

ICP-AES 法研究葎草叶中微量元素对大气活性氮浓度的响应

韩文轩, 黄明丽, 唐傲寒, 沈健林, 汪斯淼, 刘学军, 张福锁*

中国农业大学资源与环境学院, 教育部植物-土壤相互作用重点实验室,
农业部植物营养学重点开放实验室, 北京 100193

摘要 在实测数据的基础上, 分析大气活性氮对野生植物葎草(*Humulus scandens*)中微量元素含量的影响。采集华北平原北京周边 6 个地点的葎草, 利用等离子体原子发射光谱技术(ICP-AES)分析植物叶中 Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B 和 Na 的含量。结果表明, 葎草叶中各元素的平均含量由高到低依次为 Ca(41 106)>S(8 370)>Mg(6 628)>Fe(476)>Na (92)>B(78)>Mn(49)>Zn(38)>Cu(15) mg · kg⁻¹ 干重; 不同大气活性氮浓度下葎草叶中微量元素含量没有显著差异; 说明大气活性氮施肥效应造成的葎草对这些元素需求量的增加, 并未超过当地土壤营养元素的供应能力。该实验结果将为研究全球大气氮沉降增加背景下, 陆生草本植物的中微量元素营养状况提供科学参考。

关键词 大气氮沉降; 中微量元素; 葎草; ICP-AES

中图分类号: O657.3, Q143.4 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2009)12-3399-03

引言

我国是大气氮沉降的重点区域^[1], 华北地区人口稠密、工农业生产发达, 现已成为我国氮沉降最热点的地区之一^[2, 3]。大气氮沉降给地球生态系统带来的施肥效应, 能有效改善植物的氮营养供应状况^[4-7]; 然而, 在不同活性氮组分和沉降强度背景下, 大气氮沉降是否会影响植物对其他重要营养元素的吸收尚不清楚^[8]。

葎草(*Humulus scandens*)是一种喜肥、抗逆性强和生长迅速的桑科葎草属草本植物, 在全国各地均有分布, 具有重要的经济开发和生态研究价值^[9]; 葎草的这些特点使其成为研究植物对大气氮沉降生态元素计量响应的理想对象。本研究利用等离子体原子发射光谱(ICP-AES)技术^[10], 通过分析北京及周边地区不同大气活性氮浓度背景下, 野生植物葎草叶中 Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B 和 Na 的含量, 探索大气氮沉降对该植物体内重要营养元素组分的影响。

1 材料和方法

1.1 分析材料与仪器

材料: 桑科葎草属植物葎草(*Humulus scandens*)的成熟叶片。

仪器: Optima 3300DV 型 ICP-AES (美国 PE 公司); Radiello 被动采样器(意大利柯瑞公司)。

1.2 分析方法

1.2.1 样品采集及处理

在北京周边平原地区的 6 个地点采集葎草叶片, 同时采集大气样品。这些地点中, 有两个位于河北曲周和北京昌平的农田附近, 两个位于北京海淀区和昌平区交通繁忙的公路旁边, 其余两个在低氮沉降背景的河北农业大学校园内和北京十三陵水库周围。

大气活性氮的具体采样和分析方法参见沈健林等的研究^[2]; 葎草叶片的详细采样方法和预处理过程参见韩文轩等的研究^[11]。每个地点采集 20 片成熟的葎草叶片, 烘干粉碎后加入 HNO₃ (优级纯)和 H₂O₂ (优级纯)的混合液进行微波消煮(MARS, 美国 CEM 公司), 然后使用高纯水(18.2 MΩ, Millipore)定容至 10 mL, 待测。

1.2.2 样品的 ICP-AES 分析

设置 ICP-AES 各主要工作参数: 功率 1 100 W, 载气流量 0.9 L · min⁻¹, 辅助气流量 0.5 L · min⁻¹, 冷却气流量 15 L · min⁻¹; 待测元素标准液(1 000 mg · L⁻¹)由国家标准

收稿日期: 2008-11-10, 修订日期: 2009-01-20

基金项目: 农业部公益性行业计划项目(200803030), 中国农业大学科研启动基金项目(2007021)和国家大学生科研创新计划项目(10080521)资助

作者简介: 韩文轩, 1976 年生, 中国农业大学资源与环境学院讲师

e-mail: hanwenxuan@cau.edu.cn

* 通讯联系人 e-mail: zhangfs@cau.edu.cn

物质中心提供。对茶叶标准样品(GBW10016)及待测样品的消解液进行 Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B 和 Na 的含量测定。

2 结果与分析

2.1 葎草叶中微量元素平均含量

葎草叶中量元素(Ca, Mg, S)和微量元素(Fe, Mn, Cu,

Zn, B, Na)的平均含量差异很大,从 $14.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Cu)到 $41\ 106 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (Ca)干重;按含量高低顺序依次为 $\text{Ca} > \text{S} > \text{Mg} > \text{Fe} > \text{Na} > \text{B} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu}$ (表 1)。除了 Na 和 Fe 以外,各地点之间同一元素的相对标准差(RSD)基本都在 15%~25%左右;Na 的变异最大(RSD 约 70%);而 Mn 的变异最低(RSD 为 12%)。葎草叶 Na 含量的高值出现在河北曲周和十三陵水库周围(分别达 185 和 $141 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 干重),而低值在北京海淀区和昌平区(仅 23 和 $28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 干重)。

Table 1 Concentrations of the middle and trace elements in *Humulus scandens* leaves

	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Cu	Zn	B	Na
均值/ $(\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1})$	41 106	6 628	8 370	475.66	49.17	14.52	38.47	78.20	91.88
RSD/%	19	27	15	34	12	24	15	23	69

2.2 不同大气活性氮浓度下葎草叶中微量元素含量

葎草叶各元素含量与大气氨态氮、硝态氮以及总活性氮(氨态氮+硝态氮)浓度都没有显著的相关关系($r=0.0\sim 0.45$; $p>0.1$),表明在本研究所涉及的大气活性氮浓度范围内,6个采样地点葎草叶的中微量元素含量均没有明显变

化(图 1)。但值得指出的是,尽管叶元素含量与大气活性氮浓度关系不显著,大多数元素(Zn 和 B 除外)却与大气活性氮(尤其是氨态氮)浓度呈现微弱的负相关关系(即 $r<0$; $p>0.1$)。

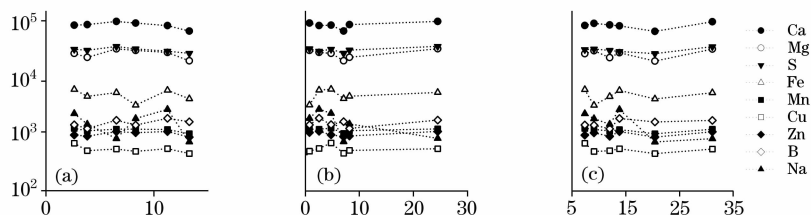


Fig. 1 Variation in the contents of middle and trace elements in *Humulus scandens* leaves at different concentrations of atmospheric reactive nitrogen (N): (a) $\text{NH}_3\text{-N}$; (b) $\text{NO}_2\text{-N}$; (c) total reactive N

3 讨论

大气氮沉降带来的施(氮)肥效应能够有效增加植物的氮营养^[5-7],促进植物快速生长。然而,一旦其他元素的供应不能同步提高以满足营养平衡的需要,植物的生长就可能受到这些元素的限制,并表现出叶片缺素症状^[12]。而本研究结果表明,不同氮沉降地点之间葎草叶各元素含量差异并不显著(图 1),在大气活性氮浓度较高的地区葎草并未表现出某些元素的缺素症状。这说明,大气活性氮施肥效应造成的葎草对中微量元素需求量的增加,并未超过当地土壤营养元素的

供应能力。实验中所观察到的河北曲周葎草叶的高 Na 含量($185 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$),则很可能与该地区土壤较高的 Na 本底浓度有关^[13],而非受当地较高的大气氨态氮浓度影响。

葎草叶元素含量与大气活性氮(氨态氮)浓度之间的微弱的负相关关系,可能反映了氮沉降施肥对其他元素的稀释效应:即叶片氮含量的增加稀释了其他叶内元素的含量^[14]。这个结果与前期氮沉降实验所观察到的几种木本植物叶元素含量的变化规律基本一致^[8]。

本实验结果将为研究全球大气氮沉降增加背景下,陆生草本植物的中微量元素营养状况提供科学参考。

参 考 文 献

- [1] Xing G X, Zhu Z L. Biogeochemistry, 2002, 57(1): 405.
- [2] SHEN Jian-lin, LIU Xue-jun, ZHANG Fu-suo(沈健林, 刘学军, 张福锁). Acta Pedologica Sinica(土壤学报), 2008, 45(1): 165.
- [3] He C E, Liu X J, Fangmeier A, et al. Agriculture Ecosystems & Environment, 2007, 121 (4): 395.
- [4] Vitousek P M, Aber J D, Howarth R W, et al. Ecological Applications, 1997, 7: 737.
- [5] LI De-jun, MO Jiang-ming, FANG Yun-ting, et al(李德军, 莫江明, 方运霆, 等). Acta Ecologica Sinica(生态学报), 2003, 23(09): 1891.
- [6] LUO Xu-qiang, WANG Shi-jie, LIU Xiu-ming(罗绪强, 王世杰, 刘秀明). Chinese Journal of Ecology(生态学杂志), 2007, 26(7): 1094.

- [7] LÜ Chao-qun, TIAN Han-qin, HUANG Yao(吕超群, 田汉勤, 黄 耀). Journal of Plant Ecology(植物生态学报), 2007, 31(2): 205.
- [8] Elvir J A, Wiersma G B, Day M E, et al. Forest Ecology and Management, 2006, 221: 207.
- [9] GAO Zheng-quan, MENG Chun-xiao(高政权, 孟春晓). Journal of Anhui Agricultural Sciences(安徽农业科学), 2007, 35(31): 9982.
- [10] E Er-deng-sang, BA Tu, JIA Mei-lin, et al(额尔登桑, 巴 图, 贾美林, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2008, 28(6): 1394.
- [11] HAN Wen-xuan, WU Yi, TANG Lu-ying, et al(韩文轩, 吴 漪, 汤璐瑛, 等). Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis (北京大学学报), 2008, <http://bdxbw.chinajournal.net.cn>
- [12] Marschner H. Mineral Nutrition of Higher Plants. New York: Academic Press, 1995.
- [13] LI Yun-zhu, LU Jin-wen, WU Jin-sui(李韵珠, 陆锦文, 吴金绥). Acta Pedologica Sinica(土壤学报), 2001, 38(3): 341.
- [14] LI Fu-sheng, KANG Shao-zhong(李伏生, 康绍忠). Acta Pedologica Sinica(土壤学报), 2003, 40(4): 599.

Study on the Response of Middle and Trace Elements in *Humulus Scandens* Leaves to Atmospheric Reactive Nitrogen with ICP-AES

HAN Wen-xuan, HUANG Ming-li, TANG Ao-han, SHEN Jian-lin, WANG Si-miao, LIU Xue-jun, ZHANG Fu-suo*

Key Laboratory of Plant-Soil Interactions of Ministry of Education; Key Laboratory of Plant Nutrition of Ministry of Agriculture, College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193, China

Abstract Based on field measurements, the effects of atmospheric reactive nitrogen (ARN) on the middle/trace element concentrations in the leaves of wild plant *humulus scandens* were analyzed. Leaves of *H. scandens* were collected from six sites around Beijing in the North China Plain, and the concentrations of Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, Zn, B, and Na in the leaves were determined with inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). The results showed that element concentrations in leaves ranked as Ca(41 106) > S(8 370) > Mg(6 628) > Fe(476) > Na(92) > B(78) > Mn(49) > Zn(38) > Cu(15) mg · kg⁻¹ dry matter; There were no significant difference in any of the individual element in the *H. scandens* leaves along the gradient of ARN, suggesting that the increasing demand of *H. scandens* for middle/trace elements, induced by the enhanced nitrogen availability from ARN, was not yet beyond the nutrient-supply limits of the local soils. This study offers reference to scientific assessments of the middle/trace element status in terrestrial herbaceous plants under the global background of increasing nitrogen deposition.

Keywords Atmospheric nitrogen deposition; Middle/Trace elements; *Humulus scandens*; ICP-AES

(Received Nov. 10, 2008; accepted Jan. 20, 2009)

* Corresponding author