

土壤施硒对萝卜吸收转化硒及品质的影响

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 泰安 271018; 2 山东省林业科学研究院 济南 250014)

摘要 盆栽试验结果表明,土壤施硒(Se)可显著提高萝卜体内的含 Se 量;外源 Se 增加了萝卜的有机 Se 含量,但随着土壤施 Se 量的增加,有机 Se 转化率却逐渐下降,表明土壤施 Se 过高不利于有机 Se 的转化;土壤施 Se 对萝卜品质有较大影响,增加了必需氨基酸总量,却降低了氨基酸总量以及粗蛋白、粗脂肪和可溶糖含量,并明显抑制了对 Cu、Zn 的吸收。

关键词 萝卜;土壤施 Se;含 Se 量;有机 Se;品质

中图分类号 S 633.4

硒是人体必需的微量元素之一,具有抗癌防衰的作用,给人体补充适量 Se 可增强人体的免疫功能^[1,2]。由于无机硒酸盐有毒性^[3],目前常采用土壤施 Se 或农作物叶面喷 Se,使无机 Se 转化为有机 Se,通过粮食作物或蔬菜进入食物链,以供人或动物利用。研究证明,有机 Se 的生物活性较无机 Se 高,毒性比无机 Se 小^[4]。有关小麦、玉米等粮食作物对 Se 的吸收、分布和转化特征已有报道^[5,6],但是外源 Se 对蔬菜含 Se 量及品质影响的研究较少。本文利用土壤施 Se 的方法,研究了萝卜对 Se 的吸收和转化特性以及外源性 Se 对萝卜品质的影响,为开发富 Se 蔬菜提供依据。

1 试验材料与方法

试验于山东农业大学网室内进行。供试土壤为泰安市郊区普通棕壤,质地为轻壤,土壤基本理化性质为:pH 值 6.8,有机质含量 9.10 g/kg,碱解 N 58.84 mg/kg,速效 P 13.46 mg/kg,速效 K 80.45 mg/kg,全 Se 0.183 mg/kg;供试萝卜品种为“心里美”。

1.1 试验设计

试验共设 9 个处理(表 1),3 次重复。土壤过

2 mm 筛,混匀后以 12 kg/盆装入 25 cm × 30 cm 陶瓷盆中,每盆施入 NH₄NO₃ 5.3 g, KH₂PO₄ 2.4g 作底肥,以亚硒酸钠作 Se 肥,均匀施入土中,灌满水平衡 2 天,于 7 月 22 日播种,出苗后,每盆保留 20 株苗。分别于生长 40 天、60 天、100 天时取样 3 次,将植株样品洗净,60 °C 下烘干备用。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 植株样品含 Se 量的测定 样品全 Se 量的测定采用荧光分光光度法^[7]。有机 Se 采用透析法^[8]:称取 0.5000 g 样品放置于透析分子量为 10000 ~ 13000 的透析袋中,浸入二次去离子水中持续透析,每天换水 1 次。透析可以改变植物细胞的透性,使无机离子透到透析液中,换水可以改变透析平衡,促进离子由样品进入透析液。1 周后,取水样测定,证明无 Se 后,收集透析袋中样品全部消化,所得 Se 含量即为有机 Se 量。

1.2.2 其它项目的测定 粗蛋白质:采用凯氏定 N 法测定全 N,乘以相应系数(6.25)而得。氨基酸:样品用 6 mol/L 的 HCl 水解,用日立 835-50 型氨基酸分析仪测定。粗脂肪:索氏提取法。可溶糖总量:蒽酮比色法。Fe、Cu、Zn:原子吸收法。

表 1 盆栽萝卜土壤施 Se 试验方案

Table 1 Design of the pot experiment on radish

处理号	CK	1	2	3	4	5	6	7	8
土壤施 Se 量 (mg/kg)	0	0.075	0.15	0.3	0.6	1.5	3.0	4.5	6.0

* 通讯作者

2 结果与讨论

2.1 土壤施 Se 条件下萝卜对 Se 的吸收和转化

2.1.1 Se 对萝卜产量和含 Se 量的影响 土壤施 Se 试验结果表明 (表 2), 不同施 Se 水平对萝卜同一生产时间的产量没有显著的影响。Fleming 在对爱尔兰富 Se 土壤的研究中发现, 十字花科植物、百合科和豆科植物能忍耐较高浓度的 Se^[9]。本试验中, 在高量施 Se 下, 萝卜仍能保持正常生长, 产量未受

到不良影响, 表明萝卜具有较强的耐高 Se 能力。

随着生长时间的延长, 除处理 5 外, 其余各处理含 Se 量逐渐减少。以处理 7 为例, 萝卜在生长 40、60、100 天时, 含 Se 量分别为 27.95 mg/kg、16.42 mg/kg、14.64 mg/kg。

随土壤施 Se 量的增加, 在同一生长时间, 萝卜的含 Se 量也显著增加, 最高含 Se 量是 CK 的 40 倍, 表明萝卜对 Se 有较强的吸收能力。

表 2 不同生长期萝卜的产量和含 Se 量

Table 2 Content of Selenium and yield of radish at different growth stages

处理	40 天		60 天		100 天	
	产量* (g/株, DW)	含 Se 量* (mg/kg)	产量* (g/株, DW)	含 Se 量* (mg/kg)	产量* (g/株, DW)	含 Se 量* (mg/kg)
CK	6.02 ± 0.67	0.86 ± 0.22	9.39 ± 0.80	0.75 ± 0.08	15.38 ± 0.85	0.29 ± 0.05
1	5.96 ± 0.69	1.23 ± 0.16	8.79 ± 0.55	0.78 ± 0.17	15.28 ± 0.05	0.35 ± 0.03
2	6.67 ± 0.06	1.57 ± 0.19	9.04 ± 0.65	1.27 ± 0.15	15.58 ± 0.77	0.53 ± 0.12
3	5.88 ± 0.73	2.46 ± 0.36	8.64 ± 0.65	1.87 ± 0.21	16.02 ± 0.79	0.58 ± 0.09
4	5.62 ± 0.37	4.10 ± 0.53	8.16 ± 0.65	2.91 ± 0.30	15.47 ± 0.79	3.22 ± 0.28
5	6.34 ± 0.57	16.31 ± 1.58	8.92 ± 1.01	13.85 ± 1.76	15.44 ± 0.85	6.66 ± 0.67
6	5.13 ± 0.15	27.95 ± 1.69	9.15 ± 0.97	16.42 ± 0.82	15.14 ± 0.53	14.64 ± 1.24
7	5.63 ± 0.24	31.67 ± 1.65	8.86 ± 0.58	27.44 ± 2.57	15.53 ± 0.43	19.99 ± 1.47
8	5.89 ± 0.38	34.84 ± 2.06	8.82 ± 0.78	33.41 ± 2.93	15.50 ± 0.61	20.66 ± 0.89

* 平均值±标准差(下同)。

2.1.2 萝卜对 Se 的转化 选取生长 60 天收获的萝卜测定有机 Se 的含量。由表 3 可见, 未施 Se 萝卜的有机 Se 含量仅为 0.47 mg/kg, 而在 3 个不同土壤施 Se 水平下, 有机 Se 含量分别为 1.07 mg/kg、7.56 mg/kg 和 13.18 mg/kg, 相当于 CK 的 2.3、16.2 和 28.3 倍, 表明对土壤施加一定量的 Se 可显著提高萝卜的有机 Se 含量。在土壤施 Se 量为 0.15 mg/kg 时, 有机 Se 的转化率高达 84%, 比 CK 提高了近

20 个百分点。但随着土壤中施 Se 量继续增加, 有机 Se 转化率却逐渐下降。据王永勤报道, 外源 Se 超过一定量时引起大蒜有机 Se 转化下降幅度较大, 这可能是中毒的表现^[10]。本试验亦表明, 土壤高量施 Se 不利于萝卜有机 Se 的转化, 可能土壤施 Se > 3 mg/kg 已是萝卜中毒的浓度, 影响了无机 Se 向有机 Se 的转化, 但尚未对其产量造成不良影响。

表 3 生长 60 天萝卜 Se 的转化

Table 3 Transformation of Selenium in radish root of 60 days

处理	土壤施 Se 量 (mg/kg)	总 Se (mg/kg)	有机 Se	
			含量 (mg/kg)	转化率 (%)
CK	0	0.75 ± 0.08	0.47 ± 0.05	62
2	0.15	1.27 ± 0.15	1.07 ± 0.16	84
6	3.0	16.42 ± 0.82	7.56 ± 0.27	46
8	6.0	33.41 ± 2.93	13.18 ± 1.98	39

2.2 土壤施 Se 对萝卜品质的影响

适当提高蔬菜作物的含 Se 量, 对提高人们膳食中 Se 的水平, 改善人们的身体健康状况无疑是有益

的。但是, 施用 Se 肥是否对蔬菜作物的其它营养物质有影响, 目前很少有资料报道。本试验对土壤施 Se 条件下生长 60 天时萝卜的粗蛋白、氨基酸、粗

脂肪、可溶糖及矿质元素等品质因素进行了分析测定。

2.2.1 施 Se 对萝卜粗蛋白、粗脂肪和可溶糖含量的影响 表 4 结果显示,土壤施 Se 降低了萝卜根中粗蛋白、粗脂肪和可溶糖含量,降低幅度分别为:

1.09% ~ 10.07%、2.81% ~ 14.06%、2.11% ~ 9.25%。杨兰芳等发现,叶面施 Se 可以提高烤烟烟叶中糖的含量^[11],而本试验结果表明,土壤施 Se 反而降低了萝卜根中可溶糖含量。

表 4 外源 Se 对萝卜粗蛋白、粗脂肪、可溶糖含量的影响

Table 4 Effect of selenium on contents of protein, fat and soluble saccharide in radish root

处理(Se, mg/kg)	含量 (g/kg)		
	粗蛋白	粗脂肪	可溶糖
CK	173.8 ± 5.2	16.0 ± 0.6	180.5 ± 4.2
0.15	171.9 ± 3.6	15.6 ± 0.3	163.8 ± 3.1
3.0	156.3 ± 4.4	13.8 ± 0.7	167.2 ± 5.3
6.0	170.0 ± 4.8	14.5 ± 0.3	176.7 ± 2.9

2.2.2 土壤施 Se 对萝卜氨基酸含量的影响 由表 5 可以看出,在土壤施 Se 量 3.0 mg/kg 和 6.0 mg/kg 下,萝卜根中必需氨基酸的含量分别比 CK 增加了 20.12% 和 15.32%,而非必需氨基酸含量和氨基酸总量却下降了 10.59%~22.95% 和 5.13%~13.87%。在必需氨基酸中,除缬氨酸和赖氨酸外,其余 6 种氨基

酸的含量在土壤施 Se 下均高于 CK,尤其蛋氨酸更加显著,比 CK 增加了 1.31 倍和 2.55 倍,原因在于蛋氨酸是含 S 氨基酸,与 Se 在植物体内的代谢密切相关,在相当多情况下,无机 Se 在植物体内的代谢是沿着 S 代谢途径进行的^[12],合成 Se 代蛋氨酸,因此施 Se 提高了蛋氨酸的含量。异亮氨酸、亮氨酸

表 5 土壤施 Se 下萝卜氨基酸含量(g/kg)的变化

Table 5 Effect of selenium on contents of amino acids in radish root

氨基酸名称	处 理		
	CK	6 号 (3.0 mg/kg)	8 号 (6.0 mg/kg)
缬氨酸	7.3 ± 0.6	1.8 ± 0.2 (-75.34)	2.7 ± 0.7 (-63.01)
苏氨酸	5.1 ± 0.7	5.6 ± 0.2 (9.80)	5.7 ± 0.2 (11.76)
蛋氨酸	2.2 ± 0.5	5.1 ± 0.7 (131.82)	7.8 ± 0.3 (254.55)
异亮氨酸	4.2 ± 0.3	7.2 ± 0.5 (71.43)	5.1 ± 0.6 (21.43)
亮氨酸	6.0 ± 0.5	9.5 ± 0.8 (58.33)	7.3 ± 0.5 (21.67)
苯丙氨酸	2.9 ± 0.4	5.6 ± 0.7 (93.10)	3.8 ± 0.2 (31.03)
赖氨酸	5.6 ± 0.4	5.2 ± 0.6 (-7.14)	6.0 ± 0.4 (7.14)
必需氨基酸总量	33.3 ± 1.4	40.0 ± 1.8 (20.12)	38.4 ± 2.0 (15.32)
天冬氨酸	16.5 ± 0.8	11.0 ± 0.8 (-33.33)	12.1 ± 0.4 (-27.27)
丝氨酸	5.3 ± 0.4	5.9 ± 0.4 (11.32)	5.3 ± 0.4 (0)
谷氨酸	38.6 ± 1.3	26.5 ± 1.3 (-31.35)	31.0 ± 1.5 (-19.69)
甘氨酸	5.0 ± 0.5	5.4 ± 0.7 (8.00)	5.2 ± 0.4 (4.00)
丙氨酸	5.5 ± 0.4	7.1 ± 0.2 (29.09)	7.8 ± 0.6 (41.82)
胱氨酸	0.9 ± 0.2	0.9 ± 0.4 (0)	1.0 ± 0.7 (11.11)
酪氨酸	3.0 ± 0.4	3.6 ± 0.5 (20.00)	3.6 ± 0.4 (20.00)
组氨酸	3.0 ± 0.6	2.9 ± 0.3 (-3.33)	3.2 ± 0.5 (6.67)
精氨酸	22.3 ± 1.0	15.0 ± 1.3 (-32.74)	25.8 ± 1.7 (15.70)
脯氨酸	24.5 ± 1.4	17.7 ± 1.6 (-27.76)	16.4 ± 1.2 (-33.06)
非必需氨基酸总量	124.6 ± 3.8	96.0 ± 2.6 (-22.95)	111.4 ± 2.4 (-10.59)
氨基酸总量	157.9 ± 2.3	136.0 ± 1.7 (-13.87)	149.8 ± 1.9 (-5.13)

注:括号内为较 CK 增减百分数。

和苯丙氨酸有相同的增加趋势，即在土壤施 Se 量 6.0 mg/kg 时的含量较土壤施 Se 量 3.0 mg/kg 时有所下降，与必需氨基酸有相同的变化规律，说明施 Se 过高反而不利于萝卜必需氨基酸的提高。在非必需氨基酸中，施 Se 明显增加了丙氨酸、酪氨酸的含量，增加百分数均在 20% 以上，同时也显著降低了天冬氨酸、谷氨酸和脯氨酸的含量，降低幅度为 19.69% ~ 33.33%。

2.2.3 土壤施 Se 对萝卜吸收 Fe、Cu、Zn 的影响

由于在土壤中施入不同量的 Se，使蔬菜在富集

Se 的同时影响到其它微量元素的吸收。由表 6 可以看出，施 Se 对萝卜根部吸收 Cu、Zn 的影响较为明显，随着土壤施 Se 量的增加，其根部 Cu、Zn 含量逐渐降低（表 6、图 1）。在土壤 Se 含量较低时，Se 促进萝卜根吸收 Fe（22.2% ~ 36.0%），而在土壤施 Se 量为 6.0 mg/kg 时却对萝卜根吸收 Fe 有抑制作用（24.9%）。

Cu、Zn 和 Fe 是人体必需的微量元素，试验结果显示，高量施 Se 会降低萝卜的食用品质。

表 6 土壤施 Se 对萝卜根部吸收微量元素的影响

Table 6 Effect of applied Selenium on contents of microelements in radish root

元素	处理				
	CK	2号 (0.15 (mg/kg))	4号 (0.6 (mg/kg))	6号 (3.0 (mg/kg))	8号 (6.0 (mg/kg))
Fe (mg/kg)	270.8 ± 5.66	330.8 ± 12.42	351.5 ± 2.43	368.3 ± 3.56	203.3 ± 5.48
Cu (mg/kg)	6.50 ± 0.44	5.10 ± 0.16	5.00 ± 0.16	4.50 ± 0.11	2.53 ± 0.08
Zn (mg/kg)	14.50 ± 0.14	13.63 ± 0.11	13.18 ± 0.16	12.50 ± 0.17	12.03 ± 0.29

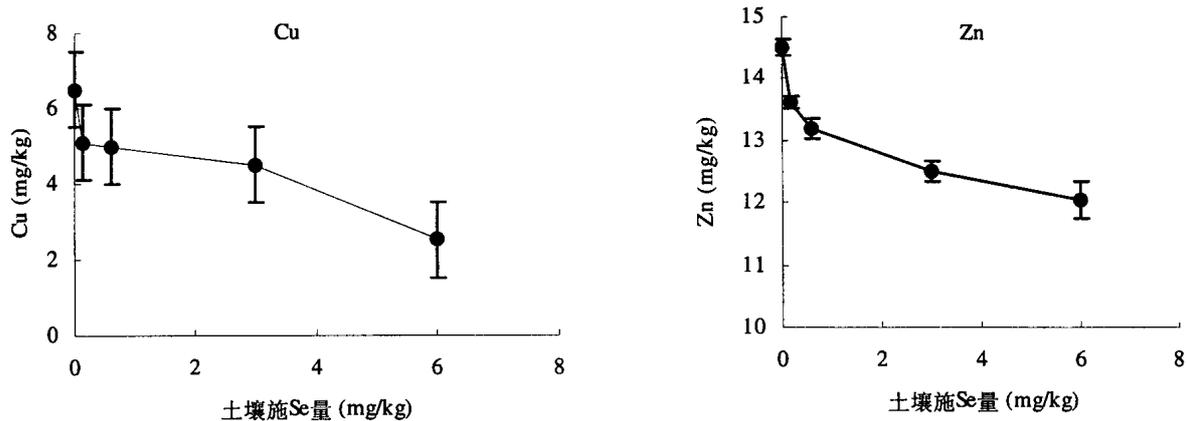


图 1 Se 对萝卜吸收 Cu、Zn 的影响

Fig. 1 Effect of Selenium on contents of Cu, Zn in radish root

3 结论

(1) 在土壤施 Se 条件下，随生长时间的延长，萝卜的含 Se 量不断减少；随施 Se 量的增加，萝卜含 Se 量也显著增加。

(2) 土壤施 Se 可显著提高萝卜的有机 Se 含量，但施 Se 过高不利于有机 Se 的转化。

(3) 外源 Se 增加了萝卜必需氨基酸总量，却降低了萝卜根中氨基酸总量、粗蛋白含量、粗脂肪和可溶糖含量，并明显抑制了对 Cu、Zn 的吸收。在使富 Se 蔬菜达到适宜含 Se 量的前提下，生产上可以适当调节施 Se 量，使其在富 Se 的同时，也能保

持较高的营养品质。

参考文献

- 徐辉碧. 生命微量元素-硒. 武汉: 华中工学院出版社, 1989
- 张玲玲, 张培禄, 黄国善等. 温州蜜柑追硒肥对果实含硒量的影响. 浙江农业科学, 1995, (2): 70 ~ 72
- 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影响. 环境科学学报, 1982, (2): 91 ~ 101
- Rosenfeld, RS. Selenium: geobotany biochemistry toxicity and nutrition. New York and London: Academic Press, 1964, 223 ~ 227

- 5 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. 中国环境科学, 1982, (3): 41 ~ 46
- 6 于忠禾. 低硒土壤区玉米植株中硒的分布及调控初探. 土壤肥料, 1994, (2): 37 ~ 39
- 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. 营养学报, 1985, 7 (2): 142 ~ 147
- 8 乔玉辉. 富硒螺旋藻的应用基础研究. 北京农业大学硕士学位论文, 1995, 7
- 9 Fleming GA. Selenium in Irish soil and plants. Soil Science, 1962, 94: 28 ~ 35
- 10 王永勤, 曹家树, 李建华等. 施硒对大蒜产量和含硒量的影响. 园艺学报, 2001, 28 (5): 425 ~ 429
- 11 杨兰芳, 丁瑞只. 叶面施硒对烤烟生化品质的影响. 湖北农业科学, 2000, (11): 51 ~ 53
- 12 乔玉辉, 商树田. 施硒对钝顶螺旋藻(*Sp. -D*)品质的影响. 中国农业大学学报, 2000, 5 (1): 31 ~ 34

EFFECT OF SELENIUM APPLICATION IN SOIL ON ABSORPTION AND TRANSFORMATION OF SELENIUM IN AND QUALITY OF RADISH

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

(1 College of Resources and Environmental Sciences, Shandong Agricultural University, Taian, 271018;

2 The Shandong Academy of Forestry, Jinan 250014)

Abstract The results of pot experiments showed that application of Selenium in soil significantly increased Selenium content of radish, and content of organic Selenium in radish root as well. However, higher content of Selenium in soil would decrease the transformation percentage of organic Selenium. It was also indicated that addition of Selenium affected quality of the radish, by increasing the total content of the essential amino acids, but decreasing the total content of amino acids, crude protein, fat and soluble saccharide in radish root, and simultaneously, inhibiting absorption of Cu and Zn.

Key words Radish, Selenium application, Content, Organic Selenium, Quality

(上接第 45 页)

- 9 杨春明, 何天山主编. 新疆生产建设兵团垦区土壤. 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1993
- 10 赵文宽, 牛树华主编. 新疆资源经济数据对比分析. 北京: 中国计划出版社, 1990

COMPOSITION FEATURES AND CONTENT OF ORGANIC MATTER IN CROPPED SOIL OF XINJIANG

JIANG Yi-juan ZHENG De-ming LU Shuang-qing ZHU Zhao-yang WU Wei-mo

(Tarim University of Agricultural Reclamation, Alar Xinjiang 843300)

Abstract At present the content of organic matter in the cultivated soil is at 5.30 g/kg ~ 24.21 g/kg, averaging 14.65 g/kg. Compared with that measured during the second national soil survey, the content of organic matter shows a rising trend. The content of humin C accounts for about 53 % ~ 70 %, averaging 61 %, and that of humic acid C for about 39 % of organic matter C.

Key words Cropped soil, Organic matter, Content, Composition