

东北黑土侵蚀与施肥对大豆矿质元素含量的影响

李楠, 王志强, 侯帅, 苟晓敏

(北京师范大学 地理学与遥感科学学院, 北京 100875)

摘要:土壤侵蚀导致东北黑土退化, 生产力下降。以黑河 45 为试验材料, 模拟侵蚀深度为 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 和 70 cm 的施肥和不施肥试验设计, 采用电感耦合等离子体光谱仪测定大豆籽粒矿质元素, 研究了东北黑土侵蚀和施肥对大豆籽粒中 10 种矿质元素含量的影响。结果表明: 土壤侵蚀情况下, 大豆籽粒中 Ca、Cu、Mg、Mn、Mo、Sr 和 K 的含量有所增加; 而 Fe、Ni 和 Zn 含量略有下降。除 Mo 外, 单位面积大豆矿质元素含量随土壤侵蚀深度的增加均呈显著下降趋势。施肥使大豆籽粒中 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Ni 和 Zn 含量增加, Sr 含量不变, Mo 含量减小, 对 Ca、Fe、Mn、Mo 和 Zn 含量的影响程度随侵蚀深度的增加而增大。另外, 施肥使单位面积大豆籽粒中绝大多数矿质元素的含量增加, 只有 Mo 含量减少。

关键词:土壤侵蚀; 大豆; 矿质元素; 施肥

中图分类号: S565.1

文献标识码: A

文章编号: 1000-9841(2013)06-0786-05

Effects of Erosion and Fertilization on Mineral Elements Concentration in Soybean Seeds in the Northeast Black Soil Area

LI Nan, WANG Zhi-qiang, HOU Shuai, GOU Xiao-min

(School of Geography, Beijing Normal University, Beijing 100875, China)

Abstract: Soil erosion leads to the degradation and productivity decline of black soil in northeast China, and its effect on mineral elements in seeds is less documented. This study designed simulated soil erosion depths of 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 and 70 cm, with-or without fertilization, taking Heihe 45 as experimental material, and determined the content of ten mineral elements in soybean seeds by inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES). In the case of soil erosion, the average content of Ca, Cu, Mg, Mn, Mo, Sr and K increased, while Fe, Ni and Zn decreased slightly. With the increasing of soil erosion depth, nine mineral elements in soybean seeds per unit area decreased significantly, while Mo remained stable. Fertilization increased contents of Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Ni and Zn, and decreased Mo content, and its effects on Ca, Fe, Mn, Mo and Zn enhanced with the increase of erosion depth. Furthermore, fertilization improved the content of most mineral elements in soybean seeds per unit area except Mo.

Key words: Soil erosion; Soybean; Mineral elements; Fertilization

大豆富含多种营养成分, 如蛋白质、氨基酸和矿物质等^[1], 是人体摄入某些重要矿质元素的重要途径^[2-3]。东北黑土区是我国重要的大豆生产基地, 产量占全国的 45% 左右。但黑土侵蚀严重^[4-5], 对大豆的持续生产形成威胁。已有研究表明, 东北黑土侵蚀会使大豆产量降低, 而且施肥不能完全补偿侵蚀造成的产量损失^[6-7]。如果侵蚀不仅降低大豆产量, 而且还使籽粒矿质元素含量发生变化, 那么对侵蚀造成的危害可能需要增加新的评价视角。而截至目前, 关于侵蚀对大豆籽粒矿质元素含量的影响和影响程度, 以及正常施肥能否对此进行补偿等方面的研究还鲜见报道。鉴于此, 现主要研究东北黑土侵蚀与施肥对大豆籽粒主要矿质元素含量的影响, 以期评价侵蚀的危害及采取针对性的防治措施提供基础数据。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于黑龙江省农垦总局九山管局鹤山农场六队, 北京师范大学水土保持科学试验基地内。地理坐标为 N 48°59'35", E 125°17'28"。属温带大陆性季风气候, 年平均气温 0.4℃, 无霜期约 115 d, 年降雨量约 500 mm。试验区属松嫩平原北部丘陵漫岗区, 地面坡度大都在 5°以下, 自然植被属温带半湿润草甸草原, 土壤属典型黑土。黑土层厚度 30 ~ 100 cm。

1.2 试验设计

试验于 2010 年在根据侵蚀和耕作对土壤剖面

收稿日期: 2013-05-10

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金; 国家自然科学基金 (40471082)。

第一作者简介: 李楠 (1988-), 女, 硕士, 主要从事土壤侵蚀与土地生产力研究。E-mail: linanmlchen@163.com。

通讯作者: 王志强 (1968-), 男, 副教授, 主要从事土壤侵蚀与土地生产力研究。E-mail: wangzhiqiang@bnu.edu.cn。

的综合影响原理建成的侵蚀—生产力试验小区^[6]进行。自小区 2005 年建立后,作物按当地轮作制度,种植大豆-大豆-大豆-大豆-小麦,供试大豆品种为黑河 45。试验采用完全随机区组设计,设侵蚀深度和施肥 2 个因素。其中侵蚀深度设 0,10,20,30,40,50,60 和 70 cm 共 8 个水平。施肥设施肥和不施肥 2 个水平。施肥处理 N、P₂O₅ 和 K₂O 纯量分别为 46.2,60.0 和 13.8 kg·hm⁻²。小区面积为 16 m² (4 m×4 m),3 次重复。

播种和田间管理按当地播种大豆的规程进行,但播种和收割由手工操作。每个试验小区种植 6 垄。垄间距 66.6 cm,垄台宽 15 cm,垄高 20 cm。大豆种植密度 45 万粒·hm⁻²。

1.3 测定项目与方法

成熟期按小区收获,每小区收获中间 4 垄、每垄中间 2 m 的范围。测定含水率为 13% 的大豆产量以及大豆籽粒中 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Mo、Ni、Sr、Zn 共 10 种矿质元素含量。并计算单位面积大豆籽粒矿质元素含量(单位面积大豆产量×大豆籽粒中矿质元素含量)。

准确称取 1.5 g 大豆样品置于烧杯中,加入 0.5 mL 浓硝酸,放置 24 h。在电热板上消解至固体样品消失。再加入 3 mL 硝酸和 3 mL 高氯酸,缓慢加热至样品澄清。将样品残液(约 3 mL)转移至容量瓶中,用水稀释至刻度,样品空白按同样方法制备^[8],待测。

采用美国阿美特克集团-德国斯派克分析仪器公司等原子发射光谱仪(型号为 SPECTRO AR-COS EOP)进行分析测定。为了验证数据的稳定性,样品重复 3 次,计算标准偏差。

2 结果与分析

2.1 土壤侵蚀和施肥对大豆籽粒矿质元素含量的影响

总体而言,土壤侵蚀情况下,大豆籽粒中多种矿质元素含量增加,也有少数矿质元素含量减少(图1)。其中 Ca、Cu、Mg、Mn、Mo、Sr 和 K 在不同侵蚀的平均含量与侵蚀为零时的含量相比,分别增加 12.4%、8.8%、2.4%、8.1%、89.8%、28.2% 和 3.7%。而 Fe、Ni 和 Zn 元素的平均含量与侵蚀为零时的含量相比略有减少,分别减少 0.1%、9.6% 和 1.4%。

从大豆籽粒中矿质元素含量随侵蚀程度的变化趋势看,可分为 4 种变化情况。

(1) Mg、Mo 含量随侵蚀程度的增加虽有起伏,但总体呈上升趋势(图 1e、1g)。二者的含量分别由侵蚀为 0 cm 时的 1 994 和 0.14 μg·g⁻¹ 增加到侵蚀 70 cm 时的 2 041.00 和 0.41 μg·g⁻¹,分别增加了 1.9% 和 143.9%。

(2) Ca、Cu、Fe、Mn 和 Sr 5 种元素含量先随侵蚀深度的增加而增加,但在侵蚀深度增加到一定程度后,趋于平稳,个别甚至还有下降趋势。其中 Ca(图 1a)、Cu(图 1b)、Mn(图 1f) 和 Sr(图 1i) 在侵蚀深度 20 cm 前呈上升趋势,大于 20 cm 后趋于平稳,而 Mn 含量在侵蚀 50 cm 后又有所升高;Fe 含量在侵蚀 20 cm 之前呈持续上升趋势,但在此之后,随侵蚀深度的继续增加呈下降趋势(图 1c)。

(3) Ni 和 Zn 含量随侵蚀深度的增加整体呈先下降后上升的趋势,并分别在侵蚀 50 和 30 cm 时达最低值。

(4) K 元素含量随侵蚀深度的增加上下变动,无显著上升或下降的变化趋势。

由图 1 可知,施肥使大豆籽粒中所测的绝大多数矿质元素的含量增加,Sr 含量不变(图 1i),而 Mo 含量减小(图 1g)。与不施肥相比,施肥处理不同侵蚀深度 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Ni、Zn 元素平均含量分别增加 2.79%、3.70%、11.30%、10.21%、3.46%、11.01%、22.57%、3.42%。Sr 元素含量在施肥和不施肥情况下在各侵蚀深度的平均含量分别为 12.04 和 11.99 μg·g⁻¹,基本没有差异。而 Mo 元素含量施肥比不施肥降低了 40.38%。

施肥处理对所测大豆籽粒绝大多数矿质元素含量的影响程度随侵蚀深度的增加而增大。在所测的 10 种矿质元素中,Ca、Cu、Fe、Mg、Mo、Zn 6 种元素含量分别在侵蚀 20,30,20,20,20,30 cm 之前,施肥与不施肥的含量很接近,而且变化趋势也相似。但之后随侵蚀深度的增加,施肥与不施肥情况下含量的差异增加(图 1a、1b、1c、1e、1g、1i),但 Ca 和 Zn 分别在侵蚀 60 和 70 cm 差异减小。

Mn 和 Ni 在各侵蚀深度上,施肥处理都高于未施肥处理,并且这两种元素的含量随土壤侵蚀深度的变化趋势相似(图 1f、1h)。

K 含量在施肥与不施肥情况下随侵蚀深度的增加上下变动,但施肥处理不同侵蚀深度的平均含量高于未施肥处理(图 1d)。

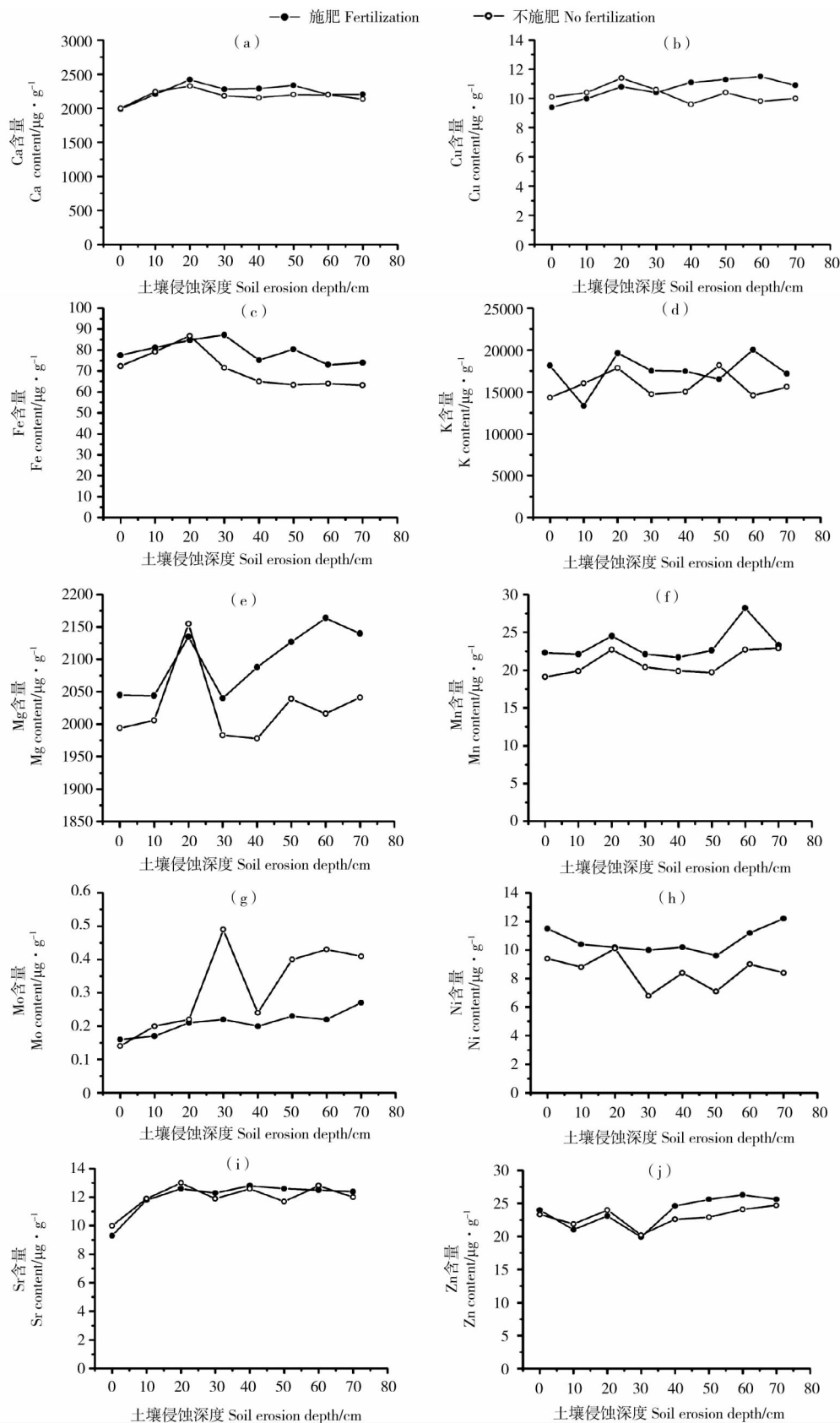


图1 大豆籽粒10种矿质元素含量随土壤侵蚀深度的变化

Fig.1 The content variation of 10 kinds of mineral elements in soybean seed with soil erosion depth

2.2 土壤侵蚀和施肥对单位面积大豆籽粒矿质元素含量的影响

由图2可知,无论施肥与否,单位面积大豆籽粒

矿质元素含量随土壤侵蚀深度的增加多数呈显著下降趋势,只有Mo含量基本保持不变(图2g)。Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Ni、Sr、Zn 9种矿质元素含量

在土壤每侵蚀 10 cm 的情况下平均降低 2.36%、2.66%、4.13%、1.82%、2.98%、2.26%、2.90%、1.09%、1.50%。本研究中大豆产量随侵蚀深度的增加呈下降趋势,与相关研究结果一致^[6]。由此可间接说明土壤侵蚀影响大豆籽粒中矿质元素的含量,即单位面积大豆籽粒矿质元素含量随侵蚀深度的增加呈下降趋势。

由图 2 可知,施肥使单位面积大豆籽粒中绝大多数矿质元素的含量增加,只有 Mo 元素含量减少(图 2g)。与不施肥相比,施肥处理的单位面积大豆籽粒 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Ni、Sr、Zn 元素平均含量分别增加 19.49%、18.84%、26.99%、27.68%、20.13%、27.59%、38.03%、16.71%、20.28%。Mo 元素单位面积含量施肥比不施肥降低了 18.89%。

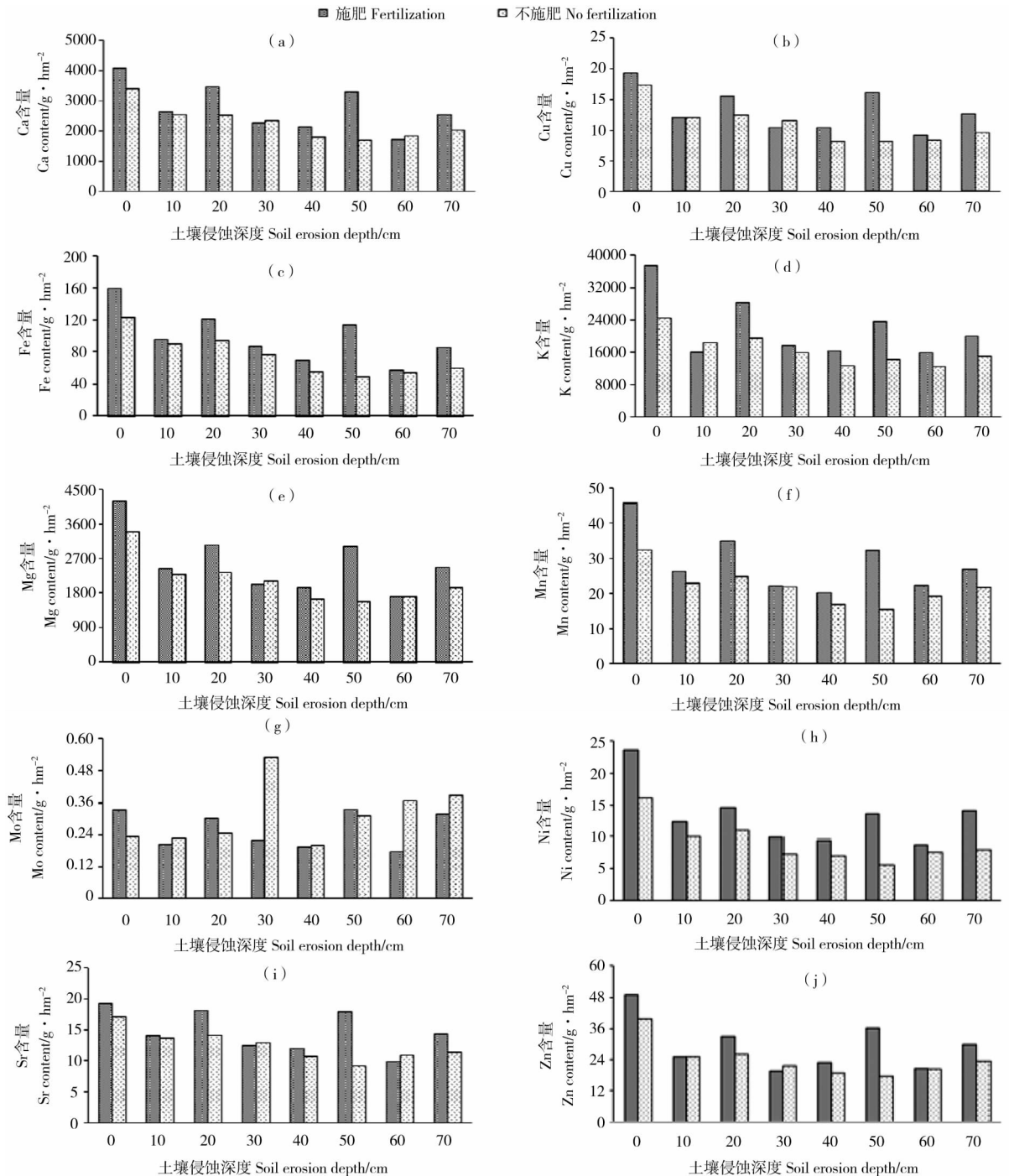


图 2 单位面积大豆 10 种矿质元素含量随土壤侵蚀深度的变化

Fig. 2 The content variation of 10 kinds of mineral elements in soybean seed per unit area with soil erosion depth

3 结论与讨论

本文分析了东北典型黑土在模拟侵蚀 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 和 70 cm 时大豆籽粒中 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Mo、Ni、Sr、Zn 元素含量的变化及施肥的影响。所测 10 种元素含量变幅分别为 $1\ 988 \sim 2\ 418\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $9.4 \sim 11.5\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $63.2 \sim 86.8\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $13\ 329 \sim 20\ 016\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $1\ 978 \sim 2\ 155\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $19.1 \sim 28.2\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $0.14 \sim 0.49\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $6.8 \sim 12.2\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $9.3 \sim 13.0\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $19.9 \sim 26.3\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。对于所有样品而言, Ca、K 和 Mg 的含量较多。随侵蚀深度增加, 大豆籽粒中多种矿质元素的含量有所增加, 少数减少。与侵蚀为零时的含量相比, Ca、Cu、Mg、Mn、Mo、Sr 和 K 的平均含量增加; 而 Fe、Ni 和 Zn 的平均含量略有减少。随着侵蚀程度的增加, Mg、Mo 含量总体显示上升趋势, Ca、Cu、Fe、Mn 和 Sr 含量随侵蚀深度的增加开始增加, 但在侵蚀深度增加到一定程度后, 趋于平稳, 个别甚至还有下降趋势; Ni 和 Zn 含量整体呈先下降后上升的趋势; K 无显著变化趋势。

单位面积大豆籽粒矿质元素含量随土壤侵蚀深度的增加多数呈显著下降趋势, 只有 Mo 含量基本保持不变。大豆产量随侵蚀深度的增加呈下降趋势, 间接说明单位面积大豆籽粒矿质元素含量随土壤侵蚀深度的增加呈下降趋势。

施肥使大豆籽粒中 Ca、Cu、Fe、K、Mg、Mn、Ni、Zn 含量增加, 而且施肥对 Ca、Cu、Fe、Mg、Mo、Zn 这 6 种元素含量的影响程度随侵蚀深度的增加而增大; Mn 和 Ni 在各侵蚀深度上, 施肥的影响程度都基本一致。施肥使单位面积大豆籽粒中绝大多数矿质元素的含量增加, 只有 Mo 含量减少。原因可能是其一与土壤中各元素含量及其供应能力有关; 其二与大豆籽粒对所施肥的反应或其籽粒矿质元素的积累能力有关; 其三与微肥元素间的互作效应有关。

参考文献

- [1] 刘彦明, 王辉, 刘彦富, 等. 原子吸收光谱法测定大豆及其制品中的微量元素[J]. 光谱学与光谱分析, 2004, 24(11): 1454-1457. (Liu Y M, Wang H, Liu Y F, et al. Determination of 14 trace elements in soybean and its products by atomic absorption spectrometry[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2004, 24(11): 1454-1457.)
- [2] 王夔. 生命科学中的微量元素分析与数据手册[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998. (Wang K. Microelement of life science analysis and data [M]. Beijing: China Measurement Publisher, 1998.)
- [3] 曹治权. 微量元素与中医药[M]. 北京: 中国医药出版社, 1996. (Cao Z Q. Microelement and traditional Chinese medicament [M]. Beijing: Chinese Traditional Medical Press, 1996.)
- [4] 刘宝元, 阎百兴, 沈波, 等. 东北黑土区农地水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学, 2008, 6(1): 1-8. (Liu B Y, Yan B X, Shen B, et al. Current status and comprehensive control strategies of soil erosion for cultivated land in the Northeastern black soil area of China[J]. Science of Soil and Water Conservation, 2008, 6(1): 1-8.)
- [5] 崔明, 蔡强国, 范昊明. 东北黑土区土壤侵蚀研究进展[J]. 水土保持研究, 2007(5): 29-34. (Cui M, Cai Q G, Fan H M. Research progress on the soil erosion in black soil region of Northeast China[J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007(5): 29-34.)
- [6] 王志强, 刘宝元, 王旭艳, 等. 东北黑土区土壤侵蚀对土地生产力影响试验研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2009, 39(10): 1397-1412. (Wang Z Q, Liu B Y, Wang X Y, et al. Erosion effect on the productivity of black soil in Northeast China[J]. Science in China Series D-Earth Sciences, 2009, 39(10): 1397-1412.)
- [7] 张兴义, 刘晓冰, 隋跃宇, 等. 人为剥离黑土层对大豆干物质积累及产量的影响[J]. 大豆科学, 2006, 25(5): 123-126. (Zhang X Y, Liu X B, Sui Y Y, et al. Effects of artificial topsoil removal on soybean dry matter accumulation and yield in Chinese mollisols [J]. Soybean Science, 2006, 25(5): 123-126.)
- [8] 张卓勇, 陈杭亭, 王丹, 等. 电感耦合等离子体发射光谱法测定东北大豆中微量元素[J]. 光谱学与光谱分析, 2002, 22(4): 673-675. (Zhang Z Y, Chen H T, Wang D, et al. Major, minor and trace-elemental contents analysis in northeast soybeans by ICP-AES [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2002, 22(4): 673-675.)