

硒对胡萝卜含硒量、产量及品质的影响

王晋民, 赵之重, 李国荣

(青海大学农牧学院农学系, 青海西宁 810003)

摘要: 采用不同浓度 Na_2SeO_3 进行胡萝卜叶面喷施的田间试验, 研究胡萝卜对硒的吸收、转化特点和硒对胡萝卜产量、品质等的影响。结果表明, 叶面施硒可明显提高胡萝卜中各形态硒含量, 随施硒量的增加, 有机硒转化率上升; 其总硒、有机硒含量在最大处理浓度(500 mg/kg)呈最高, 分别是 CK 的 15.9 和 26.6 倍。施硒胡萝卜产量较对照降低, 但未达显著水平。营养品质中除 Vc 下降, P 变化不一外, 总糖、胡萝卜素、粗纤维、Ca、Mg、Fe、K 在一定浓度下有不同程度提高。综合分析硒对胡萝卜含硒量、产量、各品质因素以及对人、畜食用的安全性, 施硒量以不超过 1.0 mg/kg 为宜。

关键词: 硒; 胡萝卜; 产量; 品质

中图分类号: S143.7⁺.9 文献标识码: A 文章编号: 1008-505X(2006)02-0240-05

Effects of selenium application on the selenium content, yield and qualities of carrot

WANG Jin-min, ZHAO Zhi-zhong, LI Guo-rong

(Dept. of Agric., College of Agric. and Animal Husbandry, Qinghai Univ., Xining, Qinghai 810003, China)

Abstract: Selenium is indispensable to human being and domestic animals and it's an important component part of GSH-Px. Se deficiency or excess of Se in the environment has been found to be associated with a variety of diseases in humans and domestic animals. Qinghai plateau is belongs to region with Se deficiency. Selenium application is an effective method to rectify the deficient selenium state of human being and domestic animals. In this experiment, selenium was sprayed on the leaves of carrot to examine the effect of Se on Se uptake and transform, yield and quality of carrot. This experiment consisted of 6 treatments: 0, 0.5, 10.0, 50.0, 100.0 and 500.0 mg/kg of Se as Na_2SeO_3 . The results showed that foliage application of selenium significantly increased the Se content of all morphology in carrot. With the increment of application rate of Se, the transformation rate of organic selenium went up. Total selenium and organic selenium reach the peak at the highest concentration treatment of 500 mg/kg, which were 15.9 and 26.6 times of that of control respectively. Se application decreased the carrot yield compared with control, but it did reach the statistical significant. As for the quality of carrot, using a special concentration of selenium on the carrot increased total sugar, carotin, crude-fibre content and the absorption of calcium, magnesium, iron and potassium in carrot to different extents. However, the vitamin C content decreased and the absorption of phosphorus was unconformity. Comprehensive considering the effects of selenium application on the selenium content, yields and various quality factors of carrot, as well as food safety for human and livestock health, the appropriate application rate of Se should not be more than 1.0 mg/kg.

Key words:elenium; carrot; yield; quality

硒(Se)是动物机体必需的营养元素之一, 是人和动物谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-Px)的组成成分,

环境中硒的过量或缺乏均会导致动物机体产生疾病^[1]。在全球范围内由于硒含量过高, 而引起的

硒中毒疾病极少,相反由硒的不足所导致的人畜缺硒疾病却不少,如人体克山病、大骨节病和牛羊的白肌病、发育迟缓、孕期流产以及猪的营养性肝病等^[2]。目前常通过作物施硒途径,使无机硒转化为更安全、更有效的有机硒形态,进入食物链,以改善人或动物缺硒状况^[3]。国内对硒在烟草、水稻、茄子、大蒜和生菜等作物上的肥效及积累特性作了一些研究^[4-9]。而硒在胡萝卜上的应用未见报道。青海高原属低硒区域^[10]。胡萝卜作为优良的菜饲两用作物,在青海省的种植面积逐年扩大。本试验通过不同硒用量叶面喷施,研究亚硒酸钠(Na_2SeO_3)对胡萝卜含硒量、产量和品质的影响,为缺硒地区人和动物膳食结构中的硒源选择提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于2003年5~9月在青海大学农牧学院农学系试验基地进行。供试土壤基本理化性状为:有机质 23.5 g/kg,速效氮 32.5 mg/kg,速效磷 14.7 mg/kg,速效钾 153.0 mg/kg, pH 6.5~7.5。供试胡萝卜品种为黑田五寸参。

试验设6个亚硒酸钠(天津四通化工厂生产, Na_2SeO_3 98%)浓度处理,分别为:0 (CK)、0.5、10、50、100、500 mg/kg,3次重复,随机区组排列。小区面积 2.16 m²,5月15日播种,9月12日采收。定苗后的密度 15 cm×7 cm。施硒时期自7~8片叶始,生长期共施2次,间隔时间为20 d。播种前各处理均按 40000 kg/hm² 腐熟猪粪和 375 kg/hm² 磷酸二铵施入做基肥,追肥2次,在破肚期和露肩期追施尿素和磷酸二铵分别为 450 和 375 kg/hm²,其它田间管理同大田。

1.2 测定项目与方法

胡萝卜样品中硒含量的测定采用尚庆茂等^[8]的方法进行。取1 g干样加20 mL 4 mol/L的HCl,在170℃下回流反应20 min,冷却后取上清液,测定样品中无机硒含量。取0.5 g干样加7 mL混合消化液(5 mL HNO_3 + 2 mL HClO_4),180~200℃消化2 h,冷却后再加10 mL 4 mol/L的HCl还原10 min,重蒸馏水定容,测定样品总硒含量。Se采用2,3-二氨基萘荧光法^[11]测定。

维生素C用2,6-二氯酚滴定法;总糖用3,5-二硝基水杨酸法;粗纤维用酸碱乙醚洗涤法;胡萝卜素有有机提取比色法;Fe用2,6-二硝基酚比色法;P用钒钼黄比色法;Ca、Mg、K用火焰光度计法

测定。

小区产量 = 小区面积/密度 × 单株重 × 0.9

2 结果与讨论

2.1 施Se对胡萝卜中Se的吸收和转化的影响

施Se结果(表1)表明,胡萝卜中各形态Se含量均高于不施Se的CK处理,并且随施Se浓度的增加而提高;其中以总硒和有机硒含量的增加幅度较快。在Se浓度为500 mg/kg时,总Se、有机Se含量最高,分别是CK的15.9和26.6倍;在Se浓度为50和500 mg/kg时总Se量和有机硒含量增加最快,出现突跃点。可见,在本试验中,胡萝卜对Se的吸收与转化存在最大效率浓度,这与杜振宇^[12]等对Se在萝卜中的Se转化结论相符。

表1 胡萝卜中硒的形态分析及对硒的转化
Table 1 Analysis of the form and transformation of selenium in carrot

Se 用量 Se rate (mg/kg)	Se 含量 Se content(μg/kg)			转化率 Ratio of transfor. (%)
	全硒 Total	无机硒 Inorganic	有机硒 Organic	
CK	11.84 A	5.23 A	6.61 A	55.8 A
0.5	20.63 B	5.67 A	14.96 A	72.5 B
1.0	37.32 C	7.11 B	30.20 A	80.9 B
50.0	107.30 D	8.75 C	98.55 B	91.8 C
100.0	107.90 D	9.28 C	98.62 B	91.4 C
500.0	187.97 E	12.21 D	75.75 C	93.5 C

注:大、小写字母分别表示差异达极显著($P<0.01$)和显著($p<0.05$)水平,下同。有机硒 = 全硒 - 无机硒;转化率 = 有机硒/总硒 × 100%

Note: The capital and small letters mean significant at 1% and 5% levels, same as follows. Organic Se = Total Se - Inorganic Se; Ratio of transformation = Organic Se/Total Se × 100%

随着Se浓度的增加,胡萝卜有机Se转化率明显提高(表1)。不施Se对照中有机Se的转化率为55.8%,而在50和500 mg/kg处理时,有机Se转化率分别是CK的1.6和1.7倍,且各处理均与CK有极显著差异。说明胡萝卜所吸收的Se主要以有机硒的形态存在。因此可以认为,胡萝卜具有较强的对Se的吸收能力和转化能力。尽管伞形科植物(如胡萝卜)较其它植物(如十字花科、百合科和豆科等)来说对高浓度硒的耐受能力较差,属非聚Se植物^[13-14]。但本试验结果表现的胡萝卜中的高硒含量可能与植物对 SeO_3^{2-} -Se的吸收和其在植物体内的分布特性有关。Arvy等证明^[15],豆类植物根系吸

收的硒酸盐在 3 h 内有 50% 运到地上部,而吸收的亚硒酸盐则大部分留在根部,只有小部分运到地上部;田应兵等人^[16]的研究也表明,黑麦草吸收的 SeO_3^{2-} -Se 在各部位的 Se 含量大小顺序为根 > 叶 > 茎。这可能是因为植物能够很快将亚硒酸盐转化为有机态硒(如硒代甲硫氨酸)而被留在根部^[17]所致。而以根部器官为产品的胡萝卜,施硒后所表现出来的各形态硒含量有明显增加的趋势,可能是亚硒酸盐被叶片吸收后,能够在一定时间内输送到根部被转化为有机态硒,或是在叶部转化为有机态硒后输送到根部,最终大部分以此形态积累,这对于生产富硒胡萝卜是有利的。对于亚硒酸盐在植物根部的合成、积累和运转机理尚不清楚,有待进一步深入研究。

2.2 Se 对胡萝卜产量的影响

施硒对胡萝卜产量的形成有抑制作用,随 Se 浓度的增加产量表现为递减趋势,以 Se 浓度 500 mg/kg 处理产量最低;各施 Se 处理较 CK 减产 3.82%~14.27%,但处理间差异不显著(表 2)。

表 2 硒对胡萝卜产量的影响

Table 2 Effect of selenium on yield of carrot

Se 用量 Se rate (mg/kg)	产量 Yield (kg/plot)	增产率 Increase rate (%)
CK	10.69	106865 a
0.5	10.23	102775 a
1.0	10.01	100125 a
50.0	10.26	102565 a
100.0	10.34	103455 a
500.0	9.16	91615 a

本试验条件下,施硒后胡萝卜产量有不同程度减少,说明本试验设计的硒浓度,可能对胡萝卜产生了毒害作用。尽管硒的积累在逐渐增加,但此时可能是硒处于奢侈吸收状态。外源硒对植物的效应受剂量影响。适量硒可以促进植株生长,提高产量;但过量硒则抑制其生长并产生毒害作用^[16]。在番茄、生菜、小白菜等蔬菜上的施硒试验^[18-20]也表明,硒浓度在 0.1~0.5 mg/L 时,可促进上述蔬菜的生长,而超过此浓度范围时则生长受到抑制。本试验田间观察中,发现在 50、100、500 mg/kg 的 Se 浓度下,胡萝卜叶片表现出硒毒害症状,如叶缘焦黄、叶片细弱、展开度变小等,并且随硒浓度增加症状渐重,这与产量的变化特点相符。因此,在本试验条件

下,既能增加胡萝卜产量,又可提高其有机硒含量的适宜硒浓度以 1.0 mg/kg 以下为宜。但具体施硒量的确定,还需进一步的研究。

2.3 Se 对胡萝卜品质的影响

2.3.1 Se 对胡萝卜营养品质的影响 表 3 看出,随 Se 浓度的增加, Vc 含量下降,降幅为 7.4%~38.6%;总糖除 0.5 mg/kg 处理外,其余随 Se 浓度的增加有不同程度的增加,以 100 mg/kg 处理最高,其含量是 CK 的 3.6 倍;粗纤维除在最高 Se 浓度 500 mg/kg 时低于 CK 外,其余均高于 CK,其中 1.0 mg/kg 处理,较 CK 提高 39.6%;而胡萝卜素在 1.0 和 50 mg/kg 分别较 CK 提高 26.0% 和 25.7%,其余处理均有所降低。

李岩等人^[21]研究番茄土壤施入一定量的硒,能够提高番茄果实中的 Vc 含量,这与本试验施硒后胡萝卜 Vc 降低的结果不同;施 Se 使胡萝卜总糖含量提高,这与其它作物施硒后的结果相一致。杨兰芳等^[5]的研究表明,叶面喷施低浓度硒可以提高烤烟烟叶中总糖的含量。但是,作为衡量胡萝卜营养品质高低的重要指标,施硒对其的影响尚未见报道。硒对作物营养品质影响,可能是一定浓度硒影响了各营养品质因子合成过程中有关生物酶的活性所致,有待今后深入研究。

表 3 施硒对胡萝卜营养品质的影响

Table 3 Effect of selenium on nutrition quality of carrot

Se 用量 Se rate (mg/kg)	Vc (mg/kg)	总糖 Total sugar (%)	粗纤维 Crude fiber (%)	胡萝卜素 Carotin (mg/kg)
CK	447.9 a	29.24 a	6.66 a	63.4 a
0.5	414.6 a	20.43 b	8.81 b	58.2 a
1.0	275.0 b	86.30 c	9.30 b	79.8 b
50.0	324.4 b	59.48 c	8.87 b	79.7 b
100.0	305.0 b	107.03 d	7.53 a	60.5 a
500.0	331.5 b	51.03 d	5.18 b	53.4 a

2.3.2 Se 对胡萝卜矿质元素的影响 硒对胡萝卜吸收各矿质元素的影响(表 4)看出,除 0.5 mg/kg 处理外,对 Ca 的吸收都高于 CK,峰值出现在 1.0 mg/kg 浓度处理;Mg 和 Fe 含量均在 500 mg/kg 处理时达最高,分别比对照增加 29.3% 和 17.0%,并且在一定浓度范围(50~500 mg/kg)内,Mg 含量与 Se 浓度呈正相关。K 含量较 CK 均有所提高,以 500 mg/kg 处理最高,并且随 Se 浓度的增加,胡萝卜对 K

的吸收逐步增强。这结果与杨兰芳等人^[5]在烟草上的施硒结论相一致。P的变化未呈现出规律性,仅在50 mg/kg时含量较CK明显增加,而在其余浓度上的变化不一致。

以上结果说明,Ca、Mg、Fe、K等阳离子,其含量变化趋势在低硒浓度均较CK降低或增加不明显,但随着硒浓度增加各含量有所提高。出现该结果的

机理可能是高浓度 SeO_3^{2-} -Se被胡萝卜吸收转化后,形成的有机物(如有机酸)增加,促进了胡萝卜对大量阳离子的吸收。因为无机Se在植物体内的代谢是沿着S代谢途径进行的^[12],而 SO_4^{2-} 能够促进植物对阳离子的吸收,同样 SeO_3^{2-} 亦应有这样的作用。而P的吸收可能是 SeO_3^{2-} 对阴离子有颉颃作用,导致高浓度Se不利于P的吸收。

表4 对胡萝卜中矿质元素的影响
Table 4 Effect of selenium on mineral nutrition of carrot

处理 Treatment	Ca		Mg		Fe		K		P	
	(mg/kg)	± %	(mg/kg)	± %	(mg/kg)	± %	(mg/kg)	± %	(mg/kg)	± %
CK	1678.1 a	—	593.0 a	—	1.08 a	—	1476.7 a	—	1155.0 a	—
0.5	1621.1 a	-3.4	593.0 a	0.0	0.99 b	-8.4	1492.8 a	1.1	1113.0 a	-3.6
1.0	2036.6 b	21.4	494.2 b	-20.0	1.04 c	-4.0	1513.3 a	2.5	1155.0 a	0.0
50.0	1849.2 a	10.2	617.7 a	4.2	0.97 c	-10.4	1549.8 a	5.0	1705.0 b	47.6
100.0	1759.6 a	6.0	657.3 a	10.8	1.14 d	4.9	1525.9 a	3.3	1106.0 a	-4.2
500.0	1788.1 a	6.3	731.4 a	29.3	1.27 e	17.0	1610.5 a	9.1	1174.0 a	1.7

3 结论

叶面施Se可明显提高胡萝卜中各形态Se的含量;随施Se量的增加,全Se、无机Se和有机Se的含量以及有机硒转化率都显著提高;但胡萝卜产量均有所下降,施Se量与产量呈负相关,这可能是Se引起的毒害作用所致。低Se浓度可提高总糖、胡萝卜素和粗纤维的含量;但Vc的含量随Se用量的提高而降低。同样,施Se不同程度提高胡萝卜中Ca、Mg、Fe、K矿质元素的含量,但P含量在高Se浓度时有所下降。综合分析以上各因素,在本试验条件下,既能增加胡萝卜有机硒含量,又有利于提高品质和不降低产量,保证食品安全,胡萝卜施硒量以不超过1.0 mg/kg为宜。

参考文献:

[1] Rotruck J T, Pope A L, Ganther H E *et al.* Selenium: Biochemical role as a component of glutathione peroxidase [J]. Science, 1973, 179: 588-590.

[2] 吴求亮,杨玉爱,谢正苗. 微量元素与生物健康[M]. 贵阳:贵州科技出版社,2000. 1-20.

Wu Q L, Yang Y A, Xie Z M. Microelements and organism health [M]. Guiyang: Guizhou Science and Technology Press, 2000. 1-20.

[3] 周勋波,吴海燕,洪延生,等. 作物施硒研究进展[J]. 中国科技导报,2002,4(6): 45-50.

Zhou X B, Wu H Y, Hong Y S *et al.* Progress on application of selenium to crop [J]. Review of China Agricultural Science and Technology, 2002, 4(6): 45-50.

[4] 杜振宇,史衍玺,王清华. 施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(3): 298-301.

Du Z Y, Shi Y X, Wang Q H. Effects of selenium application on the selenium absorption and transformation of eggplant and its qualities [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(3): 353-358.

[5] 杨兰芳,丁端兴. 叶面施硒对烤烟生化品质的影响[J]. 湖北农业科学,2000(11): 51-53.

Yang L F, Ding D X. Effect of selenium by leaves on biochemistry quality of tobacco [J]. Hubei Agric. Science, 2000(11): 51-53.

[6] 周文美. 硒对水稻生长、根系活性及籽粒形状的影响[J]. 贵州农业科学,1990(5): 29-32.

Zhou W M. Influence of selenium on growth and some physiologic activities in rice [J]. Guizhou Agricultural Science, 1990 (5): 29-32.

[7] 王永勤,曹家树,李建华. 施硒对大蒜产量和含硒量的影响[J]. 园艺学报,2001,28(5): 425-429.

Wang Y Q, Cao J S, Li J H. Effect of selenium on selenium content and yield of garlic [J]. Acta Horticulturae Sinica, 2001,28(5): 425-429.

[8] 尚庆茂,李平兰,高丽红. 水培生菜对硒的吸收和转化[J]. 园艺学报,1997,24(3): 255-258.

Shang Q M, Li P L, Gao L H. Selenium uptake and inversion by hydroponic lettuce [J]. Acta Horticulturae Sinica, 1997, 24(3): 255-258.

[9] 王昌全,李冰,周瑾,等. 硒硫配施对大蒜的营养效应研究[J]. 植物营养与肥料学报,2004,10(2): 206-211.

Wang C Q, Li B, Zhou J *et al.* Study of selenium-sulphur combined application on nutrition function of garlic [J]. Plant Nutrition and Fertilizer Science, 2004, 10(2): 206-211.

[10] 郑达贤,李日帮,王五一. 初论世界低硒带[J]. 环境科学学报,1982,2(3): 241-249.

- Zheng D X, Li R B, Wang W Y. Preliminary discussion on low selenium zone in world [J]. *Acta Scientiae Circumstantiae*, 1982, 2(3): 241-249.
- [11] 刘胜杰. 生物样品、水及土壤中痕量硒的荧光测定法[J]. *营养学报*, 1985, 7(2): 142-147.
- Liu S J. Fluorescent analysis of micro selenium on biological sample, water and soil [J]. *Acta Nutrition Sinica*, 1985, 7(2): 142-147.
- [12] 杜振宇, 史衍玺. 土壤施硒对萝卜吸收转化硒及品质的影响[J]. *土壤*, 2004, 36(1): 56-60.
- Du Z Y, Shi Y X. Effect of selenium application in soil on absorption and transformation of selenium in and quality of radish [J]. *Soils*, 2004, 36(1): 56-60.
- [13] Fleming G A. Selenium in Irish soil and plants [J]. *Soil Science*, 1962, 94: 28-35.
- [14] Brown T, Shrift A A. Selenium: Toxicity and tolerance in higher plants [J]. *Biol. Rev.*, 1982, 57: 59-84.
- [15] Arvy M P. Selenate and selenite uptake and translocation in bean plants (*Phaseolus vulgaris*) [J]. *J. Exp. Bot.*, 1993, 23: 279-291.
- [16] 田应兵, 陈芬, 熊明标. 黑麦草对硒的吸收、分配与累积[J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(1): 122-127.
- Tian Y B, Chen F, Xiong M B. Uptake, distribution and accumulation of selenium by ryegrass [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2005, 11(1): 122-127.
- [17] Zayed A, Lytle C M, Terry N. Accumulation and volatilization of different chemical species of selenium by plants [J]. *Planta*, 1998, 206: 284-292.
- [18] 施和平, 张英聚, 刘振声. 番茄对硒的吸收、分布和转化[J]. *植物学报*, 1993, 35(7): 541-546.
- Shi H P, Zhang Y J, Liu Z S. Adsorption, distribution and transformation of selenium by tomato [J]. *Acta Botany Sinica*, 1993, 35(7): 541-546.
- [19] 尚庆茂, 李式军. 高浓度硒对生菜的毒害效应[A]. 中国园艺学会首届青年学术研讨会论文集[C]. 北京: 农业出版社, 1994. 511-513.
- Shang Q M, Li S J. Toxicity effects of high concentration selenium on lettuce [A]. Theses of 1st youth workshop of Chinese horticulture association [C]. Beijing: Agricultural Press, 1994. 511-513.
- [20] 李登超, 朱祝军, 许志豪, 钱琼秋. 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.
- Li D C, Zhu Z J, Xu Z H, Qian Q Q. Effects of selenium on the growth and nutrient absorption of pakchoi [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2003, 9(3): 353-358.
- [21] 李彦, 罗胜国, 刘元英. 硒对番茄叶片中 GSH-Px 活性和其产量、品质的影响[J]. *山东农业科学*, 1999(6): 38-39.
- Li Y, Luo S G, Liu Y Y. Effect of selenium on GSH-Px activity in leaves of tomato, fruit yield and its quality [J]. *Shandong Agric. Science*, 1999(6): 38-39.