

文章编号: 1003- 8701(2008)05- 0057- 04

单盐胁迫对盐生植物碱地肤的影响

李长有^{1,2}, 金昌民^{2,3}, 杨 微², 鞠 森², 石德成², 王德利²

(1.吉林师范大学生命科学学院, 吉林 四平 136000; 2.东北师范大学教育部植被生态重点实验室, 长春 130024;
3.朝鲜民主主义人民共和国 沙理院农业大学)

摘 要: 将中性盐 NaCl 和 Na_2SO_4 、碱性盐 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 按不同浓度对碱地肤苗进行单盐胁迫处理。测定其日相对生长率(RGR)等 4 项胁变指标。结果表明:碱地肤对 4 种单盐胁迫的最高耐受浓度不同, 其顺序是: NaCl (1 000 mmol/L)、 Na_2SO_4 (800 mmol/L)、 NaHCO_3 (600 mmol/L)、 Na_2CO_3 (175 mmol/L)。

关键词: 碱地肤; 单盐胁迫; 相对生长率(RGR); 中性盐; 碱性盐

中图分类号: Q945.78

文献标识码: A

Influence of Single Salt Stress on Hslophyte Kochia sieversiana

LI Chang- you^{1,2}, KIM Chang- min^{2,3}, YANG Wei², JU Miao², SHI De- cheng^{2*}, WANG De- li²

(1. College of Life Science, Jilin Normal University, Siping 136000, China; 2. Key Laboratory of Vegetation Ecology, Ministry of Education, Northeast Normal University, Changchun 130024, China; 3. Department of Horticulture, Sariwon Agricultural University, Democratic People 's Republic of Korea)

Abstracts:Neutral salt (NaCl and Na_2SO_4) and alkaline salt (NaHCO_3 and Na_2CO_3) was mixed in various proportion and treated to Kochia sieversiana as single salt stress. RGR and other indexes were determined. Then characteristics of four single salt and difference among them were analyzed by comparative physiology responses of Kochia sieversiana under single salt stress. The result indicated that the highest tolerance degree of Kochia sieversiana to four common salt stress were different, they are NaCl ($1000 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), Na_2SO_4 ($800 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), NaHCO_3 ($600 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), Na_2CO_3 ($175 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$), respectively.

Key words: Kochiasieversiana; Singlesalt stress; RelativeGrowthRate(RGR); Neutral salt; Alkalingsalt

土壤盐碱化已成为世界性的环境问题。全世界大约有 $0.34 \times 10^9 \text{ hm}^2$ 的盐土, 另外还有 $0.56 \times 10^9 \text{ hm}^2$ 的苏打土。基于全球土壤盐碱化日益严重的事实, 近年来关于植物抗盐碱方面的研究日趋深入。

碱地肤(Kochia sieversiana)是一种抗碱的盐生植物, 一年生, 藜科。在中国温带地区、蒙古、西伯

利亚和中亚的草原带、荒漠地带都有分布, 在 pH 值 9.8 ~ 10.14 的自然环境中仍能正常生长发育, 常作为先锋植物侵入碱斑。本文以碱地肤为研究对象, 用 4 种单盐对其进行胁迫处理, 通过测定各项胁变指标, 分析比较其在 4 种单盐胁迫下的生理特点, 探讨 4 种单盐对碱地肤胁迫作用的异同以及碱地肤对其不同的适应机制, 为最终阐明天然盐碱混合胁迫的作用机制提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料培养

本试验所用碱地肤种子采于吉林省西部天然草原。4 月中旬用直径 17 cm 的塑料花盆, 砂培法培养幼苗, 置于温室中, 保持相对湿度 70% ~ 80%, 采用自然光照, 昼夜温度在 25~18 , 每两

收稿日期: 2008- 06- 25

基金项目: 国家自然科学基金项目(30671491, 30571318)资助。

吉林省教育厅科技计划项目(省教科合字[2006]第自 75 号)

作者简介: 李长有 (1965-), 男, 吉林梅河口人, 博士研究生。

E- mail:lichangyou2002@163.com

通讯作者: 石德成, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为植物逆境生理。E- mail:shidc274@nenu.edu.cn

天浇 500 ml Hoagland 营养液, 分 3 次透灌, 其余时间用蒸馏水补充蒸发所散失的水分。5 月初, 移至室外培养, 每盆定苗 25 株。人工遮雨。

1.2 单盐胁迫条件模拟设计

根据东北盐碱化草原的盐分组成, 共设 NaCl、 Na_2SO_4 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 4 个单盐胁迫处理组, 依次标记为: A、B、C、D。根据碱地肤对 4 种单盐的耐受阈值, 每组又分设不同盐浓度梯度, 具体如下:

NaCl: 100、200、300、400、600、800、1000 mmol/L, 分别以 A1- A7 标识, 对应处理盐的 pH 值范围为 6.01 ~ 6.78; Na_2SO_4 : 50、100、150、200、300、400、600、800 mmol/L, 分别以 B1- B8 标识, 对应处理盐的 pH 值范围为 6.08 ~ 6.89; NaHCO_3 : 100、200、300、400、500、600 mmol/L, 分别以 C1- C6 标识, 对应处理盐的 pH 值范围为 8.02 ~ 8.29; Na_2CO_3 : 50、100、150、175 mmol/L, 分别以 D1- D4 标识, 对应 pH 值范围为 11.08 ~ 11.30。

1.3 胁迫处理

苗龄 6 周时选取长势均匀的碱地肤幼苗 81 盆, 随机分成 27 组, 每组 3 盆为 3 次重复, 其中 1 组为对照, 另 1 组在处理开始时即取样测定处理前生物量, 另外 25 组为胁迫处理组。每天处理一次, 于下午 5 ~ 7 时进行。以含有相应盐浓度的完全营养液为处理液, 每盆 500 mL 分 3 次透灌, 对照只灌 Hoagland 营养液。处理第 1 d 各处理组均以 100 mM Na^+ 浓度为起始浓度, 以后则以每天 100 mM 的 Na^+ 浓度递增, 达到设计浓度后维持不变。当最高浓度组达到设计浓度之后继续处理 7 d, 总计处理 15 次。

1.4 生理指标测定

处理结束后, 次日凌晨 3:00 时取样。小心取出每盆中所有植株, 先用自来水冲洗然后再用蒸馏水洗净全株, 并用吸水纸吸去附着的水分, 将根与地上部分从子叶痕处剪开, 分别称取地上、地下部鲜重。取出部分鲜样, 剩余材料置 80 °C 烘箱内杀青 15 min, 再置真空干燥箱内干燥至恒重, 然后称取干重值。测定各项胁迫指标。用鲜样按文献[4]方法测定 MDA 含量。按文献[5]方法计算日相对增长率(RGR)。含水量计算公式为: 含水量(%) = (鲜重 - 干重) / 鲜重 × 100%。用 PHS-3C 型数字 pH 计测定 pH 值。

1.5 数据处理

数据以 3 次重复的平均值及其标准差(S.E)表示。数据处理及方差分析均用 SPSS 完成。

2 结果与分析

2.1 单盐胁迫对碱地肤 MDA 含量的影响

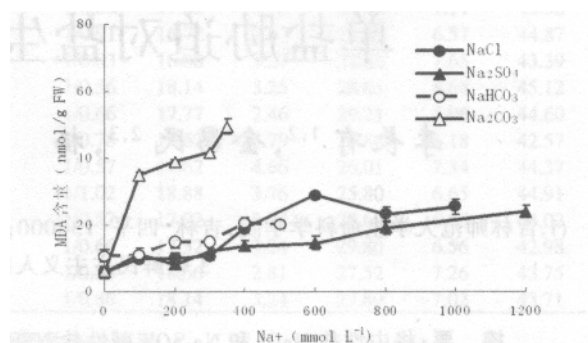


图 1 4 种盐胁迫对碱地肤叶 MDA 含量的影响

丙二醛(MDA)是膜质过氧化的产物。其含量与细胞膜系统的伤害程度密切相关。从图 1 可以看出, 4 种盐胁迫处理下 MDA 含量随 Na^+ 浓度增高均呈升高趋势。 Na_2CO_3 处理下碱地肤叶片 MDA 含量随 Na^+ 浓度增高急剧升高。

2.2 单盐胁迫对碱地肤茎叶含水量的影响

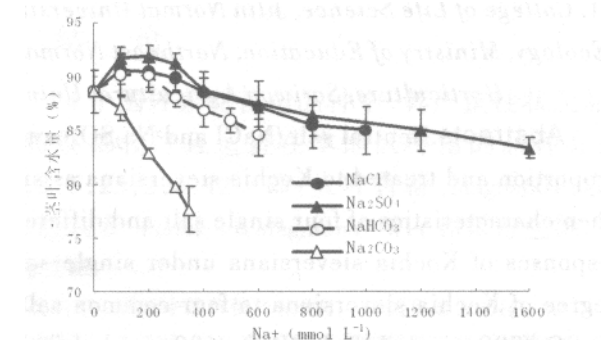


图 2 4 种盐胁迫对碱地肤茎叶含水量的影响

从图 2 不难看出, 4 种盐分对碱地肤地上部分水分含量影响明显不同。NaCl 和 Na_2SO_4 处理下, 碱地肤茎叶含水量均随 Na^+ 浓度的增加而缓慢下降, 降幅相似。低于 400 mmol/L NaCl、200 mmol/L Na_2SO_4 和 300 mmol/L NaHCO_3 处理下碱地肤茎叶含水量高于对照。 Na_2CO_3 处理下茎叶含水量随 Na^+ 浓度的增加急剧下降, 其降幅明显高于其他 3 种盐分处理下。此外碱地肤在 4 种盐分胁迫下均保持较高的含水量。

2.3 单盐胁迫对碱地肤 RGR 的影响

2.3.1 单盐胁迫对茎叶 RGR 的影响

RGR 是营养生长期植物全部生命活动的最终体现, 也是全面反映各种胁迫效应的最理想指标。从图 3 可以看出, 4 种盐分对碱地肤地上部分生长影响明显不同。碱地肤在 1000 mmol/L NaCl 和 800 mmol/L Na_2SO_4 处理下, 碱地肤均能维持

一定的生长。但随 Na^+ 浓度的增加茎叶 RGR 下降, 降幅相似。低于 300 mmol/L NaCl 和 50 mmol/L 不但抑制地上部分生长, 反而刺激其生长。碱地肤对盐耐受度很大在 600 mmol/L NaHCO_3 处理都能正常生长。 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 处理下, 茎叶 RGR 均随 Na^+ 的增加而下降, 其降幅明显大于 Na_2SO_4 和 NaCl 处理, 比较 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 处理, Na_2CO_3 处理下降幅度较大。

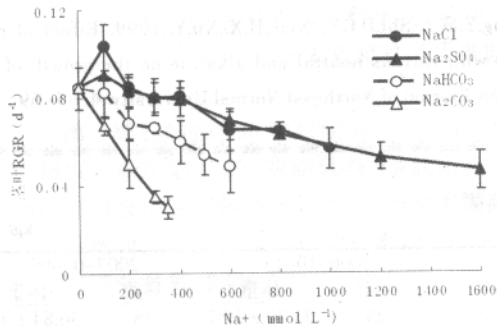


图3 4种盐胁迫对碱地肤茎叶 RGR 的影响

2.3.2 单盐胁迫对根 RGR 的影响

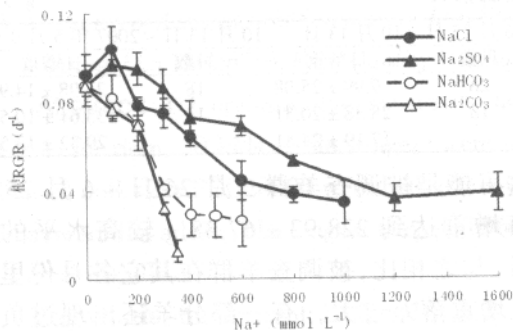


图4 4种盐胁迫对碱地肤根 RGR 的影响

根是各种土壤内化学胁迫直接受害的部位, 从图4可以看出, 4种盐分对碱地肤根部生长影响明显不同。在 1 000 mmol/L NaCl 处理下, 碱地肤根都能维持一定的生长。 NaCl 和 Na_2SO_4 处理下, 碱地肤根 RGR 均随 Na^+ 浓度的增加而下降, Na_2SO_4 处理降幅低于 NaCl 处理。低于 200 mmol/L NaCl 处理根 RGR 不但下降反而有所增加。 Na_2SO_4 对碱地肤苗根生长也有同样的效应, 在 50 和 100 mmol/L 浓度下根 RGR 高于对照。 NaHCO_3 处理下, 茎叶 RGR 随 Na^+ 浓度的增加而下降, 其降幅低于 NaCl 和 Na_2SO_4 处理。 Na_2CO_3 处理下茎叶 RGR 随 Na^+ 浓度的增加急剧下降, 其降幅明显高于其他 3 种盐胁迫。

3 讨论

3.1 碱地肤的抗逆性

在 NaCl 、 Na_2SO_4 、 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 浓度为 1 000、800、600 和 150 mmol/L 处理条件下能正常生长, 4 种盐的浓度分别增加到 1 200、1 000、600 和 200 mmol/L 时全部死亡。碱地肤对 4 种盐分耐受顺序是: NaCl 、 Na_2SO_4 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 。对 Na_2CO_3 耐受相对很小仅 200 mmol/L。但其抗盐性和抗碱性明显强于其他典型的盐生植物星星草、羊草和盐地碱蓬等。

3.2 碱地肤生长的抑制作用受 4 种单盐的影响

从 4 种盐处理下 RGR 与 Na^+ 浓度的分析结果中能够看出, 处理液 Na^+ 浓度每增加 100 mmol/L Na_2SO_4 、 NaCl 、 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 处理下茎叶 RGR 分别下降 0.002 76、0.003 81、0.006 17 和 0.015 8 $\text{mg/g} \cdot \text{d}$, 根 RGR 分别下降 0.004 14、0.006 13、0.011 7 和 0.021 0 $\text{mg/g} \cdot \text{d}$ 。这些结果表明, 4 种盐分对碱地肤茎叶和根生长的抑制作用大小顺序都是 $\text{Na}_2\text{SO}_4 < \text{NaCl} < \text{NaHCO}_3 < \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。而且 4 种盐分对根的抑制作用都强于茎叶, 这可能与根代谢调节耗能有关。本试验中碱性盐对生长和膜破坏程度明显大于中性盐, 而碱性盐中 Na_2CO_3 对碱地肤的胁迫作用明显大于 NaHCO_3 , 但在低盐胁迫下碱性盐虽然具有高 pH, 但对生长抑制并不明显, 只有较高浓度下对生长抑制才明显。

3.3 碱地肤适应盐碱胁迫的机制

大量积累无机离子及小分子有机物是植物适应中性盐胁迫的主要生理机制。由于碱性盐胁迫既包括了与中盐胁迫相同的作用因素又具有高 pH 这一特殊的作用因素, 所以在 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 胁迫下, 植物对高 pH 的适应机制就是其抗碱机制的关键。植物若要在碱化土上生存不但要在根部进行 pH 调解以解决矿质营养供应, 还必须尽可能的把高 pH 抵御在细胞外这样才能确保细胞正常生理功能。

本试验证明在盐分胁迫条件下保持高含水量是碱地肤的重要适应机制。降低自身含水量是植物响应渗透胁迫进行渗透调节的一种既迅速又经济的途径。4 种盐分处理下, 碱地肤茎叶含水量均随浓度的增加而缓慢下降, 但 Na_2CO_3 处理下茎叶含水量随 Na^+ 浓度的增加急剧下降。但低于 400 mmol/L NaCl 、200 mmol/L Na_2SO_4 和 300 mmol/L NaHCO_3 处理下碱地肤茎叶含水量均高于对照。与其他植物相比碱地肤即便在较高胁迫条件下都保持较高含水。这一特殊现象可能正是决定碱地肤具有高度抗盐碱特性的生理特点之一。细胞含水量高必然引起液泡体积增大、细胞表面积增大、原生质层变薄等结

果,而细胞表面积和原生质层厚度正是决定无机离子及小分子有机物进出细胞的速度与能耗的关键指标.因此可以认为,碱地肤保持高含水量可能是其能够以最低的能量消耗完成高浓度渗透调节物质积累的关键特征,还可最大限度的浓缩细胞质中溶质浓度,稀释液泡中有害离子的浓度.

参考文献:

[1] Tanji K K, Nature and extent of agricultural salinity [C]. In: Tanji KK.ed. Agricultural Salinity Assessment and Management. NewYork: American Society of Civil Engineers. 1990, 1- 17 .
[2] Zhao Kefu, Li Fazeng. Chinese Halophytes [M]. Beijing. Sci-

ence press,1999: 146 .

[3] 郑慧莹,李建东,等. 松嫩平原盐生植物及盐碱化草地的恢复 [M] . 北京: 科学出版社, 1999.137- 138 .
[4] 中国科学院上海植物生理所, 上海市植物生理学会. 现代植物生理学实验指南 [M] . 上海: 科学出版社, 1999, : 1- 300 .
[5] KINGSBURY R W,EPSTEIN E,PEARY R W. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat[J] . Plant Physiology, 1984, 74: 417- 423 .
[6] 罗广华, 王爱国, 付爱根. 生物化学与生物物理进展 [J] . 1996,23(4); 356 ~ 359.
[7] Sheng,Y.M , Shi,D.C , Xiao,H.X.,Xu,Y.,1999. Effect of mixed salts with various neutral and alkaline on the growth of sun-flower. Journal of Northeast Normal University 4, 65- 69 .

(上接第 53 页)

表 1 羊群平均体重变化情况 kg/ 只

养羊户	出生		2006- 05- 26		2006- 06- 25		2006- 10- 13		2007- 05- 09	
	只数	体重	只数	体重	只数	体重	只数	体重	只数	体重
杨国才	32	4.54 ± 0.61	31	22.15 ± 3.97	31	29.92 ± 4.66	28	31.30 ± 3.87	18	36.84 ± 4.92
宋长所	20	4.41 ± 0.87	20	22.23 ± 5.44	20	27.92 ± 5.83	18	30.78 ± 4.96	14	38.86 ± 6.50
均值差		0.13		0.08		2.00		0.52		2.02

表 2 羊群不同月份平均日增重情况 g/ 只

养羊户	出生 ~ 5 月 26 日		5 月 26 日 ~ 6 月 25 日		6 月 25 日 ~ 10 月 13 日		10 月 13 日 ~ 2007 年 5 月 9 日	
	只数	日增重	只数	日增重	只数	日增重	只数	日增重
杨国才	31	144.47 ± 29.13	30	259.78 ± 69.25	28	9.99 ± 25.08	18	25.98 ± 14.97
宋长所	20	140.82 ± 34.71	20	187.66 ± 42.92	18	28.38 ± 20.31	14	33.61 ± 10.51
平均		143.04 ± 31.15		228.93 ± 67.38		17.19 ± 24.81		29.32 ± 13.57

3 讨 论

被调查羊群的平均体重与 1978 年吉林省 4 个育种场对东北细毛羊育成羊平均体重统计结果比较:前者为 37.73 kg, 后者为 47.17 kg, 前者比后者降低 20.01%。说明目前在吉林省农村所饲养的东北细毛羊体重、体型有明显变小的趋势,这可能与农村在退化草地上以常年放牧为主的养羊方式有直接关系。

正常情况下,一般绵羊羔羊在哺乳期的平均日增重约为 200 g,而被调查的羊群从出生到 5 月 26 日这段哺乳期间的平均日增重为 143.04 g,比正常情况下低约 28.48%,这可能与羔羊的母亲因常年在退化草地上放牧导致奶量不足有关。

被调查羊群不同月份的平均日增重分别为 5 月 26 日 ~ 6 月 25 日的 228.93 ± 67.38 g; 6 月 25 日 ~ 10 月 13 日的 17.19 ± 24.81 g; 10 月 13 日 ~ 5 月 9 日的 29.32 ± 13.57 g。这样的结果可能与牧草营养变化规律有关。以当地碱茅草在不同月份蛋白质含量为例,5 月份为 21.65%、6 月份为 15.81%、7 月份为 11.82%、9 月份为 7.92%,说明当地 5 ~ 6 月份牧草的营养价值最高,放牧效果最

好,这可能是被调查羊群 5 月 26 日 ~ 6 月 25 日平均日增重达到 228.93 ± 67.38 g 较高水平的主要原因。与之相比,被调查羊群在其它各月份里的平均日增重落差过大,有一部分羊还出现过负增长,这仅靠牧草营养变化规律的影响是解释不通的,虽然 7 ~ 10 月份天气热加蚊虫叮咬也会影响放牧羊的增重,但是,更重要的原因可能还是因为这一阶段完全依赖在退化草地上放牧的羊群所采食的牧草数量与质量都满足不了生长需要所致。从饲养上看,由于 11 月到第二年 4 月份对放牧的羊群补饲了一部分玉米及玉米秸秆,所以,这一阶段平均日增重比完全依赖在退化草地上放牧的 7 ~ 10 月份要好一些。

鉴于在退化草地上靠放牧的羊群在大多数的月份里都会因营养不足而发育受阻,建议在退化草地上靠放牧养羊的农户,要加强 7 ~ 10 月及枯草期的补饲及管理,保证羊群能正常发育。

参考文献:

[1] 山西农业大学, 养羊学 [M] . 北京: 农业出版社, 1981: 97, 213.
[2] 刘金祥, 等. 羊草草原东北细毛羊及其与小尾寒羊杂交 F1 代的比较研究 [J] . 中国草食动物, 2002(6): 3- 6 .