

ICP-MS/ICP-AES 快速测定东北大豆中有益元素和重金属含量

燕平梅^{1,2}, 王文雅³, 芮玉奎^{4*}, 张福锁⁴, 金银花¹

1. 中国农业大学食品科学与营养工程学院, 北京 100083
2. 太原师范学院, 山西 太原 030012
3. 北京化工大学生命学院, 北京 100029
4. 中国农业大学资源与环境学院, 北京 100094

摘要 在没有被转基因大豆入侵前, 对于东北大豆的研究将为种质资源保护大豆提供重要的参考数据。文章用 ICP-MS/ICP-AES 技术对东北嫩江地区普遍栽培的 10 个大豆品种中的全元素进行了研究。表明东北大豆中含有丰富的人体必需元素, 其大量元素(含量超过 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 级)的含量从高到低是 $\text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Rb} > \text{Mn} \approx \text{Zn} > \text{Si} \approx \text{Na} \approx \text{Al} \approx \text{Ba} \approx \text{Ni} \approx \text{Cu}$, 有益微量元素 B, Mo 和 Se 含量在 $10 \sim 2\,000 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间。丰量元素 Fe, Mn 和 Zn 含量达到 $20 \sim 80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间。除了上述有益元素以外, 东北大豆中重金属含量均达到国家标准, 但是 Cr 的含量接近 $200 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, 应当加强控制。

关键词 东北大豆; ICP-MS; 有益元素; 重金属

中图分类号: O657.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0593(2007)08-1629-03

引言

上世纪末期, 随着转基因技术的迅速发展, 物种资源的保护问题已成为人们普遍关心的问题之一^[1]。目前世界上种植面积最广的转基因作物是转抗除草剂的大豆。我国是大豆的重要起源地, 特别是东北地区大豆资源丰富。随着生物技术的发展, “东北大豆”这个品牌被转基因大豆取代也只是迟早的事, 对于大豆资源的研发和保护已经迫在眉睫。

大豆是重要的粮食和经济作物, 含有丰富的蛋白质、脂肪和微量元素等营养成分^[2]。过去人们对于大豆中的蛋白质、脂肪和活性物质^[3]等成分研究较多, 为大豆的资源保护提供了重要的资料。虽然已经有东北大豆中微量元素含量的研究^[4], 但多限于已经确定生物功能的几种元素的含量, 没有对其全元素的含量进行测定, 特别是一些生理意义还不是特别清楚的元素研究较少。本研究的目的是, 通过对东北大豆全元素的分析, 初步确定其在没有外源基因干扰下东北大豆中各种元素含量, 为以后大豆种质资源研究提供珍贵的历史资料。

1 材料与方法

1.1 实验材料与仪器

大豆品种: 10 个大豆品种均由中储粮集团公司北方公司馈赠。

仪器: PQ Excell 电感耦合等离子体质谱仪(PE-Sciex DRC II)。

1.2 实验方法

样品前处理见文献^[4]。仪器及工作参数参照刘虎生^[5]等方法, 稍做修改。电感耦合等离子体参数: 功率 $1\,100 \text{ W}$; 冷却气流量(Ar), $15.0 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$; 辅助气流量(Ar), $0.90 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$; 载气流量(Ar), $0.90 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

质谱仪参数: 分析室真空为 $1.2 \times 10^{-3} \text{ Pa}$, 分辨率(10%峰高) 0.8 u , 停留时间 90 ms , 重复次数 6, 测量点峰 2, 循环次数 6, 测量方式为质量扫描, 样品分析时间 72 s ; 样品提升量 $1 \text{ mL} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

2 结果分析

2.1 各元素含量

通过 ICP-MS/ICP-AES 检测了 10 个东北大豆品种中各

收稿日期: 2006-05-10, 修订日期: 2006-09-18

基金项目: 农业部“948”重大国际合作项目(202003-Z53), 中国农业大学科研启动基金项目(2005028)和北京化工大学青年教师自然科学基金研究基金项目(QN0503)资助

作者简介: 燕平梅, 女, 1966 年生, 中国农业大学食品科学与营养工程学院讲师 * 通讯联系人 e-mail: ruiyukui@163.com

种元素的含量。结果显示, 东北大豆大量元素(含量超过 μg 级)的含量从高到低分别是 $\text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Rb} > \text{Mn} \approx \text{Zn} > \text{Si} \approx \text{Na} \approx \text{Al} \approx \text{Ba} \approx \text{Ni} \approx \text{Cu}$, 对人体和植物本身有益的微量元素 B, Mo 和 Se 含量在 $10 \sim 2\,000 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间。在大量元素中特别是 Fe, Mn 和 Zn 元素含量达到 $20 \sim 80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, 这对以大豆为食品的人类具有重要的意义。除了上述有益元素以外, 重金属元素的含量也是现在农产品贸易中的重要参考指标, 检测结果发现东北大豆中重金属含量普遍较低, 但是 Cr 的含量接近 $200 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, As, Pb 和 Cd 的含量低, 四种重金属含量均达到国家标准(结果见表 1)。

g⁻¹, 这对以大豆为食品的人类具有重要的意义。除了上述有益元素以外, 重金属元素的含量也是现在农产品贸易中的重要参考指标, 检测结果发现东北大豆中重金属含量普遍较低, 但是 Cr 的含量接近 $200 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, As, Pb 和 Cd 的含量低, 四种重金属含量均达到国家标准(结果见表 1)。

Table 1 Content of total elements in northeastern soybean

大豆品种	115	193	166	276	296	641	1 032	1 152	1 271	7 492
Li	$8.34 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.29 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.89 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$3.61 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.72 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.79 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.54 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.37 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.67 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.57 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
B	$1\,515.14 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,476.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,750.57 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,495.93 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,131.09 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,272.27 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,712.92 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,571.65 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	—	$2\,388.46 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Na	$10.35 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.58 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.90 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.88 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.43 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.38 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$14.99 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$12.58 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.75 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.07 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Mg	$2\,242.49 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,203.10 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,098.26 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,078.02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,321.79 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,051.17 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,106.41 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,177.89 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,291.41 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,363.22 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Al	$93.86 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.14 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.82 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.23 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.29 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$14.89 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.94 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.77 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$19.53 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Si	$12.93 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.16 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.43 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.58 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.73 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$32.87 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.00 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.01 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$25.62 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
P	$5.60 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.06 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.334 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.79 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.434 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$4.89 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.28 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$
K	$11.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.78 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.13 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.81 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.75 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.40 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.29 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.04 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.56 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$	$12.19 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$
Ca	$1\,788.06 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,473.46 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,536.97 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,143.44 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,004.88 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,681.01 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,679.47 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2\,008.49 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,691.25 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$1\,641.20 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Ti	$3\,204.80 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$660.41 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$4\,393.14 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$514.75 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$3\,446.96 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$863.54 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$3\,824.74 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$732.21 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$665.21 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$4\,981.51 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
V	$13.06 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.24 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.57 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$24.36 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.50 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$34.62 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$34.89 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$31.74 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$54.27 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Cr	$197.56 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$125.38 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$154.12 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$150.83 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$107.29 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$173.57 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$149.14 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$188.38 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$152.97 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$162.80 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Mn	$22.97 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$24.42 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$21.41 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$16.34 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$25.77 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$24.40 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$20.49 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$25.69 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$24.80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$26.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Fe	$74.49 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$70.03 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$73.04 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$66.24 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$62.98 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$60.29 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$83.83 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$53.32 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$68.80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$74.78 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Co	$69.25 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$52.40 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$67.67 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$45.33 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$43.96 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$69.08 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$103.08 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$43.10 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$150.98 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$94.02 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Ni	$12.24 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.61 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.67 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.91 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.24 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.35 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.55 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.48 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.73 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Cu	$11.5 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.02 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.73 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.34 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$6.67 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.36 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.85 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.20 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$7.04 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.88 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Zn	$21.13 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$25.01 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$22.08 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.65 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$24.68 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$22.13 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$20.59 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$26.54 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$23.63 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$27.47 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
As	$13.54 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$41.76 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$71.21 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$18.46 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$74.49 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$109.68 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$14.09 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$92.83 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$60.65 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$109.47 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Se	$14.93 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$12.49 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.62 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.50 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$18.24 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$19.00 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$14.79 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.50 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$19.46 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.34 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Rb	$56.69 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$37.90 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$47.77 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$33.85 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$46.79 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$66.89 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$43.09 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$52.42 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$50.50 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$32.21 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Mo	$132.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$194.13 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$180.78 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$150.75 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$130.93 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$368.07 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$263.45 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$161.14 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$385.85 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$138.73 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Cd	$6.92 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.24 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$13.25 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.37 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.49 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$4.16 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$10.56 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$11.69 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$12.67 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.68 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Sb	$0.39 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.56 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.35 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.23 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.78 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.40 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.32 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.50 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$1.88 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$0.22 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Cs	$47.11 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$20.68 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$39.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$18.13 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$31.95 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$59.05 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$26.21 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$39.51 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$33.58 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$21.47 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$
Ba	$8.86 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$18.78 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$9.06 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2.97 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$23.62 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$5.40 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.42 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$17.48 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$2.72 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$	$20.92 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$
Pb	$11.60 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$23.90 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$18.79 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$3.92 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$2.16 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$15.80 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$12.31 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$127.89 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$8.29 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$	$3.50 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$

3 讨论

微量元素是人体必需的营养成分, 也是保证作物产量、品质和正常生长发育所必需的。所以确定农产品中的微量元素含量对于人类健康意义重大^[6,7]。当前国际上非常重视种质资源的保护和利用。我国作为大豆的重要起源地担负着重要责任。种质资源的保护首先要了解这些资源的历史背景, 微量元素的吸收和积累能力就是其中非常重要的一个方面。通过对嫩江平原 10 个主栽品种微量元素含量的测定, 大体了解到我国东北地区大豆资源具有许多重要特性, 尤其是对一些重要元素的累积能力强, 如 Fe, Mn 和 Zn 元素含量达到 $20 \sim 80 \mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间, B, Mo 和 Se 等一些微量元素含量也在 $10 \sim 2\,000 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$ 之间, 不同的品种差异较大, 这与前人的研究有所不同^[4]。在转基因大豆迅速发展的同时, 选育优

良品种、保护好优良资源至关重要。

微量重金属会对人体造成极大危害, 重金属污染已经成为人们普遍关注的农产品问题之一, 所以绿色食品、有机食品和生态农业的发展迅速。重金属主要有铅、汞、镉、铬和砷。这些元素在人体内不能降解, 容易蓄积, 会造成畸形、癌症和致突变, 尤其是引发胚胎发育不正常, 直接影响下一代^[8]。目前由于工业“三废”、含有重金属的农药和化肥污染、海洋生物富集作用、汽车尾气的污染以及食品生产过程中被不合格的包装材料及加工设备污染等^[9], 使得重金属污染日益严重。本次检测结果发现东北大豆中重金属含量普遍较低, 但是 Cr 的含量接近 $200 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, As 也接近 $100 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1}$, Pb 和 Cd 的含量较低, 四种重金属含量均达到国家标准, 说明我国东北嫩江平原地区依然是环境保护较好的地区, 但是仍应当加强土壤和水体保护, 确保农产品安全。

参 考 文 献

- [1] ZHANG Xiu-juan, YANG Chen-li(张秀娟, 杨晨利). Journal of Henan University of Science and Technology(Agricultural Science)(河南科技大学学报·农学版), 2004, 24(1): 72.
- [2] WANG Xiu-rong, LIAO Hong, HE Yong, et al(王秀荣, 廖红, 何勇, 等). Journal of South China Agricultural University(华南农业大学学报), 2006, 27(3): 9.
- [3] LIU Li, JIN Hong, XU Zhi-qin, et al(刘丽, 金宏, 许志勤, 等). Acta Nutrimenta Sinica(营养学报), 2006, 28(4): 311.
- [4] ZHANG Zhuo-yong, CHEN Hang-ting, WANG Dan, et al(张卓勇, 陈杭亭, 王丹, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2002, 22(4): 673.
- [5] RUI Yu-kui, GUO Jing, HUANG Kun-lun, et al(芮玉奎, 郭晶, 黄昆仑, 等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2007, 27(4): 796.
- [6] SHAN Zhen-fen(单振芬). Studies of Trace Elements and Health(微量元素与健康研究), 2006, 23(3): 66.
- [7] ZHANG Qiu-ju(张秋菊). Northern Horticulture(北方园艺), 2004, (6): 56.
- [8] LU Wei, WANG Yan-hong, ZHAO Chang, et al(鲁伟, 王艳红, 赵畅, 等). Bulletin of Biology(生物学通报), 2003, 38(9): 17.
- [9] CHENG Wang-da, YAO Hai-gen, WU Wei, et al(程旺大, 姚海根, 吴伟, 等). Review of China Agricultural Science and Technology(中国农业科技导报), 2005, 7(4): 51.

Application of ICP-MS/ICP-AES to the Detection of Wholesome Elements and Heavy Metals in Soybean from Northeastern China

YAN Ping-mei^{1,2}, WANG Wen-ya³, RUI Yu-kui^{4*}, ZHANG Fu-suo⁴, JIN Yin-hua¹

1. College of Food Science and Nutritional Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Taiyuan Normal College, Taiyuan 030012, China

3. College of Life Science and Technology, Beijing University of Chemical Technology, Beijing 100029, China

4. College of Resource and Environment, China Agricultural University, Beijing 100094, China

Abstract With the rapid development of transgenic plant, the protection of species is becoming more and more important. The contents of wholesome elements and heavy metals in ten soybean species from northeastern China were studied by ICP-MS/ICP-AES to detect the heavy metals and microelements. The results showed that the Northeastern soybean contained many elements necessary to human health, the sequence of macroelements (higher than $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$) was $\text{K} > \text{P} > \text{Mg} > \text{Ca} > \text{Fe} > \text{Rb} > \text{Mn} \approx \text{Zn} > \text{Si} \approx \text{Na} \approx \text{Al} \approx \text{Ba} \approx \text{Ni} \approx \text{Cu}$, and the most important is that the contents of Fe, Mn and Zn range from 20 to 80 $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$, which are important to human health. Besides the microelements, the contents of heavy metals (As, Cr, Pb and Cd) are also the important standard to identify the quality of farm produce, and the results showed that northeastern soybean contained little heavy metals except Cr (near 200 $\text{ng} \cdot \text{g}^{-1}$). All the data showed that northeastern soybean accords with the national hygiene standards, but the protection should be strengthened.

Keywords Northeastern China soybean; ICP-MS; Wholesome elements; Heavy metals

(Received May 10, 2006; accepted Sep. 18, 2006)

* Corresponding author