

叶面喷施有机硒肥对毛豆生长和硒含量的影响

殷朝珍¹, 陈凌¹, 仇美华², 郁浩², 王浩羽³, 赵海涛^{3*} (1. 扬州市广陵区农业技术推广服务中心, 江苏扬州 225001; 2. 江苏省耕地质量与农业环境保护站, 江苏南京 210000; 3. 扬州大学环境科学与工程学院, 江苏扬州 225127)

摘要 为明确不同有机硒肥对毛豆植株生长和富硒效果的影响, 采用大田试验的方式在毛豆开花期和结荚中后期以叶面喷施的方式施用液体有机纳米硒肥和有机螯合硒肥, 分析毛豆植株生长、产量构成和毛豆果实硒含量。结果表明, 叶面喷施 2 种有机硒肥均显著提高了毛豆分枝期、结荚期和成熟期的株高, 喷施有机纳米硒显著降低了成熟期毛豆叶片 SPAD 值, 喷施有机螯合硒显著增加了结荚期毛豆叶片 SPAD; 喷施有机纳米硒能够显著增加毛豆产量, 喷施有机螯合硒显著降低了豆粒数、荚粒数、豆粒重等产量构成因素, 同时也显著降低产量; 喷施有机纳米硒后毛豆果实硒含量为 0.45 mg/kg; 喷施有机螯合硒后毛豆果实硒含量为 0.26 mg/kg。综上, 叶面喷施有机硒肥是增加毛豆果实中硒含量的有效技术手段, 喷施相同硒浓度下, 有机纳米硒对毛豆植株和富硒的有益作用优于有机螯合硒。

关键词 有机纳米硒; 有机螯合硒; 毛豆; 叶面喷施; 富硒

中图分类号 S147.4 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)05-0140-03

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2022.05.035

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Effects of Foliar Spraying of Organic Selenium on Growth and Selenium Content of Soybean

YIN Chao-zhen¹, CHEN Ling¹, QIU Mei-hua² et al (1. Agricultural Technology Extension Service Center of Guangling District, Yangzhou, Jiangsu 225001; 2. Jiangsu Cultivated Land Quality and Agricultural Environmental Protection Station, Nanjing, Jiangsu 210000)

Abstract In order to clarify the effects of different organic selenium fertilizers on the plant growth and selenium enrichment of soybeans, liquid organic nano selenium fertilizer and organic chelated selenium fertilizer were applied by foliar spraying at the flowering stage and the middle and late pod setting stage of soybeans, and the plant production, yield composition and selenium content of soybeans were analyzed. Results showed that foliar spraying of two kinds of organic selenium fertilizer significantly increased the plant height of soybean at branching stage, pod setting stage and mature stage, spraying of organic nano selenium significantly decreased the SPAD value of soybean leaves at mature stage, and spraying of organic chelated selenium significantly increased the SPAD of soybean leaves at pod setting stage. Spraying organic nano selenium could significantly increase the yield of soybeans. Spraying organic chelated selenium significantly reduced the yield components such as the number of beans, the number of pods and the weight of beans, and also significantly reduced the yield. After spraying organic nano selenium, the selenium content of soybean fruit was 0.45 mg/kg; after spraying organic chelated selenium, the selenium content of soybean fruit was 0.26 mg/kg. In conclusion, foliar spraying of organic selenium fertilizer was an effective technical means to increase the selenium content in soybean fruits. Under the same selenium concentration, the beneficial effect of organic nano selenium on soybean plants and selenium enrichment was better than organic chelated selenium.

Key words Organic nano selenium; Organic chelated selenium; Soybean; Foliar spraying; Selenium enrichment

硒是人体必需的微量元素, 具有抗衰老、提高免疫力和预防疾病等功效^[1]。通过拌种、土壤施用、叶面喷施等方式可以为植物提供外源硒元素, 增加植物收获体的硒含量^[2]。无机硒一般以亚硒酸盐和硒酸盐等形式存在, 毒性大, 人体和动物一般以有机硒形式吸收硒元素。植物是自然界硒循环的中间过程, 它可将无机硒转化为有机硒, 是人和动物摄入硒的直接来源^[3]。叶面喷施方式施用硒元素成本低, 效果好, 是目前硒肥施用的主要方式。研究发现, 在扬花坐果期和果实膨大期叶面喷施含硒肥料在增加猕猴桃可食部位总硒含量的同时平均增产 5%~10%^[4]。叶面喷施硒肥可显著增加金丝小枣枣果可溶性固形物含量、维 C 含量以及枣果和叶片中矿质元素含量, 以 9.6 mL/L 浓度处理下效果最佳^[2]。也有研究发现, 叶面喷施硒浓度小于 1.5 mg/L 时, 能够有效促进生菜的生长, 但当硒浓度大于 2.0 mg/L 会导致产量降低^[5]。纳米硒可提升豌豆芽苗的营养品质, 提高抗氧化酶活性, 增加芽苗的硒含量^[6]。笔者以人们喜食的毛豆为研究对象, 通过叶面喷施的方式施用纳米富硒肥料, 研究毛豆生长

和富硒效果, 为设施农业生产富硒农产品提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料 试验在扬州大学农业环境安全技术服务中心砂头试验基地进行, 土壤为砂质壤土, 基本理化性质: 全氮 0.92 g/kg, 有效磷 147.8 mg/kg, 速效钾 526.7 mg/kg, 有机质 29.4 g/kg, pH 7.82。供试验毛豆品种为“辽鲜 1 号”。供试营养液为深圳某研究院提供的有机纳米硒营养液(F1)、山东某企业生产的有机螯合硒营养液(F2), 以清水为对照(CK)。

1.2 试验设计 2021 年 4 月 20 日播种, 7 月 30 日采收。行距 20 cm, 株距 15 cm, 每穴 1 株。试验设喷施清水(CK)、喷施有机纳米硒营养液(F1)、喷施有机螯合硒营养液(F2) 3 个处理, 每个处理 3 次重复, 随机区组排列, 每个小区面积为 30 m²。分别于毛豆开花期和结荚中后期以叶面喷洒方式各喷施一次。喷施时将营养液稀释至 10 mL/L, 喷施量以叶片有水滴滴下为标准, 每次约喷施 18.75 g/hm² 硒元素, 同时以喷施等量清水为对照。其他管理措施与一般大田相同, 于毛豆生长期和成熟期采样测定各项指标。

1.3 测定项目与方法 产量及产量构成: 于毛豆成熟期在每小区取 15 株, 剪下每株豆荚, 测定豆荚数量和豆荚重量。叶片叶绿素含量: 于毛豆分枝期、结荚期及成熟期在田间用 SPAD-502 Plus(KONICA MINOLTA)叶绿素含量测定仪直接

基金项目 江苏现代农业产业技术体系建设项目(JATS[2021]348, JATS[2021]498)。

作者简介 殷朝珍(1980—), 女, 江苏睢宁人, 高级农艺师, 硕士, 从事耕地质量与设施农业技术研究推广。*通信作者, 教授, 博士, 从事耕地质量与农业环境研究。

收稿日期 2021-10-07

测定倒三叶的 SPAD 值。

株高:分别于毛豆分枝期、结荚期及成熟期在田间用直尺测量根部至毛豆植株茎顶的高度。

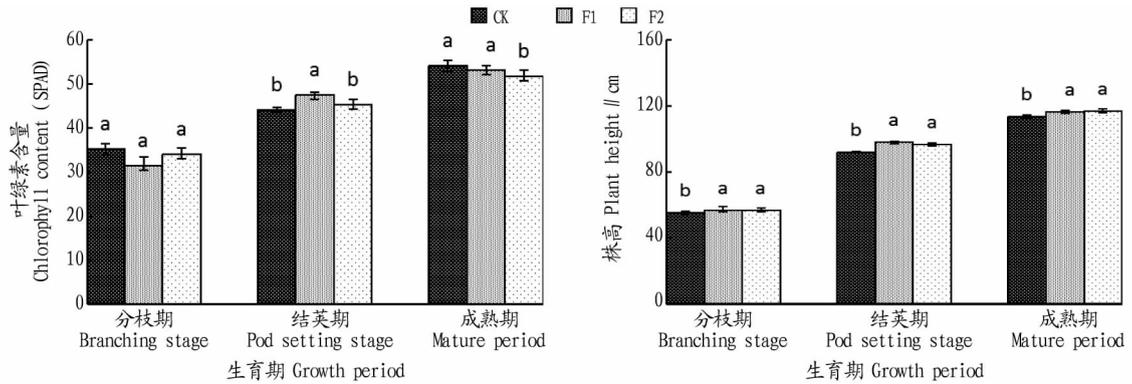
豆粒硒含量:毛豆收获后立即用干冰密封于泡沫盒,委托安徽国泰众信检测技术有限公司测试。测试方法为 GB 5009.93—2017(食品安全国家标准 食品中硒的测定)提出的方法。测试主要步骤:毛豆粉碎过 10 目筛,称取样品 2.0 g 左右于 50 mL 锥形瓶中,加 10 mL 硝酸-高氯酸混合酸(9+1)冷硝化过夜;次日加热消煮,及时补加硝酸。当溶液变为清亮无色并伴有白烟产生时,再继续加热至剩余体积为 2 mL 左右;冷却,加 6 mol/L 盐酸溶液 5 mL,继续加热消煮至溶液变为清亮无色并伴有白烟出现;冷却,转移至 10 mL 容量瓶中,加入 100 g/L 铁氰化钾溶液 2.5 mL,定容,混匀;原子荧光光谱仪测定。

1.4 数据分析 采用 Microsoft Excel 2016 软件整理数据和绘图,SPSS 19.0 软件对试验数据进行统计分析。数据正态分布检验和转换采用夏皮洛-威尔克检验法(Shapiro-Wilk

法),数据分析采用单因素方差分析(One way ANOVA)模型检验,各处理间的差异显著性使用新复极差法(Duncan)分析。

2 结果与分析

2.1 毛豆植株生长特征 图 1 表明,各处理分枝期、结荚期和成熟期的毛豆叶片 SPAD 值依次为 31.5~35.3、44.3~47.7 和 51.8~54.3。随着生育期的推进,毛豆叶片叶绿素含量逐步增加。喷施 2 种硒肥,对分枝期毛豆叶片 SPAD 值均无显著影响。喷施有机纳米硒(F1)降低了成熟期毛豆叶片 SPAD 值,但差异不显著。与 CK 相比,喷施有机纳米硒(F1)显著增加了结荚期毛豆叶片 SPAD,喷施有机螯合硒(F2)显著降低了成熟期毛豆叶片 SPAD。各处理分枝期、结荚期和成熟期的毛豆株高依次为 54.9~56.7、91.7~97.9 和 113.5~116.9 cm。随着生育期的推进,毛豆植株株高逐步增加。喷施有机纳米硒和有机螯合硒 2 种硒肥,均显著提高了毛豆分枝期、结荚期和成熟期的株高。2 种硒肥之间提高毛豆各时期株高差异不显著。



注:不同小写字母表示相同生育期不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

图 1 叶面喷施液体硒肥对毛豆生长的影响

Fig. 1 Effect of foliar spraying of liquid selenium fertilizer on the growth of soybean

2.2 毛豆产量及产量构成 由表 1 可知,喷施有机纳米硒(F1)后毛豆的株荚数为 21.82 个,喷施有机螯合硒(F2)后毛豆的株荚数为 19.24 个,与喷施清水(CK)后毛豆的株荚数差异不显著。与 CK 相比,F1 处理显著增加了毛豆豆粒重(33.73 g/株)和产量(56.48 g/株),而豆粒数、荚粒数与 CK 差

异不显著;F2 处理显著降低了豆粒数、荚粒数和产量,而豆粒重与 CK 差异不显著。综上,喷施有机纳米硒对毛豆株荚数、豆粒数、荚粒数等产量构成指标影响不显著,但能够显著增加毛豆产量。喷施有机螯合硒显著降低了豆粒数、荚粒数、豆粒重等产量构成因素,同时也显著低了产量。

表 1 叶面喷施液体硒肥对毛豆产量及产量构成的影响

Table 1 Effects of foliar spraying of liquid selenium fertilizer on yield and yield composition of soybean

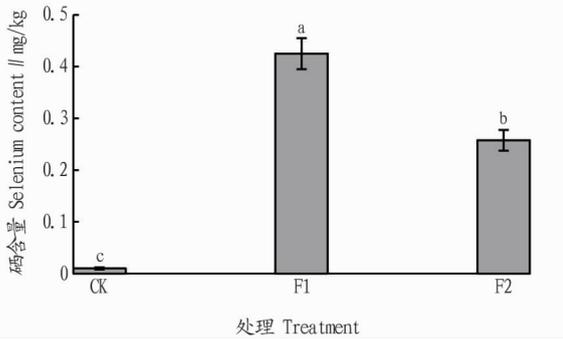
处理 Treatment	株荚数 Number of pods per plant/个/株	豆粒数 Number of beans 个/株	豆粒重 Bean weight //g/株	荚粒数 Number of pods//粒/荚	产量 Yield g/株
CK	22.18±2.30 a	35.80±7.40 a	29.20±4.48 b	2.41±0.26 a	53.51±5.85 b
F1	21.82±2.79 a	34.67±5.60 a	33.73±7.42 a	2.59±0.27 a	56.48±8.75 a
F2	19.24±1.54 a	27.27±3.45 b	23.67±3.59 b	2.18±0.17 b	41.93±4.36 c

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

2.3 豆粒硒含量 由图 2 可知,CK 处理下,毛豆果实硒含量为 0.01 mg/kg,喷施有机纳米硒(F1)后毛豆果实硒含量为 0.45 mg/kg;喷施有机螯合硒(F2)后毛豆果实硒含量为

0.26 mg/kg。F1 依次显著大于 F2 和 CK。相对于 CK 处理,F1 处理毛豆果实硒含量提高了 44 倍;F2 处理毛豆果实硒含量提高了 25 倍。



注:不同小写字母表示不同处理间差异显著($P < 0.05$)

Note: Different lowercase letters indicated significant difference between different treatments ($P < 0.05$)

图2 叶面喷施液体硒肥对毛豆果实硒含量的影响

Fig. 2 Effect of foliar spraying of liquid selenium fertilizer on selenium content of soybean fruit

3 讨论

硒是人体必需的微量元素,适量的硒对保持人体健康非常重要。然而硒从有益作用到有害作用的浓度范围非常窄。植物作为硒元素自然循环过程中的重要中间环节,是人和动物摄入硒的直接来源。因此,植物富硒能力对人类健康意义重大。研究发现,植物主要吸收水溶性硒,包括部分有机硒、硒酸盐和亚硒酸盐。研究表明植物对硒酸盐的主动吸收是通过高亲和力的硫酸盐转运子完成,硒酸盐在叶片中被还原成亚硒酸盐,进而转化为有机硒化物进入其他组织,进入植物体中的硒转化为含硒氨基酸和硒蛋白参与植物的代谢^[7]。叶面施肥是中微量元素重要的施肥方式,既能够快速补充植物营养,也能够有效减少因土壤固定等造成的损失。研究表明,叶面喷施生物有机硒对棉花的籽棉产量有促进作用^[8],喷富硒增产剂各处理均明显提高铁皮石斛鲜条硒和多糖含量^[9],叶面喷施硒酸钠有利于提高油菜生物量和硒含量^[10]。该研究结果表明,喷施有机纳米硒后毛豆果实硒含量为0.45 mg/kg;喷施有机螯合硒后毛豆果实硒含量为0.26 mg/kg,是对照毛豆果实硒含量45倍和26倍。可见,叶面喷施硒肥是生产富硒农产品的有效途径。

硒肥种类影响作物的响应特征。叶面喷施亚硒酸钠会影响燕麦茎秆的形态特征和抗倒伏能力。随着施硒量的增加,燕麦茎秆抗倒伏能力先升高后降低,施硒浓度为54.8 g/hm²时达到最高^[11]。喷施氨基酸螯合硒对甘薯块根产量影响不显著,但能显著提高块根、叶片和茎的总硒含量。甘薯块根和叶片硒含量与外源硒浓度呈极显著正相关关系。喷施外源硒对甘薯吸收累积硒及品质有提高作用^[12]。同等硒添加水平下,亚硒酸钠处理小白菜硒富集的效果显著优于氨基酸螯合态硒处理^[13]。该研究结果表明,喷施有机纳米硒对毛豆株荚数、豆粒数、荚粒数等产量构成指标影响不显著,但能够显著增加毛豆产量,并能够显著提高了毛豆分枝期、结荚期和成熟期的株高。喷施有机螯合硒显著降低了豆粒数、荚粒数、豆粒重等产量构成因素,同时也显著降低了产量。可见,有机硒肥种类不同对作物的影响也不同。生产中

需要依照作物生理生化特征,筛选出适合的硒肥剂型。

硒肥浓度也影响作物的响应特征。不同品种绿豆对硒的吸收、转运和富集能力差异明显^[14]。低浓度的亚硒酸钠溶液能够提高甜瓜种子发芽率、出苗率及幼苗株高、茎粗、根长、鲜重、干重、抗氧化酶活性,但高浓度处理后甜瓜种子呈相反响应特征^[15]。不同施硒量对花生植株分枝数及产量构成的影响无显著差异,但低浓度硒促进植株生长,高浓度硒对植株生长表现明显抑制作用^[16]。营养液中加入硒浓度小于1.0 mg/L时促进小白菜的生长,但加硒浓度大于2.5 mg/L时则抑制了小白菜的生长。加硒后增加了小白菜地上部可溶性总糖、还原糖含量,降低了蔗糖和淀粉的含量;低浓度硒增加了粗纤维含量,而高浓度硒则降低了其含量^[17]。低浓度亚硒酸钠以及有机硒喷施显著提高了春小麦的生物量、千粒重以及籽粒硒浓度,而喷施高浓度的亚硒酸钠则对春小麦的生长表现出一定的抑制作用^[18]。该研究仅探讨了毛豆对不同种类有机硒的响应特征,硒肥浓度对毛豆生理生化及富硒能力的影响需要进一步研究。

4 结论

与叶面喷施清水相比,喷施2种硒肥均显著提升了毛豆果实中硒含量,喷施有机纳米硒后毛豆果实硒含量为0.45 mg/kg,喷施有机螯合硒后毛豆果实硒含量为0.26 mg/kg。喷施有机纳米硒同时能够显著增加毛豆产量和豆粒重。

参考文献

- [1] 刘冰权,沙珉,谢长瑜,等.江西赣县清溪地区土壤硒地球化学特征和水稻根系土硒生物有效性影响因素[J].岩矿测试,2021,40(5):740-750.
- [2] 宋会明,贺敬芝,梁军,等.叶面喷施纳米硒肥对金丝小枣产量和品质的影响[J].中国土壤与肥料,2021(4):203-207.
- [3] 宋波,温佳乐,陆佳怡,等.外源硒对沙质栽培生菜生长和品质的影响[J].现代园艺,2021,44(4):3-5.
- [4] 单德鑫,高宗玉,叶诗媛,等.叶面喷施硒肥对猕猴桃富硒和产量的影响[J].南方农业,2021,15(17):174-176.
- [5] 袁伟玲,刘志雄,吴金平,等.硒对生菜生长、品质、养分吸收和硒转化率的影响[J].华北农学报,2020,35(S1):189-194.
- [6] 肖贤,李丽,罗延延,等.纳米硒对豌豆芽苗生理指标与品质的影响[J].贵州农业科学,2021,49(5):17-22.
- [7] 王晓芳,陈思杨,罗章,等.植物对硒的吸收转运和形态转化机制[J].农业资源与环境学报,2014,31(6):539-544.
- [8] 姜汉峰,王文希,石垒,等.不同硒源叶面肥对棉花的生长效应[J].长江大学学报(自然科学版),2020,17(5):61-64,71.
- [9] 许寿增,徐立军,汤斌,等.叶面喷施对铁皮石斛富硒及品质的影响[J].浙江农业科学,2021,62(9):1726-1728.
- [10] 王凯,包立,栗丽,等.土壤外源补硒对油菜硒吸收转运累积的影响[J].江苏农业科学,2021,49(13):79-84.
- [11] 郝爽楠,秦杰,刘攀峰,等.外源硒对燕麦茎部特征及其抗倒伏性的影响[J].草地学报,2020,28(6):1572-1579.
- [12] 潘丽萍,邢颖,廖青,等.氨基酸螯合硒对甘薯硒素积累分配及品质的影响[J].热带农业科学,2021,41(8):11-15.
- [13] 唐俊杰,肖孔操,段鹏鹏,等.外源施硒对小白菜富集与土壤生物活性的影响[J].农业现代化研究,2021,42(4):755-763.
- [14] 崔长珍,王鹏,屈香香,等.不同品种绿豆对硒胁迫的响应特性分析[J].山西农业科学,2021,49(9):1045-1049.
- [15] 吴小丽,马留辉,卢明,等.外源硒对甜瓜种子萌发及幼苗生理特性的影响[J].现代农业科技,2021(13):63-66.
- [16] 余琼,张翔,索炎炎,等.施硒对不同基因型花生硒分配及产量和品质的影响[J].花生学报,2020,49(4):57-62,56.
- [17] 李登超,朱祝军,徐志豪,等.硒对小白菜生长和养分吸收的影响[J].植物营养与肥料学报,2003,9(3):353-358.
- [18] 曹庆军,张兆琴,杨粉团,等.叶面喷施硒肥对吉林省春小麦产量及籽粒富硒作用的影响[J].东北农业科学,2020,45(5):6-8,46.