	Zn	Cr	
柔枝莠竹	茎叶	10.16	1 760.0	1 030.0	82.56	1 416.0	2.869	
	根	19.39	5 470.0	4 100.0	386.49	4 185.0	9.236	
稗草	茎叶	10.34	468.0	1 261.00	35.00	976.0	1.450	
	根	13.00	1 500.0	2 370.00	22.3	2 370.0	2.338	
狼把草	茎叶	9.65	494.0	314.0	21.60	256.0	2.584	
	根	7.81	495.0	206.0	17.70	226.0	2.028	

矿、铜锌矿尾矿污染的土壤都受到了不同程度的金属元素污染。其中, 高岭矿堆, Fe 含量为对照的 76.9 倍, 铜锌矿尾矿的 Zn、Mn 含量为对照的 14.3—18.8 和 21.6—30.4 倍。被该两矿污染的土壤稀有植物分布: 高岭废矿仅生长狼把草, 偶见一些金狗草, 铜锌废弃尾矿上也仅生长柔枝莠竹和稗草两种植物。植物生长的种类少, 长势弱, 说明土壤已被严重污染。

在这些污染的土壤上, 仍能顽强地生长一些植物, 这些植物虽然个体小、长势弱, 但仍能生长, 不发

生金属元素的毒害现象。测定植物体内金属元素的含量, 结果表明, 柔枝莠竹可富集 Zn、Cu、Mn、Fe, 稗草可富集 Zn、Mn, 狼把草也可积累较多的 Zn 和 Mn, 且主要分布在植物的地下部分。

由于不同元素在土壤和在植物中自然浓度各不相同, 要给超量积累植物一个统一标准十分困难, 依超量积累重金属植物的临界标准^[2], 柔枝莠竹、稗草还不能称之为超量积累植物, 但与普通植物相比^[2], 它们可富集金属元素。

参考文献:

[1] 李肖开. 土壤农业化学常规分析法[M]. 北京: 中国土壤学会农业化学专业委员会, 科学出版社, 1983.

[2] 沈振国, 刘友良. 重金属超量积累植物研究进展[J]. 植物生理学通讯, 1998, **34**(2): 133—139.

[3] Baumann A. Das Verhalten Von ZinRsalzen gegen Pflanzen und in boden[J]. *Landwirtschaftliche Versuchswesen station*, 1985, 31: 1—53.

[4] Brooks R R, Lee J, Reeves R D, et al. Detection of nickelifer ous rocks by analysis of herbarium specimens of indicator plant[J]. *J Geochem Explor*, 1977, 7: 49—57.

[5] Tolra R P, Poschenrieder C, Bareelo J. Zinc hyperaccumulation in Thlaspi caerulescens. II. Influence on organic acids[J]. *J plant Nntr*, 1996, 19: 1541—1550.

[6] Vazquez M D, Poschenrieder C H, Barcelo J, et al. Compartment of zinc inroots and leaves of the zinc hyperaccumulator Thlaspi caerulescens J & C Presl[J]. *Bot Acta*, 1994, 107: 243—250.

(上接第 51 页)

参考文献:

[1] 李善祥. 腐植酸的研究与开发进展[J]. 腐植酸, 1999, (2): 3—6.

[2] 刘稀扬. 论腐植酸行业的发展及存在问题[J]. 腐植酸, 1991, (3): 32—35.

[3] 韩文质. 腐植酸肥料对土壤的改良作用及施用方法[J]. 甘肃农业科技, 1997, (6): 32—33.

[4] 陈世宝, 华 璐, 白玲玉, 等. 有机质在土壤重金属污染治理中的应用[J]. 农业环境与发展, 1997, **13**(3):

[5] 波诺马廖娃 BB, 帕洛特尼柯娃 TA. 腐殖质和土壤形成[M]. 北京: 农业出版社, 1987.

[6] Spark K M, Wells J D and Johnson B B. Characteristics of the sorption of humic acid by soil minerals, Aust[J]. *J Soil Res*, 1997, 35: 103—112.

[7] 刘康怀, 兰俊康, 张 力. 广西红壤特征及其环境影响分析[J]. 农业环境保护, 2000, **19**(1): 32—34.

[8] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京: 标准出版社, 1996.

[9] Wang Z and Stumm W. Heavy metal complex by surfaces and humic acids: a brief discourse on assessment by acidimetric titration[J]. *Netherland Journal of Agricultural Science*, 1987, 35: 231—240.

[10] 张桃林, 鲁如坤, 李忠佩. 红壤丘陵区土壤养分退化与养分库重建[J]. 长江流域资源与环境, 1998, 7: 18—24.

[11] 杭长松. 广西矿产资源开发史[M]. 南宁: 广西人民出版社, 1992.

致谢: 本文撰写过程中得到了杨忠耀教授的指点, 分析测试过程中得到了实验室李艳红同志的帮助, 文中还引用了前人的一些资料和成果, 值此一并致谢。