

施硒对茄子吸收转化硒和品质的影响

杜振宇¹, 史衍玺^{1*}, 王清华²

(1 山东农业大学资源与环境学院, 山东泰安 271018; 2 山东省林业科学研究院, 山东济南 250014)

摘要: 盆栽试验结果表明, 土壤施硒(0.15、0.60、3.00 mg/kg)条件下, 茄子的含硒量随施硒量的增加而显著增加。当施硒量为 0.60 和 3.00 mg/kg 时, 茄子无机硒转化成有机硒的比率下降, 显著提高了茄子粗蛋白、粗脂肪和还原糖含量, 增加了茄子的必需氨基酸总量, 改善了茄子的品质。土壤施硒显著增加了茄子蛋氨酸、胱氨酸和丝氨酸的含量, 但谷氨酸和脯氨酸的含量显著降低。

关键词: 硒; 茄子; 吸收; 转化; 品质

中图分类号: S641.106 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008-505X(2004)03-0298-04

Effects of selenium application on the selenium absorption and transformation of eggplant and its qualities

DU Zhen-yu¹, SHI Yan-xi¹, WANG Qing-hua²

(1 Shandong Agric. Univ., Taian 271018, China; 2 Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014, China)

Abstract: An pot experiment was carried out to study the effects of applying selenium(Se) with different three concentrations(0.15, 0.60, 3.00 mg/kg) on the Se absorption, transformation of eggplant (*Solanum melongena* L.) and its qualities. The results showed that Se content in eggplant was significantly increased with the increase of the selenium concentration. Application of Se 0.6 and 3.0 mg/kg depressed the transformation of inorganic Se to organic Se, however, the contents of crude protein, crude fat, reducing sugar and total essential amino acids in eggplant were significantly enhanced. The contents of Met, Cys and Ser in eggplant were increased by Se application, and the contents of Glu and Pro were decreased.

Key words: selenium; eggplant; absorption; transformation; quality

研究表明, 缺硒可导致人、畜产生多种疾病^[1-2]。我国大约有 72% 的县处于缺硒或严重缺硒^[3]。在缺硒地区, 通过施硒提高饲料及粮食作物的硒含量, 是防治硒缺乏的有效措施。

目前, 蔬菜在广大城乡居民膳食中占有较大比重, 通过对蔬菜施硒可以使无机硒经蔬菜吸收后转化为有机硒, 提高硒的生物活性, 易于被人体吸收利用。因此, 研究蔬菜对硒的吸收转化特性有重要的意义。然而, 目前这方面的研究仅有少量报道^[4-6]。本试验以茄子 (*Solanum melongena* L.) 为对象, 研究了茄子对硒的吸收和转化特征以及外源硒对茄子品质的影响, 为开发富硒蔬菜提供依据。

1 材料与方法

试验于山东农业大学资源与环境学院试验网室内进行。供试土壤取自泰安市郊区的棕壤, 质地轻壤。土壤基本理化性质为: pH 值 6.8, 有机质含量 9.1g/kg, 碱解 N 58.84 mg/kg, 速效 P(P₂O₅) 13.46 mg/kg, 速效 K(K₂O) 80.45 mg/kg, 总 Se 0.183 mg/kg; 供试茄子品种为长茄一号。

试验设 3 个施硒处理, 施用量分别为 Se 0.15、0.60、3.00 mg/kg, 以不施 Se(0) 作对照, 3 次重复。土壤过 2mm 筛, 混匀后以 12 kg/pot 装入 25cm ×

收稿日期: 2003-04-05 修改稿收到日期: 2003-07-15

基金项目: 山东省科技发展计划项目(971020603)资助。

作者简介: 杜振宇(1973—), 男, 山东枣庄人, 工程师, 在职博士研究生, 主要从事植物营养研究。* 通讯作者

30cm 陶瓷盆中。每盆施入 NH_4NO_3 5.3g, KH_2PO_4 2.4g 作底肥,茄子幼苗于 5 月 28 日定植,每盆一株。生长进入开花期时,将亚硒酸钠以溶液形式均匀施入土中(7 月 5 日),待茄子结实后,于 9 月 5 日收获果实,茄子采收后 80℃ 烘干至恒重,干样分析。

茄子样品含 Se 量的测定:采用尚庆茂等^[6]的方法进行。取 1g 干样加 20mL 4mol/L 的 HCl,在 170℃ 下回流反应 20min,冷却后取上清液,测定样品中无机硒含量。取 0.5g 干样加 7mL 混合消化液(5mL HNO_3 + 2mL HClO_4),180~200℃ 消化 2 h,冷却后再加 10mL 4mol/L 的 HCl 还原 10 min,重蒸水定容,测定样品总 Se 含量。Se 的测定采用 2,3-二氨基萘荧光法^[7]。

粗蛋白质采用凯氏定氮法测定;氨基酸用日立 835-50 型氨基酸分析仪测定;粗脂肪用索氏提取法测定;还原糖用蒽酮比色法测定。

2 结果与讨论

2.1 土壤施硒条件下茄子果实对硒的累积及其转化特征

2.1.1 施硒量与茄子含硒量的关系 不同土壤施硒量对茄子含硒量有较大影响,处理间差异达极显著水平。土壤施用 Se 0.15、0.60、3.00 mg/kg 时,茄子含 Se 量分别比对照提高了 0.96、4.88 和 41.92 倍(图 1)。

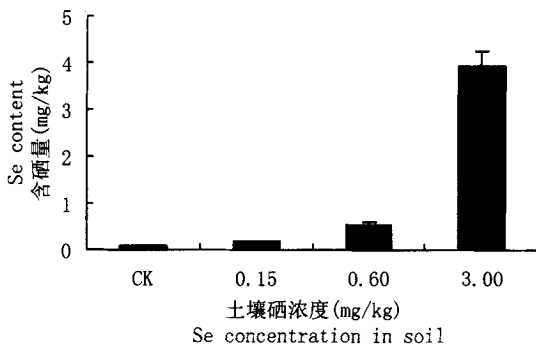


图 1 土壤施硒对茄子含硒量的影响

Fig. 1 Effect of Se application on Se content of eggplant

2.1.2 茄子对硒的转化 由表 1 可知,土壤施硒条件下,茄子具有将根系吸收的无机态硒通过自身的生化作用在体内高效率转化为有机硒的能力,在施用量为 Se 0.15、0.60、3.00 mg/kg 3 个水平下,有机硒含量分别为 0.146、0.376、1.946 mg/kg,比对照增加了 0.97、4.08 和 25.30 倍,但转化效率却随着土壤施硒量的增加而降低;在未施硒时,茄子体内

的有机硒占总硒的比例为 81%,而在施 Se 3.00 mg/kg 时却只有 49%,因此在生产富硒茄子时,不应只考虑其总硒量,也应综合考虑到有机硒转化率,以提高富硒茄子的品质。

表 1 茄子中有机硒的转化率

施硒量 Se rate (mg/kg)	总硒 Total Se (mg/kg)	有机硒 Organic Se (mg/kg)	转化率 Transformation rate (%)
0	0.092 ± 0.013	0.074 ± 0.012	81
0.15	0.180 ± 0.012	0.146 ± 0.015	81
0.60	0.541 ± 0.077	0.376 ± 0.046	70
3.00	3.949 ± 0.322	1.946 ± 0.132	49

2.2 土壤施硒对茄子品质的影响

2.2.1 施硒对茄子粗蛋白、粗脂肪和还原糖含量的影响 表 2 结果表明,施 Se 0.60 和 3.00 mg/kg 时显著增加了茄子粗蛋白、粗脂肪和还原糖含量,说明适量施硒提高了茄子的品质;而在施用量为 Se 0.15 mg/kg 时却明显降低了茄子粗脂肪和还原糖的含量,粗蛋白含量也有所下降。

表 2 外源硒对茄子粗蛋白(CP)、粗脂肪(CF)、还原糖(RS)含量的影响

施硒量 Se rate (mg/kg)	CP	CF	RS
0	9.00 ± 0.21 b	3.99 ± 0.21 c	10.12 ± 0.10 b
0.15	8.75 ± 0.26 b	3.14 ± 0.26 d	6.86 ± 0.66 c
0.60	10.56 ± 0.73 a	4.48 ± 0.23 b	11.60 ± 0.76 a
3.00	10.94 ± 0.63 a	7.09 ± 0.63 a	11.96 ± 0.30 a

注:同一列中字母不同表示差异显著($P < 0.05$, LSD 检验)。

Note: Different letters within the same column means significantly at $P < 0.05$ level by LSD test.

2.2.2 施硒对茄子氨基酸含量的影响 由表 3 可以看出,在施 Se 0.60 和 3.00 mg/kg 时,明显增加了茄子的必需氨基酸总量,分别较对照提高了 0.58 和 0.36 个百分点,而对氨基酸总量没有明显的影响。在施用量 Se 0.15 mg/kg 时,茄子的氨基酸总量、必需氨基酸总量和非必需氨基酸总量较对照均有所降低。在必需氨基酸中,土壤施硒显著增加了蛋氨酸的含量;在非必需氨基酸中,施硒显著增加了丝氨

酸和胱氨酸的含量,却降低了谷氨酸和脯氨酸的含量。

氨基酸中蛋氨酸和胱氨酸是含硫氨基酸,与硒在植物体内的代谢密切相关。许多情况下,无机硒在植物体内的代谢是沿着硫代谢途径进行的^[8],合成硒代胱氨酸和硒代蛋氨酸,因此施硒条件下应当能提高蛋氨酸和胱氨酸的含量。试验结果表明,在

施 Se 0.15 mg/kg时,蛋氨酸和胱氨酸含量分别比对照增加了0.23和0.06个百分点;施 Se 0.60 mg/kg时分别增加了0.7和0.22个百分点;当施 Se 3.00 mg/kg时分别增加了0.46和0.29个百分点。在较高施硒量下,蛋氨酸和胱氨酸提高的幅度相对较大(表3)。

表3 土壤施硒下茄子氨基酸含量的变化(%)

Table 3 Effect of applying Se on the content of amino acid in eggplant

氨基酸 Amino acid	施硒量 Se rate (mg/kg)			
	0	0.15	0.60	3.00
缬氨酸 Val	0.57±0.05 a	0.54±0.06 a	0.54±0.05 a	0.51±0.07 a
苏氨酸 Thr	0.30±0.02 a	0.35±0.09 a	0.28±0.01 a	0.32±0.06 a
蛋氨酸 Met	0.11±0.03 d	0.34±0.03 c	0.81±0.15 a	0.57±0.14 b
异亮氨酸 Ile	0.43±0.06 a	0.38±0.03 a	0.42±0.03 a	0.40±0.08 a
亮氨酸 Leu	0.64±0.06 a	0.61±0.05 a	0.64±0.05 a	0.68±0.08 a
苯丙氨酸 Phe	0.36±0.03 ab	0.39±0.05 a	0.36±0.02 ab	0.32±0.03 b
赖氨酸 Lys	0.45±0.03 a	0.36±0.04 b	0.39±0.04 ab	0.42±0.05 ab
必需氨基酸总量 Essential amino acids	2.86±0.28 a	2.97±0.35 a	3.44±0.35 a	3.22±0.51 a
天冬氨酸 Asp	1.16±0.08 a	0.97±0.05 b	1.02±0.09 b	1.05±0.07 ab
丝氨酸 Ser	0.30±0.04 c	0.37±0.02 b	0.36±0.02 b	0.51±0.04 a
谷氨酸 Glu	2.02±0.04 a	1.25±0.06 d	1.84±0.05 b	1.67±0.14 c
甘氨酸 Gly	0.48±0.09 a	0.43±0.03 a	0.46±0.06 a	0.43±0.02 a
丙氨酸 Ala	0.42±0.02 a	0.38±0.07 a	0.41±0.04 a	0.38±0.04 a
胱氨酸 Cys	0.12±0.02 d	0.18±0.02 c	0.34±0.05 b	0.41±0.02 a
酪氨酸 Tyr	0.34±0.09 a	0.32±0.02 a	0.31±0.03 a	0.32±0.05 a
组氨酸 His	0.20±0.02 a	0.18±0.02 a	0.20±0.01 a	0.21±0.05 a
精氨酸 Arg	0.82±0.03 a	0.57±0.02 a	0.75±0.06 a	0.73±0.06 a
脯氨酸 Pro	0.61±0.05 a	0.46±0.03 b	0.48±0.06 b	0.48±0.03 b
非必需氨基酸总量 Nonessential amino acids	6.47±0.48 a	5.11±0.34 b	6.17±0.47 a	6.19±0.52 a
氨基酸总量 Total amino acids	9.33±0.76 a	8.08±0.69 a	9.61±0.82 a	9.41±1.03 a

注:同一行中字母不同表示差异显著(P<0.05, LSD 检验)。

Note: Different letters within the same row means significantly at P<0.05 level by LSD test.

3 讨论

本试验结果表明,茄子的含硒量随施硒量的增加而显著增加,说明在茄子开花期采用土壤施硒的方式生产富硒茄子是可行的。由于有机硒的生物活性强,易于人体吸收利用^[9],因此还应考虑茄子的有机硒转化率。多数研究表明,施硒会降低蔬菜无机硒转化为有机硒的比率。王永勤等^[4]在大蒜上的研究表明,随土壤施硒量的增加,有机硒的转化率逐渐下降;溶液培养生菜有机硒的转化效率随着营养液中硒浓度的升高而降低,未加硒时有机硒占全硒的比例是91.3%,而在硒0.3mg/L时只有62.5%。

本研究结果证明,低量施硒处理(Se 0.15 mg/kg)未影响茄子的有机硒转化率,而在施 Se 0.60 和 3.00 mg/kg时显著降低了其有机硒转化率,具体原因目前还不清楚,尚需进一步研究。

研究表明,在土壤施 Se 0.60 和 3.00 mg/kg时,茄子的粗蛋白、粗脂肪和还原糖含量均显著提高,人体必需氨基酸含量也得到明显提高,说明茄子在富硒后其品质得到了较大改善。由于硒与其它元素之间在茄子体内存在协同或颉颃效应,施入外源硒会影响硒本身以及这些元素所参加的多种生理生化过程,进而影响茄子的品质。关于硒对作物(特别是蔬菜)品质影响方面的研究目前较少。据尚庆茂

等^[10]报道,增加硒营养后,提高了生菜茎叶中蛋白质和还原糖的含量;还有研究报道,施用硒肥提高了猕猴桃中人体必需氨基酸和总糖的含量^[11]。在油菜生长期喷施硒肥明显提高了其粗脂肪含量^[12];罗盛国等^[13]的试验结果表明,土壤施硒没有影响大豆的脂肪含量,但是显著提高了大豆子粒蛋氨酸和胱氨酸含量。总得说来,施硒可以提高农作物的品质,但是不同品质指标对硒的反应在不同作物上的表现也不尽相同。因此,在硒对品质的影响上,无论是深度上还是广度上都有进一步研究的必要。

应当指出的是,人体如果摄入的硒量超过一定限度会导致中毒。中国营养学会推荐硒摄入量的最低限值为 $50\mu\text{g}/\text{d}$ ^[14-15],杨光圻等推荐膳食适宜供给量为每日 $50\sim 250\mu\text{g}/\text{d}$ ^[15],膳食硒最大安全摄入量为 $400\mu\text{g}/\text{d}$ ^[14-16]。据中国营养学会调查,目前我国居民硒的摄入量普遍较低,约为每日 $26\mu\text{g}/\text{d}$ ^[15],假设通过食用本试验所得的富硒茄子以达到推荐摄入量,所需食用量如表4。

表4 富硒茄子的补硒食用量

Table 4 Edible amount of Se-riched eggplant

施硒量 Se rate (mg/kg)	含硒量 Se content ($\mu\text{g}/\text{g}$)	补到推荐值所需食用量 Edible amount for recommended Se intake(g/d,FW)		
		$50\mu\text{g}$	$250\mu\text{g}$	$400\mu\text{g}$
0	0.092	4000	37333	62333
0.15	0.180	1846	17231	28769
0.60	0.541	632	5895	9842
3.00	3.949	87	812	1355

注:本试验茄子的平均含水量为93%。

Note: The water content of eggplant in the experiment is 93%.

由计算结果可知,土壤施Se $3.00\text{ mg}/\text{kg}$ 时所得的富硒茄子最适合用于膳食补硒,每天只需在正常膳食的基础上食用 87g 就可使总摄入硒量达到中国营养学会推荐的最低限值。由于只有食用量达到

$1355\text{g}/\text{d}$ 才会达到最大安全值,日常食用量一般不会超过该食用量,因而可以安全食用。

参考文献:

- [1] 李继云,任尚学,陈代中. 陕西省环境中的硒与大骨节病关系的研究[J]. 环境科学学报,1982,2(2): 91-101.
- [2] Martin A L. Toxicity of selenium to plants and animals[J]. Amer. J. Bot., 1936(23): 471-483.
- [3] 陈铭,谭见安. 环境硒与健康关系研究中的土壤化学与植物营养学[J]. 土壤学进展, 1994,22(4): 1-10.
- [4] 王永勤,曹家树,李建华,等. 施硒对大蒜产量和含硒量的影响[J]. 园艺学报,2001,28(5): 425-429.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 刘胜杰,周瑞华,殷太安,等. 生物样品、水及土壤中痕量硒的荧光测定法——(二)粮食和蔬菜中痕量硒的荧光测定法[J]. 营养学报,1985,7(2): 142-147.
- [8] Singh M, Singh N. The effects of forms of selenium on the accumulation of Selenium, Sulfur and forms of nitrogen and phosphorus in forage cowpea (*vigna sinensis*)[J]. Soil Sci., 1979,127(5): 264-269.
- [9] 杨泳元. 陕西省粮油作物含硒量及农作物喷硒提高粮食作物硒含量的试验研究[J]. 中国环境科学,1982(3): 41-46.
- [10] 尚庆茂,高丽红,李式军. 硒素营养对水培生菜品质的影响[J]. 中国农业大学学报,1998,3(3): 67-71.
- [11] 阵莉华,张永康,刘建福,等. 硒肥对猕猴桃含硒量和品质的影响研究[J]. 吉首大学学报(自然科学版),1999,20(1): 50-52.
- [12] 侯燕,孙向彤,许乾丽,等. 硒肥对优质油菜品质的影响[J]. 贵州科学,1999,17(3): 204-207.
- [13] 罗盛国,刘元英,陈魁卿,等. 施用硒、硫肥提高大豆品质的研究[J]. 东北农学院学报,1992,23(1): 12-16.
- [14] 杨光圻. 膳食硒需要量和安全摄入量范围研究结果述要[J]. 营养学报,1992,14(3): 318-321.
- [15] 陈历程,杨方美,胡秋辉,等. 南京市主要食物含硒量分析及居民硒营养水平评价[J]. 食品科学,2000,21(10): 57-59.
- [16] 杨光圻,顾履珍. 微量元素硒的人体需要量和安全摄入量范围[J]. 生理科学进展,1992,23(2): 184-186.