

姜自红. 硫硒互作对青蒜苗期生长及抗氧化能力的影响[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(5): 217-220.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2016.05.062

# 硫硒互作对青蒜苗期生长及抗氧化能力的影响

姜自红

(滁州职业技术学院, 安徽滁州 23900)

**摘要:**在设施拱棚内对大蒜进行水培试验, 研究硫硒互作对青蒜苗生长及抗氧化能力的影响。结果发现, 低硫浓度下青蒜苗各生长指标随硒浓度升高而增大, 3.6  $\mu\text{mol/L}$  硒处理下地上部鲜质量比对照分别增加了 34.0%、82.9%, 差异达到了极显著水平; 而高硫浓度下生长指标与硒无明显关联。 $\text{S}_2\text{Se}_3$  处理下大蒜叶片色素含量与对照无明显差异, 但  $\text{S}_2\text{Se}_6$  处理下色素含量下降, 在同一硒浓度下  $\text{S}_2$  处理下色素含量高于  $\text{S}_4$  处理。叶片与假茎中维生素 C 含量在  $\text{S}_2\text{Se}_3$  处理下均明显升高, 但  $\text{S}_2\text{Se}_6$  处理降低了维生素 C 含量,  $\text{S}_4$  浓度下结果与之相反。此外,  $\text{S}_2\text{Se}_3$  处理中超氧化物歧化酶、过氧化物酶、过氧化氢酶、抗坏血酸过氧化物酶活性均高于  $\text{S}_2\text{Se}_6$  与  $\text{S}_4\text{Se}_3$  处理; 而高硒处理结果与之相反。施硒在 2 个硫浓度下均降低了青蒜苗中丙二醛含量。水培条件下, 综合各指标以  $\text{S}_2\text{Se}_3$  处理对大蒜生长发育最为有利。

**关键词:**大蒜; 硫; 硒; 生长; 抗氧化能力

**中图分类号:** S633.406 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2016)05-0217-04

大蒜 (*Allium sativum* L.) 是人们喜食的一种蔬菜, 其幼苗, 花茎, 鳞茎均可食用, 营养价值较高, 且有诸多保健作用<sup>[1]</sup>。硒是人体必需的微量元素<sup>[2]</sup>, 是动物和人体谷胱甘肽过氧化物酶的组成成分<sup>[3-4]</sup>。研究表明, 缺硒会导致克山病、大骨节病等地方病, 适量补硒可预防癌症和心血管疾病, 提高人体的免疫力<sup>[5-7]</sup>。近年研究还表明, 作物施硒可提高食物链硒水平<sup>[8]</sup>, 改善作物品质<sup>[9-10]</sup>, 增强作物抗逆性<sup>[11]</sup>, 提高作物生长速率和产量<sup>[12-15]</sup>。硫和硒作为同主族元素, 在物理和化学性质上存在许多相似性<sup>[16]</sup>, 因而植物根系环境中硫浓度的高低会显著影响硒的吸收和积累<sup>[17]</sup>。本试验通过水培技术培养大蒜, 定量控制根系环境中硫硒浓度, 研究不同硫硒配方案对青蒜苗生长及抗氧化能力的影响。通过不同硫硒配比浓度对大蒜影响的效应分析, 定量评价各处理对大蒜的促进作用, 科学合理地确定最适合大蒜生长的硫硒配比浓度, 以期为大蒜合理施肥、提高大蒜产量及品质提供参考。

## 1 材料与与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2013 年 10 月至 2014 年 6 月在山东泰安科技创新园进行。深液流技术水培金蒜 4 号, 微电脑控制器控制营养液。营养液为 Hoagland 和 Arnon 通用水培配方 (除硫硒外)。试验设定 6 个硫硒浓度组合:  $\text{S}_2\text{Se}_0$  ( $\text{S}$  2 mmol/L,  $\text{Se}$  0  $\mu\text{mol/L}$ )、 $\text{S}_2\text{Se}_3$  ( $\text{S}$  2 mmol/L,  $\text{Se}$  3  $\mu\text{mol/L}$ )、 $\text{S}_2\text{Se}_6$  ( $\text{S}$  2 mmol/L,  $\text{Se}$  6  $\mu\text{mol/L}$ )、 $\text{S}_4\text{Se}_0$  ( $\text{S}$  4 mmol/L,  $\text{Se}$  0  $\mu\text{mol/L}$ )、 $\text{S}_4\text{Se}_3$  ( $\text{S}$  4 mmol/L,  $\text{Se}$  3  $\mu\text{mol/L}$ )、 $\text{S}_4\text{Se}_6$  ( $\text{S}$  4 mmol/L,  $\text{Se}$  6  $\mu\text{mol/L}$ )。浓度为 2 mmol/L 时,  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  提供 S, 超出 2 mmol/L 用  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  提供硫; Se 由  $\text{Na}_2\text{SeO}_3$  提供。幼苗时 7 d 换 1 次营养液, 旺盛生长期 3 d/次。试验栽培盆规格为

65 cm × 50 cm × 35 cm, 每盆定植 12 株, 每个处理 20 盆。

### 1.2 测定方法

试材于 10 月 8 日播种在覆盖聚乙烯无滴膜的拱棚内, 棚内温度保持 0~25  $^{\circ}\text{C}$ , 常规管理。播种后 150 d (3 月 8 日) 测定水培青蒜苗的形态指标 (株高、假茎长、假茎粗、叶宽、地上部鲜质量), 叶片色素、维生素 C、丙二醛含量, 以及叶片酶活性。各处理取代表性植株 10 株, 去除干老部分, 混匀, 3 次重复。用卷尺测量株高、假茎长及叶宽 (植株顶端以下第 4 张叶中间宽度), 用游标卡尺测量假茎粗 (假茎基部的最大直径 0)。光合色素、维生素 C、丙二醛、超氧化物歧化酶、过氧化氢酶、抗坏血酸过氧化物酶、过氧化物酶活性的测定分别采用丙酮比色法、2,6-二氯酚比色法、硫代巴比妥酸显色法、氮蓝四唑法、紫外吸收法、紫外吸收法<sup>[18]</sup>、愈创木酚法<sup>[19]</sup>。试验数据采用 DPS 6.55 和 Excel 进行统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 硫硒处理对青蒜苗形态指标的影响

低硫浓度  $\text{S}_2$  下施硒对青蒜苗生长总体上具有显著促进作用, 各指标均优于对照 (表 1)。与对照相比, 株高、假茎长、假茎粗、叶宽、地上部鲜质量分别增加 2.2%~2.4%、8.1%~12.7%、12.1%~23.7%、6.1%~26.6%、34.0%~82.9%。高硫浓度  $\text{S}_4$  下, 株高、假茎长随硒浓度增加而增加, 分别比对照增加 3.1%~12.0%、3.6%~7.7%。假茎粗在低硫浓度  $\text{Se}_3$  下比对照下降 6.0%, 而在高硫浓度  $\text{Se}_6$  下较对照增加 9.6%; 而叶宽与地上部鲜质量施硒后较对照反而下降。同一硒浓度不同硫浓度处理之间总体上为低硫处理优于高硫处理。

### 2.2 硫硒处理对青蒜苗叶片色素和维生素 C 含量的影响

2.2.1 硫硒处理对青蒜苗叶片色素含量的影响 高硫浓度处理下, 叶片色素含量普遍低于低硫浓度的处理, 且多数达到显著水平 (图 1)。在相同硒浓度处理中, 低硫浓度处理中的叶片叶绿素 a 含量比高硫浓度下的含量分别提高 10.3%、

收稿日期: 2015-05-13

作者简介: 姜自红 (1979—), 女, 山东临沂人, 硕士, 讲师, 主要从事园林园艺植物生理研究。E-mail: 372577883@qq.com。

表1 硫硒处理对青蒜苗株高、假茎长、假茎粗、叶宽及地上部鲜质量的影响

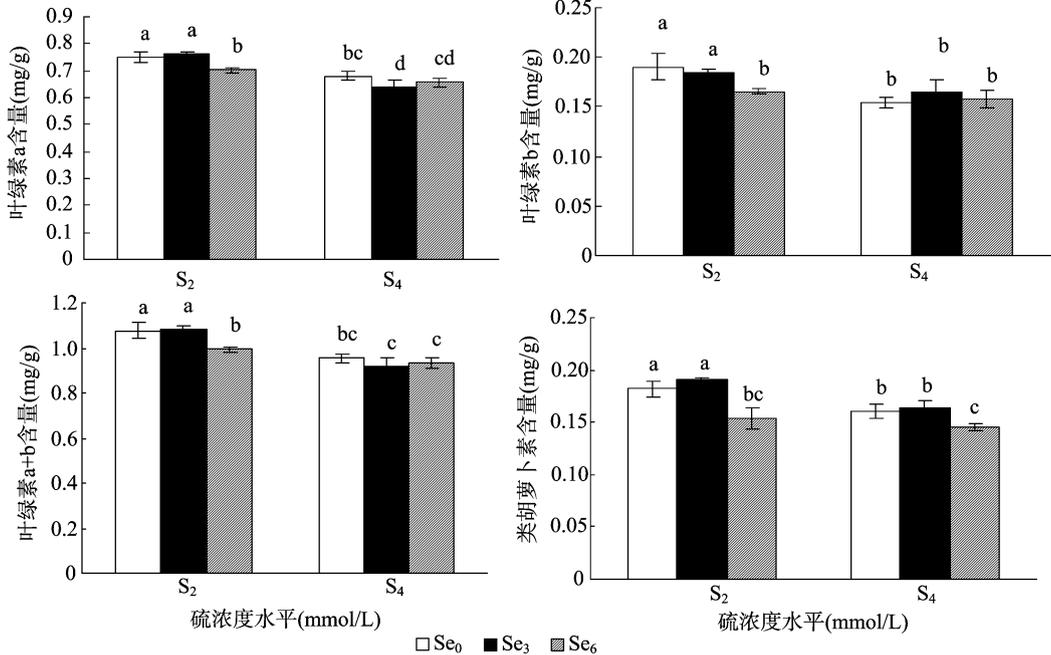
处理	株高 (cm)	假茎长 (cm)	假茎粗 (mm)	叶宽 (cm)	地上部鲜质量 (g)
S <sub>2</sub> Se <sub>0</sub>	61.38bB	10.82cB	16.32cC	3.12cB	65.93dC
S <sub>2</sub> Se <sub>3</sub>	62.85bAB	11.70abAB	18.30dB	3.31bB	88.33cB
S <sub>2</sub> Se <sub>6</sub>	62.75bAB	12.19aA	20.18bAB	3.95aA	120.56aA
S <sub>4</sub> Se <sub>0</sub>	60.58bB	10.98bcB	19.96bcAB	3.99aA	93.88bB
S <sub>4</sub> Se <sub>3</sub>	62.47bAB	11.38abcAB	18.77cdB	3.17cbB	64.20dC
S <sub>4</sub> Se <sub>6</sub>	67.87aA	11.83aAB	21.87aA	3.84aA	86.25cB

注:表中同列数据后不同小写字母、大写字母分别表示在0.05、0.01水平上差异显著。

19.4%、7.1%,叶绿素b含量分别提高24.0%、12.2%、5.4%,叶绿素(a+b)含量分别提高12.9%、17.9%、6.3%,类

胡萝卜素含量分别提高13.1%、16.7%、6.1%。低硫浓度下Se<sub>3</sub>处理比对照除叶绿素b外均略有升高,但未达到显著水平。高硒处理Se<sub>6</sub>比对照显著降低了叶片中各色素含量。高硫浓度下不同硒处理之间差异不显著,其中Se<sub>3</sub>与Se<sub>6</sub>处理较对照叶绿素a及胡萝卜素含量分别显著降低了5.9%、10.0%。

2.2.2 硫硒处理对青蒜苗维生素C含量的影响 低硫浓度下适量施硒提高了大蒜叶片和假茎中的维生素C含量,高硫浓度反而降低了维生素C含量(图2)。其中叶片中S<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>处理比对照增加5.5%,S<sub>2</sub>Se<sub>6</sub>处理比对照下降了5.2%;假茎中S<sub>2</sub>处理与对照维生素C含量无显著差异。高硫浓度下呈现趋势与低硫浓度下恰好相反:低硒降低了青蒜苗中维生素C含量,叶片与假茎中维生素C含量较对照分别降低了6.6%、7.9%,提高硒浓度后维生素C含量有所上升,但与对照无显著差异。



柱上不同小写字母表示处理间差异显著(P<0.05)  
图1 硫硒处理对青蒜苗叶片叶绿素和类胡萝卜素含量的影响

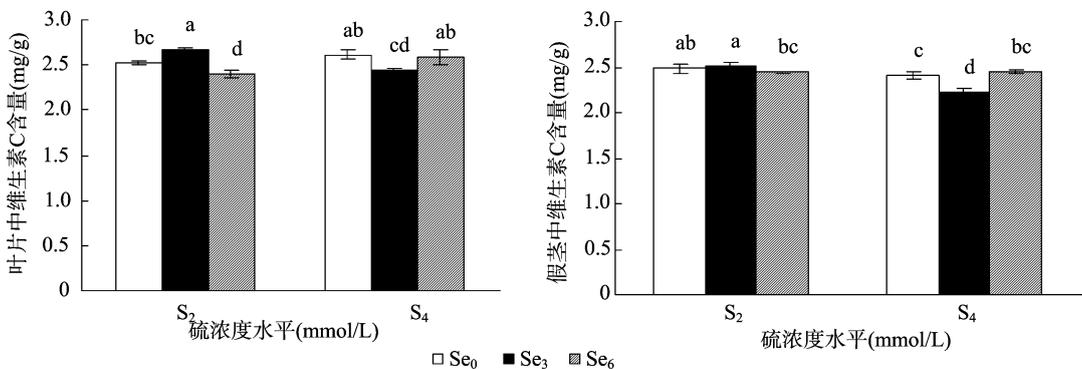


图2 硫硒处理对青蒜苗维生素C含量的影响

### 2.3 硫硒处理对青蒜苗叶片酶活性及丙二醛含量的影响

2.3.1 硫硒处理对青蒜苗叶片酶活性的影响 低硫浓度下4种酶活性随硒浓度变化趋势相同,均表现为先增加后下降(图3)。其中S<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>处理中除SOD外,POD、APX、CAT活性

显著高于对照,分别增加了65.1%、87.1%、1.76倍;S<sub>2</sub>Se<sub>6</sub>处理中叶片酶活性均显著低于S<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>处理。在Se<sub>3</sub>浓度下,低硫浓度处理酶活性均高于高硫浓度处理,各酶分别高出6.2%、22.9%、78.7%、66.9%。与之相反,在Se<sub>6</sub>浓度下,低硫浓度

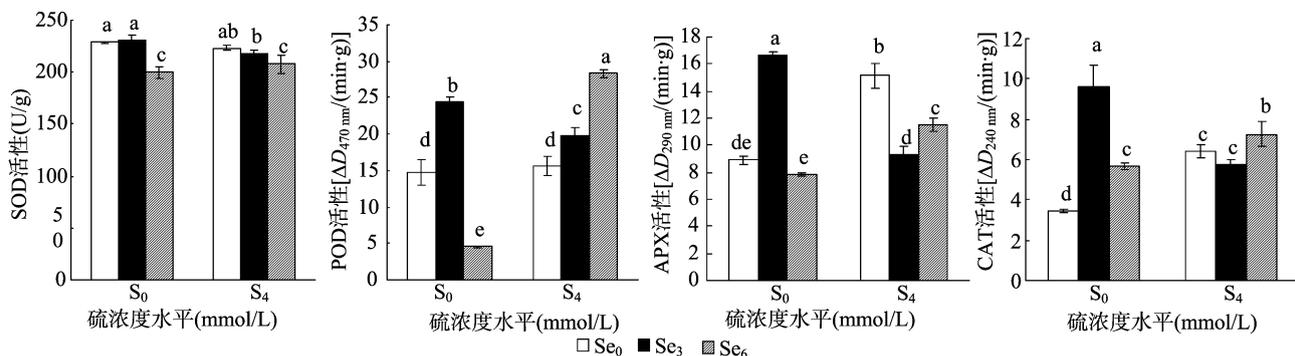


图3 硫硒处理对青蒜苗SOD、POD、APX及CAT活性的影响

处理酶活性均低于高硫浓度处理。

2.3.2 硫硒处理对青蒜苗叶片丙二醛含量的影响 低硫与高硫浓度下,施硒均降低了叶片中MDA的含量,且与对照相比均达到了差异显著水平(图4),说明硒有效地降低了青蒜苗的膜脂过氧化。Se<sub>3</sub>与Se<sub>6</sub>处理在低硫浓度下与对照相比MDA浓度分别下降了55.3%、18.8%,在高硫浓度下与对照相比分别下降了26.1%、38.7%。低硫浓度下MDA浓度随硒浓度增加先下降后上升,说明适量施硒能降低叶片中MDA含量,过量硒反而会引起MDA含量的增加。高硫浓度下MDA浓度随硒浓度增加而下降,说明高硫浓度提高了大蒜对高硒浓度的耐受能力。

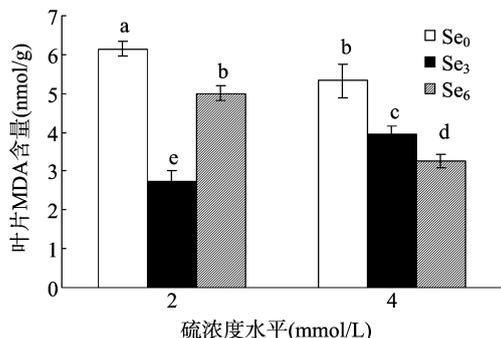


图4 硫硒处理对青蒜苗MDA含量的影响

### 3 结论与讨论

众所周知,大蒜有益人体健康。早在公元前1550年,埃及人就意识到大蒜可用于治疗多种疾病<sup>[20-22]</sup>。研究表明,大蒜中硒化合物抗癌效果优于同类硫化物<sup>[7]</sup>。硫是植物生长必需的大量元素之一,其参与氨基酸、蛋白质、酶的合成,对植物的生理功能的正常进行至关重要<sup>[23]</sup>。硒是人类及动物所需的微量元素,是一些含硒抗氧化酶如谷胱甘肽过氧化物酶、硫氧还蛋白还原酶正常行使其功能所必需的<sup>[24]</sup>。硫硒同为第6主族元素,有相似电子排布,这决定了硫硒在物理、化学性质上的相似性。本试验测定了不同硫浓度下,不同硒浓度处理对青蒜苗生长及抗氧化能力的影响。结果表明,不同硫硒处理对青蒜苗的生长、色素含量、维生素C含量、抗氧化酶活性及MDA含量均有显著影响,且总体效果以S<sub>2</sub>Se<sub>3</sub>处理为最优。

不同硫硒浓度配施对植物生长影响不同。一般认为外源低浓度硒对植物生长有促进作用,而过量硒则导致植物生长

受阻、代谢紊乱、甚至死亡。Xue等研究表明低浓度硒(0.1 mg/kg土壤)可促进衰老期生菜生长,使其干质量增加了14%<sup>[13]</sup>。其他学者在黑麦草<sup>[12]</sup>、土豆<sup>[14]</sup>、大豆<sup>[15]</sup>、咖啡<sup>[25]</sup>、绿茶<sup>[26]</sup>上的研究同样表明适宜浓度的硒可以提高植物的生长速率。本试验结果与之类似,低硫浓度条件下硒促进了青蒜苗的生长,但高硫浓度下硒对青蒜苗生长的影响并无明显规律。此外,硒对植物不同生长时期的影响也不尽相同。Hartikainen等关于黑麦草的研究显示硒浓度为1.0 mg/kg时,对第1次收获的干鲜质量有负面影响,但该浓度下硒显著促进了第2次收获的干鲜质量<sup>[12]</sup>。硒促进植物生长的原因可能是硒提高了植物的抗氧化能力,延缓了植物衰老。

叶绿素和类胡萝卜素作为植物的光合色素,不仅直接影响光合作用的进行,其含量还可以作为植物体内代谢环境稳定与否的指标。本试验结果表明,青蒜苗色素含量受硫硒浓度影响,但色素含量与硒促进植物生长并无明显联系,这与黑麦草有关硒浓度对叶绿素含量的研究<sup>[12]</sup>相一致。该研究还表明硒处理对叶绿素含量在植物的不同生长阶段有不同影响:1.0 mg/kg时叶绿素含量为第1次收获高于第2次,而10.0 mg/kg处理则反之。

维生素C含量不仅是蔬菜品质好坏的指标,同时作为可清除活性氧自由基,降低膜脂过氧化的抗氧化物质,其含量对细胞的稳定性也有重要影响<sup>[27]</sup>。Hu等关于亚硒酸盐对早春绿茶叶片品质的研究表明,适量施硒可提高其维生素C含量<sup>[26]</sup>,茭苳<sup>[28]</sup>、茼蒿<sup>[29]</sup>也有类似实验结果。但也有研究表明硫硒配施对茭苳芥维生素C含量无显著影响<sup>[30]</sup>。本试验结果表明,低硫浓度下低硒处理提高了青蒜苗中维生素C含量,而高硒处理使之下降;高硫浓度下则相反。这说明适宜的硫硒配施可以改善青蒜苗品质,提高其抗逆性。

SOD、POD、CAT、APX是清除细胞内活性氧等自由基,维持植物细胞内活性氧动态平衡的主要保护酶。适量施硒可显著提高植物的抗氧化能力,同时还取决于施用时期。低硒浓度处理在生菜幼苗时期降低了其SOD活性,而提高了衰老期SOD活性<sup>[13]</sup>,这与本试验结果相符。有学者认为硒通过增加GSH-Px活性提高了对H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>的清除能力,从而降低了对SOD的需求<sup>[12]</sup>。段咏新等研究表明亚硒酸钠处理大蒜使其活性氧相对含量比对照下降了31.91%,从富硒大蒜分离出的含硒蛋白可提高GSH-Px、SOD、CAT活性,降低了POD活性<sup>[31]</sup>。而本试验结果表明,适宜的硫硒配施提高了POD、

CAT、APX 的活性,降低了 SOD 活性。个别酶活性下降的原因可能是因为它们有共同的作用底物过氧化氢<sup>[31]</sup>。硒还可以拮抗胁迫引起的伤害,减少膜脂过氧化,降低 MDA 含量<sup>[32-35]</sup>,本试验也获得了类似结果。

适宜的硫硒浓度可以有效促进青蒜苗的生长,改善其品质状况,提高保护酶活性,显著提高了青蒜苗的抗氧化能力,综合效果以 S<sub>2</sub>Se<sub>3</sub> 效果最好。

#### 参考文献:

- [1]刘世琦. 蔬菜栽培学简明教程[M]. 北京:化学工业出版社, 2007:173.
- [2]Himeno S,Imura N. New aspects of physiological and pharmacological roles of selenium[J]. Journal of Health Science,2000,46(6):393-398.
- [3]Rotruck J T,Pope A L,Ganther H E, et al. Selenium; biochemical role as a component of glutathione peroxidase[J]. Science,1973,179(4073):588-590.
- [4]Awasthi Y C,Beutler E,Srivastava S K. Purification and properties of human erythrocyte glutathione peroxidase[J]. Journal of Biological Chemistry,1975,250(13):5144-5149.
- [5]Hartikainen H. Biogeochemistry of selenium and its impact on food chain quality and human health[J]. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology,2005,18(4):309-318.
- [6]Banuelos G S,Hanson B D. Use of selenium-enriched mustard and canola seed meals as potential bioherbicides and green fertilizer in strawberry production[J]. HortScience,2010,45(10):1567-1572.
- [7]El-Bayoumy K,Sinha R,Pinto J T, et al. Cancer chemoprevention by garlic and garlic-containing sulfur and selenium compounds[J]. The Journal of Nutrition,2006,136(3):864-869.
- [8]Zhu Y G,Pilon-Smits E A,Zhao F J, et al. Selenium in higher plants; understanding mechanisms for biofortification and phytoremediation[J]. Trends in Plant Science,2009,14(8):436-442.
- [9]胡秋辉,潘根兴. 低硒土壤茶园茶叶富硒方法及其富硒效应[J]. 南京农业大学学报,1999,22(3):91-94.
- [10]尚茂庆,高丽红. 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]罗盛国,李彦. 硒对连作障碍下大豆膜脂过氧化损伤的影响[J]. 大豆科学,1999,18(3):224-229.
- [12]Hartikainen H,Xue T,Piironen V. Selenium as an anti-oxidant and pro-oxidant in ryegrass[J]. Plant and Soil,2000,225(1/2):193-200.
- [13]Xue T,Hartikainen H,Piironen V. Antioxidative and growth-promoting effect of selenium on senescing lettuce[J]. Plant and Soil, 2001,237(1):55-61.
- [14]Turakainen M,Hartikainen H,Seppänen M M. Effects of selenium treatments on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and concentrations of soluble sugars and starch[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2004,52(17):5378-5382.
- [15]Djanaguiraman M,Devi D D,Shanker A K, et al. Selenium-an antioxidant protectant in soybean during senescence[J]. Plant and Soil,2005,272(1/2):77-86.
- [16]Mikkelsen R L,Wan H F. The effect of selenium on sulfur uptake by barley and rice[J]. Plant and Soil,1990,121(1):151-153.
- [17]Hajiboland R,Amjad L. The effects of selenate and sulphate supply on the accumulation and volatilization of Se by cabbage, kohlrabi and alfalfa plants grown hydroponically[J]. Agricultural and Food Science,2008,17(2):177-189.
- [18]赵世杰,史国安,董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京:中国农业科学技术出版社,2002:55-57,138-139.
- [19]李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000:125-12.
- [20]Block E. The chemistry of garlic and onions[J]. Scientific American,1985,252(3):114-119.
- [21]Dausch J G,Nixon D W. Garlic;a review of its relationship to malignant disease[J]. Preventive Medicine,1990,19(3):346-361.
- [22]Block E. The organo-sulfur chemistry of the genus *Allium*- implications for the organic chemistry of sulfur[J]. Angewandte Chemie International Edition,1992,31(9):1135-1178.
- [23]Atmaca G. Antioxidant effects of sulfur-containing amino acids[J]. Yonsei Medical Journal,2004,45(5):776-788.
- [24]Kápolna E,Hilleström P R,Laursen K H, et al. Effect of foliar application of selenium on its uptake and speciation in carrot[J]. Food Chemistry,2009,115(4):1357-1363.
- [25]Mazzafera P. Growth and biochemical alterations in coffee due to selenite toxicity[J]. Plant and Soil,1998,201(2):189-196.
- [26]Hu Q,Xu J,Pang G. Effect of selenium on the yield and quality of green tea leaves harvested in early spring[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2003,51(11):3379-3381.
- [27]李贺,刘世琦,陈祥伟,等. 钙对水培青蒜苗生长,光合特性及品质的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2013,19(5):1118-1128.
- [28]HoMin K. Effects of selenium on growth, storage life and internal quality of coriander (*Coriandrum sativum* L.) during storage[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science, 2000,41(5):490-494.
- [29]Lee G P,Park K W. Effect of selenium concentration in the nutrient solution on the growth and internal quality of endive[J]. Journal of the Korean Society for Horticultural Science,1998,39:391-396.
- [30]王丽霞,汤举红,罗庆熙,等. 硫硒配施对茎瘤芥生长和营养效应的研究[J]. 西北植物学报,2012,32(5):1002-1006.
- [31]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.
- [32]Zembala M,Filek M,Walas S, et al. Effect of selenium on macro- and microelement distribution and physiological parameters of rape and wheat seedlings exposed to cadmium stress[J]. Plant and Soil, 2010,329(1/2):457-468.
- [33]Filek M,Keskinen R,Hartikainen H, et al. The protective role of selenium in rape seedlings subjected to cadmium stress[J]. Journal of Plant Physiology,2008,165(8):833-844.
- [34]Filek M,Zembala M,Hartikainen H, et al. Changes in wheat plastid membrane properties induced by cadmium and selenium in presence/absence of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid[J]. Plant Cell,Tissue and Organ Culture,2009,96(1):19-28.
- [35]Pedrero Z,Madrid Y,Hartikainen H, et al. Protective effect of selenium in broccoli (*Brassica oleracea*) plants subjected to cadmium exposure[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry,2007,56(1):266-271.