

叶面施硒对青花菜含硒量及产量与品质的影响

王晋民, 赵之重, 沈增基

(青海大学 农牧学院 农学系, 青海 西宁 810003)

[摘要] 采用不同浓度的 Na_2SeO_3 进行青花菜叶面喷施田间试验, 研究青花菜对硒的吸收、转化特点, 以及硒对青花菜产量、品质等的影响。结果表明, 叶面施硒可显著提高青花菜的含硒量; 青花菜总硒、有机硒、无机硒含量与施硒浓度呈正相关, 同时随施硒量的增加, 青花菜中有机硒的转化率不断提高, 但至最高浓度 (100 mg/kg) 时转化率又有所降低。除硒浓度为 0.1 mg/kg 外, 硒浓度对青花菜产量均呈负效应; 另外, 低浓度硒使青花菜中维生素 C 含量有所增加, 并且一定硒浓度可提高青花菜的部分矿物质营养水平。综合各因素, 青花菜施硒量以不超过 1.0 mg/kg 为宜。

[关键词] 青花菜; 叶面施硒; 含硒量; 产量; 品质

[中图分类号] S635.06+2

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2006)03-0127-04

青花菜 (*B. oleracea* L. var. *italica* Planch) 属十字花科甘蓝属作物, 性喜冷凉, 在青海省有大面积种植。硒 (Se 78.9) 是人和动物必需的微量元素, 具有多种生物学功能, 硒缺乏或过量均会导致动物机体产生疾病^[1]。事实上, 在全球范围内因硒含量过高而引起的硒中毒疾病极少, 而因硒不足所导致的人畜缺硒疾病较多^[2]。有研究^[3]表明, 青海高原属低硒区域。由于植物源有机态硒较无机硒对人体更安全有效^[4], 所以通过对作物施硒使无机硒转化为有机硒, 对改善缺硒地区食物链的硒营养水平具有广阔的应用前景。近年关于白菜、烟草、生菜等作物对硒的吸收、转化特征已有报道^[5-7], 但未见硒在青花菜上的应用研究。本试验通过叶面施硒的方法, 探讨了青花菜对硒的吸收和转化特性, 以及硒对青花菜产量和品质的影响, 以为硒的合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试青花菜品种为绿秀; 硒源为亚硒酸钠 (Na_2SeO_3 , 98%), 由天津四通化工厂生产。

1.2 试验设计

试验于 2003-05~09 在青海大学农牧学院农学系试验基地进行。试验地土壤有机质含量 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。

青花菜于 2003-05-15 播种育苗, 06-27 定植, 08-12 开始陆续采收。播种前各处理均施入 40 000 kg/hm² 腐熟猪粪和 375 kg/hm² 磷酸二铵作基肥, 生长期共追肥 2 次, 即在莲座期追施尿素 450 kg/hm², 现蕾期追施磷酸二铵 375 kg/hm², 其他田间管理措施同大田。

试验为单因素六水平随机区组设计, Na_2SeO_3 共设 6 个水平: 0 (CK), 0.1, 1.0, 10, 50 和 100 mg/kg, 每水平重复 3 次。自青花菜莲座期叶面喷施硒, 每 2 周 1 次, 共施 3 次。小区面积 2.16 m², 株行距 35 cm×40 cm。

1.3 测定项目与方法

青花菜样品待测液处理采用尚庆茂等^[7]的方法。取 1 g 青花菜干样加 20 mL 4 mol/L HCl, 在 170 °C 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 青花菜干样加 7 mL 混合消化液 (5 mL HNO_3 + 2 mL HClO_4), 180~200 °C 消化 2 h, 冷却后再加 10 mL 4 mol/L HCl 还原 10 min, 重蒸水定容, 测定样品中总硒含量。无机硒含量采用 2,3-二氨基萘荧光法^[8]测定。维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定; 总糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸法测定; 粗纤维含量采用酸碱乙醚洗涤法测定; 胡萝卜素含量采用有机提取比色法测定; Fe 含量采用 2,6-二硝基酚比色法测定; Ca, Mg 和 K 含量采用火焰光度计法测定。

[收稿日期] 2005-07-21

[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。

产量为各小区主花球、侧花球的累计重量,再折合为每公顷产量。

有机硒=总硒-无机硒;有机硒转化率/%=有机硒/总硒 $\times 100\%$ 。

2 结果与分析

2.1 青花菜对硒的吸收与转化

叶面施硒试验结果(表 1)表明,不同施硒水平

表 1 施硒对青花菜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 1 Analysis of the form and transformation of Selenium in broccoli

施硒处理/(mg $\cdot$ kg $^{-1}$) Treatment	总硒/(μ g $\cdot$ kg $^{-1}$) Total selenium	有机硒/(μ g $\cdot$ kg $^{-1}$) Organic Se	无机硒/(μ g $\cdot$ kg $^{-1}$) Inorganic Se	转化率/% Ratio of transformation
0(CK)	7.22 A	2.65 A	4.57 A	36.7 aA
0.1	21.97 B	16.48 B	5.49 A	75.0 bB
1.0	69.48 C	61.96 C	7.52 A	89.2 cC
10	98.59 D	89.12 C	9.47 B	90.4 dC
50	117.49 E	106.8 D	10.60 B	90.9 dC
100	409.50 F	359.71 E	13.79 C	87.8 eC

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

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

2.2 硒对青花菜产量的影响

由表 2 可知,施硒在一定程度上降低了青花菜的产量。在所有处理中,仅施硒水平为 0.1 mg/kg 时产量较对照有所增加,增产 601.9 kg/hm 2 ,但未达显著水平,其余处理产量均低于对照。

表 2 施硒对青花菜产量的影响

Table 2 Effect of selenium on yield of broccoli

施硒处理/(mg $\cdot$ kg $^{-1}$) Treatment	小区产量/kg Yield/plot	折合产量/(kg $\cdot$ 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 b	-29.80
50	4.95	22 916.7 a	-16.67
100	5.49	25 416.7 a	-7.58

均使青花菜中总硒、有机硒、无机硒含量增加,并且青花菜中总硒含量各处理间达极显著差异($P<0.01$);当硒浓度最高(100 mg/kg)时,其总硒、有机硒、无机硒含量亦最高,分别是对照的 56.7、135.7 和 3.0 倍,并且硒浓度在 0~50 mg/kg 时,有机硒转化率与施硒量呈正相关,而超过 50 mg/kg 时转化率下降。

2.3 硒对青花菜品质的影响

2.3.1 硒对青花菜营养品质的影响 蔬菜中维生素 C、胡萝卜素、总糖和粗纤维素含量的高低,是衡量产品质量高低的重要指标。由表 3 可知,当施硒浓度 ≥ 10 mg/kg 时,青花菜中 Vc 含量逐渐降低。与对照比较说明,低浓度硒可促进维生素 C 的合成,而高浓度硒不利于维生素 C 的积累。总糖和胡萝卜素含量除分别在施硒水平为 100 和 50 mg/kg 时较对照有所增加外,在其他施硒处理中则较对照有不同程度降低。粗纤维素含量在施硒水平为 0.1 和 100 mg/kg 时分别较对照增加 24.3 %和 21.8 %,且差异显著($P<0.05$)。

表 3 施硒对青花菜营养品质的影响

Table 3 Effect of Selenium on nutrition quality of broccoli

施硒处理/(mg $\cdot$ kg $^{-1}$) Treatment	Vc/(mg $\cdot$ kg $^{-1}$)	总糖/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Total-saccharid	胡萝卜素/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Carotene	粗纤维素/(g $\cdot$ kg $^{-1}$) Oarse-fibre
0(CK)	65.8 a	92.6 a	22.7 A	361.2 a
0.1	78.4 b	89.0 a	10.0 B	448.8 b
1.0	73.2 b	89.7 a	6.0 C	358.1 a
10	67.4 a	87.8 a	10.6 B	299.2 a
50	61.0 a	90.0 a	25.4 A	365.4 a
100	56.1 a	92.9 a	10.5 B	439.8 b

2.3.2 硒对青花菜中 Ca、Mg、Fe 和 K 吸收的影响

由表 4 可知,施硒 1.0 mg/kg 时,青花菜中 Ca 含量高于对照,增率为 7.50 %,其余施硒水平下 Ca 含量均低于对照;青花菜中 Mg 含量仅在施硒水平

为 100 mg/kg 时较对照高,其余均低于对照,降幅为 4.88 %~14.63 %;青花菜中 Fe 含量除在施硒水平为 0.1 mg/kg 时低于对照外,在其他施硒水平下 Fe 含量与硒浓度呈正效应,并在施硒水平为 1.0

mg/kg 时达最高;青花菜中 K 含量在施硒水平为 1.0 mg/kg 时较对照降低 10.2%,而在其他硒水平下均增加。由此表明,一定的硒浓度可以增加青花菜中矿物质营养水平。

表4 施硒对青花菜中 Ca, Mg, K 和 Fe 含量的影响

Table 4 Effect of Selenium on mineral nutrition of broccoli

mg/kg

施 Se 处理/(mg · kg ⁻¹) Treatment	Ca	Mg	Fe	K
0(CK)	2 287.0 a	1 106.0 a	7.8 a	6 868.0 a
0.1	2 258.0 a	944.0 a	7.4 a	7 106.0 a
1.0	2 459.0 a	863.0 a	8.4 a	6 157.0 a
10	2 028.0 a	998.0 a	8.3 a	7 008.0 a
50	2 028.0 a	1 052.0 a	8.4 a	7 106.0 a
100	2 258.0 a	1 133.0 a	7.8 a	7 309.0 a

3 结论与讨论

(1)叶面施硒可增加青花菜中总硒、有机硒和无机硒含量,且随施硒浓度的增加,青花菜中各种硒含量也相应增加;同时有机硒转化率明显提高,但在较高浓度时,转化率增加渐缓。说明叶面喷施一定浓度的硒,可有效提高青花菜中各种硒含量,尤以有机硒含量的增加最为突出,因此青花菜所吸收的硒主要以有机硒的形态存在。本试验中总硒含量的变化与杜振宇等^[9]在萝卜上的研究结果一致,即随着施硒量的增加,蔬菜中全硒含量亦提高;但有机硒含量和转化率与其结果有所不同,这可能与蔬菜种类及其遗传基因型有关。Fleming^[10]研究表明,十字花科、百合科和豆科作物较菊科、禾本科和伞形科植物更能耐高浓度的硒。而不同作物对硒转化的差异机理尚待进一步研究。

(2)青花菜产量除在施硒水平为 0.1 mg/kg 时较对照有所提高外,在其余浓度均较对照有所下降。本结论与王永勤等^[11]在大蒜上的研究结果一致,即适量的硒能促进作物生长发育,从而提高产量,而过量的硒对作物生长发育有一定的抑制作用。本试验田间观察也发现,在施硒水平为 50 和 100 mg/kg 时,青花菜株高变矮、叶片变小,并且随硒浓度增加症状渐重,与产量的变化特点相符,这可能是硒过量所致的毒害作用。因此可初步断定,既能增加青花菜产量,又可提高其有机硒含量的硒浓度应该在 1.0 mg/kg 以下。但具体适宜施硒量的确定,还需在此

试验基础上做进一步的研究。

(3)在低硒水平(0.1, 1.0 mg/kg)时,青花菜中维生素 C 含量有所提高,这与他人的研究结果相似。如李彦等^[12]研究表明,番茄土壤施入一定量的硒,能够提高番茄果实中 Vc 含量。叶面施硒对青花菜中总糖含量未表现出明显的促进作用,这与杨兰芳等^[6]提出的叶面喷施低浓度硒,可以提高烤烟烟叶中总糖含量的结果不同。在施硒量为 50 mg/kg 时,青花菜中胡萝卜素含量明显提高,在其余浓度均降低。叶面施硒后青花菜中粗纤维素含量分别在最低(0.1 mg/kg)和最高(100 mg/kg)硒水平有增加。而关于施硒对胡萝卜素和粗纤维素含量的影响,目前还未见到在其他作物上的研究报道。以上品质因子作为衡量蔬菜营养高低的重要指标,对其进行研究非常必要,因此尚需进一步探讨,以解释施硒对其的影响规律和机理。

(4)叶面喷施一定浓度的硒,可促进青花菜对 Ca、Mg、Fe 和 K 等元素的吸收,但使各元素含量增加的硒浓度有所不同。其机理可能是不同浓度 SeO_3^{2-} 对 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 Fe^{2+} 、 K^+ 等阳离子吸收的促进作用不同。有研究^[9]表明,无机硒在植物体内的代谢是沿着 S 代谢途径进行的,而不同浓度 SO_4^{2-} 能够促进植物对不同阳离子的吸收,同样 SeO_3^{2-} 亦应有这样的作用。

综上所述,以青花菜为有机硒载体,改善硒营养水平的适宜施硒量以浓度不超过 1.0 mg/kg 为宜。

[参考文献]

- [1] 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.
- [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.
- [3] 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.
- [4] Rosenfeld R S. Selenium, Geobotany Biochemistry Toxicity and Nutrition[M]. New York and London: Academic Press, 1964: 223-227.

- [5] 李登超,朱祝军,许志豪,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.
- [6] 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.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] Fleming G A. Selenium in irish soil and plants[J]. Soil Science, 1962, 94: 28-35.
- [11] 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.
- [12] 李彦,罗胜国,刘元英. 硒对番茄叶片中 GSH-Px 活性及其产量、品质的影响[J]. 山东农业科学, 1999(6): 38-39.

Effect of selenium on content of selenium, yield and quality of broccoli

WANG Jin-min, ZHAO Zhi-zhong, SHEN Zeng-ji

(Department of Agriculture, College of Agriculture and Animal Husbandry, Qinghai University, Xining, Qinghai 810003, China)

Abstract: Selenium is indispensable to human being and domestic animals and it's important component of GSH-Px. The 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 a region short of Se. Through fertilizing selenium, it can convert inorganic selenium into a reliable, effective organic selenium and eventually enter food chain, which is an effective method to improve deficiency selenium state of human being and domestic animals. This field experiment spraying selenium on the leaves of broccoli examined the effect of Se on Se uptake and transform of broccoli, and on broccolis yield and quality. This experiment consisted of 6 treatments: 0(CK), 0.1, 1.0, 10, 50, 100 mg/kg of Se as NaSeO₃. The results showed that applying selenium of different concentrations on leaves of broccoli increased the content of selenium of broccoli significantly. Total selenium, organic selenium and inorganic selenium had a positive correlation with selenium concentrations applied. And with the increase of the dosage of selenium, the rate of transformation of organic selenium rose constantly. It also indicated that selenium in exterior application on leaves of broccoli on selenium transformation, increased the content of vitamin C and coarse fibre of broccoli, but decreased the yield. Consideration of human health has shown that the dosage of selenium under 1.0 mg/kg is reasonable.

Key words: broccoli; spraying selenium on the leaves; Selenium content; yield; quality