

# 外源 $Mg^{2+}$ 对荞麦耐盐性的影响

杨洪兵

(青岛农业大学 生命科学学院 山东省高校植物生物技术重点实验室 山东 青岛 266109)

**摘要:** 以盐敏感荞麦品种 TQ-0808 为试验材料, 在 100 mmol/L NaCl 胁迫下进行不同浓度的外源  $Mg^{2+}$  处理, 探讨外源  $Mg^{2+}$  对荞麦耐盐生理特性的效应。结果表明, 40 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理能显著降低 NaCl 胁迫下荞麦叶片质膜透性和丙二醛(MDA)含量, 明显增加 NaCl 胁迫下荞麦叶片超氧化物歧化酶(SOD)活性和净光合速率, 使 NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性接近对照水平, 荞麦叶片净光合速率达到对照水平。说明适当浓度的外源  $Mg^{2+}$  处理可明显改善盐胁迫下荞麦幼苗的生理特性, 对盐胁迫具有较好的缓解作用; 而外源  $Mg^{2+}$  浓度过高可能会加剧胁迫。

**关键词:** 荞麦; NaCl 胁迫; 外源  $Mg^{2+}$ ; 耐盐性

**中图分类号:** Q945.78 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7091(2012)06-0130-04

## Effect of Exogenous $Mg^{2+}$ on Salt Tolerance of Buckwheat

YANG Hong-bing

(Key Laboratory of Plant Biotechnology in Universities of Shandong, College of Life Sciences, Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, China)

**Abstract:** The salt-sensitive buckwheat variety (TQ-0808) was used as experimental material, which was treated with different concentrations of  $Mg^{2+}$  under NaCl stress of 100 mmol/L to study the effect of exogenous  $Mg^{2+}$  on physiological characters of salt tolerance in buckwheat. The results showed that the exogenous  $Mg^{2+}$  treatment of 40 mmol/L could significantly decrease the plasmalemma permeability and malondialdehyde (MDA) content of buckwheat leaves, and obviously increase the superoxide dismutase (SOD) activity and net photosynthetic rate of buckwheat leaves, which made the SOD activity of buckwheat leaves under NaCl stress close to the control level, and the net photosynthetic rate of buckwheat leaves reach the control level. It indicated that appropriate concentrations of exogenous  $Mg^{2+}$  treatment could obviously improve the physiological characters of salt tolerance in buckwheat and had better mitigation to salt stress, while too high concentrations of exogenous  $Mg^{2+}$  might aggravate stress.

**Key words:** Buckwheat; NaCl stress; Exogenous  $Mg^{2+}$ ; Salt tolerance

镁是叶绿素的主要成分, 植物体内约 20% 的镁存在于叶绿素中, 镁还是植物光合作用中许多酶的激活剂; 此外, 镁能促进核糖体亚基形成稳定的结构, 若植物体中镁浓度过低, 核糖体会解体, 蛋白质合成能力下降, 镁以  $Mg^{2+}$  形式被植物吸收<sup>[1]</sup>。NaCl 胁迫下, 植株的  $Na^+ / Mg^{2+}$  比值升高, 影响细胞正常的生理代谢<sup>[2-3]</sup>。研究表明, 土壤中施用  $MgSO_4$  后马铃薯增产效果明显<sup>[4]</sup>; 而适当提高水稻生长环境的  $Mg^{2+}$  浓度可以明显增强植株耐盐胁迫能力<sup>[5]</sup>。荞麦(*Fagopyrum esculentum* Moench) 是蓼科荞麦属双子叶植物, 耐逆性强, 具有较高的营养价值和良好的保健功效<sup>[6]</sup>。目前对盐胁迫下荞麦生理特性的

研究较少, 对外源物质尤其是矿质离子影响荞麦耐盐性的研究则鲜见报道。

本研究以盐敏感荞麦品种为试验材料, 在 NaCl 胁迫下添加不同浓度  $Mg^{2+}$  处理, 通过测定荞麦耐盐生理指标<sup>[7-8]</sup>探讨外源  $Mg^{2+}$  对荞麦耐盐性的效应, 为荞麦耐盐生理机制研究及提高荞麦耐盐性方面提供一定依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料培养和处理

以盐敏感荞麦品种 TQ-0808 为试验材料<sup>[9]</sup>。挑选籽粒饱满、大小均匀、胚体发育正常的荞麦种

收稿日期: 2012-08-21

基金项目: 山东省自然科学基金项目(ZR2010CL019)

作者简介: 杨洪兵(1968-), 男, 山东莒县人, 副教授, 博士, 主要从事植物逆境生理与分子生物学研究。

子, 1‰  $KMnO_4$  溶液消毒 10 min, 蒸馏水清洗 2 次, 26℃ 恒温培养箱培养。种子萌发后移至 Hoagland 营养液中培养, 自然光照, 昼夜温度为 26℃/16℃, 相对湿度 60% 左右, 常规管理。荞麦幼苗长至两叶一心期开始处理, 第一组为对照 (CK), 第 2 组采用 100 mmol/L NaCl 胁迫, 另外 5 组是在 100 mmol/L NaCl 胁迫基础上分别添加不同浓度  $MgSO_4$  处理, 即 20 40 60 80 100 mmol/L  $MgSO_4$  处理 3 d 后取荞麦幼苗第 2 个叶片备用。每个处理设 3 个重复。

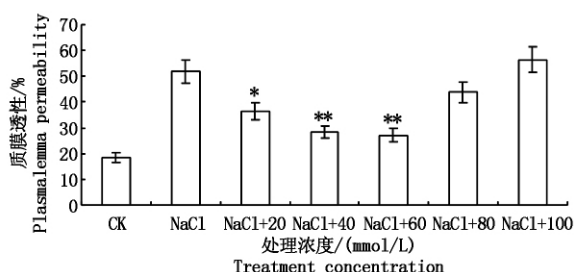
## 1.2 试验方法

采用李锦树等<sup>[10]</sup>的方法测定质膜透性; 采用林植芳等<sup>[11]</sup>的方法测定 MDA 含量; 采用李文卿等<sup>[12]</sup>的氮蓝四唑法测定 SOD 活性; 采用 CIRAS-I 型便携式光合作用测定系统测定荞麦叶片净光合速率。

## 2 结果与分析

### 2.1 外源 $Mg^{2+}$ 处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片质膜透性的影响

逆境胁迫下植物细胞膜对物质的选择透性增大, 使细胞内的电解质渗漏, 导致组织外渗液电导率增大<sup>[13]</sup>。如图 1 所示, NaCl 胁迫使荞麦叶片质膜透性明显增加; 不同浓度外源  $Mg^{2+}$  处理对荞麦叶片质膜透性的影响有明显差异, 与 NaCl 胁迫相比分别下降了 30.03% 45.34% 47.62% 15.56% 及增加了 8.91%, 其中 40 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片质膜透性下降幅度较大 ( $P < 0.01$ ), 说明 40 ~ 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  对盐敏感荞麦品种叶片质膜损伤的缓解能力较强; 而 100 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理的荞麦叶片质膜透性反而高于 NaCl 胁迫处理, 说明过高浓度的外源  $Mg^{2+}$  可能会成为一种胁迫因子, 从而加重 NaCl 胁迫造成的伤害。



$n = 3$ ; \* .  $P < 0.05$ ; \*\* .  $P < 0.01$ . 图 2 ~ 4 同。

$n = 3$ ; \* .  $P < 0.05$ ; \*\* .  $P < 0.01$ . The same as Fig. 2 ~ 4.

图 1 外源  $Mg^{2+}$  处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片质膜透性的影响  
Fig.1 Effect of exogenous  $Mg^{2+}$  treatment on plasmalemma permeability of buckwheat leaves under NaCl stress

### 2.2 外源 $Mg^{2+}$ 处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片 MDA 含量的影响

MDA 是植物细胞膜脂质过氧化的主要产物之

一, MDA 的积累会加剧细胞膜的伤害作用, 导致细胞膜功能紊乱<sup>[14]</sup>。从图 2 看出, NaCl 胁迫下荞麦叶片 MDA 含量 (以鲜质量计) 显著增加, 添加不同浓度外源  $Mg^{2+}$  处理后, 荞麦叶片 MDA 含量有了明显的变化, 与 NaCl 胁迫相比分别下降了 24.69% , 44.28% 34.28% 10.91% 及增加了 12.59% , 其中 40 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片 MDA 含量下降幅度较大 ( $P < 0.01$ ), 说明 40 ~ 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  对盐敏感荞麦品种叶片膜脂过氧化的缓解能力较强; 100 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理可能会加重荞麦叶片膜脂过氧化作用, 导致其 MDA 含量高于 NaCl 胁迫处理。

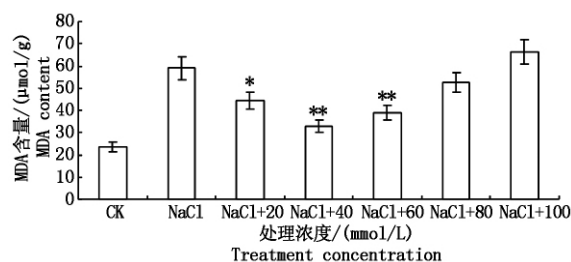


图 2 外源  $Mg^{2+}$  处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片 MDA 含量的影响

Fig.2 Effect of exogenous  $Mg^{2+}$  treatment on MDA content of buckwheat leaves under NaCl stress

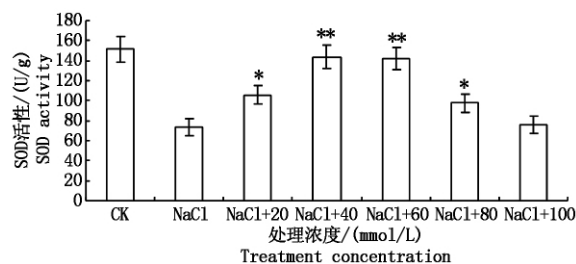


图 3 外源  $Mg^{2+}$  处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性的影响

Fig.3 Effect of exogenous  $Mg^{2+}$  treatment

on SOD activity of buckwheat leaves under NaCl stress

### 2.3 外源 $Mg^{2+}$ 处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性的影响

由图 3 可见, NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性 (以鲜质量计) 显著下降, 加入不同浓度外源  $Mg^{2+}$  处理后, 荞麦叶片 SOD 活性有了不同程度的增加, 与 NaCl 胁迫相比分别增加了 43.43% 95.10% , 92.64% 32.21% 2.95% , 其中 20 80 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片 SOD 活性明显增加 ( $P < 0.05$ ); 40 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片 SOD 活性增加幅度更大 ( $P < 0.01$ ), 使 NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性恢复至接近对照水平; 而 100 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理的荞麦叶片 SOD 活性与 NaCl 胁迫处理相比无明显差异 ( $P > 0.05$ ), 说明过高浓度外源  $Mg^{2+}$

处理对增加荞麦叶片 SOD 活性的效果不明显。

## 2.4 外源 $Mg^{2+}$ 处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片净光合速率的影响

植物光合效率的高低与叶片净光合速率密切相关。从图 4 可看出, NaCl 胁迫下荞麦叶片净光合速率显著降低, 不同浓度外源  $Mg^{2+}$  处理对荞麦叶片净光合速率有不同影响, 与 NaCl 胁迫相比分别增加了 46.83%、102.99%、51.76%、16.73% 及降低了 33.27%, 其中 20、60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片净光合速率明显增加 ( $P < 0.05$ ); 40 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片净光合速率增加幅度最大 ( $P < 0.01$ ), 已经达到了荞麦幼苗的对照水平, 说明 40 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  可显著提高盐胁迫下荞麦叶片净光合效率, 对盐胁迫下荞麦幼苗生长具有一定促进作用; 而 100 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理使荞麦叶片净光合速率明显降低 ( $P < 0.05$ ), 说明过高浓度外源  $Mg^{2+}$  可能会成为一种胁迫因子, 增强了 NaCl 胁迫对荞麦生长的抑制作用。

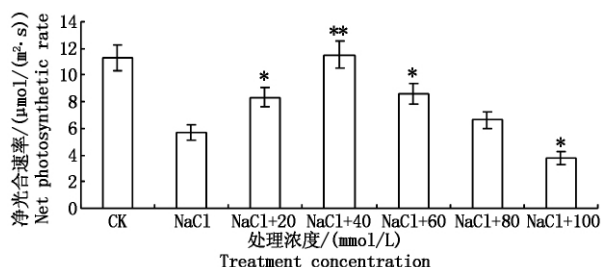


图 4 外源  $Mg^{2+}$  处理对 NaCl 胁迫下荞麦叶片净光合速率的影响

Fig. 4 Effect of exogenous  $Mg^{2+}$  treatment on net photosynthetic rate of buckwheat leaves under NaCl stress

## 3 讨论

质膜透性及膜脂过氧化产物 MDA 含量是植物膜系统稳定性的重要指标, 膜系统稳定性与植物抗逆性密切相关, 郭启芳等<sup>[15]</sup> 研究指出, 盐胁迫下通过外源甜菜碱处理可显著降低小麦幼苗的 MDA 含量, 说明甜菜碱对盐胁迫诱导的膜脂过氧化起到较好的缓解作用。本试验中 40 ~ 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理可显著降低盐胁迫下荞麦叶片的质膜透性和 MDA 含量, 说明适当浓度的外源  $Mg^{2+}$  处理可显著降低荞麦叶片的质膜损伤和膜脂过氧化伤害, 而过高浓度 (100 mmol/L) 的外源  $Mg^{2+}$  处理不但起不到缓解作用, 还会加剧胁迫伤害, 使荞麦叶片质膜透性和 MDA 含量高于 NaCl 胁迫处理, 这与 Ma 等<sup>[16]</sup> 对过量  $Mg^{2+}$  影响玉米和大豆种子萌发及生长的研究相似。

SOD 能清除细胞内氧自由基, 是氧自由基代谢

的第一个关键酶<sup>[17]</sup>, 它能提高植物对盐胁迫的适应性, 其活性高低在一定程度上反映了植物耐盐性强弱。本试验中 40 ~ 60 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理对增加荞麦叶片 SOD 活性的效果最为明显, 使 NaCl 胁迫下荞麦叶片 SOD 活性恢复至接近对照水平, 说明适当浓度的外源  $Mg^{2+}$  处理可以增强荞麦叶片氧自由基的清除能力, 有利于荞麦耐盐性的提高。张振华等<sup>[5]</sup> 研究表明, 提高营养液中  $Mg^{2+}$  浓度可增强水稻的耐盐性, 提高生长速率; 张志刚等<sup>[18]</sup> 研究发现, 外源激素处理可明显增加盐胁迫下黄瓜叶片的净光和速率。本研究中 40 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理可显著提高盐胁迫下荞麦叶片净光合效率, 使盐胁迫下荞麦叶片净光合效率达到对照水平, 有效缓解了 NaCl 胁迫对荞麦幼苗生长的抑制。

总之, 40 mmol/L 外源  $Mg^{2+}$  处理可明显改善盐胁迫下荞麦幼苗的生理特性, 对荞麦幼苗盐胁迫的缓解作用最好, 使荞麦幼苗更加适应盐胁迫环境。

## 参考文献:

- [1] 王 忠. 植物生理学 [M]. 2 版. 北京: 中国农业出版社 2009.
- [2] Grattan S R, Grieve C M. Mineral element acquisition and growth response of plants grown in saline environments [J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 1992, 38 (4): 275 - 300.
- [3] 王 冉, 陈贵林, 宋 炜, 等. NaCl 胁迫对两种南瓜幼苗离子含量的影响 [J]. 植物生理与分子生物学学报, 2006, 32 (1): 94 - 98.
- [4] 夏玉春, 马永祥, 王秀芝. 马铃薯施用  $Mg^{2+}$  增产效果初报 [J]. 中国果菜, 2010 (9): 28 - 29.
- [5] 张振华, 刘 强, 宋海星, 等.  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  和  $Mg^{2+}$  对不同水稻 (*Oryza sativa* L.) 基因型苗期耐盐性的影响 [J]. 中国农业科学, 2010, 43 (15): 3088 - 3097.
- [6] 王安虎, 熊 梅, 耿选珍, 等. 中国荞麦的开发利用现状与展望 [J]. 作物杂志, 2003 (3): 7 - 8.
- [7] 战伟龔, 邱念伟, 赵方贵, 等. 盐和水胁迫对不同荞麦品种生理特性的影响 [J]. 中国农学通报, 2009, 25 (17): 129 - 132.
- [8] 战伟龔, 张学杰, 杨德翠, 等. NaCl 和等渗 PEG 对荞麦 SOD 及 APX 活性的影响 [J]. 江苏农业科学, 2009 (5): 101 - 102.
- [9] 马德源, 李发良, 朱剑锋, 等. 6 个荞麦品种耐盐性的比较 [J]. 现代农业科技, 2009 (3): 157 - 158.
- [10] 李锦树, 王洪春, 王文英, 等. 干旱对玉米叶片细胞膜透性及膜脂的影响 [J]. 植物生理学报, 1983, 9 (3): 223 - 229.
- [11] 林植芳, 李双顺, 林桂珠, 等. 水稻叶片的衰老与超氧化物歧化酶活性及脂质过氧化作用的关系 [J]. 植物学

- 报, 1984, 26(6): 605-615.
- [12] 李文卿, 潘廷国, 柯玉琴, 等. 土壤水分胁迫对甘薯苗期活性氧代谢的影响[J]. 福建农业学报, 2000, 15(4): 45-50.
- [13] 董桃杏, 蔡昆争, 张景欣, 等. 茉莉酸甲酯(MeJA)对水稻幼苗的抗旱生理效应[J]. 生态环境, 2007, 16(4): 1261-1265.
- [14] 刘丽云. 硝酸钙对白蜡萌发过程中盐胁迫效应的影响[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(6): 2372-2373, 2415.
- [15] 郭启芳, 马千全, 孙 灿, 等. 外源甜菜碱提高小麦幼苗抗盐性的研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(9): 1680-1686.
- [16] Ma E, Fu S S, Zhang H B. Effects of excessive  $Mg^{2+}$  on the germination characteristics of crop seeds[J]. Agricultural Science and Technology, 2008, 9(2): 26-29.
- [17] Kalir A, Poljakoff-Mayber A. Changes in activity of malate dehydrogenase, catalase, peroxidase and superoxide dismutase in leaves of *Halimione portulacoides* (L.) aellen exposed to high sodium chloride concentrations[J]. Annals of Botany, 1981, 47(1): 75-85.
- [18] 张志刚, 尚庆茂. 水杨酸、壳聚糖对盐胁迫下黄瓜叶片光合参数的调节作用[J]. 西北农业学报, 2010, 19(3): 174-178.

## 《华北农学报》征订启事

《华北农学报》1986年创刊,由河北、北京、天津、河南、山西、内蒙古自治区六省市农科院及农学会联合主办,为全国首家跨省、市、区多单位联办的农业学术刊物。本刊立足华北,面向全国和全世界。主要刊载农业各学科的学术论文、研究报告以及科研简报,报道农业学术动态。主要服务于农业高等院校师生和农业科研机构的研究人员。

《华北农学报》为中国科学引文数据库核心期刊(CSCD 核心库)、中国科技核心期刊、中文核心期刊、RCCSE 中国核心学术期刊和中国农业核心期刊。2010年《华北农学报》影响因子达到2.253,被引频次3950次,基金论文比98%,学科排名全国第二位,成为全国有代表性的农业学术刊物。同时,《华北农学报》多次荣获国家级及省级奖励:全国优秀科技期刊评比三等奖、全国优秀农业期刊学术类一等奖、首届“北方十佳期刊奖”、河北省“十佳期刊奖”及河北省优秀期刊奖等奖项;2011年被评选为“中国精品科技期刊”。

《华北农学报》国内外公开发行,国内统一刊号:CN13-1101/S,国际刊号ISSN1000-7091。双月刊,双月28日出版,国际标准大16开本,240页,每期定价12元,全年72.00元。邮发代号:18-10,国外发行代号:5918。全国各地邮局均可订阅。可随时汇款到编辑部订阅,请写清刊名、份数、收刊人姓名、地址、邮编,以免误投或无法投递。

欢迎订阅,欢迎投稿!

通信地址:石家庄市和平西路598号《华北农学报》编辑部

邮 编:050051

电 话:0311-87652166

E-mail: hbnxb@163.com

网 址: <http://www.hbnxb.net/>