

锗对盐胁迫下大蒜幼苗生理特性的影响

郑伟, 隋静, 郝树芹

(莱芜职业技术学院 山东莱芜 271100)

摘要: 以‘金蒜2号’为试材,通过叶面喷施 $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的有机锗(Ge-132),研究了外源有机锗对盐胁迫下大蒜幼苗生长、叶片光合性能及抗氧化能力的影响。结果显示,叶面喷施有机锗溶液显著增加了盐胁迫下大蒜幼苗的株高和根长,分别增加了 39.6%和 34.8%;叶面喷施有机锗溶液也显著提高了盐胁迫下大蒜叶片叶绿素含量和净光合速率,叶面喷施有机锗溶液后大蒜叶片的叶绿素含量和净光合速率分别是盐胁迫下的 1.46 和 1.57 倍;同时,叶面喷施有机锗溶液也增强了盐胁迫下大蒜根系的抗氧化能力,其中,MDA 和 H_2O_2 含量分别比盐胁迫下降低了 21.9%和 19.6%,SOD、POD、CAT 和 APX 抗氧化酶活性则升高至盐胁迫下的 1.42、1.27、1.49 和 1.43 倍。因此,叶面喷施 $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 的有机锗溶液有利于提高盐胁迫下大蒜生长、光合效率和抗氧化能力。

关键词: 大蒜; 有机锗; 光合作用; 抗氧化; 盐胁迫

Effects of germanium on physiological characteristics of garlic seedlings under salt stress

ZHENG Wei, SUI Jing, HAO Shuqin

(Laiwu Vocational and Technical College, Laiwu 271100, Shandong, China)

Abstract: In this study, the effects of germanium on the growth, photosynthesis and oxidation resistance to salt stress of garlic cultivar ‘Jinsuan No. 2’ seedlings were detected. The garlic seedlings were treated by $150 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl and sprayed by $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ germanium solution. The results showed that after sprayed by $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ germanium solution, the height and root length of garlic seedlings under salt stress increased by 39.6% and 34.8%, the chlorophyll and net photosynthetic rate in garlic leaves under salt stress were increased 1.46 and 1.57 times. The oxidation resistance of garlic roots to salt stress was improved after the addition of $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ germanium. The contents of MDA and H_2O_2 were significantly decreased by 21.9% and 19.6%. The activity of SOD, POD, CAT and APX were increased to 1.42, 1.27, 1.49 and 1.43 times of that under salt treatment. These results indicated that the $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ germanium enhanced the garlic growth, photosynthesis and oxidation resistance under salt stress.

Key words: Garlic; Germanium; Photosynthesis; Oxidation; Salt stress

土壤盐渍化问题是我国乃至全世界面临的重大挑战。盐胁迫在抑制植物生长发育的同时,严重削减农产品的质量和产量,因此,解决土壤盐渍化、提高作物耐盐能力的技术已受到广泛关注^[1-2]。

盐胁迫不仅会造成植物叶绿素降解、光合作用减弱,也会造成植物细胞活性氧过度积累、膜透性增加。盐胁迫下大蒜光合强度和根系活力均降低,膜透性增加,大蒜品质与产量也相应下降^[3-4]。研究显示,外源喷施氯化钙或者多效唑等均可通过提高大蒜叶绿素含量、根系活力、抗氧化能力及减小膜透性等途径改善盐胁迫下大蒜的生长发育状况,减

轻盐胁迫造成的损伤,提高大蒜的抗盐能力^[4-5]。前期研究已经发现,有机锗可提高正常生长条件下大蒜的营养品质和产量^[6],但能否改善盐胁迫下大蒜的生长和发育目前还不清楚。

研究证实,外源添加有机锗可提高作物产量^[7-8],促进正常条件下大蒜叶绿素的合成,提高光合作用效率^[9]。同时,有机锗具有强氧化脱氢能力^[10-11],外源添加有机锗还可清除植株体内自由基,提高保护酶活性,降低脂质过氧化程度^[12-14]。大蒜是自然界中含锗量较为丰富的农产品,笔者的前期研究发现,外源喷施 $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 有机锗是增强正常生

收稿日期: 2017-02-18; 修回日期: 2017-05-31

基金项目: 山东省自然科学基金青年基金项目“不同大蒜品种大蒜辣素含量与生态因子响应机制研究”(ZR2013CQ003)

作者简介: 郑伟,男,讲师,现主要从事生态学相关研究工作。E-mail: lzyzhengwei@163.com

长条件下大蒜营养品质、促进大蒜生长发育的最适浓度^[6]。笔者以‘金蒜2号’大蒜为试材,通过叶面喷施 $0.60 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的有机锗溶液(Ge-132),分析了外源有机锗对盐胁迫下大蒜生长发育、光合效率和抗氧化能力的影响,旨在探讨外源有机锗缓解植物盐胁迫损伤的主要生理机制,并为大蒜的抗逆栽培提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验于2015年10月至2016年5月在莱芜市方下镇方赵庄试验田进行。以莱芜职业技术学院植物生理实验室保存的‘金蒜2号’为试材。选取籽粒饱满、大小一致的大蒜鳞茎,清水洗涤后,于 $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 条件下在蒸馏水内浸种6 h,然后置于铺有3层纱布的培养皿中, $22\text{ }^{\circ}\text{C}$ 恒温箱内催芽。待大蒜萌发后,选取萌发一致的大蒜种植于 $12\text{ cm}\times 13\text{ cm}$ 营养钵内,基质按照 $V_{\text{草炭}}:V_{\text{蛭石}}:V_{\text{珍珠岩}}=3:1:1$ 比例混合,每钵装 0.5 kg ,常规田间管理。

1.2 外源Ge和盐处理

试验共设置3组处理:Ge处理、NaCl处理、Ge+NaCl处理,以清水处理作为对照。待大蒜幼苗长至2~3片叶后开始处理,叶面喷施 $0.60\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的有机锗(Ge-132)溶液时每5 d喷施1次,每次喷施 500 mL ,共喷施3次;盐处理采用 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl溶液浇灌,每7 d浇灌1次,每次 1000 mL ,共浇灌2次;其他处理采用等量纯净水,详见表1。每6株为1个小区,各处理3次重复。处理15 d后,测量大蒜幼苗的株高与根长,同时取样检测其他生理指标。

表1 不同处理外源Ge和盐处理情况

处理	叶面喷施	根部浇灌
CK	纯净水	纯净水
Ge	$0.60\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的有机锗溶液	纯净水
NaCl	纯净水	$150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl溶液
Ge+NaCl	$0.60\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 的有机锗溶液	$150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl溶液

1.3 测定方法

叶绿素含量的测定采用丙酮比色法^[15]。光合速率采用 CIRAS-1 光合仪于上午 9:00~11:00 进行测定,光强 $1200\sim 1300\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$,气温 $20\sim 23\text{ }^{\circ}\text{C}$,外界 CO_2 浓度 $374\sim 381\text{ }\mu\text{L}\cdot\text{L}^{-1}$ 。丙二醛(MDA)含量、过氧化氢(H_2O_2)含量、过氧化物酶(POD)活性和过氧化氢酶(CAT)活性的测定参照张志良等^[16]的方法。超氧化物歧化酶(SOD)活性的测定参照 Stewart

等^[17]的方法,抗坏血酸过氧化物酶(APX)活性的测定参照 Dong 等^[18]的方法。

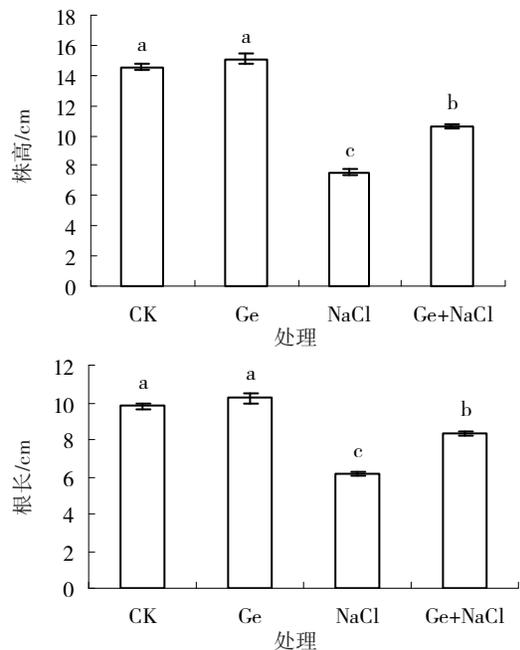
1.4 数据分析

试验数据用 SPSS 13.0 统计软件进行分析,采用 Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 锗对盐胁迫下大蒜生长发育的影响

由图1可以看出,非盐胁迫条件下,外源喷施有机锗处理大蒜的株高和根长与对照无明显差异。 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下,大蒜幼苗植株和根系的生长均受到严重抑制,与对照相比,分别下降了 48.0% 和 36.9% ;当外源喷施 $0.60\text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$ 有机锗溶液后,大蒜幼苗株高和根长分别增加了 39.6% 和 34.8% ,说明外源喷施有机锗溶液促进了盐胁迫下大蒜幼苗的生长。



[注] 不同小写字母表示 0.05 差异显著水平,下同。

图1 锗对盐胁迫下大蒜生长发育的影响

2.2 锗对盐胁迫下大蒜叶片叶绿素和光合速率的影响

由图2可知,正常条件下,外源喷施有机锗处理下大蒜的叶片叶绿素含量和净光合速率与对照组无明显差异。 $150\text{ mmol}\cdot\text{L}^{-1}$ NaCl胁迫下,大蒜叶片叶绿素含量和净光合速率比对照分别降低了 45.2% 和 54.4% ;外源喷施有机锗溶液后,叶绿素含量和净光合速率均显著提高,分别是盐胁迫下的 1.46 和 1.57 倍。可见,外源喷施有机锗溶液有利于增强盐胁迫下大蒜叶片的光合作用。

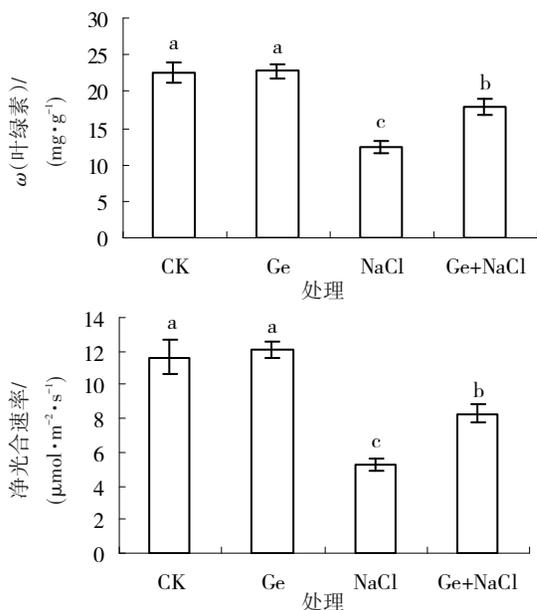


图2 锗对盐胁迫下大蒜叶片叶绿素含量和净光合速率的影响

2.3 锗对盐胁迫下大蒜根系MDA和H₂O₂含量的影响

由图3可知,非盐胁迫条件下,外源喷施有机锗处理与对照组无明显差异。150 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫下大蒜根系MDA和H₂O₂含量分别是对照的2.00和1.92倍。盐胁迫条件下,外源喷施有机锗溶液后大蒜叶片MDA和H₂O₂含量降低了21.9%和19.6%。说明大蒜根系MDA和H₂O₂积累显著受NaCl胁迫的诱导,外源喷施有机锗溶液能显著降低盐胁迫条件下MDA和H₂O₂的积累。

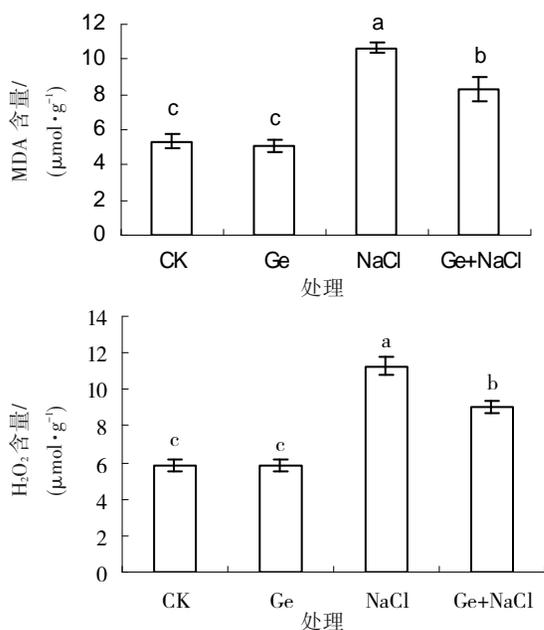


图3 锗对盐胁迫下大蒜MAD和H₂O₂含量的影响

2.4 锗对盐胁迫下大蒜根系抗氧化酶活性的影响

由图4可知,非盐胁迫条件下,外源喷施有机锗处理下大蒜根系内多种抗氧化酶活性与对照组无显著差异。盐胁迫显著降低了大蒜根系中多种抗氧化酶活性。150 mmol·L⁻¹ NaCl胁迫下,大蒜根系内的SOD、POD、CAT和APX抗氧化酶活性分别比对照降低了67.2%、47.1%、63.3%和56.6%;外源喷施有机锗溶液后,各抗氧化酶活性则分别升高至盐胁迫条件下的1.42、1.27、1.49和1.43倍。因此,外源喷施有机锗溶液有利于提高盐胁迫下大蒜根系的抗氧化能力。

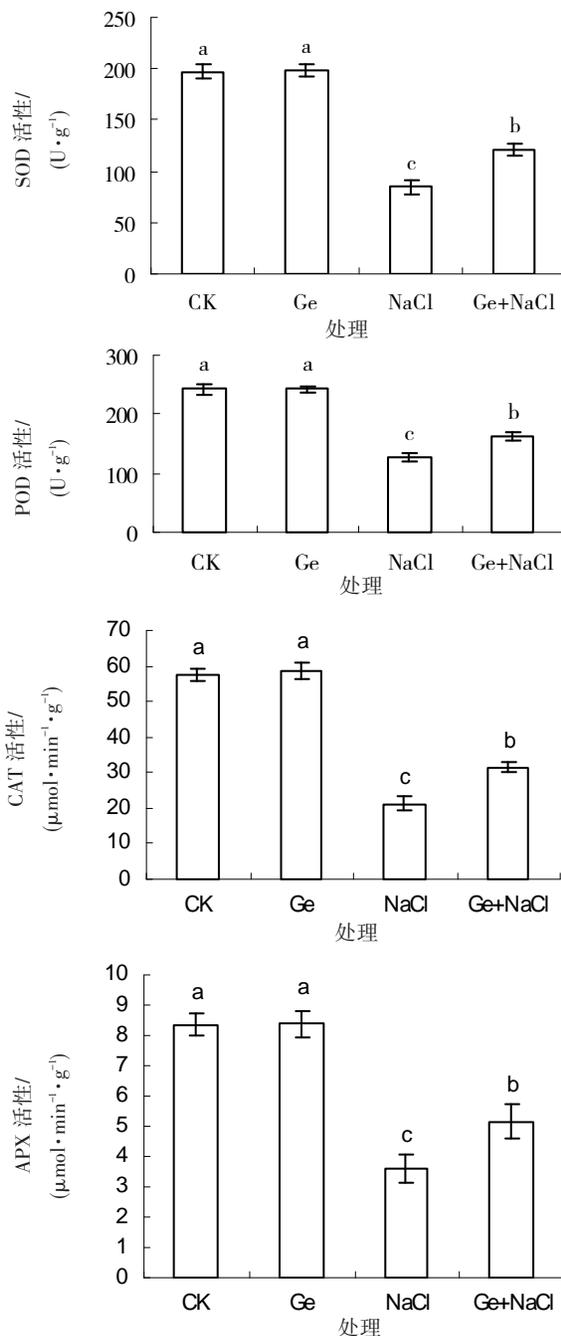


图4 锗对盐胁迫下大蒜根系抗氧化酶活性的影响

3 讨论

多项研究证实,将锗加入底肥或以营养液形式浇灌均可促进植物的生长发育^[18,19]。与非盐胁迫相比,盐胁迫会显著抑制植物的生长发育。笔者研究发现,盐胁迫条件下,大蒜的植株、根系生长均受到明显抑制,然而外源喷施有机锗溶液后,大蒜的株高和根长都明显增加(图1)。马励^[20]发现,通过外源添加锗不仅可促进苹果果实的生长发育,还能够增加果树的叶面积。

锗能够改变植物的光合色素含量^[21]。林匡飞等^[8]证实,锗能够提高水稻叶片叶绿素 a 的含量,唐凤等^[19]发现,锗能够改变铁皮石斛原球茎叶绿素含量。本研究中,盐胁迫导致大蒜叶片叶绿素含量显著降低,而外源喷施有机锗溶液后,大蒜叶片叶绿素含量显著升高。尽管低浓度的盐胁迫就会对大蒜幼苗的光合作用产生抑制作用^[22],但有机锗处理后,与光合色素含量变化一致,盐胁迫下大蒜叶片的光合速率也显著增强(图1)。因此,外源喷施有机锗溶液可提高盐胁迫下大蒜叶片的叶绿素含量,改善光合性能。

锗也可增强植物的抗氧化能力^[20]。盐胁迫可导致植物的抗氧化能力降低,而外源喷施有机锗溶液可增强大蒜根系 SOD、CAT、POD、APX 等多种抗氧化酶活性(图4),同时减少活性氧,降低膜脂过氧化程度。这说明外源有机锗缓解了盐胁迫对大蒜根系造成的氧化损伤。但是,唐凤等^[19]研究认为,添加锗可使铁皮石斛 POD 酶活性降低,颜振兰^[23]则认为锗可提高保护酶的活性。与其不同的是,本研究中非盐胁迫条件下,有机锗处理后大蒜根系内 POD 酶活性与对照相比并没有显著变化,只在盐胁迫下外源喷施有机锗后显著提高(图4)。这可能与物种和处理方式不同有关。

综上所述,外源喷施 $0.60 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ 有机锗溶液可以增加盐胁迫下大蒜叶片的叶绿素含量,提高光合性能,增强大蒜根系的抗氧化能力,从而缓解了盐胁迫对大蒜幼苗的伤害,促进盐胁迫下大蒜幼苗的生长发育。

参考文献

[1] PARIDA A K, DAS A B. Salt tolerance and salinity effects on plants[J]. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 2005, 60: 324-349.

[2] 刘建新,王鑫,李博萍.外源一氧化氮供体对盐胁迫下多裂骆驼蓬幼苗光合作用和叶黄素循环的影响[J]. *中国沙漠*, 2011,

31(1):137-141.

[3] 宋凯,陆芝滨,冯东方.不同水质对盐胁迫下大蒜种子萌发的影响[J]. *北方园艺*, 2012(24):32-34.

[4] 刘旭昊,王颖,谭梁静.多效唑对盐胁迫下大蒜幼苗生长的影响[J]. *贵州农业科学*, 2010, 38(9):42-44.

[5] 朱利君,闫秋洁.外源氯化钙对大蒜幼苗盐胁迫伤害的缓解作用[J]. *江苏农业科学*, 2016(8):242-244.

[6] 隋静,郑伟,李伟,等.锗对大蒜含锗量和营养品质的影响[J]. *北方园艺*, 2017(1):33-36.

[7] 李桂珠,许运新,张春玲.锗在水稻体内迁移转化规律的研究[J]. *吉林农业科学*, 2006, 31(3):17-19.

[8] 林匡飞,徐小清,金霞,等.锗对水稻的生态毒理效应及临界指标[J]. *生态学报*, 2005, 25(1):108-114.

[9] 隋静,郑伟,李伟,等.有机锗对大蒜幼苗生长发育和光合特性的影响[J]. *北方园艺*, 2017(9):34-37.

[10] 牛建伟,谢平.灵芝多糖锗的抗肿瘤及免疫增强作用研究[J]. *中国生物药物杂志*, 2000, 21(4):189-190.

[11] 郑海鹏.有机锗的生理功能及在食品中的应用[J]. *微量元素与健康研究*, 2011, 28(4):65-67.

[12] GOODMAN S. Therapeutic effects of organic germanium[J]. *Medical Hypotheses*, 1988, 26:207-215.

[13] 王朵,吴国良.有机锗对植物的影响及其作用机理[J]. *安徽农业科学*, 2009, 37(11):4864-4865.

[14] 李正鹏,祝嫦巍,吴萍,等.富锗树舌胞外多糖的体外抗氧化活性研究[J]. *现代食品科技*, 2013, 29(8):1791-1795.

[15] 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.

[16] 张志良,瞿伟菁,李小方.植物生理学实验指导[M].4版.北京:高等教育出版社, 2009.

[17] STEWART R R, BEWLEY J D. Lipid peroxidation associated with accelerated aging of soybean axes [J]. *Plant Physiology*, 1980, 65(2):245-248.

[18] DONG C J, LI L, SHANG Q M, et al. Endogenous salicylic acid accumulations is required for chilling tolerance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) seedlings [J]. *Planta*, 2014, 240(4):687-700.

[19] 唐凤,丁小余,丁鸽,等.锗对铁皮石斛原球茎的生长及抗氧化酶系的影响[J]. *南京师大学报(自然科学版)*, 2005, 28(4):86-89.

[20] 马励.施锗对苹果中锗的积累、生长发育及抗氧化能力的影响[D].陕西杨凌:西北农林科技大学, 2015.

[21] 王大志,王海黎,李少菁,等.微量元素锗对四种微藻光合色素的影响[J]. *生态学报*, 2000(3):482-484.

[22] 刘凤妹,傅镒涵,郑晓敏,等.盐胁迫对大蒜幼苗生理特性的影响[J]. *福建轻纺*, 2011(8):32-35.

[23] 颜振兰.不同供锗水平对巨大革耳子实体可溶性蛋白和细胞保护酶活性的影响[J]. *食用菌学报*, 2014, 21(1):32-34.