

# 硒对水分胁迫下葡萄幼苗光合特性的影响

赵 薇, 惠竹梅, 唐俊峰

(西北农林科技大学 葡萄酒学院, 陕西省葡萄与葡萄酒工程中心, 陕西 杨凌 712100)

**摘 要:**以酿酒葡萄赤霞珠扦插盆栽苗为试材, 研究硒对水分胁迫下葡萄幼苗光合特性的影响, 以期在葡萄抗旱栽培方面的应用提供参考依据。结果表明: 随水分胁迫时间的延长, 葡萄光合作用逐渐下降。水分胁迫条件下, 葡萄叶面喷施一定浓度(0.5~1.5 mg/L)的亚硒酸钠均能提高叶绿素含量, 但以 0.5 mg/L 的亚硒酸钠溶液处理效果最好, 可以缓解水分胁迫对葡萄光合作用的影响; 当葡萄叶面喷施低浓度(0.5 mg/L)的亚硒酸钠时, 能缓解净光合速率( $P_n$ )、气孔导度( $G_s$ )、蒸腾速率( $T_r$ )及重度水分胁迫以前胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )的下降, 同时还能促进重度水分胁迫以后胞间  $CO_2$  浓度( $C_i$ )的升高; 当喷施高浓度(1.0~1.5 mg/L)的亚硒酸钠时, 会促进这些光合相关指标的降低。

**关键词:** 硒; 水分胁迫; 光合特性

中图分类号: S 663.1 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2011)22-0006-04

硒(Se)作为一种微量元素, 是微生物、动物及人体所必需的营养元素<sup>[1]</sup>。目前研究虽未表明硒是植物体所必需的微量元素, 但适宜浓度的硒对植物的生长发育也有着重要的生理功能, 尤其是对逆境胁迫下的植物有一定的抗逆保护作用, 能够抵御膜脂过氧化产生的氧自由基伤害及提高植物的抗逆能力<sup>[2]</sup>。大量的研究表明, 低浓度的硒可以延缓植物衰老<sup>[3]</sup>, 拮抗重金属对植物造成的毒害<sup>[4-5]</sup>, 抵御紫外辐射<sup>[6]</sup>、高温<sup>[7]</sup>及盐胁迫<sup>[8]</sup>等对植物造成的伤害。此外, 有关硒对植物生长发育及生理机制影响的研究也越来越深入<sup>[2]</sup>。近年来的研究还表明, 硒能够调节水分亏缺条件下植物体内的水势<sup>[9]</sup>。基于我国西北地区葡萄生长发育往往面临夏季高温干旱造成的水分胁迫, 且硒对葡萄抗旱生理方面的研究尚未见报道, 现以酿酒葡萄赤霞珠幼苗为试材, 研究硒对水分胁迫下赤霞珠葡萄幼苗光合特性的影响, 以期为今后富硒葡萄的研究及葡萄抗旱节水栽培提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试材料为欧亚种(*V. vinifera* L.)酿酒葡萄品种

赤霞珠(Cabernet sauvignon), 扦插盆栽苗, 试验于2010年3~9月在西北农林科技大学葡萄酒学院日光温室进行。试验土样配比为原土(V):珍珠岩(V):腐殖质(V)=1:1:2的混合土, 试验土样有机质含量为9.03 g/kg, 全氮、全磷和全钾含量分别为0.6 g/kg、0.71 g/kg和20.08 g/kg, 碱解氮含量为29.15 mg/kg, 速效磷和速效钾含量分别为9.14 mg/kg和105.83 mg/kg, 全硒含量0.131 mg/kg, 有机硒含量为0.031 mg/kg。供试硒源为亚硒酸钠( $Na_2SeO_3$ ), 天津试剂厂生产。

### 1.2 试验方法

赤霞珠葡萄枝条于2010年春季扦插于高18 cm、盆口直径26 cm、盆底直径14 cm的塑料花盆中, 待赤霞珠幼苗生长到9~12枚叶片时, 选取生长势基本一致的葡萄幼苗96盆, 完全随机排列, 每盆充分灌水, 使土壤含水量基本一致。每天监控土壤相对含水量, 待土壤相对含水量达到75%时, 停止灌溉让其自然失水, 开始水分胁迫。同时将试材分为4组, 分别用0.5 mg/L(T1)、1.0 mg/L(T2)、1.5 mg/L(T3)的亚硒酸钠( $Na_2SeO_3$ )溶液喷施葡萄叶片的正反面, 喷施等量清水作对照(CK), 喷施程度以叶片正反面均匀布满雾状水滴为度, 喷施1次。3次重复, 每重复8株。喷施亚硒酸钠溶液后间隔3 d开始第1次取样, 以后每隔2 d取样1次, 同时监控土壤相对含水量, 划分水分胁迫等级, 直到叶片大部分萎蔫为止。

按照土壤相对含水量划分水分胁迫程度: 50%~65%为轻度水分胁迫; 40%~50%为中度水分胁迫; 30%~40%为重度水分胁迫; 30%以下为严重水分胁迫<sup>[10]</sup>。

第一作者简介: 赵薇(1987-), 女, 陕西柞水人, 在读硕士, 现主要从事葡萄生理学研究。E-mail: zhaowei1987\_3@163.com。

责任作者: 惠竹梅(1969-), 女, 陕西耀县人, 博士, 副教授, 现主要从事葡萄与葡萄酒研究工作。E-mail: xizhumei@nwsuaf.edu.cn。

基金项目: 现代农业产业技术体系建设专项基金资助项目(ncytx-30-ZP-04); 西北农林科技大学青年科研专项基金资助项目(QN2009059)。

收稿日期: 2011-09-01

1.3 指标测定

1.3.1 土壤含水量测定 田间持水量通过威尔科克斯法测定,土壤实际含水量采用烘干称重法测定<sup>[11]</sup>。计算公式为:相对含水量=(实际含水量/田间持水量)×100%。

1.3.2 光合指标测定 采用美国 LI-COR 公司生产的 LI-6400 便携式光合仪,在红蓝光源下,光合有效辐射设定为 CO<sub>2</sub> 1 400 μmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,开放气路,空气流速(Flow)为 0.5 μmol/s,于早晨 9:00~11:30 对葡萄叶片的净光合速率(Pn)、蒸腾速率(Tr)、气孔导度(Gs)、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)等指标进行测定。叶绿素含量的测定于早晨 8:00~9:00 采样,用丙酮直接浸提法测定<sup>[12]</sup>。

1.4 数据分析

数据分析使用 SAS 及 Excel 软件,方差分析采用 Duncan 新复极差法。

2 结果与分析

2.1 土壤含水量测定

通过威尔科克斯法测得试验用土壤的田间持水量为 32.47%。从表 1 可以看出,葡萄叶片喷施亚硒酸钠后 4~10 d 一直处于轻度水分胁迫阶段,10~13 d 为中度胁迫,13~16 d 为重度胁迫,处理 16 d 以后为严重水分胁迫。

表 1 土壤相对含水量测定及水分胁迫等级划分

Table 1 The result of soil water relative content and the water stress degree						
水分胁迫天数 Days of water stress/d	4	7	10	13	16	19
相对含水量 Relative water content/%	63.51	57.62	52.37	42.68	32.54	25.24
胁迫等级 Stress grade	轻度	轻度	轻度	中度	重度	严重

2.2 硒对水分胁迫下葡萄叶片叶绿素含量的影响

从图 1 看出,葡萄叶面喷施亚硒酸钠后,随水分胁迫

时间的延长叶片叶绿素含量呈下降趋势。与对照(CK)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。整个水分胁迫期间,以 T1(0.5 mg/L)处理的葡萄叶片叶绿素含量最高,均显著高于 CK 和 T2(1.0 mg/L)(P<0.05),且中度水分胁迫以后 T1 处理的葡萄叶片叶绿素含量也显著高于 T3(1.5 mg/L)处理,T2 和 T3 处理间叶绿素含量没有显著性差异。

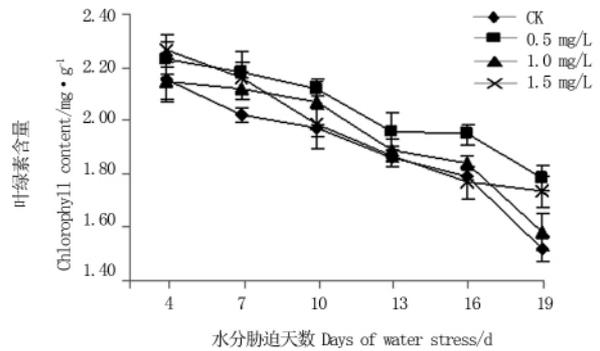


图 1 硒对水分胁迫葡萄叶片叶绿素含量的影响  
Fig. 1 Effect of Se treatment on chlorophyll content in grape leaf under water stress

2.3 硒对水分胁迫下葡萄叶片光合作用的影响

2.3.1 硒对水分胁迫下葡萄叶片净光合速率(Pn)和气孔导度(Gs)的影响 从图 2、3 可以看出,随水分胁迫时间的延长,葡萄叶片净光合速率和气孔导度均呈下降趋势。叶片喷施外源亚硒酸钠后,低浓度的硒(0.5 mg/L)能缓解水分胁迫下葡萄叶片净光合速率和气孔导度的降低,当硒浓度超过 1.0 mg/L 时,会促进葡萄叶片净光合速率和气孔导度的下降。数据分析表明,整个水分胁迫期间,经 T1(0.5 mg/L)、T2(1.0 mg/L)处理的葡萄叶片净光合速率分别平均比对照(CK)高 36.53%和 9.07%,T1 与 CK 相比差异达显著水平(P<0.05),而 T2 与 CK 之间无显著差异;而经

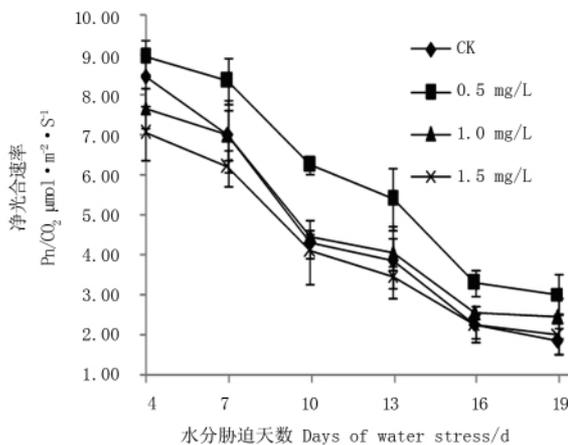


图 2 硒对水分胁迫下葡萄叶片净光合速率(Pn)的影响  
Fig. 2 Effect of Se treatment on net photosynthetic rate(Pn)of grape under water stress

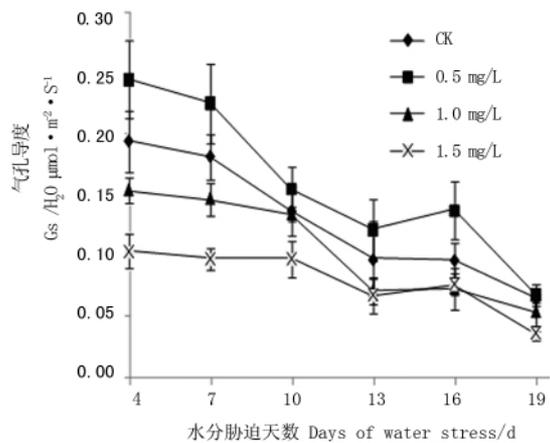


图 3 硒对水分胁迫下葡萄叶片气孔导度(Gs)的影响  
Fig. 3 Effect of Se treatment on stomatal conductance(Gs)of grape under water stress

T3(1.5 mg/L)处理的葡萄叶片净光合速率比 CK 降低9.19%,但无显著差异。T1(0.5 mg/L)处理的葡萄叶片气孔导度比 CK 平均高 26.39%,且差异达显著水平;T2(1.0 mg/L)与 T3(1.5 mg/L)处理的葡萄叶片气孔导度分别平均降低 17.40%和 38.95%,T2 与 CK 之间无显著差异,而 T3 与 CK 差异达显著水平。

2.3.2 硒对水分胁迫下葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)的影响 从图 4、5 可以看出,随水分胁迫时间的延长,葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度先下降,到重度水分胁迫阶段又开始上升;葡萄叶片蒸腾速率随水分胁迫时间的延长逐渐下降。葡萄叶面喷施低浓度的亚硒酸钠(0.5 mg/L),能够缓解水分胁迫下葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率的降低,且到重度水分胁迫

以后能够促进胞间 CO<sub>2</sub> 浓度的升高;但当亚硒酸钠浓度达到 1.0 mg/L 及以上时,会促进葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率的下降。数据统计分析表明,整个水分胁迫期间,T1(0.5 mg/L)处理的葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)平均比对照(CK)高 4.13%,但无显著差异;T2(1.0 mg/L)与 T3(1.5 mg/L)处理的葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)分别平均比 CK 低 3.81%和 10.48%,T2 与 CK 之间无显著差异,T3 与 CK 之间差异显著(P<0.05)。T1(0.5 mg/L)处理的葡萄叶片蒸腾速率平均比 CK 显著高 30.59%,T2(1.0 mg/L)、T3(1.5 mg/L)处理的葡萄叶片蒸腾速率分别平均比 CK 低 0.85%和 27.78%,T3 与 CK 之间有显著差异,但 T2 与 CK 之间无显著差异。

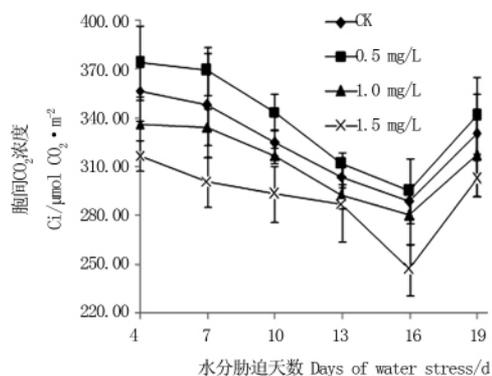


图 4 硒对水分胁迫下葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)的影响  
Fig. 4 Effect of Se treatment on intercellular CO<sub>2</sub> grape under water stress

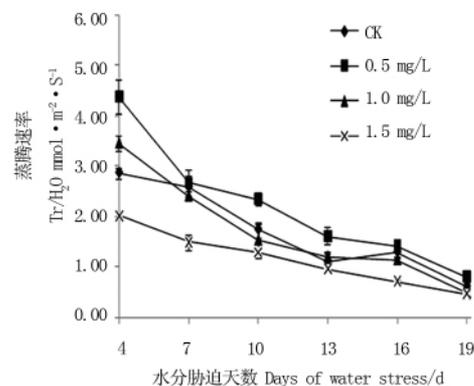


图 5 硒对水分胁迫下葡萄叶片蒸腾速率(Tr)的影响  
Fig. 5 Effect of Se treatment on transpiration rate(Tr) of concentration(Ci) of grape under water stress

### 3 讨论

水分胁迫能使植物叶片叶绿素含量降低,且随水分胁迫程度的加深而逐渐降低,这一结论在大量的研究中都有过报道<sup>[13-14]</sup>,该试验也得到相同的研究结果。且该研究还表明,葡萄叶面喷施一定浓度的亚硒酸钠能缓解叶绿素含量的下降。这可能与一定浓度的硒可以促进叶绿素的合成有关<sup>[15]</sup>,这与前人在棉花<sup>[16]</sup>、油菜<sup>[17]</sup>、生菜<sup>[18]</sup>等作物上的研究结果一致。

光合作用是植物积累物质促进生长的重要途径,净光合速率反应植物积累同化物的速率。水分胁迫对植物光合作用的影响已获得大量的试验证实<sup>[19]</sup>。通常影响植物光合作用的因素可分为气孔因素和非气孔因素,水分胁迫对果树光合作用的影响也是通过这两个因素来实现<sup>[20]</sup>。有研究表明,随着叶片水势下降,光合速率下降有一个从气孔限制向叶肉细胞光合活性限制的转变过程<sup>[21]</sup>。该研究也表明,随水分胁迫时间的延长,葡萄叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)逐渐降低,到重度水分胁迫以后胞间 CO<sub>2</sub> 浓度又开始出现上升趋势。所

以该研究可以初步表明,水分胁迫对葡萄光合速率影响也经历了从气孔限制到非气孔限制转变的过程,到重度水分胁迫以后变为非气孔限制。另外该研究还表明,随水分胁迫时间的延长葡萄叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)和蒸腾速率(Tr)也逐渐下降,这与前人的研究结果一致<sup>[14]</sup>。葡萄叶片喷施外源亚硒酸钠后,低浓度的亚硒酸钠(0.5 mg/L)能缓解水分胁迫造成的叶片 Pn、Gs、Tr 及 Ci 的下降,而高浓度的亚硒酸钠(1.0 mg/L和 1.5 mg/L)有促进这些指标降低的倾向。这主要可能是适宜浓度的硒可以缓解叶绿素降解的原因。

### 4 结论

随水分胁迫时间的延长,葡萄叶片叶绿素含量、净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)及重度水分胁迫以前胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)也逐渐下降;重度水分胁迫以后,胞间 CO<sub>2</sub> 浓度(Ci)开始上升。

整个水分胁迫期间,葡萄叶面喷施一定浓度的亚硒酸钠,使叶绿素含量比 CK 提高 2.93%~8.43%,以

T1(0.5 mg/L)处理的效果最好。

当亚硒酸钠喷施浓度为0.5 mg/L时,能够缓解水分胁迫下葡萄叶片净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、蒸腾速率(Tr)及重度水分胁迫以前胞间CO<sub>2</sub>浓度(Ci)的下降,同时还能够促进重度水分胁迫以后Ci的升高;当喷施浓度达到1.0~1.5 mg/L时,会促进这些指标的降低。

综合分析,在该试验条件下对葡萄叶面喷施0.5 mg/L的亚硒酸钠溶液,能缓解水分胁迫对葡萄光合作用带来的伤害。

### 参考文献

- [1] Terry N, Zayed A M, De Souza M P, et al. Selenium in higher plants [J]. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 2000, 51: 401-432.
- [2] 王丽霞. 硒元素的植物生理作用及生理机制研究进展[J]. *安徽农业科学*, 2010, 38(1): 31-32, 47.
- [3] Djanaguiraman M, Durga Devi D. Selenium—an antioxidative protectant in soybean during senescence[J]. *Plant and Soil*, 2005, 272: 77-86.
- [4] Filek M, Gzyl-Malcher B. Effect of selenium on characteristics of rape chloroplasts modified by cadmium[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2010, 167: 28-33.
- [5] 谭周磁, 陈嘉勤. 硒(Se)对降低水稻重金属Pd、Cd、Cr污染的研究[J]. *湖南师范大学(自然科学版)*, 2000, 23(3): 80-83.
- [6] 吴永尧, 卢向阳, 彭振坤, 等. 硒在水稻中的生理生化作用探讨[J]. *中国农业科学*, 2000, 33(1): 100-103.
- [7] 尚庆茂, 陈淑芳, 张志刚. 硒对高温胁迫下辣椒叶片抗氧化酶活性的调节作用[J]. *园艺学报*, 2005, 32(1): 35-38.

- [8] 杨晓慧. 盐胁迫下硒对白菜生长及生理代谢的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2006.
- [9] Kuznetsov V V, Kholodova V P, Kuznetsov V I V, et al. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought[J]. *Dokl. Biol. Sci.*, 2003, 390: 266-268.
- [10] 何卫军. 水分胁迫对酿酒葡萄黑比诺幼苗生理生化特性的影响[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2008.
- [11] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室. 土壤物理性质测定法[M]. 北京: 科学出版社, 1978.
- [12] 高俊凤. 植物生理学试验技术[M]. 西安: 世界图书出版社, 2006.
- [13] 刘媛媛, 周广柱. 干旱胁迫条件下三种灌木抗旱特性研究[J]. *北方园艺*, 2011(8): 88-90.
- [14] 刘世秋, 张振文, 惠竹梅, 等. 干旱胁迫对酿酒葡萄赤霞珠光合特性的影响[J]. *干旱地区农业研究*, 2008(5): 169-171.
- [15] 李春霞, 曹慧. 植物硒的营养特点及吸收转化机理研究进展[J]. *农业科学研究*, 2006(4): 72-75.
- [16] 果秀敏, 牛君仿, 方正, 等. 植物中硒的形态及其生理作用[J]. *河北农业大学学报*, 2003, 26(增刊): 142-143.
- [17] 张驰, 吴永尧, 彭振坤. 硒对油菜苗期叶片色素的影响研究[J]. *湖北民族学院学报(自然科学版)*, 2002, 20(3): 63-65.
- [18] 卢敏敏. 不同浓度硒对水培生菜品质的影响[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(7): 2930-2931, 2954.
- [19] 李嘉瑞, 任小林, 王民柱, 等. 干旱对果树光合的影响及水分胁迫信息传递[J]. *干旱地区农业研究*, 1996, 14(3): 69-72.
- [20] 曹慧, 兰彦平. 果树水分胁迫研究进展[J]. *果树学报*, 2001, 18(2): 110-114.
- [21] 关义新, 戴俊英, 林艳. 水分胁迫下植物叶片光合的气孔和非气孔限制[J]. *植物生理学通讯*, 1995, 31(4): 293-297.

## Effect of Selenium on Photosynthetic Properties of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon Under Water Stress

ZHAO Wei, XI Zhu-mei, TANG Jun-feng

(College of Enology, Northwest Agricultural and Forestry University, Shaanxi Engineering Research Center for Viti-Viniculture, Yangling, Shaanxi 712100)

**Abstract:** The cutting seedlings of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon was used as material, the effect of selenium(Se) on photosynthetic properties of *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet Sauvignon under water stress were studied, in order to provide reference for drought tolerance cultivation of grape. The results showed that with the time of water stress prolonged, the photosynthetic ability was decreased slowly. Under water stress, the treatments with different concentration of sodium selenite solution(0.5~1.5 mg/L) could improve the grape chlorophyll content, but the treatment effect with 0.5 mg/L sodium selenite solution was the best, it could alleviate the negative effect of water stress stress on photosynthesis. When grape leaves were sprayed with low concentration of sodium selenite solution (0.5 mg/L), it could alleviate the depression of Pn, Gs and Tr during the whole stress period and alleviate the depression of Ci before the serious water stress time, and it could also make the Ci improved after serious stress time. When grape leaves were sprayed with high concentration of sodium selenite solution (1.0~1.5 mg/L), it could promote these indexes about photosynthesis decreased.

**Key words:** selenium; water stress; photosynthetic property