

大麦等四种作物对土壤中硒的吸收和累积

万 洪 富

(中国科学院南京土壤研究所)

摘 要

在温室中将大麦、紫花苜蓿、甜菜和西红柿等4种作物种植于含硒量分为0、0.5、1.5、3.0mgSe⁰·Kg⁻¹的土壤中。作物成熟后,收获作物的不同部分,分析各部分的含硒量及称紫花苜蓿的干物质量。结果显示,大麦等4种作物都能不同程度地吸收土壤中的硒,其积累硒可达到对人和动物有潜在毒害的浓度。大麦、甜菜和西红柿的食用部分累积的硒较非食用部分低得多。在含硒量低的土壤中,硒对作物产量几乎没什么影响。当土壤含硒量超过1mgSe⁰·Kg⁻¹时,对产量表现出显著的影响。

硒是生态环境中一个十分重要的微量元素,又是人和动物所必需的生命元素。如果人和动物的食物中Se的含量过低或过高,都会引起人和动物的各种病变。如果食物中含硒量低于0.05mgkg⁻¹就会引起缺硒的病,如马、牛、羊等家畜中的白肌病、白碱病等,我国的较为人们所熟悉的克山病和大骨节病等,都和缺硒有关^[1]。但是,如果食物中含硒量高于4—5mgkg⁻¹,就会引起人或动物的硒中毒,其病状是:脱发、掉指甲,皮层损坏等,例如,早在60年代就发现我国湖北恩施地区农民吃了当地生产的高硒粮食和蔬菜等而导致硒中毒^[2]。

硒是通过粮食、蔬菜和饲草等进入人和动物的食物链的,而植物对硒的吸收量和植物种类密切相关,有些生长在高硒土壤中的植物能吸收和累积相当高浓度的硒(高达数千mgkg⁻¹而一般农作物则只能在体内累积<50mgkg⁻¹的硒^[3])。因此,研究作物对硒的吸收和累积就很有必要。

本文试图通过大麦等4种普通的农作物对土壤中硒的吸收和累积来讨论这一问题。

一、材料和方法

试验土壤为panoche壤土,采自美国加利福尼亚州San Joaquin谷区的panoche冲积扇。该土的理化性质如下: pH6.9;粘粒含量37%;有机碳6.4g/kg;饱和浸提液的电导率为0.6dSm⁻¹;全硒量0.93mgkg⁻¹;可溶性SO₄²⁻为268mgL⁻¹。

土样经风干、过筛后,加入Na₂SeO₄混合,制备成含量分别为0,0.5,1.5,3.0mgkg⁻¹的试验用土。同时在试验用土中加入NH₄NO₃和KH₂PO₄,使土壤含N和P量都为100mgkg⁻¹。处理后的试验用土按每袋6kg和10kg装入塑料袋中,再将装土的塑料袋放入试验钵中。

大麦、紫花苜蓿和甜菜种入装有6kg试验用土的钵中,待出苗后,每钵中分别留大麦5棵,紫花苜蓿10棵,甜菜1棵。西红柿待株高3.3cm左右时移栽入装10kg试验用土的钵中。

*. 本文根据作者在美国加州大学Riverside分校土壤和环境系工作期间的研究资料编写,试验过程中蒙Dr. Page和Dr. Mikkelson指导和帮助谨致谢忱。

每一种作物种入含硒量为4种浓度的土壤中，每一浓度4次重复。

大麦成熟后分别收获其籽粒和茎叶。紫花苜蓿收割4次，收割时间是四分之一花期时。甜菜在播种后67天分别收获其茎叶。西红柿成熟后分别收获其果实、茎和叶。

所有植物样品在50℃下烘干，磨碎，然后用硝酸和过氯酸消化^[4]。

用Hydride generation方法在原子吸收光谱仪上分析植物组织的含硒量。

二、结果和讨论

(一) 作物对硒的吸收和累积

大量的研究证明了^[5]土壤中 SO_4^{2-} 能减少植物对硒的吸收，所以供试土样的 SO_4^{2-} 含量不能过高。本试验用土 SO_4^{2-} 含量基本较低，是可行的。

从图1—4可以看出，大麦、紫花苜蓿、甜菜和西红柿等都能不同程度地吸收土壤中的硒并且在各部位中累积。随土壤中含硒量的增加，各种作物，每种作物的不同部位吸收和累积愈高。如果以每一作物的叶片中的含硒量比较，可以看出，当土壤含硒量为 3 mg kg^{-1} 时，紫花苜蓿第一次收割时含硒量高达 1000 mg kg^{-1} 左右，西红柿为 90 mg kg^{-1} ，而大麦和甜菜分别是49和 47 mg kg^{-1} 。如果以叶片对硒的累积比较，4种作物吸收和累积硒的顺序是：紫花苜蓿>西红柿>大麦>甜菜。

大麦、紫花苜蓿、甜菜和西红柿等4种作物在试验的土壤含硒量浓度内都能迅速地吸收土壤中的 Se^{6+} ，而且在植株体内各部分累积至对人和动物有潜在危险的浓度。研究资料表明^[6]，当食物中含硒量超过3— 5 mg kg^{-1} 时，就可能引起人和动物的中毒。试验结果显示，大麦等4种作物的各部分硒的累积量都远远超过这一范围。所幸的是供试土样中的 Se^{6+} 是人为加入的。其浓度比自然界的土壤高得多。一般来说，自然土壤含硒量大约在 $0.2-0.4\text{ mg kg}^{-1}$ 之间，而且这些硒是以硒化物(HSe)、元素 Se 、亚硒酸盐(Se^{4+})和硒酸盐(Se^{6+})等4种形态同时存在。其中只有硒酸盐(Se^{6+})可溶性高，易为植物吸收利用。

图3中，紫花苜蓿含硒量随收割次数增加而降低，这是由于随作物对土壤中硒的吸收，土壤含硒量愈来愈低所致。

(二) 作物不同部位对硒的吸收和累积

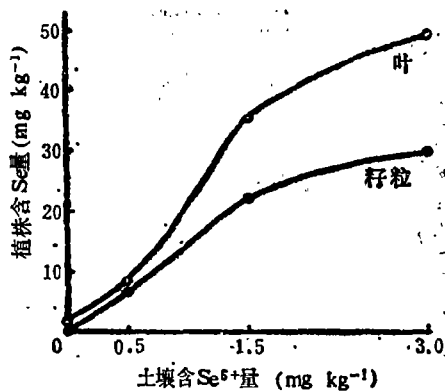


图1 大麦对土壤中硒的吸收

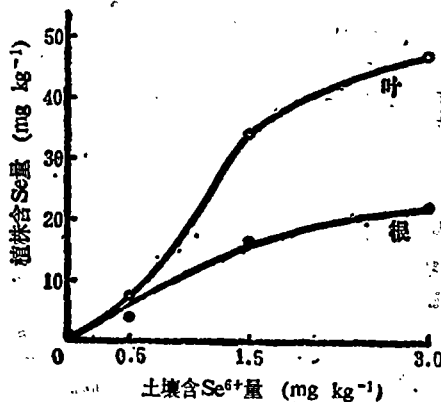


图2 甜菜对土壤中硒的吸收

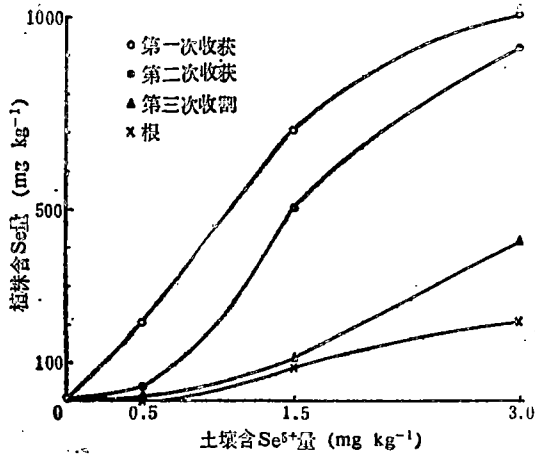


图3 紫花苜蓿对土壤中硒的吸收

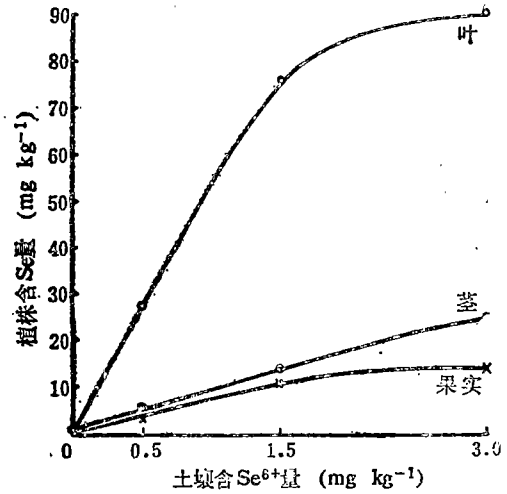


图4 西红柿对土壤中硒的吸收

从图1—4中还可以明显看出,各种作物供人类食用的部分累积的硒比非食用部分低得多。西红柿的果实,甜菜的根,大麦的籽粒的含硒量比茎,叶部分都低。在含硒量为 1.5 mg kg^{-1} 的土壤中,大麦籽粒的含硒量只有茎叶的65%,甜菜的根的含硒量不到地上部分的一半,而西红柿果实中含硒量仅为叶部的20%。这一结果和早些时间Hamilton和Beath^[7, 8]在不同条件下一些作物对硒的吸收和累积的结果相似。也和Ylaranta(1983)^[9]和Gissel—Nielsen(1973)^[10]发现的大麦茎叶比籽粒累积更多的硒的结果是一致的。

所有的作物都能迅速地累积硒酸盐(Se^{6+}),这是因为硒酸盐的可溶性高,易于为植物吸利用。Asher等认为^[11]植物对硒酸盐的吸收,传导模式和硫酸盐一致。首先吸收 Se^{6+} 入植物体内,然后通过木质部以同一形态传递到叶部。在叶部,硒酸盐被还原成亚硒酸盐,然后再合成不同类型的有机化合物^[12]。正是因为硒酸盐的还原和有机硒化物的合成都发生在叶部这就可能是各种作物叶部累积的硒高于其他部位的原因。当有机硒化物在叶部合成以后,再通过韧皮部转送,这样就使大麦的籽粒和西红柿果实中的含硒量低了。

(三) 硒对作物生长的影响

鉴于大麦、甜菜和西红柿的试验株数少,从统计上很难说明土壤含硒量对作物干物质的影响,所以,我们仅以紫花苜蓿为例说明。

从表1的资料可以看出,紫花苜蓿的茎叶和根的干物质质量随土壤含硒量的增加而减少。当土壤含硒量为 1.5 mg kg^{-1} 时,紫花苜蓿的干物质大约是对照的50%。而当土壤含硒量达 3.0 mg kg^{-1} 时,干物质仅是对照的4%左右。而且其中有的已被硒毒害致死而无法收获。

从紫花苜蓿的生长来看,在高浓度(3 mg kg^{-1})硒的条件下,硒将严重影响紫花苜蓿的出苗和生长,其症状一般只表现为生长障碍,苗小,甚至死亡。

研究证明,硒对植物的毒性在很大程度上是因为干扰了植物正常的新陈代谢。含硒的氨基酸能干扰细胞的正常的生化反应与酶的功能。Anderson^[12]等认为,细胞对硒的毒性最敏感的部分是在一些特殊的和基本的反应中需要硒的部分。例如,当硫取代硒时,一些酶的-SH基团就会失去反应。

但是,当土壤含硒量较低时,硒对作物的干物质产量几乎没有什么影响。从表1中我们

表 1 土壤含硒量对紫花苜蓿干物质产量(克)的影响

| 土壤类型和 收割次数 | 土壤含硒量 mgkg^{-1} | | | |
|------------------|--------------------------|------|-----|-----|
| | 0 | 0.5 | 1.5 | 3.0 |
| Ciervo | | | | |
| 1 | 10.9 | 8.0 | 1.9 | 0.2 |
| 2 | 11.2 | 11.4 | 5.2 | 0.1 |
| 3 | 9.2 | 8.5 | 6.2 | * |
| 根 | 6.7 | 6.5 | 2.3 | * |
| Lost Hill | | | | |
| 1 | 6.3 | 6.5 | 4.2 | 0.3 |
| 2 | 9.2 | 9.0 | 6.6 | 0.4 |
| 3 | 3.4 | 4.1 | 3.1 | * |
| 根 | 3.8 | 3.8 | 1.8 | * |
| Panoche | | | | |
| 1 | 9.8 | 9.0 | 4.3 | 1.0 |
| 2 | 11.3 | 12.6 | 8.4 | 1.1 |
| 3 | 10.4 | 10.9 | 8.1 | 0.4 |
| 根 | 6.4 | 6.5 | 4.0 | * |

* 作物死亡, 或苗木小无法收获,

大麦的籽粒, 甜菜的根和西红柿的果实对硒的累积比非食用部分低得多。

3. 紫花苜蓿可以累积相当高浓度的硒(1000mgkg^{-1}), 在高浓度下($>1.5\text{mgSe}^{6+}\text{kg}^{-1}$)硒会影响紫花苜蓿的干物质产量。而在较低浓度下则无影响。其含硒量的临界浓度大约在 $0.7-0.8\text{mgkg}^{-1}$ 。

也可以看出, 当土壤含硒量为 0.5mgkg^{-1} 时三种土壤中紫花苜蓿的干物质质量和对照几乎没有差异。我们还在另一组水培试验中①用 0.125 和 0.25mgkg^{-1} 浓度的营养液试验含硒量对紫花苜蓿的干物质产量的影响, 结果显示, 硒对作物干物质也没有什么影响。对紫花苜蓿而言, 土壤含硒量对干物质影响的临界浓度大约是 $0.7-0.8\text{mgkg}^{-1}$ 之间。

现已认为, 当植物吸收硒的浓度很低时植物中的硒似乎不涉及到特殊的反应, 所以, 现尚未发现田间状态下硒对作物危害的例子〔3〕。我们的结果与此是一致的。

三、结论

1. 大麦、紫花苜蓿、甜菜和西红柿等 4 种作物各部位都能吸收和累积硒。在试验浓度下(0.5 、 1.5 和 3.0mgkg^{-1})甚至可以累积到对人和动物有潜在危害的水平。

2. 大麦、甜菜和西红柿的食用部分, 即

参 考 文 献

- [1] Yang F. Y. et al., International Symposium on Environmental Life Elements and Health. Abstracts. Beijing. p. 207-222, 1988.
- [2] Yang, G. S., et al., Amer. J. Clin. Nutr. 37: 872-888, 1983.
- [3] Mikkelsen, R. L., et al., Soil Sci. Soc. Amer. J., 1988.
- [4] Ganje, T. J., and A. L. Page. Atomic Absorp. Newsl. 13: 131-134, 1974.
- [5] 万洪富, 生态环境中的硒及植物对它的吸收和转化。土壤学进展, 16卷 6期, 1988.
- [6] Lakin, H., American Chemical Society, Advances in Chemistry Series 123, p. 96-111, 1973.
- [7] Hamilton, J. W., and O. A. Beath. Agron. J. 55: 528-531, 1963.
- [8] Hamilton, J. W., and O. A. Beath. Agron. J. Agric. Food Chem. 12: 371-374, 1964.
- [9] Ylaranta, T., Ann. Agric. Fenn. 22: 164-174.
- [10] Gissel-Nielsen, G. J., Sci. Food Agric. 24: 649-655, 1973.
- [11] Asher, C. J., et al., J. Exp. Bot. 28: 279-291, 1977.
- [12] Anderson, J. W., et al., Selenium and Plant Metabolism. In D. A. Robb and W. S. Pierpoint(ed) Metals and Micronutrients: Uptake and utilization by plants. Academic Press, New York. p. 241-275, 1983.

① Aebastl. N. and H. F. Wan (未发表资料)。