

叶面施硒对不同蔬菜硒富集和产量的影响

王晋民¹,赵之重^{1,2},段 冰¹

(1 青海大学农牧学院,青海 西宁 810003; 2 华南农业大学,广东 广州 510642)

[摘 要] 以青花菜、胡萝卜和大蒜为试材,叶面喷施不同质量浓度的 Na_2SeO_3 ,每种蔬菜均设 5 个 Na_2SeO_3 喷施水平,其质量浓度分别为 0.1~100 mg/L,0.5~500 mg/L 和 0.5~1 000 mg/L,蔬菜收获后测定其中全硒、有机硒和无机硒的含量及蔬菜产量。结果表明,叶面施硒可以显著提高各蔬菜中全硒、有机硒和无机硒的含量,有机硒转化率随硒质量浓度的提高而增加;3 种蔬菜均喷施质量浓度为 100 mg/L Na_2SeO_3 时,以青花菜有机硒富集最高,为对照的 135.7 倍;除在 Na_2SeO_3 质量浓度 ≤ 10 mg/L 时大蒜产量和 Na_2SeO_3 质量浓度为 0.1 mg/L 时青花菜产量有所增加外,其余 Na_2SeO_3 质量浓度均与各蔬菜产量呈负相关。综合分析认为,既有利于有机硒富集又不致产量降低的 Na_2SeO_3 叶面喷施浓度以不超过 0.5 mg/L 为宜。

[关键词] 硒;青花菜;胡萝卜;大蒜;硒含量;蔬菜产量

[中图分类号] S606⁺.2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2007)07-0103-04

Effect of selenium applications on the selenium accumulation and yield on several kinds of vegetables

WANG Jin-min¹, ZHAO Zhi-zhong^{1,2}, DUAN Bing¹

(1 College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810003, China;

2 South China Agriculture University, Guangzhou, Guangdong 510642, China)

Abstract : The experiment was carried out by spraying selenium (Na_2SeO_3) of difference quality concentration on the leaves of broccoli, carrot and garlic with in which five treatments with three ranges of quality concentration of 0.1 - 100 mg/L, 0.5 - 500 mg/L and 0.5 - 1 000 mg/L, respectively, were designed for every vegetable. The contents of total Se, organic Se and inorganic and yields of vegetable were analyzed after harvest. The results showed that blade application selenium can increase the content of total Se, organic Se and inorganic Se of tested vegetable. With the increasement of application rate of Se, the transformation rate of organic Se went up. The highest accumulation of organic Se was broccoli, which was 135.7 times of the control group, among three vegetable with 100 mg/L of Na_2SeO_3 . Se application decreased the kinds of vegetables yield compared with control group except Se concentration ≤ 10 mg/L on garlic and 0.1 mg/L on broccoli. Comprehensive analysis of the effects of Se application on the selenium accumulation and yield indicated that the appropriate application concentration of Se should not be more than 0.5 mg/L.

Key words : selenium (Na_2SeO_3); broccoli; carrot; garlic; Se content; vegetables yield

硒(Se)作为谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-RX)的组成部分,是动物机体不可缺少的微量元素之一^[1]。青海高原大部分地区土壤含硒量(0.1~0.15

mg/kg) 低于世界平均水平(0.2 mg/kg),全省 69.57%的地区属于低硒、缺硒和严重缺硒地区^[2]。植物是自然硒生态循环过程中的关键性中间环节,

* [收稿日期] 2006-06-12

[基金项目] 青海西宁市重点科技项目(2003-T-28)

[作者简介] 王晋民(1967-),女,山西永济人,副教授,主要从事蔬菜栽培、营养与施肥技术研究。

是人和动物摄入硒的直接来源^[3]。由于植物源有机态硒更安全、更有效,因此也是人和动物摄入硒的最有益途径。随着硒营养研究的不断深入,国内外已在多种作物上进行了施硒试验^[4-7]。本试验以在青海高原具有栽培优势的几种喜冷凉蔬菜为试材,研究叶面施硒对蔬菜硒富集和产量的影响,以期硒的科学利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

青花菜品种为“绿秀”,胡萝卜品种为“黑田五寸参”,大蒜品种为“乐都紫皮蒜”。硒源为亚硒酸钠(Na_2SeO_3),由天津四通化工厂生产,纯度 98 %。

1.2 试验方法

试验于 2003-05-09 在青海大学农牧学院农学系试验基地进行。试验地土壤含有有机质 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。各蔬菜品种均设 5 个 Na_2SeO_3 处理,以不喷施 Na_2SeO_3 为对照,详见表 1。

青花菜定植密度 35 cm×40 cm,胡萝卜定苗密度 15 cm×7 cm,大蒜播种密度 15 cm×15 cm。青花菜、胡萝卜、大蒜试验小区面积分别为 2.16,2.7 和 2.7 m²。随机区组排列,3 次重复。

青花菜自莲座期(10~11 片叶)开始施硒,每 2 周 1 次,生长期共施 3 次;胡萝卜和大蒜自苗长出 7~8 片叶开始施硒,生长期共施 2 次,间隔时间为 20 d。喷施时先将 Na_2SeO_3 用蒸馏水配成 1 000 倍母液,喷施前按需要质量浓度进行稀释,每小区均采用相应质量浓度的 Na_2SeO_3 溶液 1 L 于叶片正反两面均匀喷施。

播种定植前每小区按 4 kg/m² 腐熟猪粪和 0.037 5 kg/m² 磷酸二铵施入基肥,其他田间管理措施参照《蔬菜栽培学》^[8]中有关方法进行。

表 1 不同蔬菜叶面施硒(Na_2SeO_3)处理

Table 1 Treatment of Se application on different vegetables		mg/L				
处理 Treatment	CK					
青花菜 Broccoli	0	0.1	1.0	10	50	100
胡萝卜 Carrot	0	0.5	1.0	50	100	500
大蒜 Garlic	0	0.5	10	100	500	1 000

1.3 测定方法

硒的测定采用 2,3-二氨基萘荧光法^[9]。样品于 105 杀青 10~15 min,60 烘干,用不锈钢粉碎机粉碎备用。样品待测液的制备采用尚庆茂等^[5]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,重蒸水定容,测定样品全硒含量。有机硒 = 全硒 - 无机硒。有机硒转化率/ % = (有机硒/全硒) × 100 %。

产量为各小区产品器官的累计质量,再折合为

每公顷产量。

2 结果与分析

2.1 不同蔬菜对硒的吸收与转化

2.1.1 青花菜对硒的吸收与转化 由表 2 可知,不同硒处理均对青花菜中全硒、有机硒、无机硒含量有促进作用。青花菜全硒、无机硒和有机硒含量在各处理间均达极显著差异;当施硒质量浓度最高时,青花菜中全硒、无机硒和有机硒含量亦最高,分别是 CK 的 56.7,10.9 和 135.7 倍;并且在硒质量浓度为 0~50 mg/L 时,青花菜对有机硒的转化率与施硒量呈正相关,而超过 50 mg/L 时转化率下降。

表 2 施硒对青花菜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 2 Effect of selenium applications on the selenium content and transformation of broccoli				
施硒处理/ (mg · L ⁻¹) Treatment	全硒/ (μg · kg ⁻¹) Total selenium	无机硒/ (μg · kg ⁻¹) Inorganic Se	有机硒/ (μg · kg ⁻¹) Organic Se	转化率/ % Ratio of transformation
0(CK)	7.22 A	4.57 A	2.65 A	36.7 a A
0.1	21.97 B	5.49 A	16.48 B	75.0 b B
1.0	69.48 C	7.52 A	61.96 C	89.2 c C
10	98.59 D	9.47 B	89.12 C	90.4 d C
50	117.49 E	10.69 B	106.80 D	90.9 d C
100	409.50 F	49.79 C	359.71 E	87.8 e C

注:同列数据后标不同大、小写字母者分别表示极显著差异($P<0.01$)和显著差异($P<0.05$)。下表同。

Note: The capital letters and small letters in this table means significant at 1 % and 5 % level ,respectively. Same as follows.

2.1.2 胡萝卜对硒的吸收与转化 由表 3 可知,施硒处理的胡萝卜中各形态硒含量均高于 CK,并且随施硒质量浓度的增加而提高,其中全硒和有机硒含量的增加幅度较快。在施硒质量浓度最高(500 mg/L)时,胡萝卜中各形态硒含量亦最高,其中全硒、有机硒含量分别是 CK 的 15.9 和 26.6 倍;有机

硒转化率亦随施硒质量浓度的增加而明显提高,在 50 和 500 mg/L 施硒处理中,有机硒转化率分别是 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硒主要以有机硒的形态存在。

表 3 施硒对胡萝卜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 3 Effect of selenium applications on the selenium content and transformation of carrot				
施硒处理/(mg · L ⁻¹) Treatment	全硒/(μg · kg ⁻¹) Total selenium	无机硒/(μg · kg ⁻¹) Inorganic Se	有机硒/(μg · kg ⁻¹) Organic Se	转化率/% Ratio of transformation
0(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	107.30 D	8.75 C	98.55 B	91.8 C
100	107.90 D	9.28 C	98.62 B	91.4 C
500	187.97 E	12.21 D	175.75 C	93.5 C

2.1.3 大蒜对硒的吸收与转化 大蒜各形态硒的含量在各施硒处理中较 CK 均有较大幅度增加,其全硒、无机硒和有机硒含量均随施硒质量浓度的增加而提高(表 4)。大蒜中全硒含量在施硒质量浓度最高时为 CK 的 6.5 倍;各施硒处理无机硒含量较 CK 提高 25.8 % ~ 96.7 %,有机硒含量较 CK 提高

109.9 % ~ 677.9 %,且有机硒的增加最快,这在转化率上亦有所反映,即有机硒的转化率随施硒质量浓度的增加而提高,最高达 93.8 %。由此可见,大蒜中全硒和有机硒的积累远大于无机硒,其对硒有较强的吸收和转化能力。

表 4 施硒对大蒜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 4 Effect of selenium applications on the selenium content and transformation of garlic				
施硒处理/(mg · L ⁻¹) Treatment	全硒/(μg · kg ⁻¹) Total selenium	无机硒/(μg · kg ⁻¹) Inorganic Se	有机硒/(μg · kg ⁻¹) Organic Se	转化率/% Ratio of transformation
0(CK)	29.0 aA	6.6 aA	22.5 aA	77.6 a
0.5	55.4 bB	8.3 bB	47.2 bA	85.2 b
10	91.5 cC	9.5 cB	82.0 cB	89.6 b
100	104.0 dD	10.6 dC	93.3 dC	89.7 b
500	179.5 eE	11.1 eC	168.4 eD	93.8 c
1 000	187.7 fF	13.0 fD	174.7 fE	93.1 c

2.2 硒对蔬菜产量的影响

2.2.1 对青花菜产量的影响 由表 5 可知,施硒在一定程度上降低了青花菜的产量。在所有施硒处理中,仅在施硒质量浓度为 0.1 mg/L 时,青花菜产量较 CK 有所增加,增产 601.9 kg/hm²,其余硒处理下青花菜产量均低于 CK,但各处理间产量差异不显著。本试验田间观察发现,在质量浓度为 50 和 100 mg/L 的施硒处理中,青花菜株高变矮,叶片和叶球变小,可能是硒过量导致的毒害作用所致。

2.2.2 对胡萝卜产量的影响 由表 6 可知,胡萝卜产量随施硒质量浓度的增加表现为递减趋势,较 CK 减产 3.19 % ~ 14.27 %。因此,施硒对胡萝卜产量的形成有抑制作用,且与硒质量浓度的增加呈负效应,在施硒质量浓度最高(500 mg/L)时产量最低。同时观察胡萝卜田间的生长状况发现,随施硒质量浓度增加,叶片出现叶缘焦黄、新叶生长缓慢等

现象,在最高施硒质量浓度下该状况最为严重,这与产量表现较为一致。

2.2.3 对大蒜产量的影响 由表 7 可知,在施硒质量浓度为 0.5 和 10 mg/L 时,大蒜产量分别较对照提高 4.2 %和 11.5 %,以后随施硒质量浓度的增加产量下降,并在施硒质量浓度为 1 000 mg/kg 时降至最低;但各硒处理间产量差异未达显著水平。

表 5 施硒对青花菜产量的影响

Table 5 Effect of selenium applications on yield of broccoli			
施硒处理/(mg · L ⁻¹) Treatment	小区产量/kg Plot	产量/(kg · hm ⁻²) Yield	增产率/% Increase rate
0(CK)	5.94	27 500.0 a	0
0.1	6.07	28 101.9 a	2.19
1.0	5.61	25 972.2 a	- 5.56
10	4.17	19 305.6 a	- 29.80
50	4.95	22 916.7 a	- 16.67
100	5.49	25 416.7 a	- 7.58

表 6 施硒对胡萝卜产量的影响

Table 6 Effect of selenium applications on yield of carrot

施硒处理/ (mg · L ⁻¹) Treatment	小区产量/ kg Pot	产量/ (kg · hm ⁻²) Yield	增产率/ % Increase rate
0(CK)	10.69	106 865 a	0
0.5	10.23	102 775 a	- 3.82
1.0	10.01	100 125 a	- 6.30
50	10.26	102 565 a	- 3.74
100	10.34	103 455 a	- 3.19
500	9.16	91 615 a	- 14.27

表 7 施硒对大蒜产量的影响

Table 7 Effect of selenium applications on yield of garlic

施硒处理/ (mg · L ⁻¹) Treatment	小区产量/ kg Plot	产量/ (kg · hm ⁻²) Yield	增产率/ % Increase rate
0(CK)	1.75	6 464.3 a	0
0.5	1.82	6 737.8 a	4.2
10	1.95	7 207.0 a	11.5
100	1.67	6 174.1 a	- 4.5
500	1.51	5 587.8 a	- 13.6
1 000	1.50	5 568.5 a	- 13.9

可见,适量施硒能够增加大蒜产量,过量则会对大蒜产量形成抑制作用。导致减产的原因可能是过量硒导致的毒害作用。

3 结论与讨论

作物对硒的吸收转化以及硒对作物生长发育的影响,因作物不同而存在差异^[3]。在本试验中,3 种蔬菜对有机硒的富集程度依次为青花菜>胡萝卜>大蒜,这可能与蔬菜种类和施硒方式有关。因为从作物种类上来说,十字花科、百合科和豆科作物比菊科、禾本科和伞形科植物更能耐高浓度的硒^[10]。而叶面吸收养分的效果与叶面积大小有密切关系^[11]。本试验中蔬菜叶面积大小依次为青花菜>胡萝卜>大蒜,这种叶面积的差异可能是引起硒富集程度不同的因素之一。同时,硒在植株中的运转及分配亦取决于植物吸收硒的形态,如在土壤施硒过程中,豆类植物根系吸收的硒酸盐在 3 h 内有 50 %运到植株,而吸收的亚硒酸盐则大部分留在根部,只有小部分运到植株^[12]。因此可以推断,叶面喷施亚硒酸盐后,植株叶片首先对其进行吸收转化,随后在产品器官形成期与其他养分一起不断从叶片向叶球、肉质根部和鳞茎等器官运转,最终使大部分硒以有机硒形态积累于产品器官。而不同蔬菜对硒转化的差异机理,与蔬菜的所属种类有关,这方面尚待进一步研究。

硒对植物的效应受剂量影响,适量硒可以促进植株生长、增加产量,但过量硒则抑制其生长并产生毒害作用^[3]。王永勤等^[7]在大蒜上的研究表明,适

量的硒能促进大蒜的生长发育,从而提高产量;过量的硒对大蒜生长发育有一定的抑制作用。本试验硒对蔬菜产量影响的研究表明,除青花菜、大蒜分别在施硒质量浓度 0.1 mg/L 和 ≤10 mg/L 时产量略有增加外,其余浓度下均不同程度减产;而胡萝卜产量在各硒处理水平下均表现为下降。由此推断,本试验所设的硒质量浓度可能对蔬菜产生了毒害作用,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,因此产量表现为不断降低趋势。同时通过田间观察发现,随施硒质量浓度提高,蔬菜叶片逐渐表现出硒毒害症状,如叶缘焦黄、叶片细弱、展开度变小等,并且随硒质量浓度增加症状渐重,这与产量的变化特点相符。

因此,叶面施硒可以显著提高青花菜、胡萝卜和大蒜的全硒、有机硒和无机硒的含量,并且有机硒转化率随施硒质量浓度的提高而增加;可初步断定,既有利于有机硒富集又不致产量降低的亚硒酸钠叶面喷施质量浓度,以不超过 0.5 mg/L 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(5): 88-90.

[2] 柬生庚,袁建生,阎海珠,等. 青海省人群和环境硒水平分布的调查研究[J]. 中华预防医学杂志, 1996, 30(4): 217-220.

[3] 周勋波,吴海燕,洪延生,等. 作物施硒研究进展[J]. 中国农业科技导报, 2002, 4(6): 45-48.

[4] 段咏新,傅庭治,傅家瑞. 硒在大蒜体内的生物富集及其抗氧化作用[J]. 园艺学报, 1997, 24(4): 343-347.

[5] 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.

[6] Zayed A M, Terry N. Selenium volatilization in roots and shoots: effects of shoot removal and sulfate level [J]. J Plant physiol, 1994, 143: 8-14.

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

[8] 张振贤,喻景权,于贤昌,等. 蔬菜栽培学[M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2003.

[9] 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.

[10] Fleming G A. Selenium in Irish soil and plants[J]. Soil Science, 1962, 94: 28-35.

[11] 浙江农业大学. 植物营养与肥料[M]. 北京: 中国农业出版社, 1991.

[12] Arvy M P. Selenate and Selenite uptake and translocation in bean plants(*Phaseolus Vulgaris*) [J]. J Exp Bot, 1993, 23: 279-291.