

低硒土壤中不同主栽大豆品种积累 硒的差异及其原因^{*}

张艳玲¹ 潘根兴^{1*} 陈 金¹ 谢同柏² 丁亚玲²

(1. 南京农业大学资源与环境科学院, 南京, 210095; 2. 江苏省如皋市常青农技站, 226535)

摘要 通过大田和盆栽试验研究了低硒土壤中主栽大豆品种积累硒的品种差异并对其机理进行了初步探讨。结果表明, 无论施硒与不施硒, 不同大豆品种子粒对硒的积累均存在显著的差异。供试品种中, 通矮405 积累土壤硒的能力较强, 启东绿皮黄豆硒肥的肥效较高。盆栽试验结果表明, 两品种子粒积累硒的差异是由于植株对土壤有效硒利用率的不同造成的。在硒酸钠依时间和浓度的吸收动态试验中, 通矮405 幼苗含硒量均高于启东绿皮黄豆, 但硒从根部向地上部的运输则无差异。说明通矮405 植株对土壤溶液中 Se^{6+} 较强的吸收能力导致了其对低硒土壤中有效硒有较高的利用率, 是其子粒积累硒能力较强的根本原因。

关键词 低硒土壤; 大豆; 硒积累

中图分类号 S 565.1 文献标识码 A 文章编号 1000-9841(2002)04-0263-04

硒是动物和人类必须的微量元素, 目前已证实许多地方性疾病如克山病、大骨节病、动物白肌病、地氟病等均与环境低硒水平有关^[1], 有关硒的防癌抗癌、清除自由基、抗膜质过氧化、防止衰老、解除镉中毒等方面的作用也已得到证实^[2-3]。预防医学研究表明, 癌症的死亡率与地区主食物中的含硒量呈显著负相关^[4-5], 1984 年以来芬兰已通过施用含硒微肥的方法提高牧草和粮食硒含量^[6], 在中国低硒地区也通过向作物叶面喷硒肥预防地方病^[7-8]。但硒肥过多会造成作物减产, 品质下降^[9], 而且长期施用硒肥也可能造成地下水污染。筛选低硒土壤上硒积累能力高的作物品种, 提高土壤中硒和硒肥的生物利用率, 不仅可以有效地提高食物链中硒的水平, 还可以避免因大量施用硒肥而造成的消极后果, 对于人体健康和生态环境可持续发展具有重要意义。本研究选择江苏省低硒土壤, 研究江淮主栽大豆品种吸收积累硒的差异, 并对其机理进行了初步探讨。

1 材料和方法

1.1 试验材料

供试品种为江苏省主栽大豆品种启东黄毛黄豆、启东绿皮黄豆、新天青(启东市农业局提供)、通矮405(如皋市常青乡农技站提供)、皖豆2号、南农128(南京农业大学大豆所提供)。

试验土壤为采自江苏省如皋市的高砂土, 土壤耕作层全硒含量 $0.175\mu\text{g/g}$, 水溶性硒 $0.005\mu\text{g/g}$ 。土壤 pH (H_2O) 7.38, 有机质 18.1g/kg , 全氮 1.4g/kg , 速效磷 4mg/kg , 速效钾 49mg/kg 。

1.2 试验方法

1.2.1 田间微区试验 试验设在如皋市常青乡农业试验站, 设对照、 0.5mg Se/kg 土两个处理水平, 硒源为亚硒酸钠。小区面积 1m^2 , 按常规管理, 收获时测定种子硒含量。三次重复, 完全随机设计。

1.2.2 盆栽试验。筛选出的子粒含硒量有显著差异的两个大豆品种通矮405 和启东绿皮黄豆进行盆栽试验, 硒处理水平同田间试验。采用 20×20 的塑料盆, 每盆装土 5kg , 施复合肥(N:P:K=1:1:1) 0.2kg , 分苗期(40d)和收获期采样, 测定植株含硒量和生物量, 三次重复, 完全随机设计。

1.2.3 硒酸钠吸收动态试验 通矮405 和启东绿皮黄豆种子催芽后, 播于石英砂中, 生长7天后移入水

* 收稿日期: 2002-01-20

基金项目: 科技部 973 项目(G1999011808-3), 国家教委博士点基金项目(2000030713); 江苏省科委项目(BE-99315)

作者简介: 张艳玲(1972-), 女, 博士生, 主要从事硒生物地球化学与作物硒营养研究。

* 通讯作者, E-mail: gspan2@jlonline.com

培液中(1/2 Hoagland 营养液), 营养液用强制通气泵每天通气 10 小时, 幼苗 14 天时进行处理。

依时间吸收动态: 取生长大小一致的幼苗置于含 200ml 测试液的营养钵中, 营养液含硒量为 $5\mu\text{mol/L}$, 分别于 0.5、1、2、4、8、24、48hr 时取样; 依浓度吸收动态: 取生长大小一致的幼苗置于 200ml 含硒量为 0.2、2、5、10、20、50、 $100\mu\text{mol/L}$ 的营养钵中培养 24hr 后取样。每一处理均为 3 次重复, 完全随机设计。取样时, 植株用自来水冲洗 3min 以除去根表附着的硒, 然后分为地上部和根部, 60°C 烘干。

1.3 测定方法

植株含硒量: 植株样品粉碎后, 用硝酸和高氯酸(4:1)砂浴消化, 待测液用 AF-610A 原子荧光光谱仪测定。以国家标准物质 GBW07603 (GSV-2) 为标样, 测定回收率为 $104\% \pm 5\%$ 。

2 结果与分析

2.1 不同大豆品种子粒积累硒的差异

表 1 可知, 低硒土壤无论施硒与不施硒, 大豆不同品种子粒硒含量差异均达到显著水平。这说明,

表 2 不同大豆品种苗期(40d)和成熟期的吸硒量($\mu\text{g/株}$)和含硒量($\mu\text{g/g}$)

Table 2 Selenium accumulation and concentration of different soybean genotypes

处理 Treatments	品种 Cultivars	苗期 Seedling stage		成熟期 Maturing stage	
		吸硒量	含硒量	吸硒量	含硒量
		Se accumulation	Se concentration	Se accumulation	Se concentration
CK	通矮 405	$0.146 \pm 0.014\text{aA}$	$0.072 \pm 0.004\text{aA}$	$9.120 \pm 1.22\text{a}$	$0.137 \pm 0.037\text{a}$
	启东绿皮黄豆	$0.085 \pm 0.009\text{bB}$	$0.042 \pm 0.006\text{bB}$	$6.204 \pm 0.840\text{a}$	$0.099 \pm 0.028\text{a}$
加硒 Treatment	通矮 405	$3.619 \pm 0.266\text{bB}$	$1.845 \pm 0.120\text{bB}$	$106.1 \pm 10.2\text{a}$	$1.453 \pm 0.171\text{a}$
	启东绿皮黄豆	$6.730 \pm 2.07\text{aA}$	$2.314 \pm 0.569\text{aA}$	$137.7 \pm 23.8\text{a}$	$1.757 \pm 0.213\text{a}$

注: 对照组与处理组分别按不同品种进行平均数差异显著性检验。同列比较, 上标不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($p < 0.01$)。

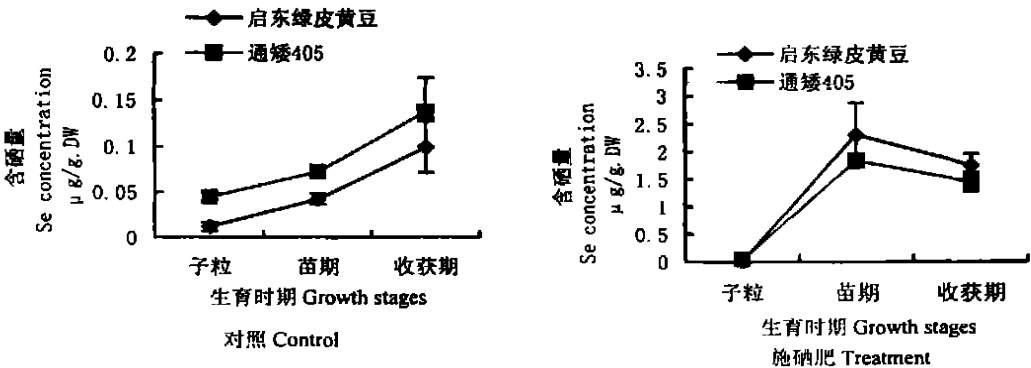


图 1 不同大豆品种各生育期对硒的积累

Fig. 1 Se accumulation in tissue of different soybean cultivars during growth stages

不同大豆品种利用土壤硒和硒肥的能力均存在显著基因型差异。本试验中, 不施硒时六个供试品种中以通矮 405 含硒量最高, 为 $0.045\mu\text{g/g}$, 启东绿皮黄豆含硒量最低, 仅为 $0.012\mu\text{g/g}$, 只有通矮 405 的 1/4 左右, 说明通矮 405 对低硒土壤中硒的积累能力较高。施硒可提高所有品种子粒硒含量 2—9 倍, 启东绿皮黄豆增幅最大, 表现出较高的硒肥效率。

表 1 不同大豆品种子粒含硒量($\mu\text{g/g}$)

Table 1 Seed selenium concentration of different soybean genotypes

品种 Cultivars	对照 Control	加硒 Treatment
通矮 405	$0.045 \pm 0.004\text{aA}$	$0.156 \pm 0.045\text{a}$
皖豆 2 号	$0.035 \pm 0.001\text{bA}$	$0.066 \pm 0.019\text{b}$
南农 128	$0.040 \pm 0.003\text{abA}$	$0.095 \pm 0.035\text{b}$
启东黄毛黄豆	$0.031 \pm 0.011\text{bA}$	$0.092 \pm 0.030\text{b}$
新天青	$0.031 \pm 0.004\text{bA}$	$0.157 \pm 0.028\text{a}$
启东绿皮黄豆	$0.012 \pm 0.005\text{cB}$	$0.102 \pm 0.014\text{b}$

注: 同列比较, 上标不同小写字母表示差异显著($p < 0.05$); 不同大写字母表示差异极显著($p < 0.01$)。

2.2 不同大豆品种根系对土壤硒的吸收

盆栽试验结果表明(表 2), 子粒含硒量差异显著的两个大豆品种, 植株根系对土壤硒的吸收也存在很大差异。不施硒时, 通矮 405 植株含硒量和吸

硒量均高于启东绿皮黄豆,收获时植株对土壤水溶性硒的利用率可达 36.48%,而启东绿皮黄豆只有 24.82%。土施亚硒酸钠后,启东绿皮黄豆吸收硒的增幅仍高于通矮 405,表现出较高的硒肥效率。而且相对于不施肥处理,启东绿皮黄豆对水溶性硒的利用率略有升高,通矮 405 则大幅降低,仅为不施肥时的 57.59%。这说明,通矮 405 与启东绿皮黄豆植株对低硒土壤有效硒利用率的差异是造成子粒含硒量差异的原因之一,与植株根系对土壤有效硒的吸收密切相关。

对不同生育时期植株硒含量变化动态的分析也可以看出(图 1),不施硒时,植株对其吸收是一个缓慢积累的过程,收获期硒含量高于苗期;施硒肥后,幼苗含硒量迅速增加,收获期含硒量却降低。说明由于亚硒酸钠的施入,改变了硒在植株中的积累动态,造成了两品种对两种硒水平不同的反应。

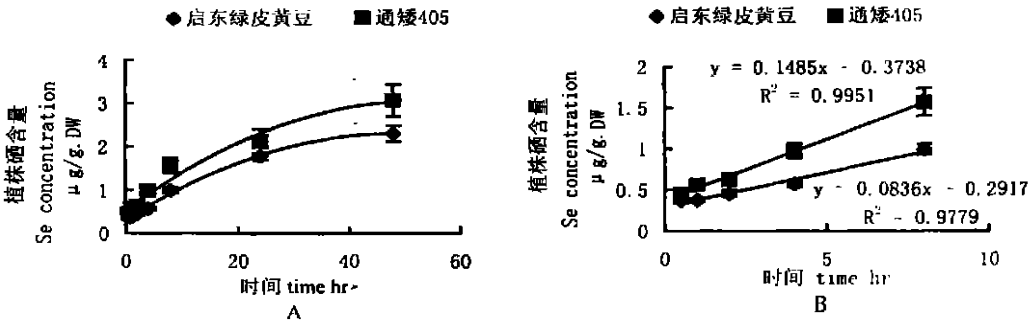


图 2 不同大豆品种对硒酸钠的吸收动态

Fig 2 Time—dependent uptake of selenate by different soybean genotypes

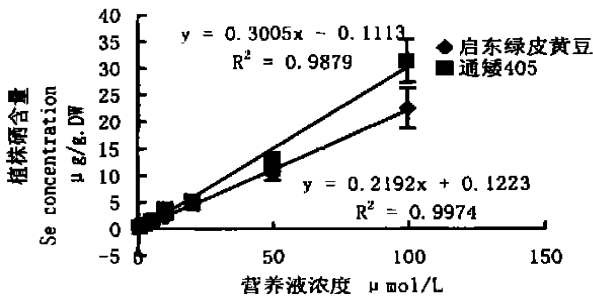


图 3 不同营养液浓度下不同品种对硒酸钠的吸收

Fig. 3 Concentration—dependent uptake kinetics of selenate by different soybean cultivars

3 讨论

植物对硒的积累存在地域和品种间差异^[10],李志玉等最近对中国恩施高硒土壤的研究发现,大豆不同品种对硒的积累存在显著的基因型差异^[11]。

2.3 不同大豆品种幼苗对硒酸钠的吸收和运输

图 2 可以看出,两个大豆品种幼苗对硒酸钠的吸收在 8hr 以前与时间呈直线相关,8hr 后积累增长速率降低,但直到 48hr 其含硒量仍在增加,呈非饱和的吸收曲线(图 2A),而与营养液中的浓度则呈直线相关(图 3)。无论在时间还是浓度吸收试验中,通矮 405 幼苗对硒酸钠的吸收均高于启东绿皮黄豆,而且在依时间吸收的直线阶段,斜率也较高(图 2B),说明通矮 405 对 Se^{6+} 的吸收能力和对硒酸钠的敏感性均较强,但两品种中 Se^{6+} 由根部向地上部的运输(以地上部硒含量/根系硒含量表示)则没有差异。这说明,通矮 405 根系通过对土壤中 Se^{6+} 较高的吸收能力影响硒在植株中的积累,从而影响子粒中硒的积累。通矮 405 根系对土壤中 Se^{6+} 较强的吸收能力是其在低硒土壤中子粒含硒量较高的直接原因。

本试验在低硒土壤上得到相似的结果,说明大豆子粒对硒的积累有深刻的基因型特征,通过选育优良品种提高作物对土壤硒和硒肥的利用率,可能提高作物硒含量。

根系对硒的吸收是子粒硒含量的基础。研究已发现, Se^{4+} 和 Se^{6+} 是植株吸收土壤中硒的两种主要有效形态,根系对 Se^{4+} 的吸收主要是个被动过程,与本身代谢活动关系较小,而对 Se^{6+} 的吸收则是一个需要能量的过程^[12]。研究发现 Se^{6+} 是土壤溶液中主要的有效硒源^[13],本研究在对硒酸钠的吸收试验中,两品种幼苗含硒量的相差 1.2~2 倍,与土壤盆栽植株含硒量的差异(苗期和成熟期分别为 1.71 和 1.38 倍)相近,说明低硒土壤中不施硒肥时,通矮 405 根系对土壤溶液中 Se^{6+} 有较强的吸收能力,这是植株和子粒积累能力较强的主要原因。最近研究发现根系对 Se^{6+} 的吸收和保持及 Se^{6+} 的还原可能是 Se^{6+} 在植物体内代谢的限速步骤^[14],控制这两个

步骤的酶分别是 S^{6+}/Se^{6+} 渗透酶^[15] 和 ATP sulfurylase^[16], 对印度子芥菜的研究也发现, 对 ATP sulfurylase 基因的超量表达可提高印度子芥菜对硒的吸收^[14]。但不同大豆品种根系对 Se^{6+} 吸收能力的差异是否与这两种酶有关还有待进一步探讨。

参考文献

- 中国科学院地理研究所地方病室. 我国低硒带与克山病大骨节病关系研究[J]. 环境科学, 1989, 7(4): 89.
- 徐辉碧. 生命科学中的微量元素(上卷)[C]. 王夔主编. 北京: 中国计量出版社, 1992, 102—123.
- Wanger P D. Selenium in the treatment of heavy metal poisoning and chemical carcinogenesis[J]. J Trace Elem. Electrolytes Health Dis. 1992, 6: 209—215.
- 胡亚军, 赵夷年, 许佩珉, 等. 北京地区肺癌患者及健康人血硒水平研究[J]. 营养学报, 1994, 16(3): 261—263.
- 陈焕朝, 于树玉, 黄胜利, 等. 硒的抗癌机制研究[J]. 生物化学杂志, 1990, 6: 371—376.
- Ekholm P, Ylmen M, Koivistoinen P, et al. Selenium concentration of Finnish foods: Effect of reducing the amount of selenate in fertilizers [J]. Agric. Sci. Finland. 1995, 4: 377—384.
- 胡秋辉, 潘根兴, 丁瑞兴. 低硒土壤茶园茶叶富硒方法及其富硒效应[J]. 南京农业大学学报, 2000, 22(3): 91—94.
- 李日邦, 谭见安, 王五一, 等. 提高食物链硒通量防治大骨节病和克山病示范研究[J]. 地理学报, 1999, 54(2): 158—168.
- Gupta U C, Kunelius H T, Winkler K A. Effect of foliar applied selenium on yields and selenium concentration of alfalfa in olby and barley [J]. Comm. J. Soil Sci. Plant Anal. 1983, 63: 455—459.
- Lauchli A. Selenium in plants uptake, functions and environmental toxicity [J]. Bot. Acta. 1993, 106: 455—468.
- 李志玉, 郭庆元, 徐巧珍. 不同大豆品种积累硒的特性及基因型差异[J]. 植物营养与肥料学报, 2000, 6(2): 207—213.
- Arvy M P. Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants (*Phaseolus vulgaris*) [J]. J of Exp. Bot. 1993, 44(263): 1083—1087.
- Shamasakar S, Vance G F. Fractional partitioning for assessing solid-phase speciation and geochemical transformations of soil selenium [J]. Soil Sci. 1995, 160(1): 43—55.
- Pieter Smits E, Hwang S, Lytle C M, et al. Overexpression of ATP sulfurylase in Indian mustard leads to increased selenate uptake, Reduction, and Tolerance [J]. Plant Physiol., 1999, 119: 123—132.
- Leggett J E, Epstein E. Kinetics of sulfate adsorption by barley roots [J]. Plant Physiol. 1956, 31: 222—226.
- Anderson J W. Selenium interactions in sulfur metabolism. In: De Kok L J. Sulfur Nutrition and Assimilation in Higher Plants: Regulatory, Agricultural and Environmental Aspects. SPB Academic Publishing [C]. The Hague, The Netherlands, 1993: 49—60.

EFFECT OF GENOTYPE ON SELENIUM UPTAKE AND ACCUMULATION BY SOYBEAN IN LOW-Se SOILS

Zhang Yanling¹ Pan Genxing^{1*} Chen Jin¹ Xie Tongbai² Ding Yaling²

(1. College of Resources and Environment Sciences, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095;
2. Agricultural Technology Station of Changqing, Rugao Municipality, 226535)

Abstract Selenium uptake and accumulation by different soybean cultivars in low-Se soils were studied with both field and pot experiments. The results showed that significant difference of seed Se accumulation existed among soybean cultivars supplied with or without selenite. Tong—ai 405 cultivar has higher Se sensitivity and can accumulate 4 times higher Se in seeds than Qidong green—skin cultivar, however, the latter has higher capability of utilizing fertilizer Se. Yet, the findings with pot experiments support with field study results. Higher Se uptake by Tong—ai 405 roots of soil indigenous Se is responsible for its higher Se concentration in seeds. The further experiments with selenite uptake kinetics showed that the difference of Se uptake by roots of the two cultivars in low-Se soils was mainly due to the difference of their ability of selenate uptake.

Key words Low-Se soils; Soybean; Se accumulation