

文章编号: 1006-446X (2009) 08-0032-08

青藏高原白刺、枸杞和沙棘果粉中 微量元素含量比较研究

张凤枰^{1,2,3} 杨发树² 李应东² 刘耀敏² 索有瑞¹

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001;

2. 通威股份有限公司, 四川 成都 610041;

3. 中国科学院研究生院, 北京 100049)

摘要: 采用原子吸收光谱法、氢化物原子荧光光谱法对青藏高原白刺、枸杞、沙棘果粉中的13种元素进行了分析测定。结果表明, 3种植物果粉中的Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg等8种元素含量丰富且差异显著, Pb、As、Cr、Cd、Hg等5种重金属元素含量均较低, 为3种植物资源深度开发利用提供了基础数据。

关键词: 白刺; 沙棘; 枸杞; 果粉; 微量元素; 原子吸收光谱法; 氢化物原子荧光光谱法

中图分类号: R 284.1 **文献标识码:** A

白刺是蒺藜科的旱生或超旱生典型荒漠植物, 自然分布在干燥、盐碱、多风、植被稀少的严酷生境中, 是防风固沙的优良灌木。全世界有12个种, 我国有7个种, 主要分布在青海、新疆、甘肃、内蒙古等地, 其中唐古特白刺(*Nitraria tangutorun* Bobr.) 为我国的特有种。白刺是西部蒙、藏、维等少数民族的传统药材, 可用于多种疾病的治疗, 同时具有广谱的营养作用, 经常在中药和藏药复方上出现。枸杞是一味传统常用中药, 史载于《神农本草经》, 被列为上品。枸杞性平, 味甘, 归肝、肾、肺经, 具有滋补肝肾、益精明目的功效。枸杞在青海省的分布面积非常广^[1]。大量研究结果表明, 沙棘果实含有丰富的营养成分和生物活性成分, 在抗疲劳、抗衰老、抗血管硬化、抗辐射、促进新陈代谢、抗坏血病等方面具有显著的功能与作用, 已经成为国内外医药界、保健食品、化妆品等重点关注的可食性植物资源。青藏高原是沙棘的起源地, 青海是沙棘的重要分布区, 沙棘资源具有分布广、品种多的特点^[2]。前期对白刺、沙棘、枸杞微量元素的研究主要集中在根、茎、叶、果实^[3-7], 对利用这3种植物果实开发出来的果粉产品的微量元素含量的比较研究, 则未见公开报道。本文利用原子吸收光谱法、氢化物原子荧光光谱法, 分别测定了3种植物果粉的13种微量元素, 并一一进行比较, 试图为这3种植物资源的深度开发利用提供基础数据。

1 实验部分

1.1 仪器、试剂和样品

收稿日期: 2009-02-18

基金项目: 中国科学院“西部之光”人才培养计划资助

作者简介: 张凤枰(1972—), 男, 博士研究生, 工程师。

通讯作者: 索有瑞。E-mail: yrsuo@nwipb.ac.cn

1.1.1 仪器 Z-2000 型原子吸收光谱仪, Polarizes Zeeman AAS 数据处理软件, Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd 空心阴极灯(日本 HITACHI 公司); AFS-9130 型原子荧光光度计, AFS-9x(Version 6.20)数据处理软件(北京吉天仪器有限公司); As、Hg 空心阴极灯(北京有色金属研究总院); EHD36 型电热消解仪(北京莱伯泰科仪器有限公司); Ethos 1 微波实验工作站(意大利 Milestone 公司); CP224S 型电子分析天平(德国 Sartorius 公司)。

1.1.2 试剂 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd、As、Hg 单元素溶液标准物质(中国计量科学研究院), 盐酸、硝酸、高氯酸(均为优级纯, 四川西陇化工有限公司), 硼氢化钾、氢氧化钾、磷酸二氢铵、 H_2O_2 、硫脲、硝酸镧、氯化铯(均为分析纯, 国药集团化学试剂有限公司), 水为 Milli-Q Gradient 去离子水。

1.1.3 样品 白刺果粉 1、2、3 号, 枸杞果粉 1、2、3 号, 沙棘果粉 1、2、3、4 号(其中 1、2 号为青海沙棘产品, 3、4 号为西藏沙棘产品), 由中国科学院西北高原生物研究所、青海康普生物科技股份有限公司提供。

1.2 样品前处理

1.2.1 湿式消解法 食品无机分析样品预处理方法有湿法分解、干灰化-酸溶法、碱溶-酸处理法, 本文参照文献[8-9], 称取上述 3 种植物果粉试样约 1.0 g(精确到 0.000 1 g), 置于 100 mL 玻璃消解管中, 加入 10 mL 硝酸, 加玻璃盖, 在通风橱中放置过夜后, 加入高氯酸 2.5 mL, 在电热消解仪升温至 120℃, 消解 1 h, 取下玻璃盖, 然后升温至 185℃时赶酸, 直至冒白烟, 待消解管液体体积约 1~2 mL 时取出。若消解管中液体变棕黑色, 再加硝酸, 直至冒白烟, 消化液呈无色透明或略带黄色, 取出放冷, 将消化液转移至 50 mL 的容量瓶中, 用去离子水洗涤消解管 3~4 次, 定容, 摇匀备用, 同时做试剂空白试验, 作为测定 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd、As 等 12 种元素含量的试液。

1.2.2 微波消解法 参照文献[10], 称取 0.5 g 试样(精确到 0.000 1 g)于消解罐中, 加入 7 mL 硝酸, 1 mL 过氧化氢, 盖好安全阀后, 将消解罐放入微波实验工作站中, 15 min 内升温至 190℃, 保持 30 min, 待消解完全, 冷却至 30℃以下, 取出, 将消解液转移至 50 mL 容量瓶中, 并用去离子水洗涤消解罐 3~4 次, 定容, 摇匀待测, 同时做试剂空白试验, 作为测定 Hg 含量的试液。

1.3 仪器工作条件

Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg 采用火焰原子吸收光谱法测定, Pb、Cr、Cd 采用石墨炉原子吸收光谱法测定, As、Hg 采用原子荧光分光光谱法测定。测定元素时, 根据需要将溶液稀释到线性范围, 数据采用仪器软件自动处理, 计算样品中各元素含量。火焰法、石墨炉法、原子荧光分光光谱法的工作条件详见表 1~表 3。

表 1 火焰原子吸收光谱法测定仪器工作条件

元 素	波 长/nm	狭 缝/nm	燃烧器高度/mm	乙炔流量/(mL·min ⁻¹)
Cu	324.8	1.3	7.5	2.0
Fe	248.3	0.2	7.5	1.8
Mn	279.5	0.4	7.5	2.0
Zn	213.9	1.3	7.5	1.8
K	769.9	1.3	7.5	2.2
Ca	422.7	1.3	7.5	2.2
Na	589.6	0.4	7.5	2.0
Mg	202.5	1.3	7.5	2.0

表 2 石墨炉原子吸收光谱法测定仪器工作条件

元 素	工作程序	温度/℃	升温时间/s	保持时间/s	内气流量/(mL·min ⁻¹)
Pb	干燥	140	20	15	200
	灰化	500	0	20	200
	原子化	2 100	0	5	30
	清扫	2 400	0	4	200
Cr	干燥	140	30	0	200
	灰化	700	0	20	200
	原子化	2 600	0	5	30
	清扫	2 700	0	4	200
Cd	干燥	140	20	10	200
	灰化	250	0	20	200
	原子化	1 500	0	5	30
	清扫	2 100	0	4	200

表 3 氢化物原子荧光光谱法测定仪器工作条件

元 素	原子化器温度/℃	灯电流/mA	负高压/V	载气流量/(mL/min)	屏蔽流量/(mL/min)	读数时间/s	延迟时间/s
As	200	50	260	400	800	7.0	1.5
Hg	200	40	290	400	800	7.0	1.5

1.4 标准系列

用上述 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd、As、Hg 标准物质配制标准溶液，绘制标准曲线。

1.5 测定方法

1.5.1 Cu、Fe、Mn、Zn 含量 根据需要,用0.6 mol/L 盐酸溶液稀释试样溶液和空白溶液,在相同条件下,测量试样溶液和空白溶液的吸光度,计算样品中Cu、Fe、Mn、Zn的含量。

1.5.2 K、Ca、Na、Mg 含量 用水定量稀释试样溶液和空白溶液,每100 mL的稀释溶液,分别加5 mL 133 g/L 的硝酸镧、5 mL 100 g/L 氯化铯、5 mL 6 mol/L 盐酸,在相同条件下,测量试样溶液和空白溶液的吸光度,计算样品中K、Ca、Na、Mg的含量。

1.5.3 Pb、Cr、Cd 含量 取湿式消解试样,按照上述仪器工作条件,直接用石墨炉原子吸收光谱法进行测定。

1.5.4 As、Hg 含量 分别准确移取10 mL 试样溶液和空白溶液于25 mL 容量瓶中,加5 mL 6 mol/L 盐酸、2.5 mL 50 g/L 硫脲,定容,用5%的盐酸作载流和标准空白、以1% 硼氢化钾溶液(硼氢化钾1%, 氢氧化钾0.5%) 作还原剂,将样品溶液过滤至样品管后,按照其仪器条件直接测定标准溶液和试液荧光值,计算样品中As的含量。

用2%的硝酸作载流和标准空白,以0.5% 硼氢化钾溶液(硼氢化钾0.5%, 氢氧化钾0.5%) 为还原剂并按照上述Hg 测定仪器工作条件,测定Hg 含量。

2 结果与讨论

2.1 方法学考察

2.1.1 标准曲线与线性 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd、As、Hg 等13种标准溶液质量浓度范围、标准曲线、回归方程见表4、表5。

表4 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg 线性测定结果

元 素	线性范围/(mg/L)	回归方程	相关系数 r
Cu	0.1 ~ 1.0	$y = 2.585 \times 10^{-2}x + 2.829 \times 10^{-5}$	1.000 0
Fe	0.5 ~ 4.0	$y = 3.553 \times 10^{-2}x + 1.495 \times 10^{-3}$	1.000 0
Mn	0.5 ~ 4.0	$y = -7.317 \times 10^{-4}x^2 + 6.861 \times 10^{-2}x + 1.183 \times 10^{-4}$	1.000 0
Zn	0.1 ~ 1.0	$y = -1.883 \times 10^{-2}x^2 + 2.707 \times 10^{-1}x - 6.910 \times 10^{-4}$	1.000 0
K	0.5 ~ 10.0	$y = 9.137 \times 10^{-3}x + 1.581 \times 10^{-4}$	1.000 0
Ca	0.5 ~ 10.0	$y = 6.132 \times 10^{-3}x + 9.825 \times 10^{-3}$	0.999 6
Na	0.5 ~ 10.0	$y = -2.637 \times 10^{-5}x^2 + 2.059 \times 10^{-2}x + 1.826 \times 10^{-3}$	1.000 0
Mg	0.5 ~ 10.0	$y = 2.238 \times 10^{-2}x + 1.725 \times 10^{-3}$	1.000 0

2.1.2 精密度试验 称取白刺果粉1号样品6份,按照上述样品前处理、仪器工作条件、测定步骤,测定该果粉样品的Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg、Pb、Cr、Cd、As、Hg 含量,各元素含量测定结果相对标准偏差分别为2.56%、2.46%、0.99%、4.58%、0.41%、1.28%、0.62%、1.67%、3.73%、2.80%、7.46%、4.03%、8.38%。

表 5 Pb、Cr、Cd、As、Hg 线性测定结果

元 素	线性范围/($\mu\text{g/L}$)	回归方程	相关系数 r
Pb	5 ~ 50.0	$y = 6.728 \times 10^{-3}x + 1.494 \times 10^{-2}$	0.999 9
Cr	5 ~ 100.0	$y = 4.517 \times 10^{-3}x - 3.269 \times 10^{-3}$	0.999 6
Cd	0.5 ~ 3.0	$y = 9.889 \times 10^{-2}x + 2.722 \times 10^{-3}$	1.000 0
As	5 ~ 50	$y = 42.111 0 x + 3.354 4$	0.999 7
Hg	0.2 ~ 2	$y = 297.577 4 x - 3.793 2$	0.999 8

2.1.3 回收率试验 称取白刺果粉 1 号样品 18 份, 分别按照表 6、表 7 所述 3 个质量浓度梯度, 每个梯度做 2 个平行样, 每份添加 1 mL, 其中 6 份添加 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg 混合标准溶液, 6 份添加 Pb、As、Cr、Cd 混合标准溶液, 湿式消解法处理样品; 最后 6 份添加 Hg 标准溶液, 微波消解法处理样品, 按照上述条件、步骤分别测定各元素含量, 计算回收率, 结果见表 6、表 7。

表 6 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg 回收率试验结果

元 素	添加质量浓度/(mg/L)	回收率/%	相对标准偏差/%
Cu	10 20 30	98.62 ~ 102.09	0.72
Fe	10 20 30	91.17 ~ 105.32	4.51
Mn	10 20 30	97.31 ~ 100.43	2.23
Zn	10 20 30	97.68 ~ 104.18	1.93
K	1 000 2 000 3 000	96.97 ~ 107.53	2.56
Ca	1 000 2 000 3 000	102.10 ~ 109.95	2.27
Na	1 000 2 000 3 000	98.81 ~ 106.87	3.11
Mg	1 000 2 000 3 000	99.36 ~ 101.75	0.61

表 7 Pb、Cr、Cd、As、Hg 回收率试验结果

元 素	添加质量浓度/($\mu\text{g/L}$)	回收率/%	相对标准偏差/%
Pb	100 200 300	89.73 ~ 106.46	5.32
Cr	1 000 2 000 3 000	94.87 ~ 107.31	3.45
Cd	20 40 60	70.96 ~ 110.71	13.21
As	100 200 300	100.40 ~ 106.24	1.77
Hg	2 4 6	89.32 ~ 121.96	8.85

2.2 样品测定结果

按照上述方法测定了 3 种植物果粉中各元素的含量, 结果见表 8、表 9。

表 8 三种植物果粉中 Cu、Fe、Mn、Zn、K、Ca、Na、Mg 含量测定结果

单位: mg/kg

元素	白刺果粉			沙棘果粉			枸杞果粉			
	1号	2号	3号	1号	2号	3号	1号	2号	3号	
Cu	1.32 ± 0.08	1.19 ± 0.10	1.21 ± 0.04	0.40 ± 0.01	0.25 ± 0.02	0.77 ± 0.09	0.87 ± 0.04	4.03 ± 0.09	4.00 ± 0.23	4.18 ± 0.12
Fe	95.30 ± 5.71	94.01 ± 3.18	96.25 ± 4.47	99.20 ± 1.48	104.00 ± 1.00	358.18 ± 4.52	357.84 ± 3.07	26.96 ± 0.06	27.43 ± 0.80	29.25 ± 0.95
Mn	16.65 ± 0.04	14.86 ± 0.04	14.65 ± 0.27	3.99 ± 0.03	4.03 ± 0.03	17.15 ± 0.11	16.95 ± 0.01	3.58 ± 0.02	3.69 ± 0.07	3.75 ± 0.08
Zn	13.99 ± 0.08	13.76 ± 0.03	14.25 ± 0.01	5.98 ± 0.58	5.05 ± 0.13	15.65 ± 0.52	15.06 ± 0.91	4.96 ± 0.10	4.79 ± 0.06	5.51 ± 0.17
K	10 836.5 ± 43.1	10 633.0 ± 20.2	10 644.0 ± 62.2	1 741.1 ± 79.5	1 731.3 ± 94.3	6 069.0 ± 58.6	6 094.0 ± 42.1	5 871.6 ± 8.4	5 797.2 ± 46.9	5 895.1 ± 77.6
Ca	1 269.7 ± 17.5	1 263.0 ± 57.0	1 171.4 ± 27.1	179.6 ± 5.6	183.2 ± 2.5	529.6 ± 3.5	518.5 ± 6.0	204.5 ± 6.4	203.8 ± 1.2	210.4 ± 5.9
Na	9 981.7 ± 11.0	10 126.0 ± 21.2	10 032.7 ± 86.7	164.6 ± 1.5	163.2 ± 0.5	386.1 ± 0.2	380.9 ± 8.7	571.0 ± 34.0	573.9 ± 27.6	571.2 ± 8.0
Mg	1 699.5 ± 45.8	1 681.4 ± 37.6	1 592.0 ± 36.9	100.6 ± 1.2	104.4 ± 0.9	408.8 ± 0.8	400.1 ± 2.0	216.0 ± 0.6	213.1 ± 3.6	216.1 ± 1.9

表 9 三种植物果粉中 Pb、Cr、Cd、As、Hg 含量测定结果

单位: µg/kg

元素	白刺果粉			沙棘果粉			枸杞果粉			
	1号	2号	3号	1号	2号	3号	1号	2号	3号	
Pb	88.0 ± 4.2	83.5 ± 9.2	91.5 ± 1.2	393.5 ± 0.7	283.5 ± 4.8	1 360.5 ± 2.8	1 395.5 ± 26.2	ND	ND	ND
Cr	1 570.5 ± 43.4	1 458.0 ± 17.8	1 605.5 ± 80.1	1 416.0 ± 12.0	1 040.5 ± 24.0	1 249.0 ± 40.7	1 357.5 ± 81.3	1 929.0 ± 56.6	1 908.0 ± 27.1	2 215.5 ± 68.6
Cd	26.3 ± 0.7	25.1 ± 0.8	27.4 ± 1.8	15.2 ± 0.5	12.7 ± 0.7	77.2 ± 2.2	83.8 ± 3.0	16.5 ± 1.0	19.4 ± 1.3	19.0 ± 0.2
As	104.6 ± 3.5	97.1 ± 1.9	115.8 ± 2.5	191.1 ± 9.8	121.1 ± 0.5	169.0 ± 2.3	180.2 ± 8.4	82.5 ± 7.9	75.3 ± 1.6	83.7 ± 2.0
Hg	0.654 ± 0.012	0.616 ± 0.008	0.684 ± 0.012	0.620 ± 0.005	0.673 ± 0.009	0.819 ± 0.009	0.635 ± 0.010	0.654 ± 0.003	0.728 ± 0.005	0.676 ± 0.006

用 2% 的硝酸作载流和标准空白, 以 0.5% 硼氢化钾溶液(硼氢化钾 0.5%, 氢氧化钾 0.5%) 为还原剂并按照上述 Hg 测定仪器工作条件, 测定 Hg 含量。

2.3 讨论

从测定结果可以看出, 3 种植物果粉中 8 种元素含量由高到低的顺序分别为: 白刺果粉 K, Na, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn, Cu; 西藏沙棘果粉 K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu; 青海沙棘果粉 K, Ca, Na, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu; 枸杞果粉 K, Na, Mg, Ca, Fe, Zn, Mn, Cu。

3 种植物果粉的 Cu、Fe、Mn、Zn 4 种微量元素含量较高, 其含量由高到低顺序分别如下。Cu: 枸杞果粉, 白刺果粉, 西藏沙棘果粉, 青海沙棘果粉; Fe: 西藏沙棘果粉, 青海沙棘果粉, 白刺果粉, 枸杞果粉; Mn: 西藏沙棘果粉, 白刺果粉, 青海沙棘果粉, 枸杞果粉; Zn: 西藏沙棘果粉, 白刺果粉, 青海沙棘果粉, 枸杞果粉。经 t 检验, 白刺果粉、西藏沙棘果粉、青海沙棘果粉、枸杞果粉的 Cu、Fe、Mn、Zn 含量均存在显著或极显著差异($P < 0.05$)。由此可以看出, 生长在同一区域的不同植物所含的微量元素含量差异显著; 同一种植物在不同生境, 其微量元素含量差异也极明显。

3 种植物果粉的常量元素含量非常高, 其含量由高到低顺序如下。K: 白刺果粉, 西藏沙棘, 枸杞果粉, 青海沙棘; Na: 白刺果粉, 枸杞果粉, 西藏沙棘, 青海沙棘; Ca: 白刺果粉, 西藏沙棘, 枸杞果粉, 青海沙棘; Mg: 白刺果粉, 西藏沙棘, 枸杞果粉, 青海沙棘。经 t 检验, 白刺果粉、西藏沙棘果粉、青海沙棘果粉、枸杞果粉的 K、Ca、Na、Mg 含量均存在显著或极显著差异($P < 0.05$)。白刺、沙棘、枸杞大多数生长于干旱荒漠、戈壁和盐碱地区, 是公认的固沙、耐干旱和改善盐碱的优势植物。这与其生态特性相符, 说明白刺、沙棘、枸杞可通过对钠、钾等常量元素的积蓄与代谢而改善生长环境的盐碱度。

3 种植物果粉的 Pb、Cr、Cd、As 和 Hg 含量都很低, 这除了与青藏高原无工业污染外, 还与 3 种植物生长的土壤环境中有害元素的背景水平低有关。各元素含量范围如下, Pb 为 ND ~ 1 421.7 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Cr 为 1 208.3 ~ 2 284.1 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Cd 为 12.0 ~ 86.8 $\mu\text{g}/\text{kg}$, As 为 73.7 ~ 200.9 $\mu\text{g}/\text{kg}$, Hg 为 0.608 ~ 0.828 $\mu\text{g}/\text{kg}$, 均符合 GB 16740 - 1997 保健(功能)食品通用标准允许量规定要求, 非常利于功能食品、药品的开发。

参考文献:

- [1] 王洪伦, 丁晨旭, 李玉林. 白刺与枸杞中微量元素含量的对比研究 [J]. 广东微量元素科学, 2007, 14 (4): 36 - 38.
- [2] 李威邦. 青海沙棘产业发展前景可期 [J]. 中国林业, 2007 (9): 29.
- [3] 李天才, 索有瑞. 青海柴达木地区植物白刺叶中微量元素特征 [J]. 广东微量元素科学, 2002, 9 (4): 66 - 68.
- [4] 郭延清, 白新明, 丁晨旭. 柴达木唐古特白刺色素中矿物质元素分析 [J]. 广东微量元素科学, 2008, 15 (5): 34 - 36.
- [5] 马玲, 孔星芸, 刘红. 原子吸收光谱法测定黑果枸杞中十三种微量元素 [J]. 中国卫生检验杂志, 2002, 12 (1): 52 - 53.
- [6] 刘萍, 王凤英. 不同产地枸杞子微量元素的对应分析 [J]. 安徽农业科学, 2008, 36 (19): 8135 - 8136.
- [7] 刘安典, 王俊峰, 秦三民. 陕西沙棘叶片主要微量元与维生素含量分析 [J]. 沙棘, 2001, 14 (4): 17 - 19.

Comparison and Analysis on the Content of Trace Elements in Fruit Powders of Nitraria, Wolfbery and Seabuckthorn in Qinghai - Tibetan Plateau

ZHANG Fengping^{1,2,3}, YANG Fashu², LI Yingdong², LIU Yaomin², SUO Yourui¹

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China;

2. Tongwei Co. Ltd., Chengdu 610041, China;

3. Graduate University of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The content of trace elements in fruit powders of Nitraria, Wolfbery and Seabuckthorn grown in Qinghai - Tibetan Plateau was determined by atomic absorption spectrometry (AAS) and hydride generation - atomic fluorescence spectrometry (HG - AFS). The results show that the content of the trace elements (Cu, Fe, Mn, Zn, K, Ca, Na and Mg) is rich in those fruit powders, and the content of each trace element is different from three kinds of fruit powders, and the content of heavy metals (Pb, Cr, Cd, As and Hg) is very low in those fruit powders. It supplies a scientific basis for the deep development and using of Nitraria, Wolfbery and Seabuckthorn resources.

Key words: Nitraria; Wolfbery; Seabuckthorn; fruit powder; trace element; atomic absorption spectrometry (AAS); hydride generation - atomic fluorescence spectrometry (HG - AFS)

《广东微量元素科学》 征稿征订

《广东微量元素科学》创刊于 1994 年,是由国家科委批准,广东省科学技术情报研究所、广州地区微量元素与健康研究会和广州市微量元素研究所联合主办的杂志,国内统一刊号 CN44-1396/T,国际标准刊号 ISSN 1006-446X,是在国内外公开发行的微量元素科学权威杂志,被广东省新闻出版局评为广东省优秀科技期刊被《中国科学引文数据库》、《中国学术期刊综合评价数据库》、美国《化学文摘》(CA)等多个国内外权威数据库及检索工具收录。

《广东微量元素科学》内容丰富、学术水平高、信息量大、时效性强,适应时代潮流。《广东微量元素科学》能为课题立项做基础,为职称提升做依据,为论文写作查文献,为临床应用作参考,是多功能的杂志,其发表的论文有很高利用价值。《广东微量元素科学》是大众必需、学者必读、医院必备、书库必存的集理工农医多学科的专业杂志。欢迎投稿,欢迎订阅。

《广东微量元素科学》每月 15 日出版,全国非邮发发行,每册定价 10 元,全年 120 元。

作者投稿可通过邮局邮寄或通过电子邮箱 (E-mail: gdwlyskx@periodicals.net.cn) 发送。

读者订刊可通过全国非邮发报刊联合发行部(网址: www.lhzd.com, 本刊联订代号 5628) 订阅。亦可直接向本编辑部订刊,将款邮汇至本部。

地址:广州市先烈中路 100 号 广州地区微量元素与健康研究会《广东微量元素科学》编辑部
邮 编: 510070。

亦可由银行汇至本部。

户 名: 广州地区微量元素与健康研究会

开户银行: 中国工商银行广州光明路支行

帐 号: 3602017019200091333

《广东微量元素科学》编辑部