

# CaCl<sub>2</sub> 对盐胁迫下大豆幼苗渗透调节物质含量的影响

杨艳波, 刘若岑, 崔欣, 张元, 库孜拉·俄斯别克, 武燕\* (大庆师范学院, 黑龙江大庆 163712)

**摘要** [目的]为土壤盐渍化地区的大豆种植提供合理化建议,提高大豆产量。[方法]采用盆栽法培养大豆,分析10、15和20 mmol/L 外源CaCl<sub>2</sub>对150 mmol/L NaCl胁迫下大豆幼苗渗透调节物质含量的影响。[结果]三叶期大豆幼苗施加150 mmol/L NaCl胁迫后,可溶性糖和可溶性蛋白的含量与空白对照组相比均显著升高( $P < 0.05$ ),而脯氨酸含量显著下降( $P < 0.05$ );喷施10 mmol/L CaCl<sub>2</sub>处理组与盐对照组相比,可溶性糖和脯氨酸含量显著升高( $P < 0.05$ ),可溶性蛋白含量显著下降( $P < 0.05$ );喷施15 mmol/L CaCl<sub>2</sub>处理组与盐对照组相比,3种渗透调节物质含量均升高,其中可溶性糖、脯氨酸含量升高显著( $P < 0.05$ ),可溶性蛋白含量升高不显著( $P > 0.05$ );喷施20 mmol/L CaCl<sub>2</sub>处理组与盐对照组相比,可溶性糖、可溶性蛋白含量降低,但未达到显著水平( $P > 0.05$ ),而脯氨酸含量显著升高( $P < 0.05$ )。[结论]综合分析外源CaCl<sub>2</sub>对盐胁迫下大豆幼苗渗透调节物质含量的影响表明,15 mmol/L CaCl<sub>2</sub>的缓解效果最好。

**关键词** 大豆;盐胁迫;CaCl<sub>2</sub>;渗透调节物质

中图分类号 S501;S565.1 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2016)25-033-02

## Effects of CaCl<sub>2</sub> on the Content of Osmotic Adjustment Substances in Soybean Seedlings under Salt Stress

YANG Yan-bo, LIU Ruo-cen, CUI Xin, WU Yan\* et al (Daqing Normal University, Daqing, Heilongjiang 163712)

**Abstract** [Objective] The aim was to provide rationalization proposals for soybean planting in soil salinization area, and increase soybean yield. [Method] By using pot cultured soybean, effects of 10, 15 and 20 mmol/L exogenous CaCl<sub>2</sub> on osmotic adjustment substances in soybean seedlings under NaCl 150mmol/L stress were studied. [Result] Applying 150 mmol/L NaCl on soybean seedling in three leaf stage, the content of soluble sugar and soluble protein were significantly higher than ( $P < 0.05$ ) that in the blank control group, and the proline content was decreased significantly ( $P < 0.05$ ); spraying 10 mmol/L CaCl<sub>2</sub> treatment group was compared with the salt control group, the contents of proline and soluble sugar were increased significantly ( $P < 0.05$ ), soluble protein was significantly decreased ( $P < 0.05$ ); spraying 15 mmol/L CaCl<sub>2</sub> treatment group was compared with salt control group, the content of osmotic substances were increased, the soluble sugar, proline content were increased significantly ( $P < 0.05$ ), soluble protein was not significant ( $P > 0.05$ ); spraying 20 mmol/L CaCl<sub>2</sub> treatment group was compared with the salt control group, soluble sugar, soluble protein content were decreased, but did not reach significant level ( $P > 0.05$ ), and the proline content was increased significantly ( $P < 0.05$ ). [Conclusion] The effect of exogenous CaCl<sub>2</sub> on the content of osmotic adjustment substances of soybean seedlings under salt stress showed that 15 mmol/L CaCl<sub>2</sub> had the best effect.

**Key words** Soybean; Salt stress; Calcium chloride; Osmotic adjustment substance

盐胁迫是指植物生长在高盐度生境而受到的高渗透压的影响。盐胁迫主要通过渗透胁迫作用使植物细胞质膜的结构和功能受到伤害<sup>[1]</sup>,盐胁迫条件下,植物发生细胞脱水、膜系统受损、蛋白质合成速率下降、储存蛋白质水解等一系列不良生理生化反应<sup>[2]</sup>,盐胁迫是抑制植物生长、降低农作物产量的主要环境因素之一<sup>[3]</sup>。

钙(Ca)是植物必需的营养元素,其在提高植物的抗逆性方面也有十分重要作用,有很多研究表明外源钙能缓解逆境胁迫(如干旱、盐等)对植物细胞膜的伤害<sup>[3]</sup>,从而提高植物细胞的抗逆能力,但是有关外源CaCl<sub>2</sub>对大豆渗透调节物质影响的研究还比较少。该研究以大豆为供试材料,分析不同浓度的CaCl<sub>2</sub>对150 mmol/L NaCl胁迫下三叶期大豆幼苗渗透调节物质含量的影响。

## 1 材料与方 法

**1.1 材料培养及处理** 选取黑农48号大豆为试验材料,将大豆用清水浸泡12 h后用2%双氧水浸种消毒5 min,用清水冲洗3~5遍后放入铺有脱脂棉的培养皿中萌发,待大豆芽长达1~2 cm时,将大豆种子栽种到装有土壤(pH=7.6)的纸杯中,然后放入光照培养箱中培养,定期浇水培养。待幼苗生长到三叶期时,将长势相近的大豆平均分成5组,选择1组作为空白对照组(处理①),定期浇水,3 d后测量其渗

透调节物质含量,另外4组每天喷施150 mmol/L NaCl溶液,连续处理3 d,选取其中1组作为盐胁迫对照组(处理②),测量其渗透调节物质含量,其余3组在盐胁迫处理3 d以后,分别喷洒10、15、20 mmol/L CaCl<sub>2</sub>溶液,记为处理③~⑤,连续处理3 d后测量其渗透调节物质含量。

**1.2 测定方法** 采用萘酚比色法测定大豆三叶期幼苗中可溶性糖的含量;采用考马斯亮兰法测定大豆三叶期幼苗中可溶性蛋白的含量;采用茚三酮法测定大豆三叶期幼苗中脯氨酸的含量<sup>[4]</sup>。

**1.3 数据处理** 数据应用Excel 2007软件进行公式计算和图表制作,用SPSS19.0进行方差分析和差异显著性检验。

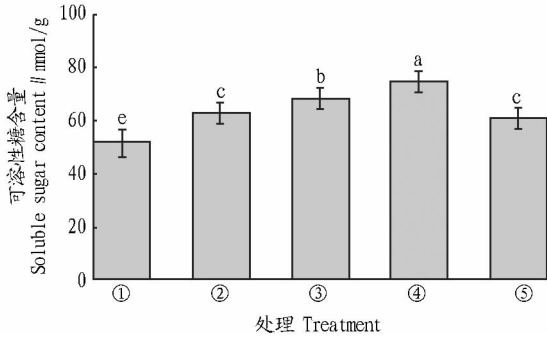
## 2 结果与分析

**2.1 不同浓度CaCl<sub>2</sub>对盐胁迫下大豆可溶性糖含量的影响** 由图1可知,对大豆三叶期幼苗喷施150 mmol/L NaCl处理,与空白对照组相比可溶性糖含量增加了15.85%,差异显著( $P < 0.05$ );用10、15、20 mmol/L CaCl<sub>2</sub>溶液分别处理盐胁迫的大豆幼苗后,与盐对照组相比,10 mmol/L CaCl<sub>2</sub>和15 mmol/L CaCl<sub>2</sub>处理的可溶性糖含量分别升高了8.59%和16.15% ( $P < 0.05$ ),而20 mmol/L CaCl<sub>2</sub>处理组与盐对照组相比差异不显著( $P > 0.05$ );3种浓度的CaCl<sub>2</sub>溶液处理盐胁迫的大豆幼苗后,其可溶性糖含量均高于空白对照组,并且差异显著( $P < 0.05$ )。

**2.2 不同浓度CaCl<sub>2</sub>对盐胁迫下大豆可溶性蛋白含量的影响** 由图2可知,空白对照组的可溶性蛋白含量约为

作者简介 杨艳波(1992-),男,内蒙古呼伦贝尔人,本科生,专业:生物技术。\*通讯作者,讲师,硕士,从事植物生理生态研究。

收稿日期 2016-07-11



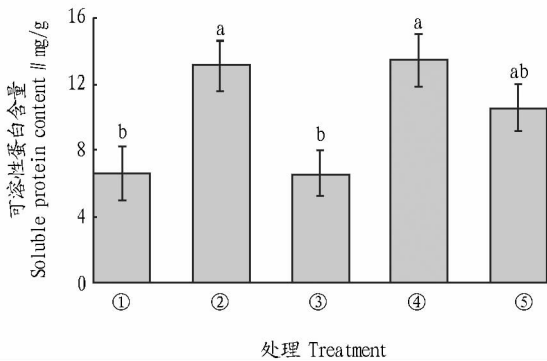
注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

图1 不同浓度  $\text{CaCl}_2$  对盐胁迫下大豆可溶性糖含量的影响

Fig.1 Effects of different concentrations of  $\text{CaCl}_2$  on soluble sugar content in soybean under salt stress

6.80 mg/g;150 mmol/L NaCl 胁迫处理大豆三叶期幼苗后,与空白对照组相比,可溶性蛋白含量增加了 48.16%,差异显著 ( $P < 0.05$ );用 10、15、20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液分别处理盐胁迫的大豆幼苗,10 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组与盐对照组相比其可溶性蛋白含量降低了 49.79%,二者差异显著 ( $P < 0.05$ ),而 15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组与 20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组的可溶性蛋白含量分别为 13.51 mg/g 和 10.51 mg/g。统计学分析显示,与盐对照组相比,差异均不显著 ( $P > 0.05$ ),10 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组可溶性蛋白含量略低于空白对照组,差异不显著 ( $P > 0.05$ ),15、20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组可溶性蛋白含量均高于空白对照组,其中 15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组与空白对照组差异显著 ( $P < 0.05$ )。



注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

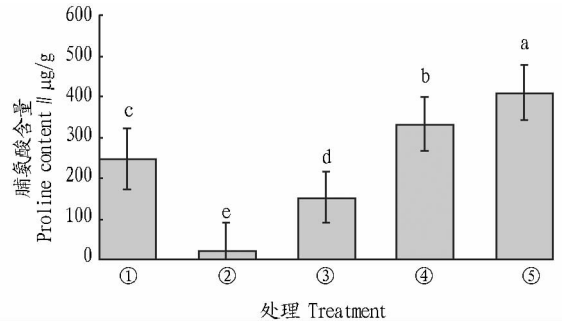
Note: Different lowercases stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

图2 不同浓度  $\text{CaCl}_2$  对盐胁迫下大豆可溶性蛋白含量的影响

Fig.2 Effects of different concentrations of  $\text{CaCl}_2$  on soluble protein content in soybean under salt stress

**2.3 不同浓度  $\text{CaCl}_2$  对盐胁迫下大豆脯氨酸含量的影响** 由图3可知,空白对照组的脯氨酸含量约为 256.18  $\mu\text{g/g}$ ;用 150 mmol/L NaCl 处理大豆三叶期幼苗后,与空白对照组相比,脯氨酸含量增加了 91.26%,差异显著 ( $P < 0.05$ );用 10、15、20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理盐胁迫的大豆幼苗后,与盐对照组相比,脯氨酸含量分别提高了 85.12%、93.25%、94.52%,且差异均显著 ( $P < 0.05$ );10 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组的脯氨酸

含量显著低于空白对照组的脯氨酸含量 ( $P < 0.05$ ),15、20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组脯氨酸含量均显著高于空白对照组 ( $P < 0.05$ )。



注:不同小写字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: Different lowercases stand for significant difference ( $P < 0.05$ ).

图3 不同浓度  $\text{CaCl}_2$  对盐胁迫下大豆脯氨酸含量的影响

Fig.3 Effects of different concentrations of  $\text{CaCl}_2$  on proline content in soybean under salt stress

### 3 结论与讨论

该研究表明,在给三叶期大豆幼苗施加 150 mmol/L NaCl 胁迫后,可溶性糖和可溶性蛋白的含量与空白对照组相比均显著升高,而脯氨酸含量显著下降。这在一定程度上说明 150 mmol/L NaCl 胁迫促进了可溶性糖和可溶性蛋白在体内的合成,以此来缓解盐胁迫,而 150 mmol/L NaCl 胁迫在一定程度上抑制了脯氨酸的合成。

用 3 种不同浓度  $\text{CaCl}_2$  溶液处理盐胁迫的大豆幼苗后,得到结论如下:①可溶性糖含量测定结果表明,10 mmol/L 和 15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组的可溶性糖含量均高于盐对照组的可溶性糖含量,差异显著 ( $P < 0.05$ ),起到了很好的缓解效果,并且 15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组的缓解效果最好,这与胡远富等<sup>[5]</sup>对可溶性糖含量测定的结果一致;用 20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液处理大豆幼苗后,其可溶性糖含量略低于盐对照组,未达到差异显著水平 ( $P > 0.05$ ),这说明 20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  溶液没有起到缓解效果。②可溶性蛋白的测定结果表明,15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理后,其含量升高,说明起到了一定的缓解作用,但是效果不显著 ( $P > 0.05$ );10 mmol/L 和 20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理没有起到缓解效果 ( $P > 0.05$ ),可能是因为大豆幼苗对于这 2 种浓度的溶液反应不敏感或是不在其调控范围之内。③脯氨酸含量测定结果表明, $\text{CaCl}_2$  处理组的脯氨酸含量均显著高于盐对照组 ( $P < 0.05$ ),即均起到缓解作用,并且脯氨酸含量与  $\text{CaCl}_2$  浓度呈正相关,20 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  处理组缓解效果最好,这与王增进等<sup>[6]</sup>所得到的结论一致。综合分析外源  $\text{CaCl}_2$  对盐胁迫下大豆幼苗渗透调节物质含量的影响表明,15 mmol/L  $\text{CaCl}_2$  的缓解效果最好。

### 参考文献

- [1] 覃杰明,何含杰,张党权,等. 6-BA 和  $\text{GA}_3$  对盐胁迫下红杆铁皮石斛幼苗生理生化影响[J]. 亚热带植物科学,2016,45(1):27-31.
- [2] 严蓓,孙锦,郭世荣,等. 钙对盐胁迫下黄瓜幼苗生长及可溶性蛋白质表达的影响[J]. 江苏农业学报,2012,28(4):841-845.

(V<sub>P</sub>级)。

上述结果表明,青堆子湾调查海域的表层海水水质大部分属于中度营养等级,其中,春、夏季节属于氮限制性营养等

级,冬季转变为磷限制性营养等级,应及时限制陆源工业、生活污水和养殖污水排放,防止造成水域富营养化而发生赤潮。

表1 营养级划分标准

Table 1 Classification standard of nutritive levels

级别 Level	营养级 Nutritive level	TIN mg/L	PO <sub>4</sub> -P mg/L	N/P
I	贫营养	<0.2	<0.030	8~30
II	中度营养	0.2~0.3	0.030~0.045	8~30
III	富营养	>0.3	>0.045	8~30
IV <sub>P</sub>	磷限制中度营养	0.2~0.3	—	>30
V <sub>P</sub>	磷中等限制潜在性富营养	>0.3	—	30~60
VI <sub>P</sub>	磷限制潜在性富营养	>0.3	—	>60
IV <sub>N</sub>	氮限制中度营养	—	0.030~0.045	<8
V <sub>N</sub>	氮中等限制潜在性富营养	—	>0.045	4~8
VI <sub>N</sub>	氮限制潜在性富营养	—	>0.045	<4

### 3 结论

(1)青堆子湾池塘养殖区和邻近海域表层水体整体处于中度富营养化等级,氮磷营养盐含量季节性变化明显,表现为无机氮浓度冬季最高,秋季最低,而无机磷浓度夏季最高,秋季最低。营养盐含量的季节变化受陆源污水排放和浮游植物的影响和制约。

(2)营养盐呈现从养殖区向外海逐渐降低的平面分布特征,陆源污染和水产养殖活动对青堆子湾海域的营养盐含量贡献较大。

(3)夏季海域的N/P值远低于Redfield比值,说明青堆子湾海域无机氮相对缺乏,而无机磷过盛,浮游生物生长繁殖受到无机氮的制约。

(4)除秋季外,青堆子湾表层海水水质属于中度营养级,春夏季节是氮限制性营养等级,冬季是磷限制性营养等级,亟需加强近岸排污管理,防止赤潮暴发。

### 参考文献

- [1] 廖秀丽,陈丕茂,马胜伟,等.大亚湾杨梅坑海域投礁前后浮游植物群落结构及其与环境因子的关系[J].南方水产科学,2013,9(5):109-119.
- [2] 孙霞,王保栋,王修林,等.东海赤潮高发区营养盐时空分布特征及其控制要素[J].海洋科学,2004,28(8):28-32.
- [3] 李文君,宗虎民,王立军,等.庄河青堆子湾海水和沉积物重金属分布特征[J].环境化学,2015,34(5):1008-1010.
- [4] 尹佳,王丽丽,姚翔,等.青堆子湾养殖池塘与邻近海域悬浮颗粒物的平面分布与季节变化[J].现代农业科技,2013(13):239-241.
- [5] 吴金浩,刘桂英,王年斌,等.2008-2009年青堆子湾水质状况与富营养化水平[J].水产科学,2011,30(11):708-710.
- [6] 张传松,王修林,石晓勇,等.东海赤潮高发区营养盐时空分布特征及其与赤潮的关系[J].环境科学,2007,28(11):2416-2424.
- [7] 胡明辉,杨逸萍,徐春林.长江口浮游植物生长的磷酸盐限制[J].海洋学报,1989,11(4):439-443.
- [8] 彭云辉,王肇鼎.珠江河口富营养化水平评价[J].海洋环境科学,1991,10(3):7-13.
- [9] 熊德琪.一种新的海水富营养化模糊评价方法[J].海洋通报,1993,12(6):30-35.
- [10] 苏畅,沈志良,姚云,等.长江口及其邻近海域富营养化水平评价[J].水科学进展,2008,19(1):99-105.
- [11] 郭卫东,章小明,杨逸萍,等.中国近岸海域潜在性富营养化程度的评价[J].台湾海峡,1998,17(1):64-70.

(上接第34页)

- [3] 周双云,蒋晶,高龙燕,等.不同浓度CaCl<sub>2</sub>对盐胁迫下巴西蕉幼苗生理的影响[J].应用与环境生物学报,2014,20(3):449-454.
- [4] 张志良,翟伟菁.植物生理学实验指导[M].北京:高等教育出版社,2003:127-128,159-160,258-259.

- [5] 胡远富,王泽奇,施君信,等.氯化钙对大豆生长发育及抗逆性的促进效应研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2007,19(3):39-42.
- [6] 王增进,张玉先.大豆盐胁迫研究进展[J].黑龙江八一农垦大学学报,2005,17(6):26-29.