

叶面施硒对谷子硒富集及品质的影响

张鹏飞¹, 张爱军¹, 张建恒¹, 王晓娟², 刘建民³, 周大迈¹

(1. 国家北方山区农业工程技术研究中心, 河北农业大学 河北省山区研究所, 河北 保定 071001;

2. 河北农业大学 资源与环境科学学院, 河北 保定 071001; 3. 保定市农业局, 河北 保定 071001)

摘要: 在田间试验条件下, 研究了华北贫硒地区不同谷子品种叶面喷施亚硒酸钠对籽粒硒含量及其蛋白质、可溶性糖、赖氨酸的影响。结果表明: 两种(60 g/hm² 和 120 g/hm²) 叶面施硒处理, 可使该地区谷子籽粒硒含量分别达到 1.022 ~ 1.644, 1.853 ~ 2.269 mg/kg, 是未施硒的 15.4、23.8 倍, 但对籽粒产量的影响无显著差异。叶面施硒增加了多数试验品种籽粒中蛋白质含量, 表现出显著差异; 叶面喷施使冀谷 22 籽粒中可溶性糖和赖氨酸含量显著增加, 使晋谷 34 籽粒中可溶性糖明显减少, 对其他品种可溶性糖和赖氨酸含量的影响均无显著差异。

关键词: 贫硒地区; 谷子; 叶面施硒; 品质

中图分类号: S143.7⁺1 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2010)04-0231-04

Effects of Foliar Application of Sodium Selenite on Selenium Accumulation and Quality in Millet

ZHANG Peng-fei¹, ZHANG Ai-jun¹, ZHANG Jian-heng¹, WANG Xiao-juan²,
LIU Jian-min³, ZHOU Da-mai¹

(1. The North of China Research Center for Agricultural Engineering Technology of Mountain District, Mountainous Area Research Institute of Hebei Province, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

2. College of Resources and Environmental Sciences, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, China;

3. Agricultural Bureau of Baoding, Baoding 071001, China)

Abstract: The field experiment was carried out to study the effects of foliar application of Na₂SeO₃ on contents of Se, protein, soluble sugar and lysine acid in grains in low Se region of North China. The results showed that the two treatments of foliar application of Na₂SeO₃ 60 g/ha and 120 g/ha could increase Se contents in grains of the seven varieties of millet up to 1.022 – 1.644 mg/kg and 1.853 – 2.269 mg/kg, which were 15.4 and 23.8 times higher than those in control treatment respectively. Moreover, the grain yields of the seven varieties of millet showed negative correlation with the contents of Se in grains. There was significant increase protein contents in most the varieties of millets with foliar application of Na₂SeO₃. The soluble sugar and lysine acid in grains of Jigu22 were increased significantly by foliar application of Na₂SeO₃, but the soluble sugar of Jingu34 was reduced significantly, while there was no significant effects on the other varieties of millet.

Key words: Low Se region; Millet; Foliar application of Na₂SeO₃; Grain quality

硒是人类和动物不可缺少的微量元素之一, 硒缺乏会造成机体生理状态下的不良后果并加剧疾病病理进程。补充硒对维护人体健康水平非常重要, 而植物是人和动物摄入硒营养的主要来源^[1]。硒元素存在着地域分布不均的特点, 我国缺硒和潜在

性缺硒土壤面积约占全国总面积的 40%^[2]。因此, 通过施硒提高食品中硒水平, 是满足人类硒需要的一个重要途径^[3-6]。

谷子是原产于我国的最古老的粮食作物之一, 有“百谷之长”之称^[7], 是我国北方的一种主要粮食

收稿日期: 2010-06-14

基金项目: 河北省教育厅项目(2007456)

作者简介: 张鹏飞(1980-), 男, 河北广宗人, 硕士, 主要从事植物营养生态研究。

通讯作者: 周大迈(1957-), 男, 河北安平人, 研究员, 博士生导师, 主要从事生态农业、区域农业生产工程规划与设计、土壤与土地资源可持续利用研究。

作物,具有生育期短、适应性强、耐干旱、耐贫瘠、籽粒耐贮藏等优点。谷子籽粒富含人体必需氨基酸、维生素、胡萝卜素,有较高的营养价值。1985 年王尧琴等对 101 个谷子样品的硒含量进行了分析,平均硒含量为 0.071 mg/kg,但这并不能满足人类对硒的需要。至今施硒对谷子硒富集和品质的影响研究少见报道,1990 年伊虎英等^[3]对谷子进行施硒处理,研究了硒对谷子产量和含硒量的影响。本研究对不同品种的谷子进行叶面喷施大田试验,研究了外源硒对不同品种谷子硒富集及品质的影响,为富硒小米生产提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料

供试土壤为河北省太行山区唐县新开垦的潮褐土,土壤耕层主要理化性状:土壤 pH 为 7.99(水土比为 1:1),有机质为 8.16 g/kg,土壤全硒量为 0.205 mg/kg,土壤有效硒含量为 0.011 6 mg/kg,全氮含量为 0.697 g/kg,碱解氮为 104.139 mg/kg,全磷含量为 0.629 g/kg,有效磷为 6.72 mg/kg,速效钾为 27.3 mg/kg。供试谷子品种分别为:本地种、冀谷 22 号(济 8131 × 石 92406)、冀优 2(矮 88 × 冀谷 12)、冀谷 20(目标性状基因库后代杂交)、冀谷 26(目标性状基因库后代杂交)、晋谷 29(晋谷 21 × 晋谷 20 号)、晋谷 34(谷子 77-322 × 4072)。供试肥料有尿素(含 N 46%)、硫酸钾($K_2O > 50\%$)、磷酸铵(含 $N-P_2O_5-K_2O$ 17%-44%-0%),以上 3 种为常用化肥。亚硒酸钠(分析纯)由天津市福晨化学试剂厂生产。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验于 2008 年 6-10 月在河北省太行山区唐县实验点进行。试验设 7 品种 3 水平 3 重复,每个小区面积为 10 m²,共设 63 个小区,小区采用裂区排列设计。肥料用量是尿素 192.7 kg/hm²(其中 1/2 基施,1/2 追施)、硫酸钾 120 kg/hm²、磷酸二铵 272.7 kg/hm²。田间试验于 6 月 4 日播种,6 月 20 日间苗,按各品种说明密度留苗。试验共设 3 个喷施亚硒酸钠的水平,分别为:0, 60, 120 g/hm²。喷施时期选择谷子抽穗期,配制含硒量为 54.7, 109.3 mg/L 的喷施溶液,以清水作为对照,每个小区均匀喷施 500 mL。常规管理,成熟期收获籽粒测定产量。

1.2.2 样品处理 收获后的谷子经自然风干、脱粒、脱壳制成小米,再用小型高速粉碎机(WK-100A)粉碎,过 100 目筛供硒、蛋白质、可溶性糖、赖

氨酸测定。

1.2.3 硒的测定 称取 0.500 g 待测样品于微波消解的聚四氟乙烯内衬罐中,加少许水润湿样品,然后加入 5 mL 浓硝酸和 1 mL 双氧水,同时进行 2 份空白。用 Q45 微波消解仪(QUESTRON TECHNOLOGIES CORP)进行消解,消解条件为:450 W 消解 3 min, 600 W 消解 7 min,经消解后得到无色液体,转移到 50 mL 容量瓶定容,取一定量溶液,采用酸式还原法将 Se(VI)还原成 Se(IV)^[8],转移到 10 mL 比色管中定容。

硒的含量用 AFS-2202A 双道原子荧光光度计(北京万拓仪器有限公司)进行测定,测定条件为:PMT 电压 300 V;HCl 全阴极电流 80 mA;载气(Ar)流速 400 mL/min;屏蔽(Ar)气流速 800 mL/min;进样体积 0.5 mL;原子化器高度 8 mm;原子化器温度 200℃;采样时间 18 s;停泵时间 5 s;测量方式:标准曲线法;读数方式:峰面积。以国家标准物质大米(GWB10010)为内标,测定回收率为 91%~103%。

1.2.4 其他测定内容和方法 蛋白质的测定方法:采用 $H_2SO_4-K_2SO_4-CuSO_4-Se$ 消煮、半微量开氏定氮法测定^[9];赖氨酸的测定方法:染料结合赖氨酸法—DBL 法^[9];可溶性糖的测定方法:乙醇水溶液浸提—蒽酮比色法^[9,10]。

1.2.5 数据处理 用 SAS 8.1 版统计软件和 EXCEL 工作表进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 叶面喷硒对谷子籽粒产量和硒含量的影响

品种间籽粒产量存在较大的差异(图 1),本地谷产量明显低于其他品种,其中冀谷 34 产量最高。喷硒 120 g/hm² 处理使所试验品种产量略有下降。对照组 7 个品种的含硒量范围:0.056~0.147 mg/kg,平均含量为 0.088 mg/kg。叶面施硒可以明显提高贫硒地区谷子籽粒的含硒量,结果如图 2 显示,60 g/hm² 处理的谷子可使籽粒硒含量达到 1.022~1.644 mg/kg,与 CK 相比平均增加了 15.4(10.1~27.6)倍;120 g/hm² 处理的谷子可使籽粒硒含量达到 1.853~2.269 mg/kg,与 CK 相比硒富集量平均增加了 23.8(13.7~37.6)倍。

2.2 叶面喷硒对小米蛋白质的影响

品种间蛋白质含量存在较大的差异,方差分析表明,对照处理的谷子籽粒中蛋白质含量品种间($P < 0.05$)差异显著,范围在 7.95%~10.67%,其中晋谷 29 的蛋白质含量最高。如表 1 所示,施硒处理对不同品种籽粒中蛋白质含量的影响存在差异

性: 经 60 g/hm² 处理的 7 个品种中,本地谷、冀优 2、冀谷 20、冀谷 22、冀谷 26 的蛋白质含量高于对照, 冀谷 4 个品种在 $P=0.05$ 水平上差异显著,而本地谷的蛋白质含量低于对照。

120 g/hm² 处理的 7 个品种中,冀优 2、冀谷 20、冀谷

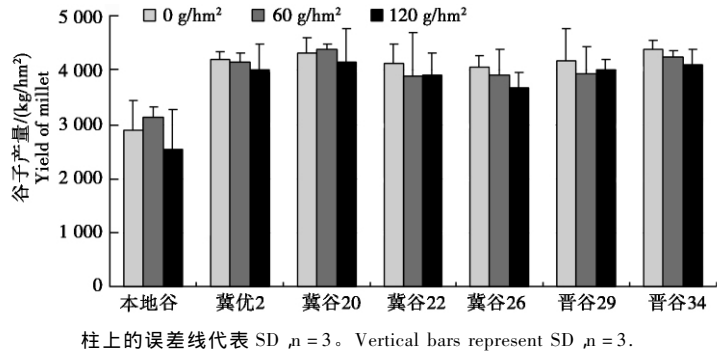


图 1 喷硒对不同谷子品种籽粒产量的影响

Fig. 1 Effects of foliar application of selenium on yield of different varieties of millet

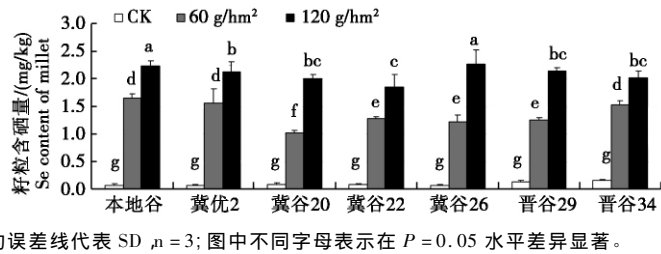


图 2 喷硒对不同谷子品种籽粒含硒量的影响

Fig. 2 Effect of foliar application of selenium on grain Se content of different varieties of millet

表 1 叶面喷硒对不同谷子品种蛋白质含量的影响

谷子品种 Varieties of millet	不同硒处理/(g/hm ²) Different Se treatment		
	CK	60	120
本地谷 Bendigu	9.44 ± 0.28 ba	9.80 ± 0.22 a	9.15 ± 0.46 b
冀优 2 Jiyou2	9.36 ± 0.31 b	9.57 ± 0.10 b	10.17 ± 0.38 a
冀谷 20 Jigu20	8.29 ± 0.44 b	8.50 ± 0.56 b	11.08 ± 0.88 a
冀谷 22 Jigu22	8.82 ± 0.58 b	9.32 ± 0.52 ba	10.19 ± 0.34 a
冀谷 26 Jigu26	8.82 ± 0.62 b	9.00 ± 0.18 ba	9.41 ± 0.33 a
晋谷 29 Jingu29	10.67 ± 0.70 a	9.96 ± 0.31 b	9.63 ± 0.27 b
晋谷 34 Jingu34	7.95 ± 0.42 a	7.81 ± 0.37 a	8.34 ± 0.39 a

注: 表中的值为平均值 ± SD, $n=3$; 同一行不同字母代表在 $P=0.05$ 水平差异显著。下同。
Note: The data were reported as mean ± SD, $n=3$; Different letters in a low mean significant at 0.05 level. The same followed.

表 2 叶面喷硒对不同谷子品种可溶性糖含量的影响

谷子品种 Varieties of millet	不同硒处理/(g/hm ²) Different Se treatment		
	CK	60	120
本地谷 Bendigu	2.06 ± 0.18 a	2.05 ± 0.08 a	2.02 ± 0.12 a
冀优 2 Jiyou2	1.88 ± 0.25 a	1.85 ± 0.16 a	1.86 ± 0.13 a
冀谷 20 Jigu20	1.47 ± 0.10 a	1.80 ± 0.16 a	1.67 ± 1.3 a
冀谷 22 Jigu22	2.15 ± 0.08 b	2.34 ± 0.23 ba	2.45 ± 0.18 a
冀谷 26 Jigu26	2.77 ± 0.08 a	2.69 ± 0.06 a	3.13 ± 0.67 a
晋谷 29 Jingu29	2.16 ± 0.16 ba	2.46 ± 0.24 a	1.96 ± 0.18 b
晋谷 34 Jingu34	2.75 ± 0.22 a	2.30 ± 0.43 b	2.28 ± 0.11 b

2.3 叶面喷硒对小米中可溶性糖的影响

不同品种可溶性糖的含量存在较大差异,方差

分析表明,不同品种间差异显著,其中以冀谷 26 含量最高。如表 2 所示,施硒处理对不同品种可溶性

糖含量存在差异性影响:经 60 g/hm² 硒处理的 7 种品种中,冀谷 20、冀谷 22、晋谷 29 的可溶性糖含量高于对照,冀谷 26 和晋谷 34 的可溶性糖含量则低于对照,本地谷和冀优 2 的可溶性糖含量与对照相比并无变化;经 120 g/hm² 硒处理的 7 种品种中,冀谷 20、冀谷 22 的可溶性糖高于对照,晋谷 29、冀谷 26 和晋谷 34 的可溶性糖含量低于对照,本地谷和冀优 2 的可溶性糖含量变化不明显。上述品种中可溶性糖含量受硒影响差异显著的是冀谷 22 和晋谷

34,前者明显提高,后者明显降低。

2.4 叶面喷硒对小米中赖氨酸的影响

对照处理的不同品种间赖氨酸含量存在差异,赖氨酸含量的范围是 0.307% ~ 0.333%。如表 3 所示,各品种籽粒中赖氨酸含量受施硒处理存在差异:施硒处理可增加冀谷 22 籽粒中赖氨酸含量,在 $P = 0.05$ 水平上,呈显著差异;晋谷 34 则表现为施硒处理减少赖氨酸含量,而其他试验品种的赖氨酸含量是 60 g/hm² 处理均略高于对照和 120 g/hm² 处理。

表 3 叶面喷硒对不同谷子品种赖氨酸含量的影响

Tab.3 Effect of foliar application of selenium on lysine content of different varieties of millet.

谷子品种 Varieties of millet	不同硒处理/(g/hm ²) Different Se treatment		
	CK	60	120
本地谷 Bendigu	0.315 ± 0.010 a	0.316 ± 0.009 a	0.302 ± 0.002 a
冀优 2 Jiyu2	0.307 ± 0.006 a	0.318 ± 0.020 a	0.306 ± 0.008 a
冀谷 20 Jigu20	0.316 ± 0.011 a	0.331 ± 0.006 a	0.317 ± 0.022 a
冀谷 22 Jigu22	0.330 ± 0.002 c	0.358 ± 0.001 a	0.343 ± 0.001 b
冀谷 26 Jigu26	0.325 ± 0.008 a	0.327 ± 0.008 a	0.327 ± 0.023 a
晋谷 29 Jingu29	0.333 ± 0.010 a	0.336 ± 0.010 a	0.323 ± 0.004 a
晋谷 34 Jingu34	0.332 ± 0.008 a	0.324 ± 0.013 a	0.316 ± 0.004 a

3 结论与讨论

在本试验条件下,叶面施硒可以明显提高谷子籽粒硒含量,120 g/hm² 处理使籽粒产量略有下降,研究结果与前人的研究有相似之处,例如,周鑫斌等^[11] 喷施 10 g/hm² 亚硒酸钠可显著提高低硒土壤中水稻籽粒硒含量,较对照提高 7.9 ~ 11.0 倍,不同品种硒富集量显著不同,大豆富硒研究中,品种间硒富集量差异显著以及空白对照硒含量差异极显著^[8,12]。利用叶面施硒技术可以提高植物的含硒量,从而提高人和动物的摄入量,但本试验中施硒处理使谷子含硒量超国家标准,不宜直接食用,可以与贫硒地区生产的谷子按比例混合食用。在生产实践过程中,由于籽粒硒含量不易控制,品种间硒的累积量差别很大,应用时需要根据品种以及人们的合理摄入量等来调整施硒浓度。

抽穗期叶面喷施亚硒酸钠,对谷子籽粒中蛋白质、可溶性糖、赖氨酸含量的间接影响存在品种间差异。7 个品种中,除了晋谷 29 和晋谷 34 外,施硒处理均可增加籽粒中蛋白质含量。施硒可以明显提高冀谷 22 的可溶性糖和赖氨酸影响,其他品种无明显差异。适量的硒浓度可以改善籽粒品质,但各个品种所需硒浓度有所不同。谷子籽粒品质存在差异的原因,一方面谷子籽粒品质在不同土质、气候、水肥条件下存在不同程度的差异,在相同环境条件下不同品种谷子籽粒的品质也存在差异^[13,14],另一方面硒在植物体中大部分结合在蛋白质中,由硒形成氧化物和谷胱甘肽过氧化物酶组分参与了植物体内新

陈代谢,在生命活动过程中发挥着重要的作用^[15],存在上述差异的机理原因有待作进一步研究证实。

参考文献:

- [1] 吴永尧,彭振坤,罗泽民.植物对硒的吸收及其效应[J].湖北民族学院学报,1997(3):10-13.
- [2] 刘 铮.中国土壤微量元素[M].南京:江苏科学技术出版社,1999.
- [3] 伊虎英,郝玉怀,鱼宏斌,等.硒肥对低硒区谷子籽粒含硒量及产量的影响[J].土壤通报,1991,1:49-50.
- [4] 李志玉,郭庆元,徐巧珍,等.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.
- [5] 魏 丹,杨 谦,迟凤琴,等.叶面喷施硒肥对水稻含硒量及产量的影响[J].土壤肥料,2005,1:39-41.
- [6] 周鑫斌,施卫明,杨林章,等.水稻籽粒硒累积机制研究[J].植物营养与肥料学报,2008,14(3):503-507.
- [7] 陈卫军,魏益民,张国权,等.国内外谷子的研究现状[J].杂粮作物,2000,20(3):27-29.
- [8] 张玲金,陈德勋,刘晓端,等.植物中硒的分离和微波消解-原子荧光测定法[J].环境与健康杂志,2004,21(3):48-51.
- [9] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [10] 张宪政.作物生理研究法[M].北京:农业出版社,1992.
- [11] 周鑫斌,施卫明,杨林章.叶面喷硒对水稻籽粒硒富集及分布的影响[J].土壤学报,2007,44(1):73-78.
- [12] 周勋波,吴海燕,谢甫绶.大豆喷施硒肥效应的初步研究[J].中国粮油学报,2005,20(1):45-48.
- [13] 程汝宏,刘正理.谷子育种中几个主要性状选育方法的探讨[J].华北农学报,2003,18:145-149.
- [14] 卫 丽,王同朝,张桂兰.谷子品种资源营养品质分析及抗病性鉴定[J].华北农学报,1999,14(2):1-5.
- [15] 吴永尧,罗泽民,彭振坤.水稻对硒的生物富集分布[J].湖南师范大学:自然科学学报,1998,21(4):76-79.