

李 红, 李 波, 杨 翌. 盐胁迫下外源钙对苜蓿幼苗叶片离子含量的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(4): 131–133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.04.041

盐胁迫下外源钙对苜蓿幼苗叶片离子含量的影响

李 红¹, 李 波², 杨 翌¹

(1. 黑龙江省畜牧研究所, 黑龙江齐齐哈尔 161006; 2. 齐齐哈尔大学生命科学与农林学院, 黑龙江齐齐哈尔 161006)

摘要:以中苜 1 号苜蓿幼苗为试验材料, 采用水培法研究 NaCl 胁迫对苜蓿幼苗叶片内无机离子含量的影响及氯化钙对幼苗盐害的缓解作用。结果表明, 随着 NaCl 浓度的升高, 叶片内 Na^+ 含量增加, K^+ 、 Ca^{2+} 含量降低, 且 Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比值会随着 Na^+ 含量的增高而增加; 施加不同浓度 CaCl_2 后, Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 含量及 Na^+/K^+ 、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值均有不同程度变化, 苜蓿幼苗表现在 CaCl_2 浓度为 10、15 mmol/L 时 Na^+ 含量降低, K^+ 和 Ca^{2+} 含量增加, Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比值降低, 表明 Ca^{2+} 可改善苜蓿幼苗体内的离子平衡, 缓解盐胁迫造成的伤害。

关键词:苜蓿幼苗; 外源钙; 盐胁迫; 离子含量

中图分类号: S540.1; Q945.78

文献标志码: A

文章编号: 1002-1302(2017)04-0131-03

在盐胁迫下, 细胞质中过多的离子尤其是 Na^+ 会对植物细胞的代谢活动产生伤害, 许多植物能够忍耐土壤中高浓度的盐分, 主要和植物自身在盐渍环境中将 Na^+ 外排到胞质外, 以维持细胞质中较低的 Na^+ 含量有关, 植物还可以通过减少 K^+ 和 Ca^{2+} 的流失, 提高体内 K^+ 和 Ca^{2+} 的含量。钙是植物生长所必需的一种营养元素, 可参与植物生长发育的调节过程, 具有防止膜损伤和渗漏的作用, 在维护细胞壁、细胞膜的结构和功能等方面也发挥着重要作用^[1-2]; 另外, Ca^{2+} 还可作为细胞内第二信使参与植物的抗逆性应答, 与植物的抗盐性有着密切的关系, 可以减缓植物盐害, 增强植物的耐盐性, 其重要作用在于维持细胞膜的完整性, 并调节离子的运输, 加强 Ca^{2+} 的吸收可以对盐离子伤害进行调控。植物可以通过促使膜结合 Ca^{2+} 量的增加来提高盐分胁迫下膜的稳定性, 而且增加外源 Ca^{2+} 的浓度可以刺激某些蛋白质发生翻译转录过程的改变, 诱导产生新的胁迫蛋白, 从而提高植物的抗逆性^[3-4]。试验研究外源钙对盐胁迫下苜蓿幼苗的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 的变化等方面的影响, 探讨了钙在提高苜蓿幼苗耐盐性中的作用, 以期为进一步探讨钙缓解植物逆境伤害机理提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

以中苜 1 号苜蓿种子为试验材料, 由黑龙江省畜牧研究所提供。

1.2 幼苗的培养与胁迫处理

利用土培的方法将苜蓿种子播种于营养钵中, 待其长至

3 叶 1 心期后, 将苜蓿幼苗取出, 用清水冲洗干净根部, 用改良的 1/2 Hoagland 营养液通气培养 3~5 d 后, 将幼苗分别转至盐胁迫和钙缓解处理液(表 1)培养 4 d。

表 1 NaCl 和 CaCl_2 处理液

编号	处理液
CK	1/2 Hoagland 营养液
A	1/2 Hoagland 营养液 + 50 mmol/L NaCl
B	1/2 Hoagland 营养液 + 100 mmol/L NaCl
C	1/2 Hoagland 营养液 + 150 mmol/L NaCl
D	1/2 Hoagland 营养液 + 200 mmol/L NaCl
E	1/2 Hoagland 营养液 + 100 mmol/L NaCl + 5 mmol/L CaCl_2
F	1/2 Hoagland 营养液 + 100 mmol/L NaCl + 10 mmol/L CaCl_2
G	1/2 Hoagland 营养液 + 100 mmol/L NaCl + 15 mmol/L CaCl_2
H	1/2 Hoagland 营养液 + 100 mmol/L NaCl + 20 mmol/L CaCl_2

1.3 离子含量的测定

采用离子色谱法对苜蓿幼苗叶片的 Na^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} 含量进行测定, 各组测定值均为 3 次重复。

1.4 数据的处理与分析

利用 Excel 表格对不同浓度 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解梯度下的苜蓿叶片离子含量的变化进行绘制, 用统计分析软件 SPSS 17.0 进行差异显著性的检验。图中数据为“3 次重复的平均值 ± 标准差”, 并采用单因素方差分析(One-way ANOVA)和最小显著差异法(LSD)比较不同数据组间的差异。

2 结果与分析

2.1 氯化钙缓解盐害对苜蓿幼苗叶片 Na^+ 含量的影响

不同 NaCl 浓度胁迫和 CaCl_2 缓解下, 苜蓿幼苗叶片内 Na^+ 含量变化见图 1。苜蓿叶片内 Na^+ 含量均为处理组高于对照组, 随着 NaCl 浓度的升高, 苜蓿幼苗叶片内 Na^+ 含量呈显著增加趋势。在 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时达到最大值, 在 50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 处理后, 与对照(0 mmol/L 的 NaCl)相比 Na^+ 含量分别增加了 0.73、1.14、0.97、1.34 倍。

对盐胁迫苜蓿幼苗施加一定量的外源氯化钙后, 苜蓿叶

收稿日期: 2015-12-09

基金项目: 黑龙江省应用技术与开发计划重大项目(编号: GA15BI05-5); 黑龙江省自然科学基金项目(编号: QC2014C025)。

作者简介: 李 红(1960—), 女, 山东莱芜人, 研究员, 主要从事牧草与饲料作物育种与栽培研究工作。E-mail: hljlhong@163.com。

通信作者: 李 波, 教授, 硕士生导师, 主要从事细胞生物学的教学和科研工作。E-mail: libo1962@163.com。

片在 5、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理后,与处理 B 相比, Na^+ 含量分别增加了 29%、18%,而 10、15 mmol/L 的 CaCl_2 处理后,与处理 B 相比 Na^+ 含量分别降低了 33% 和 41%。随着钙浓度的增加,苜蓿幼苗叶片内 Na^+ 含量出现先降低后增加的变化趋势,在 CaCl_2 浓度为 15 mmol/L 时达到最小值,10、15 mmol/L CaCl_2 均有效降低了苜蓿叶片 Na^+ 的积累量。

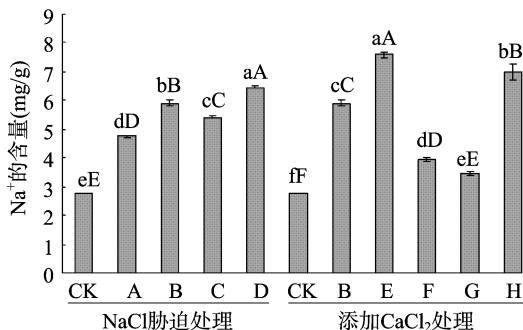


图1 NaCl胁迫和 CaCl_2 缓解下苜蓿叶片 Na^+ 含量的变化

2.2 氯化钙缓解盐害对苜蓿幼苗叶片 K^+ 含量的影响

在 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解下,苜蓿幼苗叶片内 K^+ 含量变化见图 2。苜蓿叶片内 K^+ 含量均为处理组低于对照组,随着 NaCl 浓度的升高,苜蓿幼苗叶片内 K^+ 含量呈显著降低的趋势。在 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时达到最小值,在 50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 处理后, K^+ 含量分别为对照的 93%、82%、83%、71%。

对盐胁迫苜蓿幼苗施加一定量的外源氯化钙后, K^+ 含量在 10 mmol/L 的 CaCl_2 处理后,苜蓿叶片中的 K^+ 含量最高,在 5、10、15、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理后, K^+ 含量分别为处理 B 的 1.06、1.11、0.93、0.81 倍。随着钙浓度的增加,苜蓿幼苗叶片内 K^+ 含量出现先增加后降低的变化趋势。在 CaCl_2 浓度为 10 mmol/L 时有效提高了苜蓿叶片 K^+ 的积累量,但高浓度的钙离子不利于苜蓿叶片 K^+ 的积累。

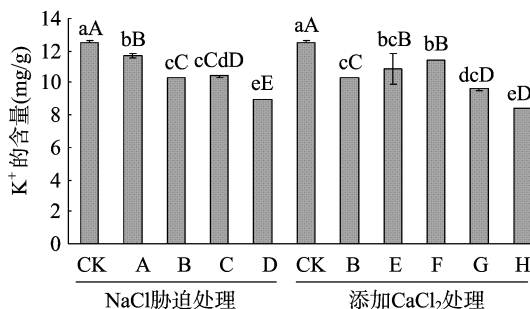


图2 NaCl胁迫和 CaCl_2 缓解下苜蓿叶片 K^+ 含量的变化

2.3 氯化钙缓解盐害对苜蓿幼苗叶片 Ca^{2+} 含量的影响

在 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解下,苜蓿幼苗叶片内 Ca^{2+} 含量变化见图 3。苜蓿幼苗叶片内 Ca^{2+} 含量均为处理组低于对照组,在 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时达到最小值,在 50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 处理后, Ca^{2+} 含量分别是对照的 50%、42%、35%、29%。随着 NaCl 浓度的升高,苜蓿幼苗叶片内 Ca^{2+} 含量呈显著降低的趋势,在高盐浓度下 (200 mmol/L) 尤为明显,下降了 70.86%。

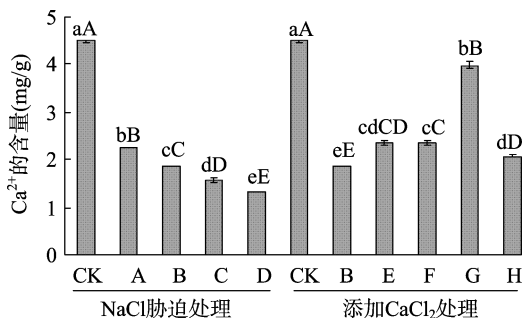


图3 NaCl胁迫和 CaCl_2 缓解下苜蓿叶片 Ca^{2+} 含量的变化

对盐胁迫苜蓿幼苗施加一定量的外源氯化钙后,苜蓿叶片中 Ca^{2+} 含量在 15 mmol/L 的 CaCl_2 处理后 Ca^{2+} 含量最高,在 5、10、15、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理后, Ca^{2+} 含量分别是处理 B 的 1.26、1.26、2.13、1.11 倍。随着钙浓度的增加,苜蓿幼苗叶片内 Ca^{2+} 含量出现先增加后降低的趋势,在适当浓度的 CaCl_2 作用下可以提高苜蓿叶片 Ca^{2+} 的积累量。

2.4 氯化钙缓解盐害对苜蓿幼苗叶片 Na^+/K^+ 比值的影响

在 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解下,苜蓿幼苗叶片内 Na^+/K^+ 比值变化见图 4。在 NaCl 胁迫试验中,苜蓿叶片中 Na^+/K^+ 比值均为处理组高于对照组,NaCl 浓度为 200 mmol/L 时达到最大值,在 50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 处理后, Na^+/K^+ 比值分别为对照的 1.86、2.61、2.38、3.28 倍。苜蓿叶片中 Na^+/K^+ 比值都随着钠离子浓度的增加而增加, Na^+/K^+ 比值均高于对照, Na^+ 与 K^+ 比值的提高来自于组织中 Na^+ 的增加和组织中 K^+ 营养元素水平的降低。

添加 CaCl_2 处理盐害下苜蓿幼苗时,苜蓿幼苗叶片中 Na^+/K^+ 比值均为处理组高于对照组,苜蓿在 CaCl_2 浓度为 20 mmol/L 时达到最大值,在 5、10、15、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理后, Na^+/K^+ 比值分别是处理 B 的 1.23、0.61、0.63、1.46 倍。苜蓿叶片中 Na^+/K^+ 比值在 5、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理组较高,而在 10、15 mmol/L 的 CaCl_2 处理组较低。 Na^+ 与 K^+ 比值的降低来自组织中 Na^+ 的降低和 K^+ 营养元素水平的升高。

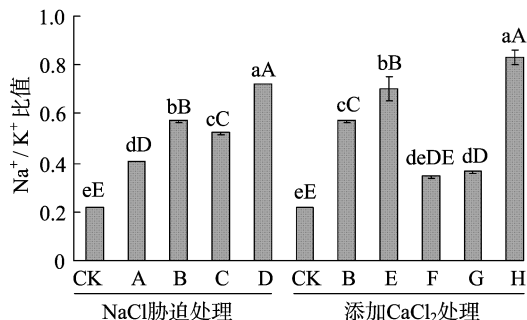


图4 NaCl胁迫和 CaCl_2 缓解下苜蓿叶片 Na^+/K^+ 比值的变化

2.5 氯化钙缓解盐害对苜蓿幼苗叶片 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值的影响

在 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解下,苜蓿幼苗叶片内 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值变化见图 5。苜蓿叶片中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值均为处理组高于对照组,在 NaCl 浓度为 200 mmol/L 时达到最大值,在 50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 处理后, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值分别为对照的 3.45、5.15、5.67、8.04 倍。苜蓿叶片中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值都随着钠离子浓度的增加而增加, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$

比值均高于对照, Na^+ 与 Ca^{2+} 比值的提高来自组织中 Na^+ 的增加和组织中 Ca^{2+} 营养元素水平的降低。

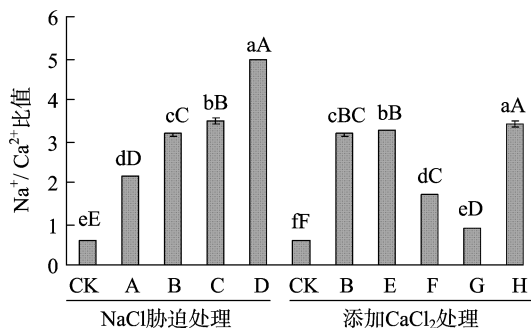


图5 NaCl 胁迫和 CaCl_2 缓解下苜蓿叶片 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值的变化

在 CaCl_2 处理盐害下, 中苜 1 号在 5、10、15、20 mmol/L 的 NaCl 处理后, $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值分别为处理 B 的 1.03、0.53、0.28、1.07 倍。苜蓿叶片中 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值在 5、20 mmol/L 的 CaCl_2 处理组高于处理 B, 而在 10、15 mmol/L 的 CaCl_2 处理组低于处理 B。 Na^+ 与 Ca^{2+} 比值的降低主要来自组织中 Ca^{2+} 水平的增加。

3 讨论

土壤中过多的可溶性盐对大多数植物来说是有害的, 同时也对牧草的生长产生危害, 表现在离子毒害和渗透胁迫, 轻者导致牧草减产, 重者导致牧草的绝产。在盐胁迫下, 细胞质中积累过多的 Na^+ , 使植物细胞的代谢活动受到抑制, 打破 Na^+ 和其他离子之间的平衡^[5-7]。本研究中苜蓿在盐胁迫下的 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 发生了重要的变化, Na^+ 含量随 NaCl 胁迫程度的加大而增加, 200 mmol/L NaCl 胁迫下叶片 Na^+ 含量增加程度最大, K^+ 和 Ca^{2+} 下降程度最大, Na^+ 含量比对照增加了 134.40%, K^+ 含量比对照下降了 28.51%, Ca^{2+} 含量比对照下降了 70.86%。本试验中, 盐胁迫下苜蓿幼苗叶片中的 Na^+ 含量均为处理组高于对照组, 而 K^+ 和 Ca^{2+} 含量均为处理组低于对照组, 苜蓿幼苗在盐胁迫下, 叶片 K^+ 和 Ca^{2+} 含量降低。

植物在生长发育过程中必需的矿质元素如 K^+ 、 Ca^{2+} 等, 高浓度的 Na^+ 可以直接干扰和抑制细胞质膜对 K^+ 和 Ca^{2+} 营养元素的吸收和运转, 造成离子失衡和营养元素缺乏。在 NaCl 胁迫下, 高浓度的盐离子与营养元素的比值发生变化, 会引起植株的 Na^+/K^+ 、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 营养平衡的改变, 植株的 Na^+/K^+ 、 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值提高, 影响细胞正常的生理代谢^[8-9]。试验发现, 在高盐浓度下, 苜蓿叶片中的 Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值均较高。

许多植物能够忍耐土壤中高浓度的盐分, 主要与植物自身在盐渍环境中会将 Na^+ 外排到细胞质外以维持细胞质中较低的 Na^+ 含量有关, 植物还可以通过减少 K^+ 和 Ca^{2+} 的流失, 提高体内 K^+ 和 Ca^{2+} 含量, 多数植物维持叶中较低的 Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 比值比单纯维持较低的 Na^+ 含量更重要。 Na^+ 对 K^+ 的吸收有强烈的竞争作用, 因此, 植物生长过程中 Na^+/K^+ 的比值非常重要。本试验结果表明, 在盐胁迫

下苜蓿叶片中 Na^+/K^+ 的比值均有不同程度的升高, 主要是由于环境中较高 Na^+ 的存在, Na^+ 对 K^+ 的拮抗作用抑制了对 K^+ 的吸收。除了 Na^+ 含量增加外, Na^+ 与 K^+ 和 Ca^{2+} 营养元素之间相互竞争作用减少了苜蓿叶片对营养元素的吸收。

Ca^{2+} 是植物在遇到 NaCl 胁迫时的主要渗透调节物质, 对维持生物膜的完整性和选择性起重要作用。试验发现外源钙可以减少苜蓿叶片 Na^+ 的积累量, 增加了对 K^+ 和 Ca^{2+} 的积累量, 是苜蓿在盐逆境中保持良好生长状态的重要原因, 在不同浓度氯化钙处理下, 对苜蓿叶片 K^+ 、 Na^+ 、 Ca^{2+} 离子含量产生不同的影响, 在 10、15 mmol/L CaCl_2 浓度下的处理要比其他钙浓度处理效果明显, 作用更显著。

4 结论

在不同浓度氯化钠胁迫下, 苜蓿叶片体内 Na^+ 含量增高, K^+ 和 Ca^{2+} 含量降低, 且 Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比值会随着 Na^+ 含量的增高而增加。施加不同浓度 CaCl_2 后, Na^+ 含量降低, K^+ 和 Ca^{2+} 含量增加, 及 Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比值均有所降低, 苜蓿幼苗表现在 CaCl_2 浓度为 10、15 mmol/L 时 Na^+ 含量降低, K^+ 和 Ca^{2+} 含量增加, Na^+/K^+ 和 $\text{Na}^+/\text{Ca}^{2+}$ 的比值降低。

参考文献:

- [1] 宗会, 李明启. 钙信使在植物适应非生物逆境中的作用[J]. 植物生理学通讯, 2001, 37(4): 330-3351.
- [2] Chaum S Y, Singh H P, Samphumhuang T, et al. Calcium - alleviated salt tolerance in indica rice (*Oryza sativa* L. spp. *indica*): physiological and morphological changes [J]. Australian Journal of Crop Science, 2012, 6(1): 176-182.
- [3] 王艳, 杨晓杰. 水杨酸对大豆幼苗盐伤害的缓解效应[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 172-1741.
- [4] Kao W Y, T sai H C, T sai T T. Effect of NaCl and nitrogen availability on growth and photosynthesis of seedling of a man grove species, *Kandelia candel* (L.) Druce[J]. Journal of Plant Physiology, 2001, 158(7): 841-846.
- [5] Bänziger M, Edmeades G O, Lafitte H R. Physiological mechanisms contributing to the increased N stress tolerance of tropical maize selected for drought tolerance [J]. Field Crops Res, 2002, 75: 223-233.
- [6] Barnett N M, Naylor A W. Amino acids and protein metabolism in Bermuda grass during water stress [J]. Plant Physiol, 1966, 41: 1222-1229.
- [7] Sánchez - Rodríguez E. Study of the ionome and uptake fluxes in cherry tomato plants under moderate water stress conditions[J]. Plant Soil, 2010, 335(1): 339-347.
- [8] 黄立华, 梁正伟, 王志春, 等. 苏打盐碱胁迫对长穗冰草幼苗生长和 K^+ 、 Na^+ 含量的影响 [J]. 中国草地学报, 2006, 28(5): 60-651.
- [9] 张海军, 张娜, 杨荣超. NaCl 胁迫对茄子幼苗生长和 K^+ 、 Na^+ 和 Ca^{2+} 分布的影响及耐盐机理[J]. 中国农业大学学报, 2013, 18(4): 77-83.