

# 硒与砷在植物中相互作用的实验研究

陈海珍<sup>1</sup>, 陈志澄<sup>1</sup>, 刘士哲<sup>2</sup>, 吴群河<sup>3</sup>, 毋福海<sup>1</sup>

(1. 广东药学院预防医学系, 广东 广州 510224; 2. 华南农业大学; 3. 中山大学)

**摘要:** 利用无土栽培技术, 模拟研究了 Se 与 As 在植物中的相互作用, 研究表明, 硒与无机砷存在相互拮抗作用。

**关键词:** 植物; 硒; 砷; 作用

**中图分类号:** S131 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0267(2001)02-0191-03

## Experimental Study on Interaction of Selenium and Arsenic in Plant

CHEN Hai-zhen<sup>1</sup>, CHEN Zhi-cheng<sup>1</sup>, LIU Shi-zhe<sup>2</sup>, WU Qun-he<sup>3</sup>, WU Fu-hai<sup>1</sup>

(1. Guangdong College of Pharmacy, Guangzhou 510224 China; 2. South China Agriculture University; 3. Zhongshan University)

**Abstract:** The Interaction of selenium and arsenic in plant has been simulatively studied using soilless culture. It was indicated that there exists an antagonistic action between selenium and inorganic arsenic in the plant.

**Keywords:** selenium; arsenic; plant; action

砷是环境中的有害物质, 可通过呼吸道、皮肤进入人体, 产生急性或慢性毒害作用。某些地区由于开采砷矿炼砷以及一些有色金属矿采冶, 导致环境受到严重污染, 其由风源、水源迁移的砷已污染了下方土壤, 使植被吸收了砷, 从而由食物链进入人体, 危害健康。因此, 探讨如何减少植物对砷的吸收机制, 具有重要意义。硒是生物体内必需微量元素, 适当摄入对人体有益; 曾有报道<sup>[1]</sup>, 硒与砷在动物体内呈拮抗作用, 而在植物中硒、砷的相互作用尚少报道。本文利用无土栽培技术, 模拟研究植物中硒、砷的依存关系, 以期治理砷污染地区提供科学依据。

## 1 实验部分

### 1.1 植物栽培

#### 1.1.1 无土栽培营养成分

本实验利用无土栽培技术进行植物的栽培, 其营养成分见表 1。

#### 1.1.2 无土栽培方法

洗净 5 kg 塑料桶, 剪一块 PE 膜使之可盛放营养液于盆中, 将营养液与塑料桶分隔开来, 此为试验盆。每个试验盆加入 4.5—5.0 L 营养液, 放入具有 2 个定植孔的定植板, 放入菜苗, 作为一个重复。在刚定

表 1 无土栽培营养成分 (mg · L<sup>-1</sup>)

Table 1 Nutrients of soilless culture in the studied test

物质成分	浓度	物质成分	浓度
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> · 4H <sub>2</sub> O	472	FeSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O + EDTA · 2Na	13.9 + 18.6
KNO <sub>3</sub>	267	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	2.86
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	100	MnSO <sub>4</sub> · 4H <sub>2</sub> O	2.13
NH <sub>4</sub> HCO <sub>3</sub>	78	ZnSO <sub>4</sub>	0.22
MgSO <sub>4</sub> · 7H <sub>2</sub> O	246	CuSO <sub>4</sub> · 5H <sub>2</sub> O	0.08
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	116	(NH <sub>4</sub> ) <sub>6</sub> Mo <sub>7</sub> O <sub>24</sub> · 4H <sub>2</sub> O	0.02

植的苗期, 营养液浸入定植杯杯底约 1 cm 处, 以后随植株的生长吸收、营养液消耗后均不再补充水分和养分。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 试验设计

受试植物为本地玻璃生菜。加入试验盆的化合物为不同形态的砷 AsO<sub>2</sub><sup>-</sup> (简称 As(III))、AsO<sub>4</sub><sup>3-</sup> (简称 As(V))、MMA(甲基砷酸钠)和 DMA(二甲基砷酸钠) 4 种形态及 SeO<sub>3</sub><sup>2-</sup> (简称 Se), 试验设计见表 2。每个水平设 10 个重复。

#### 1.2.2 生长观察

种植过程中观察记录为:

- ① 营养液初始 pH 值, 每隔一周测一次 pH 值;
- ② 植株生长过程的长势、每隔一周的叶片数、死苗数量、生菜叶片、根系出现中毒的时间和症状;
- ③ 生菜收获的地上部和地下部鲜重和干重;

收稿日期: 2000-03-09

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目

作者简介: 陈海珍(1973—), 女, 广东药学院助理实验师。

表2 试验设计表  
Table 2 Design of the test

加入化合物形态	加入化合物水平/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$					备注
	1	2	3	4	5	
CK	0.00	0.00	0.00	0.00		对照, 不加As, 另外各加入Se $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
As(III)	0.50	5.00	25.00	50.00		加入As(III), 另外各加入Se $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
As(V)	0.50	5.00	25.00	50.00		加入As(V), 另外各加入Se $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
DMA	0.50	5.00	25.00	50.00		加入DMA, 另外各加入Se $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
MMA	0.50	5.00	25.00	50.00		加入MMA, 另外各加入Se $0.2 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Se	0.00	0.02	0.200	1.00	2.00	加入Se, 另外各加入 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ As(V)
Se	0.00	0.02	0.200	1.00	2.00	加入Se, 另外各加入 $5 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ As(III)

④ 生长中期和终期各采集一次营养液分析其组成。

### 1.2.3 植株采样

于生长期分3批采样, 即定植后10、20、30 d时分期收获; 样品洗净, 烘干、粉碎、备用。

### 1.3 分析项目与方法

1.3.1 植株硒  $\text{HNO}_3 - \text{HClO}_4$  消化, 诱导比色法<sup>[2,3]</sup>测定。

1.3.2 植株砷  $\text{HNO}_3 - \text{H}_2\text{SO}_4 - \text{HClO}_4$  消化, 砷化氢发生砷钼蓝比色法<sup>[4]</sup>测定。

## 2 结果分析

### 2.1 砷对生菜产量的影响

由表3结果来看, 砷抑制生菜菜叶的生长发育, 造成减产; 随着砷浓度增加到一定量, 可导致生菜的死亡。表明砷对生菜生长有毒害作用, 且不同形态的砷对生菜生长的影响有一阈值。

### 2.2 生菜菜叶砷、硒含量分析

由表4结果可见:

① 生菜对相同浓度、不同形态砷的吸收为 As(III) > DMA > As(V) > MMA。对于 As(III)、As(V)、DMA 而言, 随着营养液砷浓度的增加, 菜叶 As 含量显著增加, 且各个浓度之间有显著性差异 ( $P < 0.05$ )。当营养液中 MMA 浓度继续增加时, 菜叶 As 并不成比例的增长, 表明植物对 As 的吸收并不是一种简单的营养运输。

② 相同浓度、不同形态砷的营养液, 对生菜吸收硒为 MMA > As(V) > As(III) > DMA; 比较生菜 As、Se 的含量, 无机砷对生菜吸收硒表现为低硒高砷或高硒低砷的规律, 且随着浓度增加, 生菜吸收硒显著下降 ( $P < 0.05$ ), 表明了硒对生菜吸收无机砷有拮抗作用。

### 2.3 Se 对生菜吸收 As(V) 的影响

从表5可见, 随着营养液 Se 浓度增加, 生菜地下部分吸收 As(V) 含量下降, 表明 Se 对生菜吸收 As 有拮抗作用。

表3 不同形态 As 对生菜菜叶产量的影响(g)

Table 3 Effects of various forms of arsenic on biomass of salad leaf

营养液As浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0	0.5	5.0	25	50
As(III)	$8.24 \pm 4.67$	$10.14 \pm 8.36$	$6.28 \pm 5.15$	—	—
As(V)	$8.24 \pm 4.67$	$6.45 \pm 2.11$	$4.39 \pm 1.72$	—	—
MMA	$8.24 \pm 4.67$	$5.02 \pm 1.93$	$5.33 \pm 1.07$	$4.92 \pm 2.05$	$3.54 \pm 1.20$
DMA	$8.24 \pm 4.67$	$6.89 \pm 2.95$	—	—	—

注: “—”表示生菜中毒致死。

表4 生菜菜叶 As、Se 含量( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )

Table 4 Contents of Arsenic and selenium in salad leaves

加入 As + Se 的 浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	As(III)		As(V)		MMA		DMA	
	As	Se	As	Se	As	Se	As	Se
0.00 + 0.20	$1.96 \pm 1.25$	$0.089 \pm 0.004$	$1.96 \pm 1.25$	$0.089 \pm 0.004$	$1.96 \pm 1.25$	$0.089 \pm 0.004$	$1.96 \pm 1.25$	$0.089 \pm 0.004$
0.50 + 0.20	$7.58 \pm 1.71$	$0.028 \pm 0.005$	$5.83 \pm 1.88$	$0.053 \pm 0.008$	$3.66 \pm 2.75$	$0.116 \pm 0.015$	$6.80 \pm 1.61$	$0.028 \pm 0.010$
5.00 + 0.20	$13.68 \pm 2.41$	$0.019 \pm 0.014$	$12.12 \pm 1.98$	$0.040 \pm 0.009$	$9.42 \pm 1.59$	$0.120 \pm 0.010$	—	—
25.00 + 0.20	—	—	—	—	$36.24 \pm 15.81$	$0.120 \pm 0.012$	—	—
50.00 + 0.20	—	—	—	—	$45.26 \pm 8.90$	$0.131 \pm 0.010$	—	—

注: “—”表示生菜中毒致死。

表 5 硒对生菜地下部分吸收砷的影响( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )

Table 5 Effects of selenium on the absorbed arsenic in the underground parts of salad

营养液Se浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.00	0.02	0.20	1.00	2.00
As(Ⅴ)的含量	1 279.85	1 234.94	1 149.19	1 031.61	899.94
根干重/g	0.43	0.33	0.42	0.24	0.16

## 2.4 Se 对生菜吸收 As(Ⅲ)的影响

从表 6 可见,随着营养液 Se 浓度增加,生菜地上部分吸收 As(Ⅲ)含量下降,表明 Se 对生菜吸收 As 有拮抗作用。但是 Se 对植物的生长有一阈值,超过阈值,会产生毒性作用,导致产量的减少。

表 6 硒对生菜地上部分吸收砷的影响( $\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$ )

Table 6 Effects of selenium on the absorbed arsenic in the aboveground parts of salad

营养液Se浓度/ $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$	0.00	0.02	0.20	1.00	2.00
As(Ⅲ)的含量	11.29	13.17	10.73	9.36	4.63
叶干重/g	8.58	8.27	8.21	6.07	4.02

## 3 讨论

砷污染对植物生长发育、产量和品质有影响。土壤中砷很难从土壤中淋溶掉或损失掉,大多砷化合

物都是有毒的,其中三价砷的毒性最强,因此研究减少植物体中无机砷尤其三价砷是十分必要的。本实验研究表明硒与无机砷之间在植物中存在相互拮抗作用。此结果与文献<sup>[5]</sup>报道 Se、As 相互拮抗是一致的。原因可能是砷多数以阴离子形式存在( $\text{AsO}_3^{3-}$ 、 $\text{AsO}_4^{2-}$ ),硒也以阴离子形式存在( $\text{SeO}_3^{2-}$ 、 $\text{SeO}_4^{2-}$ ),二者在结构上相似,通过植物的吸收机制可能一致。结果表明可通过人为适当喷硒以改变环境中硒含量,拮抗植物吸收砷,降低无机砷进入食物链,从而改善植物砷污染的危害。

### 参考文献:

- [1] 姚佩佩,等译. 联合国环境规划署,等编. 砷的环境卫生标准 [M]. 北京: 人民卫生出版社, 1985. 100-156.
- [2] 赵淑媛,陈志澄,黄义活,等. 诱导比色法测定人血中微量元素硒 [J]. 广东药学院学报, 1995, 3(1): 190-192.
- [3] 陈海珍,黄丽玫,邓红莲,等. 从化荔枝及其生长土壤中硒的含量、分布规律探讨 [J]. 广东药学院学报, 1999, 15(3): 237-239.
- [4] 陈达仁,陈志澄,刘福宁,等. 诱导反应—多元缔合光度法测定痕量砷的研究和应用 [J]. 痕量分析, 1992, 8(1).
- [5] 李 勇,孙株龄,吴德生. 硒、砷联合致畸作用的体外全胚胎培养实验研究 [J]. 上海环境科学, 1997, 16(2): 32-34.

(上接第 70 页)

镉的生物毒性是由镉直接造成的,而不是由于改变了土壤环境的 pH 值间接造成的。

## 3 讨论

我国是稀土储量最大的国家,稀土已被广泛应用于农业生产,若长期下去,稀土将会在土壤中大量积累。在稀土农用的安全性得到很好地回答之前,需要从稀土毒性效应、土壤微生物效应、动植物反应以及对人类健康影响等诸方面进行研究,对稀土农用的风险性和安全性进行科学评价。

### 参考文献:

- [1] 王晓蓉. 稀土元素的环境化学研究现状及发展趋势 [J]. 环境化学, 1991, 10(6): 73-74.
- [2] 竺伟民,张继榛,等. 稀土在土壤中运移数值模拟研究 [J]. 中国

稀土学报, 1996, 14(4): 341-345.

- [3] 顾宗濂,谢思琴,等. 土壤中镉砷铅的微生物效应及其临界值 [J]. 土壤学报, 1987, 24(4): 318-324.
- [4] 吴留松,顾宗濂,等. 影响土壤重金属生物毒性的若干因子 [J]. 环境科学, 1991, 12(3): 12-18.
- [5] 吴留松,顾宗濂,等. 添加物对土壤提取液中铜镉生物毒性的影响 [J]. 土壤学报, 1992, 29(4): 377-382.
- [6] 史 艇,蔡士悦,等. 利用发光杆菌光度指示土壤重金属污染 [J]. 农业环境保护, 1993, 12(3): 101-104.
- [7] 谢思琴,顾宗濂,等. 有机化工废弃物的土地处理研究 [J]. 土壤学报, 1995, 32(3): 327-333.
- [8] Zhou D Z, et al. Effects of synergism and antagonism between metals on toxicity in soils [J]. *Pedosphere*, 1991, 1(2): 177-188.
- [9] Bulich A A. Bioluminescence assays [M]. In: Bitton G and Dutka B J (eds). Toxicity using microorganisms. Vol. 1, CRC Press Inc, Boca Raton, Florida. 1985. 57-76.