文章编号:1008-8245(2009)01-0036-05

湖北铜绿山古铜矿野生蓖麻重金属含量研究*

郑 进[1] 康 薇[1,2]
([1]黄石理工学院,湖北 黄石 435003;[2]华中师范大学,湖北 武汉 430079)

摘 要:蓖麻是铜绿山矿区未被记录的优势种。化学分析表明,土壤的含Cu量较高,其总量和有效态含量分别为5 829.32 mg·kg^{-1}和429.3 mg·kg^{-1};野生蓖麻地上部分(DW)含Cu量为335.04~1 017.77 mg·kg^{-1}(平均761.12 mg·kg^{-1}),根部(DW)含Cu量为742.28~1 880.69 mg·kg^{-1}(平均1 257.9mg·kg^{-1}),S/R最大值为0.988,仅次于Cu超积累植物鸭跖草。文章首次证明蓖麻是Cu耐性植物,可用于富Cu土壤的植被重建或Cu污染土壤的植物修复。

关键词:重金属;超积累植物;蓖麻;Cu耐性植物
中图分类号:X173 **文献标识码**:A

Study on Heavy Metals in Ricinus Communis L. from Daye Tonglvshan Cooper Mine

ZHENG Jin[1] *KANG Wei*[1,2]
([1]Huangshi Institute of Technology, Huangshi Hubei 435003;[2]Huazhong Normal University, Wuhan Hubei 430079)

Abstract: Ricinus Communis L. is a dominant plant unreported in Daye Tonglvshan cooper mine in Hubei Province, China. Chemical analysis indicated the soil contained higher concentrations of Cu (total: 5 829.32 mg·kg^{-1}; extractable: 429.3 mg·kg^{-1}). The samples in shoot(DW) and root(DW) were 335.04~1 017.77 mg·kg^{-1}(average: 761.12 mg·kg^{-1}) and 742.28~1 880.69 mg·kg^{-1}(average: 1 257.9 mg·kg^{-1}) respectively. The highest S/R is 0.988. It was first confirmed that the spacies is a Cu-tolerant plant.

Key words: heavy metal; hyperaccumulator; Ricinus Communis L.; Cu-tolerant plant

0 引言

湖北省大冶市境内的铜绿山古铜矿是我国迄今为止发现的年代最为久远、生产时间最长、规模最大的一处古矿遗址,其分布范围约200 hm^2,地表遗留的古代炼渣4×10^5 t以上[1]。由于自然选择的作用,矿区形成了以草本植物为主体的良好植被,但种类较为单纯,共记录了分属25属15科的28种高等植物,其中一年生草本植物19种,多年生草本植物8种,乔木1种,总投盖度在80%左右[2]。2008年5~6月份,笔者在铜绿山古铜矿调查发现,矿区自然散生有大量的野生蓖麻(*Ricinus communis L.*),且长势茂盛,据附近农户介绍,蓖麻在矿区有多年的生长历史,但未见将蓖麻纳入铜绿山矿区植被的报道。

研究表明[3],在选矿厂附近、废矿石堆及大型的重金属成矿作用带等重金属异常区,随着土壤特性的改善和重金属对植物毒性的降低,经过自然演替,这些原本植被严重退化或寸草不生的区域也会形成独特的自然植被,其中包括一些重金属耐性植物(metal-tolerant plant)、重金属富集植

收稿日期:2008-12-06
*基金项目:湖北省自然科学基金项目(2008CDB059)
作者简介:郑进(1962—),男,湖北蕲春人,教授,博士,研究方向:重金属污染环境植物修复技术。

物(hyperaccumulator)和指示植物(indicator),使得重金属污染区的植被重建和植物修复重金属污染土壤成为可能,已成为重金属异常土地生态修复的研究热点。本文在普查铜绿山矿区野生蓖麻种群密度和生长情况的基础上,分析蓖麻根、茎、叶的重金属含量,比较蓖麻植株与其生长土壤中的重金属含量的关系,为利用蓖麻修复铜绿山矿区重金属污染土壤提供依据。

1　材料与方法

1.1　调查与采样

样地位于距铜绿山古铜矿遗址西南方约800 m处,约东经114°53′,北纬30°05′,属于大陆性东亚季风型气候,年均气温在17 ℃,年降雨量为1 632.5 mm。样地大部分地表裸露,出露地层以白云石大理岩为主,土体比较疏松,水蚀风蚀现象严重。样地植被以蓖麻群落为主,占80%以上,株高为1.5~2.5m,其余为由狗牙根(*Cynodon dactylon*)、野胡萝卜(*Daucus carota*)、稗草(*Echinochlon crusgalli*)、白茅(*Imperata cylindraca var. major*)、酸模叶蓼(*Polygonum sp.*)等构成的草丛。随机设置2m×2m样方5个,采集样方内的蓖麻(含根),每个样方内选取5个点,取0~15 cm的土层混合土样,重复3次。

1.2　测定方法

1.2.1　蓖麻样品测定

采用干灰化—原子吸收分光光度法测定蓖麻植株的重金属含量[4]。测定前先用自来水冲洗植株表面污物,再用去离子水洗净,晾干备用。

1.2.2　土壤样品测定

采用原子吸收分光光度法测定土壤Cu、Pb、Zn、Fe、Mn总量,采用DTPA浸提(pH7.3,土样:DTPA=2:1)—原子吸收分光光度法测定土壤Cu、Pb、Zn、Fe、Mn有效态含量[5]。测定前室内风干土样,磨碎过1 mm筛,用HNO_3 + HCl + $HClO_4$消化,定容,保存备用。

2　结果与分析

2.1　蓖麻不同部位的金属元素含量

铜绿山古铜矿野生蓖麻的金属元素含量如表1所示。由表1可知,蓖麻(DW)的金属元素含量由高到低为Fe:8 654.53~18 548.09 mg·kg^{-1}(平均12 809.56 mg·kg^{-1})、Zn:2 499.3~4 786.12 mg·kg^{-1}(平均4 169.93 mg·kg^{-1})、Mn:953.91~4 979.4 mg·kg^{-1}(平均2 134.92 mg·kg^{-1})、Cu:1 077.5~2 898.46 mg·kg^{-1}(平均2 019.04 mg·kg^{-1})、Pb:60.73~377.18 mg·kg^{-1}(平均207.6 mg·kg^{-1});地上部分(DW)金属元素含量由高到低为Fe:2 469.58~3 952.52 mg·kg^{-1}(平均3 153.02 mg·kg^{-1})、Zn:1 164.74~2 976.73 mg·kg^{-1}(平均2 237.95 mg·kg^{-1})、Mn:284.71~2 014.13 mg·kg^{-1}(平均865.74 mg·kg^{-1})、Cu:335.04~1 017.77 mg·kg^{-1}(平均761.12 mg·kg^{-1})、Pb:26.07~215.65 mg·kg^{-1}(平均115.18 mg·kg^{-1})。不同元素在蓖麻不同部位的含量也不相同,Cu、Fe表现为根>叶>茎,Zn主要表现为根>茎>叶,Mn、Pb的变化不规则。

表1　铜绿山古铜矿野生蓖麻的金属元素含量

样方编号	部位	金属元素含量(mg·kg^{-1})				
		Cu	Fe	Zn	Mn	Pb
1	根	1 542.25 ±374.08	6 626.66 ±735.6	2 199.87 ±363.06	757.66 ±63.96	149.99 ±7.91
	茎	273.07 ±46.4	961.5 ±5.83	1 649.93 ±78.39	299.99 ±6.92	73.07 ±3.2
	叶	569.21 ±98.47	2 307.6 ±289.37	1 326.8 ±103.48	301.7 ±75.17	76.3 ±7.4
2	根	742.28 ±148.05	8 480.43 ±529.63	2 698.7 ±474.56	742.28 ±99.36	100 ±18.1

续 表

样方编号	部位	金属元素含量(mg·kg^{-1})				
		Cu	Fe	Zn	Mn	Pb
2	茎	107.69 ±29.63	599.98 ±173.42	1 099.96 ±163.04	273.07 ±37.58	53.84 ±6.4
	叶	227.35 ±58.01	1 869.6 ±524.81	987.46 ±37.94	133.44 ±18.35	36.2 ±6.31
3	根	912.88 ±107.46	12 426.43 ±1 394.6	2 019.15 ±783.58	1 211.49 ±165.4	34.66 ±7.47
	茎	236.68 ±68.54	1 109.3 ±175.69	1 576.3 ±38.47	553.82 ±37.3	19.37 ±6.3
	叶	665.36 ±74.3	2 463.7 ±46.3	1 342.76 ±384.04	467.88 ±86.4	6.7 ±0.53
4	根	1 880.69 ±403.69	14 595.57 ±2 599.47	1 334.56 ±73.07	2 965.27 ±104.68	15.9 ±1.68
	茎	334.5 ±47.83	1 235.5 ±28.4	626.9 ±58.73	980.73 ±36.31	85.3 ±5.8
	叶	683.27 ±102.7	2 717.02 ±278.31	537.84 ±28.96	1 033.4 ±58.46	9.44 ±0.84
5	根	1 211.49 ±34.67	6 153.6 ±649.36	1 407.64 ±246.01	669.2 ±31.28	161.53 ±9.43
	茎	296.14 ±49.43	648.13 ±64.9	911.5 ±37.69	226.91 ±6.4	146.15 ±30.4
	叶	612.28 ±74.96	1 852.8 ±189.58	1 130.3 ±85.39	57.8 ±11.3	69.5 ±7.58
平均	根	1 257.92 ±213.59	9 656.54 ±1 181.73	1 931.98 ±388.06	1 269.18 ±92.94	92.42 ±8.92
	茎	249.62 ±48.37	910.88 ±89.65	1 172.92 ±75.26	466.9 ±24.9	75.55 ±10.42
	叶	511.5 ±81.69	2 242.14 ±265.67	1 065.03 ±135.68	398.84 ±49.94	39.63 ±4.53

2.2 蓖麻生长区土壤的金属元素含量

对取自蓖麻生长区的15个土样分析结果显示(表2),土壤中金属元素总量Fe、Cu较高,Fe:9 886.4~29 667.55 mg·kg^{-1}(平均16 618.29 mg·kg^{-1}),Cu:3 837.21~8 211.45 mg·kg^{-1}(平均5 829.32 mg·kg^{-1});其次是Mn:124.6~2 566.8 mg·kg^{-1}(平均1 424.48 mg·kg^{-1})。Cu的有效

态含量最高,为 297.55 ~ 498.6 mg · kg^{-1}(平均　429.3 mg · kg^{-1}),其它元素的有效态含量较低。

表2　蓖麻生长区土壤的金属元素含量

样方编号	状态	金属元素含量(mg · kg^{-1})				
		Cu	Fe	Zn	Mn	Pb
1	总量	6 345.3 ±472.05	9 886.4 ±750.3	385.7 ±26.73	2 566.8 ±385	18.6 ±0.74
	有效态	466.23 ±62.9	2.41 ±0.13	16.8 ±0.11	38.4 ±2.6	0.7 ±0.006
2	总量	3 837.21 ±289.47	1 3997.2 ±1 073.4	176.4 ±25.3	268.7 ±15.2	8.44 ±0.53
	有效态	297.55 ±38.45	3.24 ±0.27	7.9 ±0.08	1.79 ±0.01	0.3 ±0.001
3	总量	4 988.4 ±428.5	1 8876.8 ±930.1	247.5 ±19.58	1 983.7 ±94.57	13. 2 ±0.04
	有效态	431.8 ±26.2	8.9 ±0.06	12.6 ±0.2	32.1 ±1.68	0.85 ±0.007
4	总量	8 211.45 ±739.05	29 667.55 ±1527.07	98.9 ±6.48	2 178.6 ±150.13	4.33 ±0.36
	有效态	498.6 ±25.49	26.77 ±0.41	1.7 ±0.01	43.2 ±4.81	0.15 ±0.001
5	总量	5 764.22 ±189.57	10 663.5 ±371.08	165.4 ±8.3	124.6 ±7.48	27.8 ±1.38
	有效态	452.3 ±28.3	4.52 ±0.07	5.7 ±0.04	1.37 ±0.01	1.1 ±0.02
平均	总量	5 829.32 ±423.73	16 618.29 ±930.39	214.78 ±17.28	1 424.48 ±130.59	14.47 ±0.61
	有效态	429.3 ±36.27	9.17 ±0.19	8.94 ±0.09	23.37 ±1.82	0.62 ±0.007

2.3　蓖麻与土壤金属元素的关系

比较蓖麻及其生长土壤金属元素含量(表1、表2)可以看出,土壤 Fe、Cu 含量较高(平均为 16 618.29 mg · kg^{-1}、5 829.32 mg · kg^{-1},总量,下同),蓖麻 Fe、Cu 的含量也较高(平均为12 809.56 mg · kg^{-1}、2 019.04 mg · kg^{-1}),但生长在含 Zn 量较低土壤(平均214.78 mg · kg^{-1})的蓖麻却有较高的含 Zn 量(平均4 169.93 mg · kg^{-1}),这可能与蓖麻对 Zn 具有较强的转运能力有关[6]。

重金属元素对植物的毒性强弱,取决于其在土壤中的总量或有效态含量。土壤中植物重金属中毒临界值因元素的种类而异,Cu:150 ~ 400 mg · kg^{-1}(总量)或15 mg · kg^{-1}(有效态,DTPA)[7],Pb:50 mg · kg^{-1}(总量),Zn:50 mg · kg^{-1}(总量),Mn(未明确)[8]。本试验中,土壤 Cu、Zn、Pb 的总量远远大于植物中毒的临界值,表明蓖麻对 Cu、Zn、Pb、Mn 具有一定的耐受性。此外,土壤中仅 Cu 的有效态含量较高(平均 429.3 mg · kg^{-1}),其它元素的有效态含量都较低(0.62 ~ 23.37 mg · kg^{-1}),再次证明 Cu 的毒性是影响植物在铜绿山矿区土壤自然定居的限制因子[9]。

2.4 蓖麻对Cu的积累特性

据Brooks(1998)[9]和Baker等(1999)[10]报道,超积累植物是指植物叶片或地上部(DW)含Cd达到100 mg·kg^{-1},Co、Cu、Ni、Pb达到1 000 mg·kg^{-1},Mn、Zn达到10 000 mg·kg^{-1}以上,且同时满足S/R>1(S和R分别指植物地上部和根部重金属的含量)的植物。本试验分析的5个样方中,蓖麻地上部分(DW)平均含Cu量为761.12 mg·kg^{-1},其中,4号样方1 017.77 mg·kg^{-1},5号样方908.42 mg·kg^{-1},3号样方902.04 mg·kg^{-1}(S/R=0.988),1号样方842.28 mg·kg^{-1},2号样方335.04 mg·kg^{-1}。结果表明,所测定的蓖麻样品对土壤中的Cu具有较强的积累作用,部分样品表现出了Cu超积累植物的一般特性。

3 讨论

据报道[2,11],在铜绿山矿区目前记录的28种高等植物中,海州香薷(*Elsholtzia haichowensis*)、蝇子草(*Slience jenisseensis*)、头花蓼(*Polygonum capitatum*)、鸭跖草(*Commelian communis*)、白茅(*Imperata cylindraca var. major*)、狗尾草(*Setaria viridis*)、滨蒿(*Ariemisia annua*)等是优势种,除白茅和滨蒿外,其它5种优势植物的地上部分(DW)含Cu量都在100 mg·kg^{-1}以上,其中鸭跖草为1 034.2 mg·kg^{-1},远远大于植物体内正常的Cu含量(25 mg·kg^{-1}),属于Cu超积累植物,其余4种属于Cu耐性植物。蓖麻是铜绿山矿区未被记录的优势种,其地上部分(DW)平均含Cu量为761.12 mg·kg^{-1},对Cu的积累作用仅次于鸭跖草。

蓖麻既是一种经济价值较高的油料作物,又是一种理想的环保植物。迄今,国内外在蓖麻育种、栽培与加工利用方面,有了比较成熟的技术[12,13],但在利用蓖麻修复污染环境的研究方面鲜有报道,仅国内有少量文献涉及蓖麻对Cu的积累作用。水培96 h(Cu浓度50 mg·kg^{-1}),蓖麻种苗根、茎、叶含Cu量分别为38 200 mg·kg^{-1}、4 480 mg·kg^{-1}和440 mg·kg^{-1}[14];盆栽30 d(土壤Cu含量10 684.8 mg·kg^{-1}),蓖麻植株(DW)含铜量为3 388.4 mg·kg^{-1}[15],这些研究结果和本实验的数据都证实蓖麻具有较高的Cu耐性,应该属于Cu耐性植物。因此,进一步研究蓖麻的Cu积累特性,对于丰富铜绿山矿区重金属超积累植物资源、植物修复Cu污染土壤与植物重建矿业废弃地具有重要的理论和实践意义。

参考文献

[1] 黄又平. 世界第九大奇迹 —大冶铜绿山古铜矿遗址[J]. 前进论坛,2002,10:36-38

[2] 束文圣,杨开颜,张志权,等. 湖北铜绿山古铜矿冶炼渣植被与优势植物的重金属含量研究[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(1):7-12

[3] 周启星,宋玉芳. 污染土壤修复原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2004

[4] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000

[5] 鲁如坤. 土壤农业化学分析法[M]. 北京:中国农业科技出版社,2000

[6] 陆晓怡,何池全. 蓖麻对重金属的耐性与吸收积累研究[C]. 第二届全国环境化学学术报告会论文集,2004,2:8-10

[7] Adriano DC. Trace Elements in the Terrestrial Enviroment[M]. New York:Springer Verlag, 1986

[8] 唐世荣. 污染环境植物修复的原理与方法[M]. 北京:科学出版社,2006

[9] Brooks RR. Plants that hyperaccumulate heavy metals [C]. Wallinging,UK: CAB International. 1998, 380

[10] Baker AJM,McGrath SP,Reeves RD,et al. Metal hyperaccumulator and plants: a review of the ecology and physiology of a biological resource for phytoremediation of metal - polluted soils[C]. In:Terry N, Banuelos G. (Eds.), Phytoremediation. CRC Press, Boca,FL,1999,85 - 107

[11] 柯文山,熊治廷,金则新,等. 海州香薷(Elsholtzia haichouensis Sun)不同生态型Cu吸收和磷酸酶活性差异[J]. 生态学报,2007,27(8):3172-3181

[12] 傅福勤. 特用油料作物—蓖麻[M]. 北京:中国环境科学出版社,2002

[13] 江惠琼,李文昌. 宿生蓖麻的栽培技术措施[J]. 西南农业学报,2004,17(增刊):88-91

[14] 渠荣遴,李德森,杜荣骞,等. 水体重金属污染的植物修复研究(Ⅳ)[J]. 农业环境科学学报,2003,22(2):167-169

[15] 张威,马汐平,尚德隆,等. 苗期植物对土壤中重金属吸附的研究[J]. 辽宁大学学报:自然科学版,2004,31(2):180-183

(责任编辑 吴鸿霞)