

Effect of Spraying Selenium on Photosynthesis Characteristics and Antioxidant Enzymes Activity of Grape

Jingyi Xue, Ruixue Wang, Chaohong Zhang*

Key Laboratory of Horticultural Plant Biology and Germplasm Innovation in Northwest China of Ministry of Agriculture, College of Horticulture, Northwest A & F University, Xianyang, Shaanxi
Email: jingyixue@yeah.net, 601342724@qq.com, *zhangchaohong@nwsuaf.edu.cn

Received: Apr. 6th, 2018; accepted: Apr. 20th, 2018; published: Apr. 27th, 2018

Abstract

This experiment was to explore the impact of spraying selenium on grape seedling growth and determine the best concentration of spraying. 2-years-old grape cutting seedlings were used as the test materials, spraying different concentrations of selenium fertilizer, measuring the chlorophyll content of the growth cycle, the net photosynthetic rate, SOD, POD and CAT activity, and investigating stem diameter of the plants. The results showed that: Spraying selenium can increase the chlorophyll content of plants, especially in 1 mg·L⁻¹ sodium selenite processing, the leaf chlorophyll content is 24.20% higher than the control. All treatments significantly increased the plant stem diameter, and the most obvious effect is in 0.5 mg·L⁻¹ treatment with an increase of 14.03%, compared with the control. The net photosynthetic rate of leaves increased with the increase of the concentration of the spraying, which is the same with Stomatal conductance (Gs) and Transpiration rate (Tr). Intercellular CO₂ concentration (Ci) was lower than that of the control level and reduced with the increase of the concentration of the spraying. With the increase of selenium concentration, the activities of POD, SOD and CAT increased first and then decreased.

Keywords

Grape, Seedling, Selenium, Photosynthesis Characteristics, Antioxidant Enzymes

叶面喷硒对葡萄光合特性及抗氧化酶活性的影响

薛竞一, 王瑞雪, 张朝红*

*通讯作者。

文章引用: 薛竞一, 王瑞雪, 张朝红. 叶面喷硒对葡萄光合特性及抗氧化酶活性的影响[J]. 农业科学, 2018, 8(4): 342-348. DOI: 10.12677/hjas.2018.84055

西北农林科技大学, 园艺学院, 农业部西北地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 陕西 咸阳
Email: jingyixue@yeah.net, 601342724@qq.com, zhangchaohong@nwsuaf.edu.cn

收稿日期: 2018年4月6日; 录用日期: 2018年4月20日; 发布日期: 2018年4月27日

摘要

为探究叶面喷施硒肥对葡萄幼苗生长的影响并确定最佳喷施浓度, 本实验以2年生巨峰葡萄扦插坐地苗为试材, 喷施不同浓度亚硒酸钠, 测定幼苗叶片叶绿素含量、净光合速率、SOD、POD和CAT酶活性, 同时调查植株茎粗等状况。结果表明: 叶面喷施不同浓度硒肥均可提高植株的叶绿素含量, 以 $1\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下的叶绿素含量最高, 高于对照24.20%; 各处理都显著增加了植株茎粗, 与对照相比, $0.5\text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 亚硒酸钠处理下的植株茎粗显著提高, 高于对照14.03%; 叶片净光合速率(Pn)随喷施浓度的增加而升高, 与气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)变化趋势相同, 胞间 CO_2 浓度(Ci)随喷施浓度的增加而降低, 且均低于对照水平; 随喷施浓度增加叶片POD、SOD、CAT酶活性均呈先升后降的趋势。

关键词

葡萄, 幼苗, 硒, 光合特性, 抗氧化酶

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

硒(Se)作为一种微量元素, 早在 1957 年就被证实是动物和人体必需的营养元素。美国科学家 Rotruck 在 1973 年发现硒是谷胱甘肽过氧化物酶(GSH-PX)的基本组成之一[1], 同年世界卫生组织(WHO)宣布硒是人体不可缺少的微量元素之一。据不完全统计, 全世界有 42 个国家或地区缺硒。我国除陕西、湖北及四川、贵州、湖南等省份存在面积不大的高硒地区以外, 有 72%的地区属于缺硒地区[2]。而仅靠天然食物中的硒难以满足人体的正常需要, 缺硒具有潜在危害并已严重威胁人们的身体健康。近年来, 利用硒强化剂开发生产硒强化食品, 尤其是开发有机硒强化食品, 已成为我国富硒保健食品开发的重要内容[3]。而富硒葡萄可以直接补充人体所需的硒元素, 正是用以直接补硒的健康水果[4], 深受消费者喜爱。

硒对植物生长发育也有一定影响。但目前对于葡萄幼苗施硒的研究较少, 惠竹梅[5]、李亚敏[6]、刘立军[7]、冯两蕊[8]等分别以赤霞珠葡萄幼苗、萝卜幼苗、水稻幼苗、生菜幼苗为研究对象, 探究叶面喷施硒肥对幼苗生长及生理方面的影响。本实验以巨峰葡萄扦插坐地苗为材料, 从光合特性(Pn、Gs、Tr、Ci)、植株生长、抗氧化酶(SOD、POD、CAT)活性等方面探讨叶面喷施对植物生理作用的影响, 为葡萄幼苗科学施硒提供理论依据, 为生产富硒葡萄提供技术前提。

2. 材料与方

2.1. 试验材料

试验于 2015 年在杨凌区新集村葡萄示范区进行。供试材料为 2 年生巨峰葡萄扦插坐地苗。供试硒源为分析纯亚硒酸钠(Na_2SeO_3)。

2.2. 试验设计

试材分为 6 组, 分别用 $0.25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (T1)、 $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (T2)、 $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (T3)、 $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (T4)、 $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ (T5) 的亚硒酸钠(Na_2SeO_3)喷施葡萄叶片的正反面(2015 年 6 月 11 日 16:00 喷施), 喷施等量清水作对照(CK), 喷施以叶片正反面均匀布满雾状水滴为度。按照浓度高低由南向北依次喷施, 每个处理喷施一个小区, 每小区 5 行, 每行 30 株。

在喷施后第八天采样, 采样时每个重复随机选取 5 株对其 6~9 节位叶片随机采样, 每株采集 3 片叶片, 用事先标记好的自封袋密封装好后, 于冰盒中保存带回实验室, 用去离子水冲洗干净, 擦干去除主脉后剪成 2 mm 左右的细丝, 每个样品混匀后放入自封袋内, 于 -40°C 冰箱内保存备用, 供相关生理指标的测定。

2.3. 指标测定

选取枝条中部同一节位完整叶片, 用 LI-6400XT 便携式光合仪于晴天上午 9:00~11:00 测定叶片净光合速率(P_n)、气孔导度(G_s)、胞间 CO_2 浓度(C_i)、蒸腾速率(T_r); 叶绿素含量测定参照李合生[9]的方法; 过氧化物酶(POD)活性采用愈创木酚法[10]测定; 超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用氮蓝四唑光化还原法[11]测定; 过氧化氢酶(CAT)活性使用购自南京建成生物工程研究所的过氧化氢酶试剂盒测定; 每个处理随机选择 30 株幼苗, 进行植株茎粗状况调查。

2.4. 数据分析

采用 Excel 2013 和 SPSS20.0 软件进行分析和处理。不同处理间的比较采用 Duncan 新复极差法。

3. 结果与分析

3.1. 喷施不同浓度硒肥对葡萄幼苗生长和叶绿素含量影响

3.1.1. 不同浓度硒处理对葡萄幼苗茎粗的影响

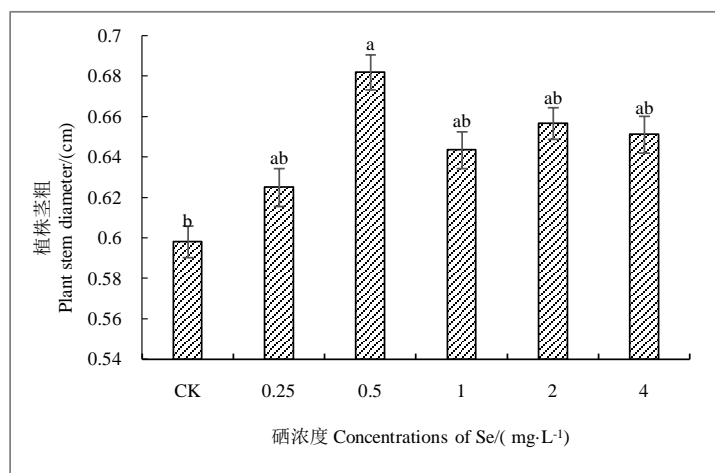
葡萄幼苗茎粗是其重要的质量指标, 在育苗管理中常通过多次摘心来增加粗度。试验中不同浓度硒处理下植株茎粗均有所增加, 且随硒浓度增加粗度表现先增加后降低的趋势(图 1)。与对照相比, $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 亚硒酸钠处理下的植株茎粗显著提高, 高于对照 14.03%。其余 4 个处理的植株茎粗也均大于对照, 但无显著性差异。 $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 三个相对高浓度硒处理下的植株茎粗间没有太大差异, 但明显粗于对照。

3.1.2. 不同浓度硒处理对葡萄幼苗叶绿素含量的影响

与对照相比, 喷施不同浓度的亚硒酸钠均能提高葡萄叶片叶绿素含量(图 2), 且整体呈现先升高后降低的变化趋势。以 $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 和 $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下的叶绿素含量最高, 分别高于对照 19.44% 和 24.20%。如图 2 所示, 较低浓度 $0.25 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下叶绿素含量相对对照组几乎没有增加。而硒浓度过高时($2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$)处理后的效果又受到抑制。

3.2. 喷施不同浓度硒肥对葡萄幼苗光合特性的影响

喷施不同浓度硒肥对葡萄幼苗光合特性均有积极影响(表 1)。喷施硒肥后叶面净光合速率明显增加, 且随着喷施浓度的增加逐渐增加, 在硒浓度为 $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 时达到最大值, 与对照相比增加了 52.56%, 差异水平极显著。气孔导度(G_s)、蒸腾速率(T_r)随喷施浓度的增加整体有上升趋势, 与净光合速率变化趋势呈正相关, 以 $4 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 处理下的数值最高, 且气孔导度(G_s)显著高于对照水平。胞间 CO_2 浓度(C_i)均显著低



注：图中不同字母表示各处理间差异达到0.05显著水平。下同。

Figure 1. Effect of Se treatment on plant stem diameter in grape

图 1. 硒对葡萄幼苗茎粗的影响

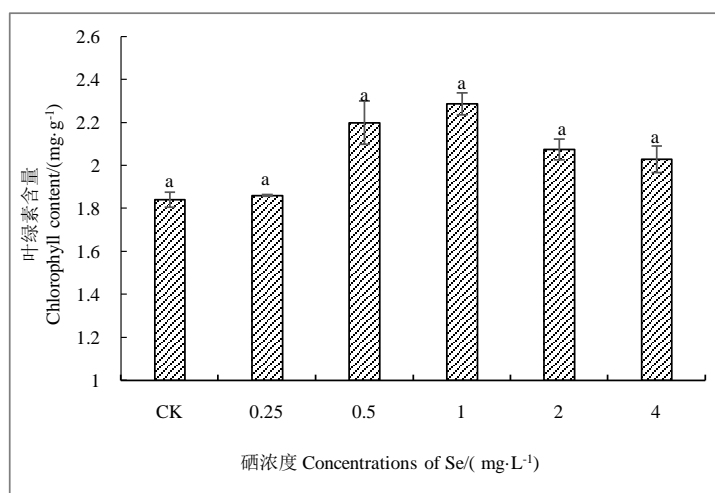


Figure 2. Effect of Se treatment on chlorophyll in grape leaf

图 2. 硒对葡萄叶片叶绿素含量的影响

Table 1. Effect of Se treatment on photosynthesis characteristics in grape

表 1. 硒对葡萄扦插苗光合特性的影响

硒浓度 Conc. of Se (mg·L ⁻¹)	净光合速率 Pn ($\mu\text{mgCO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔导度 Gs ($\text{mmg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	胞间 CO ₂ 浓度 Ci ($\mu\text{l}\cdot\text{L}^{-1}$)	蒸腾速率 Tr ($\text{mmg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)
0	4.68 ± 0.28 C	0.20 ± 0.007 C	330.07 ± 3.27 A	6.71 ± 0.20 A
0.25	5.73 ± 0.89 B	0.220 ± 0.012 BC	300.22 ± 4.66 B	6.86 ± 0.37 A
0.5	6.36 ± 0.35 AB	0.224 ± 0.015 BC	297.93 ± 2.43 B	6.95 ± 0.16 A
1	6.58 ± 0.32 AB	0.221 ± 0.007 BC	298.32 ± 3.14 B	7.10 ± 0.44 A
2	6.63 ± 0.34 AB	0.25 ± 0.010 AB	296.85 ± 2.58 B	7.07 ± 0.30 A
4	7.14 ± 0.44 A	0.26 ± 0.02 A	290.35 ± 4.24 B	7.41 ± 0.39 A

注：表中数据为平均值 ± 标准误，3次重复；不同字母表示各处理间差异达到0.05显著水平。

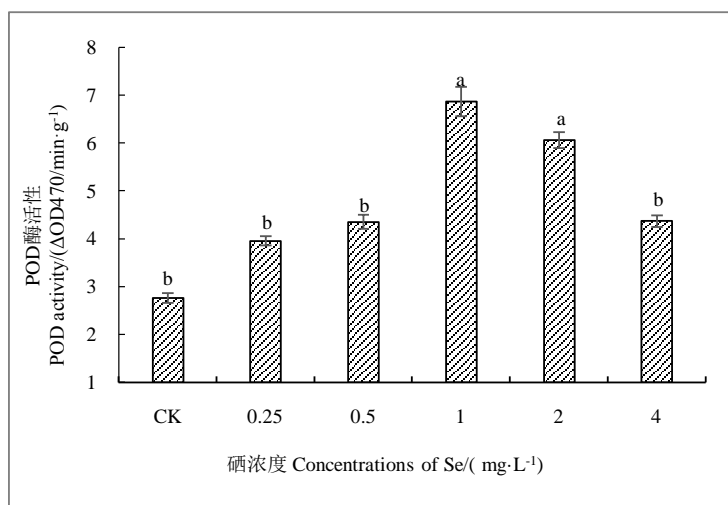


Figure 3. Effect of Se treatment on POD in grape leaf
图 3. 硒对葡萄叶片 POD 酶活性的影响

于对照水平，且变化趋势与前者相反。此外，数据统计分析表明，各浓度处理下的叶面蒸腾速率(Tr)与对照无显著差异。综合不同浓度处理以后的光和参数，随喷施浓度的增加，葡萄幼苗光合特性也越来越优良。

3.3. 喷施不同浓度硒肥对葡萄幼苗抗氧化酶活性的影响

3.3.1. 不同浓度硒处理对葡萄幼苗 POD 酶活性的影响

随着硒处理浓度的增加，葡萄叶片 POD 酶活性整体呈现先升高后降低的变化趋势(图 3)。与对照相比，1 mg·L⁻¹ 和 2 mg·L⁻¹ 硒处理的效果显著提高，分别增加了 148.19% 和 119.29%。而较低浓度 0.25 mg·L⁻¹ 和较高浓度 2 mg·L⁻¹ 和 4 mg·L⁻¹ 硒处理下的叶片 POD 酶活性水平相对较低，但仍高于对照 40% 以上。

3.3.2. 不同浓度硒处理对葡萄幼苗 SOD 酶活性的影响

与葡萄叶片 POD 酶活性响应情况类似，随着处理浓度增加 SOD 酶活性也整体呈现先升高后降低的变化趋势(图 4)。不同的是，虽然各处理下 SOD 酶活性均略高于对照，但不存在显著性差异。图中 2 mg·L⁻¹ 硒处理下 SOD 酶活性水平最高，是对照组酶活性的 1.17 倍。而其它浓度硒处理下 SOD 酶活性均增加不到 10%。

3.3.3. 不同浓度硒处理对葡萄幼苗 CAT 酶活性的影响

葡萄叶片 CAT 酶活性随喷硒浓度增加整体呈现先升高后降低的变化趋势(图 5)。0.5 mg·L⁻¹ 硒处理后的叶片 CAT 酶活性最高，比对照增加 28.24%。如图 5 所示，低浓度硒处理(0.5 mg·L⁻¹ 和 1 mg·L⁻¹)后 CAT 酶活性显著高于对照，而较高浓度硒处理虽然也提高了 CAT 酶活性水平，但与对照相比不存在显著性。

4. 讨论与结论

硒虽然不是植物生长发育所必需的营养元素，但其存在可促进植物生长。试验结果表明，葡萄叶面喷施硒肥后植株叶绿素含量会有所升高，这与王海波等[12]的研究结果相一致。Narges Oraghi Ardebili [13]发现对大豆幼苗施硒后，与对照相比叶片叶绿素含量、保护酶活性均有所变化。叶绿素含量的增加可能是与硒对叶绿素合成过程中起调节作用的含巯基的两个酶作用有关[14]。适当浓度的硒可以提高葡萄幼苗叶片净光合速率、气孔导度、蒸腾速率，这与耶兴元[15]在猕猴桃上得出的结论相似。王孝娣

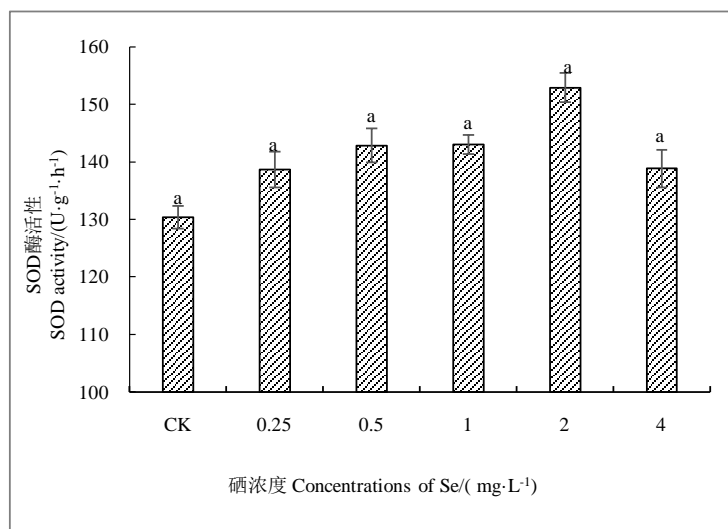


Figure 4. Effect of Se treatment on SOD in grape leaf
图 4. 硒对葡萄叶片 SOD 酶活性的影响

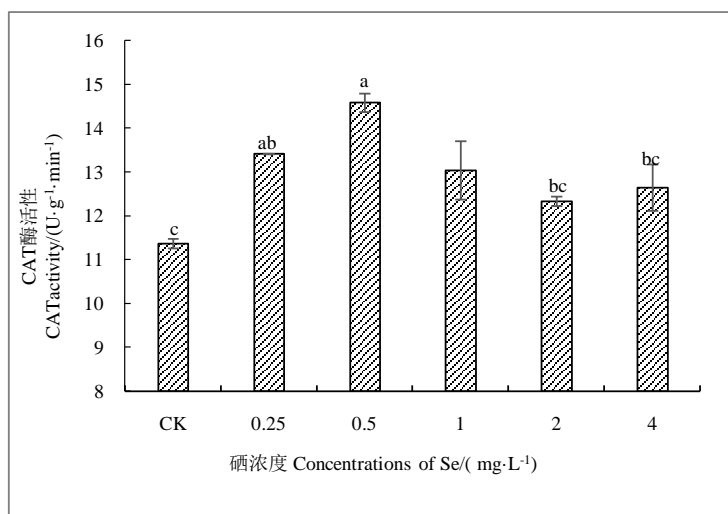


Figure 5. Effect of Se treatment on CAT in grape leaf
图 5. 硒对葡萄叶片 CAT 酶活性的影响

[16]等对草莓叶片喷施氨基酸硒叶面肥后,发现叶片喷硒能显著提高设施栽培红颜草莓叶片的净光合速率和光合色素含量,改善叶片的光合性能。王海波[17]在玫瑰香葡萄试验上同样得出相似结论。

叶面喷硒对植株茎粗也有一定的影响,0.5~4 mg·L⁻¹处理下的植株茎粗均高于对照,以0.5 mg·L⁻¹硒处理的效果最好,高于对照 14.03%。这说明适量施硒对植株生长有一定的促进作用,这与李向阳[7]在水稻上得出的结论相一致。多项研究表明,硒对植物生长作用是双重的。刘芳等[18]研究发现紫云英各项生长指标随着土壤硒浓度的升高呈先升后降趋势,且高浓度硒抑制其生长甚至产生一定的毒害作用。饶玲等[19]对干旱胁迫下的黄瓜幼苗研究得出类似结论。但不同植物对硒浓度的耐受范围不同,咎亚玲[20]等对油葵幼苗的研究发现一定浓度范围的硒肥有利于促进油葵苗期植株的生长,这与本实验结论一致。

植物在长期生长进化过程中,体内形成了一整套活性氧清除机制,SOD、POD 和 CAT 酶共同组成植物体内的活性氧清除系统,可以有效清除植物体内的自由基和过氧化物。前人研究发现适量的硒能提

高幼苗植株保护酶活性[21] [22] [23] [24], 与本实验结论相似, 但本实验发现以 $1 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下的 POD 酶活性最高, $2 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下的 SOD 酶活性最高, $0.5 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 硒处理下的 CAT 酶活性最高。综上所述, 叶面喷施一定浓度亚硒酸钠有利于葡萄幼苗生长, 可显著增加植株茎粗, 有效提高其叶绿素含量; 不同浓度硒肥均提高了叶片 POD、SOD、CAT 酶活性, 叶片净光合速率(Pn)随着喷施浓度的增加而升高, 气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)也有所提高。

基金项目

陕西省重点研发计划项目(2017NY-026), 国家现代农业产业技术体系建设专项(CARS-30-yz-7)。

参考文献

- [1] Djanaguiraman, M., Devi, D.D., Shanker, A.K., *et al.* (2005) Selenium an Antioxidative Protectant in Soybean during Senescence. *Plant and Soil*, **272**, 77-86. <https://doi.org/10.1007/s11104-004-4039-1>
- [2] 彭耀湘, 陈正法. 硒的生理功能及富硒水果的开发利用[J]. 农业现代化研究, 2007, 28(3): 381-384.
- [3] 李丽辉, 林亲录. 我国富硒食品的研究进展[J]. 中国食物与营养, 2007(2): 23-25.
- [4] 陆平华, 毕德, 许明丰, 等. 富有机硒葡萄的开发试验初报[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2011, 3(7): 29-31.
- [5] 赵薇, 惠竹梅, 唐俊峰. 硒对水分胁迫下葡萄幼苗光合特性的影响[J]. 北方园艺, 2011(22): 6-9.
- [6] 李亚敏, 刘建中, 肖红利. 硒对高温胁迫下萝卜幼苗叶绿素含量和酶活性的影响[J]. 河南农业科学, 2010, 11(28): 94-96.
- [7] 李向阳, 刘立军, 胡一鸿. 叶面喷施硒对水稻幼苗生长及抗氧化酶活性的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(20): 9414-9415.
- [8] 杜慧玲, 冯两蕊, 牛志峰, 等. 硒对生菜抗氧化酶活性及光合作用的影响[J]. 中国农学通报, 2007, 5(23): 226-229.
- [9] 李合生, 孙群, 张世杰, 等. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000: 164-261.
- [10] 曹健康, 姜微波, 赵玉梅. 果蔬采后生理生化实验指导[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2007: 101-103.
- [11] 王金胜. 农业生物化学研究技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 234-235.
- [12] 王海波, 王孝娣, 史祥宾, 等. 功能性果品富硒葡萄生产技术及应用效果研究[J]. 河北林业科技, 2014, 10(5-6): 71-73.
- [13] Ardebili, N.O., Saadatmand, S., Niknam, V., *et al.* (2014) The Alleviating Effects of Selenium and Salicylic Acid in Salinity Exposed Soybean. *Acta Physiologiae Plantarum*, **36**, 3199-3205. <https://doi.org/10.1007/s11738-014-1686-6>
- [14] 吴军, 刘秀芳, 徐汉生, 等. 硒在植物生命活动中的作用[J]. 植物生理学通讯, 1999(5): 417-412.
- [15] 耶兴元. 硒对猕猴桃光合参数及产量和品质的影响研究[J]. 安徽农学通报, 2015, 21(24): 70-71.
- [16] 王孝娣, 刘凤之, 王海波, 等. 喷施氨基酸硒叶面肥对设施栽培草莓叶片质量和果实品质的影响[J]. 中国果树, 2014(4): 37-39.
- [17] 王海波, 王孝娣, 姚秀业, 等. 氨基酸硒叶面肥在玫瑰香葡萄上的应用效果[J]. 中外葡萄与葡萄酒, 2011, 5(8): 47-49.
- [18] 刘芳, 周乾坤, 周守标, 等. 施硒对紫云英生长、生理和硒积累特性的影响[J]. 土壤通报, 2016, 47(1): 129-136.
- [19] 饶玲, 罗庆熙, 赵小红. 蛋氨酸硒对干旱胁迫下黄瓜幼苗生理特性的影响[J]. 北方园艺, 2017(6): 14-18.
- [20] 咎亚玲, 王磊. 外源硒肥对盐碱地油葵幼苗生长和生理特性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2016(8): 35-39.
- [21] 温泉. 硒对西瓜幼苗生长及保护酶活性的影响[J]. 吕梁教育学院学报, 2014, 31(2): 64-66.
- [22] 武晶, 杜新民. 硒对西葫芦幼苗根系生长及保护酶活性的影响[J]. 黑龙江农业科学, 2014(11): 88-90.
- [23] 杜新民, 张海春. 硒对花生芽菜产量、品质及保护酶活性的影响[J]. 湖北农业科学, 2014, 53(15): 3568-3570.
- [24] 闫春花, 杜新民. 硒对赤豆芽苗菜产量品质及保护酶活性的影响[J]. 现代农业科技, 2014(21): 71-72.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2164-5507，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjas@hanspub.org