

ICP-AES法测定内蒙古地区六种沙生木本植物中金属元素

刘颖, 李景峰, 嘎日迪, 马宁

内蒙古师范大学化学与环境科学学院, 内蒙古呼和浩特 010022

摘要 采用 ICP-AES 法分别对内蒙古地区梭梭、小叶锦鸡儿、沙冬青、红柳、沙枣和沙柳等六种沙生木本植物中金属元素进行了测定和分析。该方法的加标回收率为 94.98%~120.25%, RSD<3.4%, 具有良好的准确度和精密度。结果表明, 常量元素 Ca, K, Mg, Na, Al 及植物生命活动所必需的微量元素 Fe, Mn, Cu, Zn 在六种沙生木本植物中表现为不同的含量顺序, 且 Fe, Mn, Cu, Zn 四种元素的含量均低于陆生高等植物的平均含量。该测定结果为改善西部地区生态环境, 选择优良防风固沙树种提供可靠的数据和理论依据。

主题词 ICP-AES 法; 沙生木本植物; 金属元素

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2006)02-0344-04

引言

近年来风沙灾害已成为中国的心腹之患, 尤其是北方地区属世界四大沙尘暴区之一的中亚沙暴区的一部分。虽然沙尘暴成因复杂, 但和我国北方地区土地荒漠化、沙化和盐碱化有着密切关系。加快退耕还林、加强植被建设等是降低沙尘暴发生的最佳途径^[1]。由于沙生木本植物通常具有抗旱、抗风蚀、耐沙埋、耐贫瘠等独特的生态生物学特性^[2-4], 对改善内蒙古地区生态环境起着十分重要的作用^[5]。

ICP-AES 法具有灵敏度高、动态范围宽、相对干扰小、可同时测定多种元素等优点, 已广泛应用于中药、豆类食品、陶瓷制品等样品中无机元素的定量测定^[6-8]。本文采用 ICP-AES 法对内蒙古地区常见的藜科梭梭属梭梭(*Haloxylon ammodendron*), 豆科锦鸡儿属小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*), 豆科沙冬青(*Ammopiptanthus mongolicus*), 柽柳科柽柳属红柳(*Salix bordensis*), 蓼科沙拐枣属沙枣(*Elaeagnus angustifolia*), 杨柳科沙柳(*Salix psammophila*)等六种沙生木本植物中金属元素进行了测定和分析。梭梭含盐量较高, 是家畜补盐的好饲料, 同时又是防风固沙的优良树种, 其寄生植物肉苁蓉是珍稀的名贵药材^[9]; 小叶锦鸡儿因具有抗旱、抗寒、耐瘠薄、繁殖性强等特点, 表现出重要的环境意义, 可保持水土、改善局部小环境; 沙冬青是阿拉善荒漠特有的、并且是唯一的常绿阔叶灌木, 为豆科中古老的残遗植物^[10], 是国家重点保护的三级濒危植物^[11, 12]。它既是干旱地区很好的固沙和绿化观赏植物^[13], 而且其枝

叶入药, 具有祛风湿, 活血, 止痛的功效^[4], 全株可提取沙冬青油, 其制剂可用来医治高血压病; 红柳能改良土壤, 改善生态环境^[3]; 沙枣是一种固沙、保土、改良碱地及绿化的重要树种^[14]; 沙柳常以极稀疏的方式分布于沙丘中下部(尤其是背风坡), 或者是以较大的密度分布于滩地覆沙区, 常与乌柳(*Salix linearistipularis*)组成柳湾林, 较耐旱, 抗沙埋^[15]。鉴于以上植物的优良特性, 本文对其金属元素进行了测定分析, 旨在为合理利用这些植物资源, 为西部开发建设, 改善西部地区生态环境, 选择优良防风固沙树种提供可靠的理论依据。

1 实验部分

1.1 仪器及操作参数

ICPQ-1000 型电感耦合等离子体原子发射光谱仪(日本, 岛津公司)。入射功率 1.2 kW, 反射功率<5 W; 载气流量 1.0 L·min⁻¹, 辅助气流量 1.5 L·min⁻¹, 冷却气流量 10.5 L·min⁻¹; 观察高度 15 mm; 积分时间 20 s; 光栅刻线 1 920 l·mm⁻¹(1: lines), 玻璃气动雾化器及双筒雾室。

1.2 主要试剂

Ca, K, Mg, Na, Al, Fe, Mn, Cu, Zn 标准储备液: 浓度均为 1.000 mg·mL⁻¹(国家环境保护总局标准样品研究所, GSB07-1257-2000), 用稀硝酸稀释成一定浓度的工作液。其余试剂均为分析纯, 水为二次蒸馏水。

1.3 样品及预处理

分别采摘内蒙古地区常见的六种沙生木本植物—阿拉善

收稿日期: 2005-10-08, 修订日期: 2005-12-28

基金项目: 内蒙古自然科学基金(200308020103)资助项目

作者简介: 刘颖, 1963年生, 内蒙古师范大学化学与环境科学学院教授, 理学博士

盟右旗的梭梭、小叶锦鸡儿、沙冬青和红柳的枝条,巴盟前旗的沙枣枝条及呼和浩特市和林县的沙柳枝叶作为植物分析样品。样品均用去离子水洗净,80℃烘干,研磨粉碎过20目筛,然后准确称取一定量的该样品,电热板上灰化,高温炉540℃焙烧4h,去离子水润湿,用6 mol·L⁻¹ HCl溶解

后定容到100.00 mL容量瓶中。

2 结果与讨论

2.1 元素的分析线与检出限

各元素的分析线与检出限见表1。

Table 1 Analytical lines and detection limits of elements determined

元素	Ca	K	Mg	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Zn
波长/nm	393.366	466.491	279.553	589.592	396.152	259.940	257.610	324.754	202.548
检出限/(ng·mL ⁻¹)	0.297	3.151	0.218	0.683	0.274	0.115	0.135	0.424	0.346

2.2 各元素在标准曲线上的含量

各元素在标准曲线上的含量见表2。

Table 2 The concentration of various elements in standard curve ($\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$)

	Ca	K	Mg	Na	Al	Fe	Mn	Cu	Zn
标曲1	1.5	0.7	1.5	1	1.5	4	0.2	0.04	0.02
标曲2	15	7	15	10	15	40	2	0.4	0.2
标曲3	150	70	150	100	150	400	20	4	2

Table 3 The contents of metal elements in six kinds of desert plants ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, $n=4$)

	梭梭		小叶锦鸡儿		沙冬青	
	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%
Ca	1 059.00	0.76	1 080.00	0.75	895.10	0.85
K	762.50	1.27	258.70	1.57	503.30	1.19
Mg	741.60	1.33	123.60	2.28	300.60	2.18
Na	6039.00	0.48	64.13	2.59	1156.00	0.72
Al	213.20	1.66	207.10	1.71	188.50	1.75
Fe	26.03	2.67	18.93	2.70	40.17	2.54
Mn	4.14	3.09	1.05	3.28	3.77	3.15
Cu	9.96	2.76	10.10	2.75	12.90	2.74
Zn	3.59	3.21	2.43	3.22	6.76	3.10

	红柳		沙枣		沙柳	
	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%	平均值 /($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	RSD /%
Ca	2 309.00	0.64	644.90	1.03	496.20	1.21
K	936.60	0.83	134.20	2.53	257.40	1.58
Mg	670.90	1.31	380.60	1.95	09.70	2.48
Na	612.30	1.53	373.00	1.28	121.50	2.81
Al	429.40	3.42	121.50	2.47	101.90	2.99
Fe	14.17	2.81	14.14	2.24	27.67	3.10
Mn	2.36	3.01	0.57	3.13	1.83	3.28
Cu	12.14	2.98	12.28	2.61	12.70	2.63
Zn	6.36	3.31	4.29	3.20	3.26	3.08

2.3 测定结果、精密度及加标回收率

六种沙生木本植物金属元素测定结果见表3,相对标准

偏差小于3.4%,加标回收率在94.98%~120.25%之间(见表4)。

2.4 讨论

2.4.1 元素含量水平分析

由表3可以看出,六种沙生木本植物中元素含量范围在0~10 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的有Zn, Mn; 含量在10~100 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的有Fe, Cu; 含量在100~1 000 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$ 的有Mg, Al, K; 而Na的含量范围在100~6 500 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,且各植物之间差异较大; Ca的含量范围在400~2 500 $\mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$,六种植物含量差异也较大,但差异要比Na小。六种植物的含量顺序分别为梭梭Na>Ca>K>Mg>>Al>Fe>Cu>Mn>Zn; 小叶锦鸡儿Ca>K>Al>Mg>Na>Fe>Cu>Zn>Mn; 沙冬青Na>Ca>K>Mg>Al>Fe>Cu>Zn>Mn; 红柳Ca>K>Mg>Na>Al>Fe>Cu>Zn>Mn; 沙枣Ca>Mg>Na>K>Al>Fe>Cu>Zn>Mn; 沙柳Ca>K>Na>Mg>Al>Fe>Cu>Zn>Mn。测定结果与文献[16]报道的陆生高等植物中元素平均含量相比较,小叶锦鸡儿、沙枣、沙柳的Na含量均低于陆生高等植物的平均含量,而梭梭、沙冬青、红柳的Na含量则相反; 六种沙生木本植物的Ca, Mg, K, Fe, Zn, Mn, Cu的含量均低于陆生高等植物的平均含量。

2.4.2 常量元素含量分析

植物种类不同,元素含量差异很大。植物对元素的吸收和积累,主要由植物本身的生态生物学特性和环境条件所决定^[17]。根据每一种植物主要元素化学成分含量的高低顺序,可以把该地区植物群落的优势种初步确定为不同的元素化学特征型^[17]。据此可以将本文所测植物确定为:梭梭和沙冬青为Na>Ca>K>Mg>Al型; 小叶锦鸡儿为Ca>K>Al>Mg>Na型; 红柳为Ca>K>Mg>Na>Al型; 沙枣为Ca>Mg>Na>K>Al型; 而沙柳则为Ca>K>Na>Mg>Al型。群落中优势植物的主要元素化学成分含量,不仅能反映植物自身元素化学特征,也能反映一定的生境特征^[5]。文献[18]报道,阿拉善盟地处亚洲荒漠区的腹地,属干旱和极端干旱区,连续无降水日65~253 d之间,年均气温在8℃以上,它的气候特点是干旱少雨、夏热冬寒、风大、蒸发力大、无霜期短。而梭梭和沙冬青均取自阿拉善盟前旗的自然保护区,它们具有选择性地吸收Na, Ca元素化学成分的特征,表明它们是生长在干热环境下,自然塑造的产物。

Table 4 Recoveries of metal elements in six kinds of desert plants ($n=4$)

	梭梭			小叶锦鸡儿			沙冬青		
	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%
Ca	10.23	10.14	99.12	10.14	9.65	95.21	8.16	7.75	94.98
K	7.41	8.89	120.0	2.01	2.16	107.50	7.21	8.71	120.25
Mg	7.92	7.64	96.46	3.15	3.57	113.30	6.89	6.74	97.82
Na	21.04	21.95	104.32	0.85	0.82	96.47	8.54	9.59	112.30
Al	2.43	2.70	111.11	5.12	5.11	99.88	4.01	3.99	99.50
Fe	0.83	0.82	98.80	0.71	0.77	108.45	2.01	2.23	110.94
Mn	0.15	0.16	106.70	0.12	0.13	108.30	3.00	3.16	105.30
Cu	0.41	0.47	114.60	0.52	0.62	119.20	0.63	0.62	98.41
Zn	3.00	3.52	117.30	1.32	1.33	100.80	1.60	1.58	98.75

	红柳			沙枣			沙柳		
	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%	加入量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收量 / $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	回收率/%
Ca	20.13	20.53	102.00	7.02	7.20	102.60	7.06	7.77	110.10
K	8.02	7.88	98.25	3.06	3.08	100.70	4.01	4.11	102.50
Mg	8.05	8.56	106.30	6.00	5.99	99.83	2.03	2.01	99.01
Na	7.09	7.82	110.30	6.12	5.91	96.57	2.05	2.07	101.00
Al	7.05	7.03	99.72	2.04	2.21	108.30	2.01	2.08	103.50
Fe	0.60	0.59	98.33	0.61	0.60	98.36	0.71	0.70	98.59
Mn	0.12	0.13	108.30	0.10	0.099	99.00	0.11	0.12	109.10
Cu	0.61	0.58	95.08	0.61	0.65	106.60	0.61	0.60	98.36
Zn	1.51	1.45	96.03	1.41	1.43	101.40	1.74	1.70	97.70

2.4.3 植物必需微量元素含量分析

植物体内微量元素的生理作用表现为渗透调节、光合作用、呼吸代谢、生长植物激素、固氮和硝酸还原、蛋白质和核酸代谢、抗逆性等^[19-21]。其中 Fe, Mn, Cu, Zn 四种微量元素是植物生命活动所必需的化学元素^[19]。分析表明,小叶锦鸡儿、沙冬青、红柳、沙枣、沙柳中 Fe, Mn, Cu, Zn 含量顺序均为: $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Zn} > \text{Mn}$; 而在梭梭中为: $\text{Fe} > \text{Cu} > \text{Mn} > \text{Zn}$ 。由表 3 可知, 6 种沙生木本植物的 Fe, Mn, Cu, Zn 的含量均低于陆生高等植物的平均含量。一般认为植物中 Fe 含量低于 $50 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 即表示缺 Fe^[19]。可见, 六种沙生木本植物均表现为不同程度的缺 Fe。这可能是由于内蒙古地区多为碱性石灰质土壤, 而碱性土壤中植物吸收 Fe 的有效性 (Fe^{2+}) 很低^[19]。因此, 在碱性石灰质土壤生长的植物常常出现缺 Fe 失绿症^[19]。植物含 Mn 量低于 $20 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 表示缺 Mn, 土壤中 Mn^{2+} 是植物吸收利用的活性元素, 它的供给状况受土壤 pH 值、有机质和微生物活动等条件的影响, 在碱性石灰质土壤中 Mn^{2+} 化合物溶解度随之下降。本文六种植物样品均表现为不同程度缺 Mn。植物含 Cu 低于 $4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 时就可能出现缺 Cu 症状^[19]。分析表 3 可知, 虽然六种

沙生木本植物中 Cu 含量均低于陆生高等植物的平均含量, 但还未低于 $4 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 这一最低极限值, 不会表现出缺 Cu 症状。Zn 是多种酶的组成成分, 它的主要作用是激活能催化 CO_2 水合作用的碳酸酐酶以及大量脱氢酶、参与植物生长素和蛋白质的合成。通常植物含 Zn 量在 $20 \sim 200 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 之间, 低于 $20 \mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$ 可能出现缺 Zn 症状^[17]。由表 3 可见, 六种植物样品 Zn 含量均小于这一最低极限值, 不同程度的表现为缺 Zn 症状。因此, 内蒙古地区在种植沙生植物时应多施富含植物所需微量元素的微肥。

3 结 论

综上所述, 本文用 ICP-AES 法同时测定内蒙古地区六种沙生木本植物的金属元素含量, 方法操作简单、数据准确可靠, 且具有良好的精密性。其结果为研究这六种植物的科学及经济价值、选择优良防风固沙树种提供可靠的理论依据。

参 考 文 献

- [1] HAN Xiu-yun(韩秀云). Journal of Soiland Water Conservation(水土保持学报), 2003, 17(3): 167.
- [2] GAO Wei-hua, JI Li-biao(高卫华, 冀利彪). Journal of Inner Mongolia Institute of Agricultural University(内蒙古农业大学学报·自然科学版), 1996, 17(1): 23.
- [3] ZHANG Jian-ping(张建萍). Biology Teaching(生物学教学), 2000, 28(9): 55.

- [4] LIU Guo-hou(刘果厚). Bulletin of Botanical Research(植物研究), 1998, 18(3): 341.
- [5] XU Dong-mei, CUI Wei-xian, GUO Si-jia(许冬梅, 崔慰贤, 郭思加). Pratacultural Science(草业科学), 2001, 18(6): 23.
- [6] FU Zhi-hong, XIE Ming-yong, ZHANG Zhi-ming, GUO Lan(付志红, 谢明勇, 章志明, 郭 岚). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(6): 737.
- [7] WANG Ying, XIN Shi-gang(王 莹, 辛士刚). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(2): 226.
- [8] LÜ Shui-yuan, LI Xiao-jing, LIU Wei, LIN Hua(吕水源, 李小晶, 刘 伟, 林 华). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2004, 24(9): 1124.
- [9] MA Hai-bo, BAO Gen-xiao, MA Wei-dong, et al(马海波, 包根晓, 马微东, 等). Pratacultural Science(草业科学), 2000, 17(4): 1.
- [10] HOU Xue-yu(侯学煜). Vegetation Geography & Advantage Phytochemistry Composition of China(中国植被地理和优势植物化学成分). Beijing: Science Press(北京: 科学出版社), 1982. 170.
- [11] FU Li-guo(傅立国). Valuable, Rare & Endangered Plants of China(中国珍稀濒危植物). Shanghai: Education Press of Shanghai(上海: 上海教育出版社), 1989.
- [12] XU Guo-ying, PAN Bo-rong, XIE Ming-ling(许国英, 潘伯荣, 谢明玲). Arid Zone Research(干旱区研究), 1994, 11(1): 50.
- [13] ZHOU Yi-jun, LIU Chun-lan, FEN Jin-zhao(周宜君, 刘春兰, 冯金朝). Journal of Desert Research(中国沙漠), 2001, 21(3): 312.
- [14] CHEN Han-bin(陈汉斌). The Plant Index of Shandong (Next volume)(山东植物志(下卷)). Qingdao: Qingdao Press(青岛: 青岛出版社), 1994. 747.
- [15] HUANG Zhen-ying, DONG Xue-jun, JIANG Gao-ming, et al(黄振英, 董学军, 蒋高明, 等). Acta Bot Boreal-Occident. Sin. (西北植物学报), 2002, 22(4): 817.
- [16] AN Li-zhe, LIU Yan-hong, FENG Hu-yuan, et al(安黎哲, 刘艳红, 冯虎元, 等). Acta Bot Boreal-Occident. Sin. (西北植物学报), 2000, 20(6): 1063.
- [17] SUN Wei-guo, YONG Shi-peng(孙卫国, 雍世鹏). Acta Scientiarum Naturalium Universitatis NeiMongol(内蒙古大学学报·自然科学版), 1995, 26(4): 462.
- [18] YOU Li, WANG Ge-li, WU Xue-hong, WANG Guo-qin(尤 莉, 王革丽, 吴学宏, 王国勤), Plateau meteorology(高原气象), 2004, 22(3): 382.
- [19] AI Yu-xin(袁玉信). Bulletin of Biology(生物学通报), 1996, 31(4): 4.
- [20] LAN Weng-chi(蓝翁驰). Journal of the Chinese University for Nationalities(Natural Sciences Edition)(中央民族大学学报·自然科学版), 2004, 13(2): 163.
- [21] PENG Zhi-hong, PENG Ke-qin, HU Jia-jin, et al(彭志红, 彭克勤, 胡家金, 等). Chinese Agricultural Science Bulletin(中国农学通报), 2002, 18(4): 80.

Determination of Metal Elements in Six Kinds of Desert Plants in Inner Mongolia by ICP-AES

LIU Ying, LI Jing-feng, GA Ri-di, MA Ning

College of Chemistry and Environmental Science, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China

Abstract In the present paper, the contents of metal elements from six kinds of desert plants, namely *Haloxylon ammodendron*, *Caragana microphylla*, *Ammopiptanthus mongolicus*, *Salix bordensis*, *Elaeagnus angustifolia*, and *Salix psammophila* in Inner Mongolian were determined by ICP-AES technique. The recovery ratio obtained by standard addition method ranged between 94.98% and 120.25%, and the RSD was lower than 3.4%. The results of determination showed that the major elements Ca, K, Mg, Na and Al, and trace elements essential to plant vital activities such as Fe, Mn, Cu and Zn exhibit different orders in content in the six kinds of desert plants, and the contents of four elements, Fe, Mn, Cu and Zn are lower than the average content of terrestrial plants. The above results provided reliable data and theory bases for improving environment in west China and choosing weather-resistant and sand-fixation tree species.

Keywords ICP-AES; Desert plant; Metal elements

(Received Oct. 8, 2005; accepted Dec. 28, 2005)