

# 叶面喷施硒肥对不同蔬菜硒富集及产量的影响

杨会芳<sup>1</sup>, 梁新安<sup>2</sup>, 常介田<sup>2</sup>, 秦娜<sup>2</sup>

(1. 河南省临颍县农业局, 河南 漯河 462600; 2. 河南农业职业学院, 河南 郑州 451450)

**摘要:**以番茄、胡萝卜、大蒜为试材,研究了叶面喷施不同质量浓度的  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  对不同蔬菜硒富集及产量的影响。结果表明:叶面喷施硒可以显著提高各蔬菜中全硒、无机硒和有机硒的含量,有机硒转化率随着施硒质量浓度的提高而降低;番茄、胡萝卜和大蒜均喷施质量浓度为 100 mg/L  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  时,有机硒的富集分别为对照的 7.83、8.53、2.85 倍,胡萝卜富硒最高,但当大蒜喷施质量浓度为 500 mg/L  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  时,有机硒的富集为对照的 4.70 倍,大蒜富硒能力强;番茄和胡萝卜在  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  质量浓度  $\leq 1.0$  mg/L 时和大蒜在  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  质量浓度  $\leq 10$  mg/L 时,其产量有所增加,当喷施的  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  质量浓度提高时,各蔬菜产量均有所降低;番茄和胡萝卜叶面喷施硒质量浓度在 0.5~1.0 mg/L 区间,大蒜叶面喷施硒质量浓度  $\leq 10$  mg/L 较为适宜,可以有效提高蔬菜有机硒含量和产量。

**关键词:**番茄;胡萝卜;大蒜;亚硒酸钠;富集;产量

**中图分类号:**S 143.7 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0158-04

硒是人和动物体内所必需的微量元素之一,其在生物组织体内的含量与健康有着密切的联系<sup>[1-2]</sup>,有研究表明,缺硒地区人类易发生克山病、大骨病等地方性疾病<sup>[3]</sup>。而植物硒被认为是人体硒摄入的主要来源之一<sup>[4]</sup>,提高人体饮食中的硒含量也是世界范围内低硒地区补硒的有效措施之一<sup>[5]</sup>。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试验<sup>[6-9]</sup>。现以豫东平原具有栽培优势的蔬菜品种为试材,研究叶面喷施硒肥对蔬菜硒富集及产量的影响,以期对蔬菜硒肥的施用提供理论依据和生产指导。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2011 年 12 月至 2013 年 1 月在河南农业高新科技园蔬菜试验种植区内进行,大田栽培管理,属于沙壤质贫硒土壤。供试土壤有机质含量 21.63 g/kg,碱解氮含量 105.66 mg/kg,有效磷含量 29.56 mg/kg,速效钾含量 156.87 mg/kg,全硒含量 201.67  $\mu\text{g/kg}$ , pH 7.12。

### 1.2 试验材料

供试番茄品种为“金棚 10 号”,胡萝卜品种为“百惠”,大蒜品种为“红皮蒜”,供试硒源为美国 STGMA 生产的亚硒酸钠( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )。

### 1.3 试验方法

每个蔬菜品种均设 5 个  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  处理,以不喷

施  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  为对照,试验设计见表 1。番茄定植密度 60 cm×30 cm,胡萝卜定植密度 18 cm×13 cm,大蒜播种密度 20 cm×12 cm,试验小区面积均为 3 m<sup>2</sup>,随机区组排列,3 次重复。番茄自生长至开花时期喷施,生长期共喷 2 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,喷施前按需要每小区均采用相应  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  质量浓度进行,叶片正反两面喷施均匀。播种定植前每小区按 4 kg/m<sup>2</sup> 精制有机肥和 0.04 kg/m<sup>2</sup> 磷酸二铵用作基肥施入,田间管理方法同一般高产栽培种植相同,小区间管理方法一致。

表 1 叶面喷施硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )处理

处理 Treatment	CK	I	II	III	IV	V
番茄 Tomato	0	0.1	0.5	1.0	10	100
胡萝卜 Carrot	0	0.1	0.5	1.0	50	100
大蒜 Garlic	0	0.1	0.5	10	100	500

### 1.4 项目测定

番茄样品的采集方法是待番茄结实后,每隔 15 d 分 3 次采收果实;胡萝卜样品的采集方法是生长期 50、75、100 d 时采收果实 3 次;大蒜样品的采集时期为鳞茎膨大期 20、40、60 d 采集鳞茎样品。样品采集后,用清水洗去表面的土壤及杂物,再用蒸馏水漂洗自然晾干,称取鲜重,然后放入 60℃ 烘箱中烘干,称取干重。干重样品用高速微型粉碎机粉碎,贮存于密封袋中作为测硒样品。取 1 g 干样加 20 mL 4 mol/L 的盐酸,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  $\text{HNO}_3$  + 2 mL  $\text{HClO}_4$ ),180~200℃ 消化 2 h,冷却后再加 20 mL 4 mol/L 的盐酸还原 10 min,重蒸水定容,测定样品总硒

**第一作者简介:**杨会芳(1976-),女,河南临颍人,农艺师,现主要从事园艺作物科研与推广工作。E-mail:yy88jj2006@163.com

**收稿日期:**2014-01-16

含量。测硒采用 2,3-二氨基萘荧光分光光度法<sup>[10]</sup>。有机硒=全硒-无机硒,有机硒转化率(%)=(有机硒/全硒)×100%。

### 1.5 数据分析

试验数据采用 Excel 和 DPS 6.5 软件进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同蔬菜对硒的转化与吸收

2.1.1 番茄对硒的转化与吸收 从表 2 可以看出,随着番茄叶面喷施硒量的增加,番茄果实的全硒、无机硒和有机硒含量有逐渐增加的趋势,有机硒转化率则随着施硒质量浓度的增加而降低,其转化率降低幅度为 1.61%~21.77%。施硒处理的番茄果实中各形态硒含量均高于对照,各硒质量浓度处理与对照均有显著差异( $P<0.05$ ),其中番茄果实中无机硒增加较快。在施硒质量浓度达到 100 mg/L 时,番茄果实中各形态硒含量最高,其中全硒、无机硒和有机硒含量分别是对照的 10.01、297.75、7.83 倍。

表 2 叶面喷施硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )对番茄中各形态硒含量与转化率的影响

Table 2 Effect of foliar spraying selenium ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) on various forms of selenium content in tomato and conversion

处理	全硒含量	无机硒含量	有机硒含量	转化率
Treatment	Total selenium content	Inorganic Se content	Organic Se content	Ratio of transformation
	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	%
CK	5.31e	0.04d	5.27d	99.2a
I	7.28d	0.17c	7.11c	97.6a
II	10.15c	0.69b	9.46c	93.2b
III	18.56b	1.89b	16.67b	90.1b
IV	50.12a	9.87a	40.25a	80.3c
V	53.16a	11.91a	41.25a	77.6c

注:同列数据后标大写字母、小写字母分别表示差异极显著水平( $P<0.01$ )和差异显著水平( $P<0.05$ )。下同。

2.1.2 胡萝卜对硒的转化与吸收 从表 3 可以看出,随胡萝卜叶面喷施硒量的增加,胡萝卜的各形态硒含量有逐渐增加的趋势,有机硒转化率随叶面喷施硒质量浓度的增加而显著降低,其转化率降低幅度为 0.31%~16.92%,施硒处理的胡萝卜中各形态硒含量均高于对

表 3 叶面喷施硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )对胡萝卜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 3 Effect of foliar spraying selenium ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) on various forms of selenium content in carrot and conversion

处理	全硒含量	无机硒含量	有机硒含量	转化率
Treatment	Total selenium content	Inorganic Se content	Organic Se content	Ratio of transformation
	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	%
CK	10.65e	0.20c	10.45d	98.1a
I	14.58d	0.32c	14.26d	97.8a
II	21.25c	1.65b	19.60c	92.7b
III	38.56b	3.93b	34.63b	89.8b
IV	106.21a	18.27a	87.94a	82.8c
V	109.36a	20.24a	89.12a	81.5c

照,各硒质量浓度处理与对照均有显著差异( $P<0.05$ )。其中胡萝卜中无机硒增加较快。在施硒质量浓度达到 100 mg/L 时,胡萝卜中各形态硒含量最高,其中全硒、无机硒和有机硒含量分别是对照的 10.26、101.20、8.53 倍。

2.1.3 大蒜对硒的转化与吸收 从表 4 可以看出,随着大蒜叶面喷施硒量的增加,大蒜鳞茎的全硒、无机硒和有机硒含量有逐渐增加的趋势,有机硒转化率则随着施硒质量浓度的增加而降低,其转化率降低幅度为 6.55%~27.72%。施硒处理的大蒜鳞茎中各形态硒含量均高于对照,各硒质量浓度处理与对照均有显著差异( $P<0.05$ ),其中大蒜鳞茎中有机硒增加较快。在施硒质量浓度达到 500 mg/L 时,大蒜鳞茎中各形态硒含量最高,其中全硒、无机硒和有机硒含量分别是对照的 6.48、161.06、4.70 倍。表明叶面施硒可明显提高大蒜中总硒、有机硒和无机硒含量。

表 4 叶面喷施硒( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ )对大蒜中各形态硒含量与转化率的影响

Table 4 Effect of foliar spraying selenium ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) on various forms of selenium content in garlic and conversion

处理	全硒含量	无机硒含量	有机硒含量	转化率
Treatment	Total selenium content	Inorganic Se content	Organic Se content	Ratio of transformation
	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$/\mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$	%
CK	28.12f	0.32f	27.80f	99.2a
I	38.41e	2.80e	35.61e	92.7b
II	56.37d	11.22d	45.15d	80.1c
III	93.11c	21.79c	71.32c	76.6d
IV	106.38b	27.02b	79.36b	74.9e
V	182.14a	51.54a	130.60a	71.7f

### 2.2 不同处理硒对蔬菜产量的影响

2.2.1 硒对番茄产量的影响 从表 5 可以看出,胡萝卜产量随施硒质量浓度的增加开始表现为递增趋势,硒质量浓度由 0.1 mg/L 增至 1.0 mg/L 时,与 CK 相比增产幅度为 0.40%~1.15%;但当硒质量浓度处理由 10 mg/L 增至 100 mg/L 时,与 CK 相比减产幅度为 0.40%~6.34%。但产量的增加与减少差异均不显著。随施硒质量浓度进一步增加,番茄株高变矮、新叶生长缓慢等现象,可能是硒过量导致的毒害作用,施硒质量浓度越高该状况表现越明显。表明低硒对番茄产量的形成有促进作用,高硒对番茄产量的形成有抑制作用。

表 5 施硒对番茄产量的影响

Table 5 Effects of foliar spraying of selenium on yield of tomato

处理	小区产量	产量	增产率
Treatment /	Plot yield/kg	Yield/ $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$	Increase rate/%
CK	16.03	53 421a	0
I	16.21	54 033a	1.15
II	16.13	53 767a	0.65
III	16.09	53 633a	0.40
IV	15.38	51 267a	-0.40
V	15.01	50 033a	-6.34

2.2.2 叶面喷硒对胡萝卜产量的影响 从表6可以看出,胡萝卜产量随施硒质量浓度的增加开始表现为递增趋势,硒质量浓度处理由0.1 mg/L增至1.0 mg/L时,与CK相比增产幅度为0.48%~1.76%;但当硒质量浓度处理由50 mg/L增至100 mg/L时,与CK相比减产幅度为2.72%~3.25%。但产量的增加与减少差异均不显著。随施硒质量浓度进一步增加,胡萝卜叶片叶缘出现焦黄、新叶生长缓慢等现象,施硒质量浓度越高该状况表现越明显。表明低硒对胡萝卜产量的形成有促进作用,高硒对胡萝卜产量的形成有抑制作用。

表6 叶面喷施硒对胡萝卜产量的影响

Table 6 Effects of foliar spraying of selenium on yield of carrot

处理 Treatment	小区产量 Plot yield/kg	产量 Yield/kg·hm <sup>-2</sup>	增产率 Increase rate/%
CK	22.75	75 833a	0
I	22.86	76 200a	0.48
II	22.93	76 433a	0.79
III	23.15	77 167a	1.76
IV	22.13	73 767a	-2.72
V	22.01	73 367a	-3.25

2.2.3 叶面喷硒对大蒜产量的影响 从表7可以看出,大蒜叶面喷施硒质量浓度为0.1、0.5、10 mg/L时,大蒜产量分别比CK提高4.45%、5.93%和8.40%,以后随施硒质量浓度的增加产量下降,当大蒜叶面喷施硒质量浓度为100、500 mg/L时,大蒜产量分别比CK下降4.12%和9.72%,但各硒处理间产量差异均未达显著水平。

表7 叶面喷施硒对大蒜产量的影响

Table 7 Effects of foliar spraying of selenium on yield of garlic

处理 Treatment	小区产量 Plot yield/kg	产量 Yield/kg·hm <sup>-2</sup>	增产率 Increase rate/%
CK	6.07	20 233a	0
I	6.34	21 133a	4.45
II	6.43	21 433a	5.93
III	6.58	21 933a	8.40
IV	5.82	19 400a	-4.12
V	5.48	18 267a	-9.72

### 3 结论与讨论

适量硒可以促进植株的生长,增加产量,但过量施硒则抑制其生长并产生毒害作用<sup>[11]</sup>,分析结果表明,硒对植物的效应受质量浓度的影响。李颜等<sup>[12]</sup>、施和平等<sup>[13]</sup>、刘华山<sup>[14]</sup>在番茄上的研究表明,硒能降低MDA含量,提高番茄GSH-Px活性,增强抗氧化能力和对逆境的抵抗能力,提高维生素C含量,而且可有效提高和改善番茄品质。番茄对硒的累积和施硒水平有关,番茄在施用一定浓度的亚硒酸钠后,其硒含量随施硒浓度增大而增大,但是随着浓度增大,其吸收效率降低。该研究表明,随着番茄叶面喷施硒量的增加,番茄果实的全硒、无机硒和有机硒含量有逐渐增加的趋势,有机硒转化率则随着施硒质量浓度的增加而降低。这与以上研

究结果基本一致。冶军等<sup>[15]</sup>在胡萝卜上的研究表明,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,但胡萝卜中硒的含量随硒肥用量增大而增加,与对照相比,随着硒肥用量的增加,胡萝卜的产量有一定的提高。这与该研究结果基本一致。王晋民等<sup>[16]</sup>在大蒜上的研究表明,大蒜全硒、无机硒和有机硒含量均随施硒质量浓度的增加而提高,在施硒质量浓度为0.5、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。这与以上研究结果比较一致。

叶面喷施硒可以显著提高番茄、胡萝卜和大蒜的全硒、无机硒和有机硒的含量。在施硒较低浓度时,其产量有所提高,但当施硒质量浓度达到较高程度时其产量有所降低。该研究结果认为,番茄和胡萝卜叶面喷施硒质量浓度在0.5~1.0 mg/L区间较为适宜,大蒜叶面喷施硒质量浓度≤10 mg/L较为适宜。

### 参考文献

- [1] Hamilton S J. Review of selenium toxicity in the aquatic food chain[J]. Science of the Total Environment, 2004, 326: 1-31.
- [2] Tapiero H, Townsend D M, Tew K D. The antioxidant role of selenium and seleno-compounds[J]. Biomedical Pharmacotherapy, 2003, 57: 134-144.
- [3] Graham L, Ivan O M, James S. Nutrition[M]. New York: Academic Press, 1964: 223-227.
- [4] Rayman M P. Food-chain selenium and human health: Emphasis on intake[J]. Nutr, 2008, 100: 254-268.
- [5] Graham L, Ivan O M, James S, et al. Selenium concentration in wheat grain: Is there sufficient genotypic variation to use in breeding[J]. Plant and Soil, 2005, 269: 369-380.
- [6] 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.
- [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] 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.
- [9] 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.
- [10] 刘胜杰,周瑞华,殷太安,等. 粮食和蔬菜中含硒量的荧光测定法[J]. 营养学报, 1985, 7(2): 142-147.
- [11] 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.
- [12] 李颜,罗盛国,刘元英,等. 硒对番茄叶片谷胱甘肽过氧化物酶活性及产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 1999(6): 38-39.
- [13] 施和平,张英聚,刘振声. 番茄对硒的吸收、分别和转化[J]. 植物学报, 1993, 35(7): 541-546.
- [14] 刘华山. 番茄和生菜的施硒效应和积硒特性[D]. 扬州: 扬州大学, 2009.
- [15] 冶军,褚贵新,杨国辉,等. 硒肥基施对胡萝卜产量及品质的效应研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(12): 5440-5441.
- [16] 王晋民,赵之重,段冰. 叶面施硒对不同蔬菜硒富集和产量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2007, 35(7): 103-106.

# 黄瓜-玉米轮作对设施连作土壤性状的影响

唐艳领, 于迪, 胡凤霞, 朴凤植

(河南农业大学 园艺学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**以连作7 a的黄瓜试验田为研究对象,通过黄瓜-玉米轮作作为栽培模式,设置后茬玉米不同种植密度和不同生长期处理,研究设施黄瓜连作土壤理化性质、酶活性及土壤微生物种群的变化。结果表明:后茬玉米种植密度为4 000株/667m<sup>2</sup>时,生长成熟模式与对照休闲处理相比较,土壤容重、EC值和有机质、速效氮、速效磷、速效钾含量降低,pH值升高;土壤脲酶、过氧化氢酶活性升高,蔗糖酶和磷酸酶活性降低;土壤微生物结构改变,细菌和放线菌数量上升,真菌数量下降。黄瓜-玉米轮作模式对设施连作土壤性状的改善具有显著效果。

**关键词:**黄瓜-玉米轮作;连作障碍;土壤性状

**中图分类号:**S 63 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)11-0161-04

设施蔬菜集约化程度高,并且拥有相应的综合配套管理方法,在一定程度上摆脱了自然气候的限制,能够实现反季节蔬菜的供应,且有高产、优质、高效的生产途

径,受到越来越多蔬菜种植户的青睐<sup>[1]</sup>。但是设施蔬菜的复种指数高,作物种类单一,重茬面积逐年增加,已经影响到设施产业的可持续发展<sup>[2]</sup>。设施蔬菜连作会造成土壤溶液浓度增加,使土壤的渗透势加大,作物根系的吸水吸肥能力减弱,植物生长发育不良,也易导致植物病害加重<sup>[3-4]</sup>。轮作是通过更换保护地作物栽培来减轻或防治病虫害的一种耕作方式。在保护地中与病原菌非寄主的轮作,可使土壤中病原菌的数量降低,同时轮作能均衡土壤养分状况,改善微生物区系,提高土壤

**第一作者简介:**唐艳领(1987-),女,硕士研究生,研究方向为温室连作障碍。E-mail:tangtangyanling@126.com

**责任作者:**朴凤植(1965-),男,教授,硕士生导师,现主要从事设施园艺与无土栽培等研究工作。E-mail:piao1203@163.com

**基金项目:**河南省科技攻关重点资助项目(122102110042)。

**收稿日期:**2014-03-13

## Effects of Foliar Spraying of Selenium Fertilizer on Selenium Enrichment of Different Vegetables and Yield

YANG Hui-fang<sup>1</sup>, LIANG Xin-an<sup>2</sup>, CHANG Jie-tian<sup>2</sup>, QIN Na<sup>2</sup>

(1. Lingying County Agriculture of Henan Province, Luohe, Henan 462600; 2. Henan Vocational College of Agriculture, Zhengzhou, Henan 451450)

**Abstract:** Using tomato, carrot and garlic as materials, the yield and selenium, inorganic selenium and organic selenium contents were measured by spraying different Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> on tomato, carrot and garlic leaves. The results showed that the organic selenium conversion rate reduced as the selenium mass concentration raises. When spray 100 mg/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> selenium on the tomato, carrot, garlic the organic selenium enrichment were 7.83 times, 8.53 times, 2.85 times of the control respectively, tomato's selenium enrichment was the highest. But when spray 500 mg/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> selenium on garlic leaves, its organic selenium enrichment was 4.70 times of the control, and under such condition the garlic had the highest ability of selenium enrichment. The yield of tomato and carrot could be raised when they were sprayed  $\leq 1.0$  mg/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> times of the control and so did the garlic when it was sprayed  $\leq 10$  mg/L Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub>, when the Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> mass concentration raises the yield and organic selenium content of the three vegetables would reduce. According to the experiment results, the yield of tomato and carrot could be raised if they were sprayed Na<sub>2</sub>SeO<sub>3</sub> 0.5~1.0 mg/L and so did the garlic if the selenium mass concentration  $\leq 10$  mg/L.

**Key words:** tomato; carrot; garlic; sodium selenite; enrichment; yield