

文章编号:1000-4734(2007)03-0567-04

湖北渔塘坝硒矿区发现超富集硒植物

邵树勋^{1,2}, 郑宝山³, 苏宏灿⁴, 罗充⁵, 李晓燕⁵

(1. 中国科学院 地球化学研究所 矿床地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039;

3. 中国科学院 地球化学研究所 环境地球化学国家重点实验室, 贵州 贵阳 550002;

4. 湖北省恩施州妇幼保健院, 湖北 恩施 445000; 5. 贵州师范大学, 贵州 贵阳 550003)

摘要:通过野外调查在渔塘坝硒矿区首次发现了一种新的硒超富集植物—遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.)。调查发现,在自然生长条件下,一年生遏蓝菜叶子中富集硒可高达1427 mg/kg,生物富集硒系数可高达68,地上部硒含量最低也超过了500 mg/kg,生物富集硒系数最低也超过了10,表现为叶>根>叶柄的硒富集特征。多年生遏蓝菜叶、茎和根的硒含量分别为104~163;231~346;444~459 mg/kg,生物富集硒系数为2.6~12.4,均大于1,显示出根>茎>叶的硒富集特征。尽管多年生遏蓝菜远没有一年生遏蓝菜的硒含量高,但远比一般植物硒含量高,达到了次生硒蓄积植物富集硒的水平,显示遏蓝菜植物可以超富集硒。渔塘坝遏蓝菜的发现将为研究硒在植物中的吸收、转化、富集机理以及提取有效抗癌有机硒化物和修复硒污染生态环境提供新的材料。

关键词:超富集植物;Se;遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.);湖北恩施

中图分类号:X142;X173 **文献标识码:**A

作者简介:邵树勋,男,1965年生,博士,副研究员,环境地球化学专业。

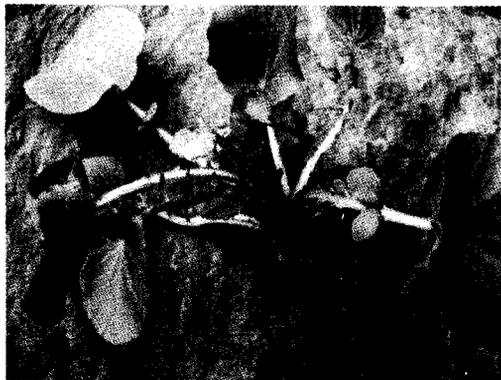
硒超富集植物一般是指含硒量超过1000 mg/kg的植物,早在上世纪三十年代,Beath等学者调查美国西部大平原和落基山地区的牲畜中毒原因时就发现黄芪属(*Astragalus*)植物能超量积累硒,其Se含量大于1000 mg/kg干重。后来在这一地区(包括加拿大和墨西哥)的进一步调查显示,黄芪属(*Astragalus*)中的十种植物和—些其它属植物如*Stanleya pinnata*可积累很高含量的硒(30~3000 mg/kg)^[1-4]。随着1957年Schwarz^[5]发现硒是动物所必需的营养元素,Rotruch^[6]发现硒是动物和人体中谷胱胺肽过氧化酶(GSH-Px)的活性成分以来,越来越多的研究证实硒具有清除生命体内的自由基、抗脂膜过氧化、防癌抗癌、抗衰老、增强免疫力、拮抗重金属毒性的许多功能^[7-9]。超富集硒植物是研究硒在植物中的营养代谢机理、提取有效抗癌有机硒化物和修复硒生态污染的最佳材料。所以,国际上对超富集硒植物的调查研究一直非常重视,在新物种调查筛选,硒的生物化学、分子基因等前沿领域取得了许多重大进展,例

如已在硒超富集植物中提取出有效的抗癌硒化合物,有研究发现超富集硒植物黄芪属植物的嫩叶中含有效抗癌硒化合物甲硒基半胱氨酸(MSeC)高达0.6%之多^[10]。迄今为止,以1000 mg/kg为超富集硒植物的临界标准,国际上已发现了几十种超富集硒植物,其中黄芪属植物占绝大多数。

中国分布有发生过典型人畜硒中毒地方病的湖北恩施、陕西紫阳富硒地区,但迄今为止,尚未有发现超富集硒植物的报道,国内以前发现的含硒最高的植物甘蓝菜含硒仅224.30 mg/kg^[10]。为了尽快筛选出我国本土生长的超富集硒植物,我们对湖北恩施曾发生过人畜硒中毒地方病的渔塘坝、花被、安乐井三个村子进行了大量野生植物的调查采样分析工作,我们对2005年采集的样品进行室内初步分析发现了全株含硒达816 mg/kg的遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.)超富集硒植^[11]。2006年再次调查采样,经过进一步调查分析发现了硒含量超过国际标准1000 mg/kg的遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.)硒超富集植物(图1)。本文报道了新发现的国内外从未见报道的一种新的硒超富集植物—遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.)。

收稿日期:2007-05-18

基金项目:国家自然科学基金(批准号:40473048)

图1 遏蓝菜(*Thlaspi arvense* L.)Fig. 1. *Thlaspi arvense* L.

1 材料与方 法

(1) 野外采样与样品分析: 调查区域位于中国湖北省恩施市双乡渔塘坝村, 距恩施市城东南约 80 公里(30°10'45"N, 109°47'44"E)。该区出露的二叠系碳质硅质岩地层中蕴藏着丰富的硒矿, 1987 年地质勘探证实为中国发现的唯一独立硒矿床^[12]。地理环境为一封闭性山间小盆地, 气候湿热、雨量充足, 山坡含矿岩石裸露, 矿坑口堆积大量废弃的矿渣, 风化淋溶导致区内土壤和水严重污染。1963 年曾发生过了 23 人中 19 人脱发脱甲, 家禽尽皆中毒死亡的世界首例人群中中毒事件^[13]。

在渔塘坝村调查采集富硒植物时, 从矿坑口起始, 沿着富硒岩层流出的水流溪沟采集大量野生植物, 从中筛选超富集硒植物。分别采取植物样品不同的部分(叶、茎、根)及其根部土壤。处理植物样品时先用大量自来水清洗干净附着在样品上的尘土, 然后再用去离子水清洗干净, 在低于 50℃ 的温度下烘箱烘干。然后用植物碎样机粉碎至 40 目左右, 密封储存在聚乙烯塑料样品袋中, 备分析使用。土壤样品因为在水边, 采集深度 0 ~ 30cm 左右, 室温下风干后, 用木棍压碎碎, 剔除植物残体、岩石、砾石, 然后用玛瑙研钵磨细, 过 100 目左右的筛子, 装进聚乙烯塑料袋备分析使用。

(2) 处理好的土壤、植物样品称 0.3 g 左右, 皆用硝酸-高氯酸消化, 植物样品每件加 8 ~ 10 mL HNO₃、2 mL HClO₄, 土壤样品每件加 10 ~ 15 mL HNO₃、3 ~ 5 mL HClO₄, 放置消化 10 h 左右后, 电热板上加热至冒白烟, 温度控制在 90 ℃ 以下, 接着加 2 mL HCl 微热还原 30 min 左右, 然后定容在

50 mL 比色管中, 测定待测液中硒的浓度。分析方法采用氢化物发生原子荧光法(HG-AFS), 分析仪器: AF-920 双道原子荧光光谱仪(北京吉天仪器有限公司)。分析中所用试剂皆为优级纯, 采用了标准物质(植物: GBW07428 和美国 NIST 的 RM8436; 土壤: GBW07428)进行植物和土壤分析的质量控制, 分析误差均控制在允许的误差范围, 所有分析在中国科学院地球化学研究所环境地球化学国家重点实验室完成。

2 结果和讨论

在渔塘坝发现的遏蓝菜为十字花科遏蓝菜属植物, 生长在水沟湿地, 一年生或多年生草本植物, 一年生的遏蓝菜无茎, 分叶、叶柄和根系三部分, 单叶互生, 叶片倒卵形(图 1)。多年生的遏蓝菜, 发育茎, 分叶、茎、根三部分, 叶基抱茎, 叶呈披针形。野外调查在渔塘坝采集到两株遏蓝菜(YT-516、YT-517), 叶硒含量为 1223 ~ 1427 mg/kg, 超过了 1000 mg/kg, 达到了超富集硒程度, 叶柄和根的硒含量也很高, 叶柄含硒高于 500 mg/kg, 根硒含量也都超过了 1000 mg/kg, 发现另外两株一年生样品(YT601, YT-602)地上部硒含量超过了 500 mg/kg。奇怪的是, 多年生遏蓝菜硒含量并不特别高, 均低于 500 mg/kg, 其叶、茎和根的硒含量分别为 104 ~ 163; 231 ~ 346; 444 ~ 459 mg/kg(表 1, 图 2)。多年生遏蓝菜反而没有一年生的硒含量高, Rosenfeld 和 Eppson^[14]也曾报道过超富集硒植物黄芪(*Aragalus bisulcatus*)嫩叶比老叶含硒高, 具体原因有待于进一步深入研究。

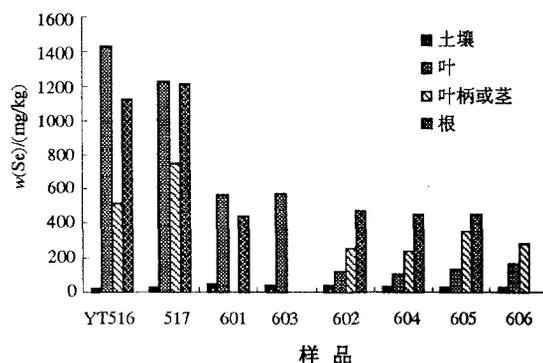


图2 遏蓝菜植物组织及其根部土壤硒含量

Fig. 2. Concentrations of total Se in tissues of *Thlaspi arvense* L. and soils.

表 1 土壤和遏蓝菜的 Se 含量

Table 1. Se concentrations in soils and *Thlaspi arvense* L. in field

样品编号	表层土壤 Se 含量 (g/kg, DW)	植物 Se 含量(g/kg, DW)			对土壤中 Se 的生物富集系数			备注
		叶	叶柄(茎)	根	叶	叶柄(茎)	根	
YT-516	21	1427	512	1121	68	24	53	
YT-517	30	1223	742	1213	48	16	40	
YT601	50		558	439		11	9	一年生
YT-603	44		562			13		
YT-602	44	118	249	459	2.7	5.7	10	
YT-604	36	104	231	446	2.9	6.4	12.4	
YT-605		131	346	444	4.2	11	14	多年生
YT-606	31	163	273		5.3	8.8		

一年生遏蓝菜植物和多年生遏蓝菜生长在含硒 21 ~ 50 mg/kg 的水沟湿地土壤,但它们的生物富集程度相差很大,前者的生物富集系数叶子最高,最高可达 68,根次之,叶柄最低,未分叶和叶柄的地上部分生物富集系数均大于 10,比根部高,总体上表现出叶 > 根 > 叶柄的硒富集特征。后者根的生物富集系数最高,均大于 10,三株样品的平均值为 12.1(10 ~ 14);茎次之,平均值为 6.38(5.7 ~ 11);叶最低,平均值为 3(2.7 ~ 5.3),表现出根 > 茎 > 叶的富集硒特征(表 1,图 3)。

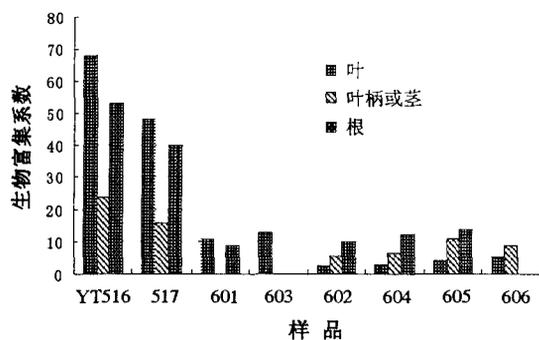


图 3 遏蓝菜对土壤硒的生物富集系数

Fig.3. Biomass enrichment coefficients (BEC) of plants vs soils.

大部分植物,即使生长在富硒土壤,硒含量也不超过 25 mg/kg^[15],渔塘坝发现的遏蓝菜植物组织中的硒含量均超过了 100 mg/kg,大部分超过了几百 mg/kg,一年生遏蓝菜叶子和根中的硒含量有的超过了 1000 mg/kg,达到了超富集硒的程度。

参 考 文 献:

- [1] Beath O A. The occurrence of selenium and seleniferous vegetation in Wyoming: II. Seleniferous vegetation[J]. *Wyoming Agric Expt Sta Bull*, 1937, 21: 29-64.
- [2] Beath O A, Gillbert C S, Eppson H F. The use of indicator plants on locating seleniferous areas in western United States I [J]. *General American*

国外早已发现遏蓝菜属(*Thlaspi*)植物是 Zn、Pb、Cd 等多种金属的超富集植物,其中以 *T. caerulescences* 最为著名^[16],因为我们在渔塘坝发现了在富硒水沟湿地生长的超富集硒遏蓝菜植物(*Thlaspi arvense* L),说明遏蓝菜属植物不仅有超富集 Zn、Pb、Cd 金属元素的功能,也有超富集硒的功能。根据我们的了解,国际上尚未有发现遏蓝菜属植物超富集硒的报道。所以我们发现的遏蓝菜植物(*Thlaspi arvense* L)是新的—种硒超富集植物。

3 结 论

通过野外调查首次发现了自然生长的一年生遏蓝菜叶硒含量最高可达 1427 mg/kg,超过了 1000 mg/kg 硒超富集植物国际标准。遏蓝菜超富集硒植物的发现填补了中国从未发现硒超富集植物的空白,也是国际上首次发现的一种新的硒超富集植物。遏蓝菜超富集硒植物的发现将对研究硒在植物中的吸收、形态转化、富集机理具有重要的意义,而且将为研究提取有效抗癌有机硒化物和修复硒生态污染提供新的材料。

致谢:中国科学院地球化学研究所地球化学研究所朱建民研究员、凌鸿文副研究员、潘自平博士在样品分析过程中给予的大力帮助以及湖北恩施州煤炭局严良荣工程师在野外调查和样品采集工作中给予的大力帮助。在此均表示衷心的感谢。

- Journal of Botany*, 1939, 26: 257-269.
- [3] Beath O A, Gillbert C S, Eppson H F. The use of indicator plants on locating seleniferous areas in western United States II [J]. *General American Journal of Botany*, 1939, 26: 296-315.
- [4] Beath O A, Gillbert C S, Eppson H F. The use of indicator plants on locating seleniferous areas in western United States III [J]. *General American Journal of Botany*, 1940, 27: 564-573.
- [5] Schwartz D F, Foltz C M. Selenium as an integral part of Factor 3 against dietary necrotic liver degeneration [J]. *J Am Chem Soc*, 1957, 79: 3292-3293.
- [6] Rotruch F T, et al. Selenium biochemical role as a component of glutathione peroxidase [J]. *Science*, 1973, 179: 588-590.
- [7] Wertz M S, et al. Effect of dietary selenium on the interaction between 2-acetylaminofluorene and rat liver DAN in vivo [J]. *Cancer Res*, 1980, 40: 2670.
- [8] 徐辉碧. 硒的生物化学中的某些问题及鄂西硒资源的开发 [A]. 刘培棣. 硒资源及其综合开发利用 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993, 41-51.
- [9] Jonnaladda S B, et al. Toxicity, bioavailability and metal speciation [J]. *Comp Biochem Physiol*, 1993, 106: 585-595.
- [10] 毛大钧, 郑宝山, 苏宏灿. 渔塘坝硒中毒的医学地理特征 [J]. 地方病通报, 1997, 12(2): 59-61.
- [11] 邵树勋, 郑宝山, 罗充, 苏宏灿, 王明仕, 刘晓静, 潘自平. 湖北恩施发现超富集硒植物 [J]. 矿物学报, 2006, 26(2): 130.
- [12] 王洪发. 鄂西自治州硒矿成矿远景区、地质背景、控矿因素及找矿方向初探 [A]. 刘培棣. 硒资源及其综合开发利用 [C]. 北京: 中国科学技术出版社, 1993: 242-263.
- [13] Yang Guang-qi, Wang Shun-zhen, Zhou Rui-hua, et al. Endemic selenium intoxication of humans in China [J]. *Am Clin Nutr*, 1983, 37: 872-881.
- [14] Rosenfield I, Eppson H F. Translocation of radioactive selenium in *Astragalus bisulcatus* [J]. *Wyoming Agric Exp Sta Bull*, 1962, 385: 21-25.
- [15] Bell P F, Parker D R, Page A L. Contrasting selenate sulfate interactions in selenium accumulating and nonaccumulating plant species [J]. *Soil Sci Soc Am J*, 1992, 56: 1818-1824.
- [16] Baker A J M, Reeves R D, Hajar A S M. Heavy metal accumulation and tolerance in British populations of the metallophyte *Thlaspi caerulescens* J. and *C. Presl* (Brassicaceae) [J]. *New Phytologist*, 1994, 127: 61-68.

A NEW SPECIES OF SELENIUM HYPERACCUMULATOR IDENTIFIED IN YUTANGBA SE DEPOSIT AREA

SHAO Shu-xun^{1,2}, ZHENG Bao-shan³, SU Hong-can⁴, LUO Chong⁵, LI Xiao-yan⁵

(1 State Key Laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 2. Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China; 3. State Key Laboratory of Environmental Geochemistry, Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guiyang 550002, China; 4. Hubei Enshi Health Hospital of Woman and Infants, Enshi, Hubei 445000, China; 5. College of Biology and Geography, Guizhou Normal University, Guiyang 550000, China)

Abstract: Through field survey, we discovered a new species of selenium (Se) hyperaccumulator-*Thlaspi arvense* L. in China for the first time. Our survey found that leaf of the annual *Thlaspi arvense* L. growing in Enshi, southwest Hubei, China, accumulates Se up to 1427 mg/kg with biomass enrichment coefficient (BFS) of *Thlaspi arvense* L. vs soil was from 10 to 68, with minimum concentration in frond of more than 500 mg/kg. The enrichment order of Se is leaf > root > leaf-stalk. For perennial *Thlaspi arvense* L., the concentrations of Se in leaf, stalk and root were 104 - 163 mg/kg; 231 - 346 mg/kg; 444 - 459 mg/kg, respectively, with BFS values from 2.6 to 12.4, showing Se enriching order of root > leaf > leafstalk. The results indicate that *Thlaspi arvense* L. identified in Enshi is Se hyperaccumulator found in China for the first time and a new species of plants hyperaccumulating Se in the world. This finding possess significance for understanding Se biochemistry in plants, developing anticarcinogenic Se compound for improved public health and the phytoremediation of Se-contaminated soil and water.

Key words: Se hyperaccumulator; *Thlaspi arvense* L.; Enshi, Hubei; Bioaccumulating factor of Se (BFS)