

文章编号 :1003- 8701(2011)06- 0013- 04

盐碱混合胁迫对碱地肤含水量的影响

李长有¹,倪福太¹,王淑范²,曲兵兵³,柏小乐⁴

(1. 吉林师范大学生命科学学院,吉林 四平 136000;2. 四平市园林处,吉林 四平 136000;3. 东北师范大学生命科学学院,长春 130024;4. 四平市第二中学,吉林 四平 136000)

摘要: 本实验以天然抗碱盐植物碱地肤为材料,将 NaCl、Na₂SO₄、NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 按不同的比例混合,模拟出的胁迫处理覆盖了总盐度 80~400 mmol·L⁻¹,pH 6.93~10.68 范围内的各种盐碱混合的生态条件,并对碱地肤幼苗进行胁迫处理。通过测定碱地肤幼苗的含水量,并对数据进行统计学分析,进而探讨盐碱混合胁迫对碱地肤生长的影响特点,同时对盐碱混合胁迫的作用因素加以分析。

关键词: 碱地肤;混合盐碱胁迫;含水量;统计分析

中图分类号:Q945.78

文献标识码:A

Effects of Salt-Alkaline Mixed Stress on Water Content of *Kochia sieversiana*

LI Chang-you¹, NI Fu-tai¹, WANG Shu-fan², QU Bing-bing³, BAI Xiao-le⁴

(1. College of Life Science, Jilin Normal University, Siping 136000; 2. Gardening Department of Siping, Siping 136000; 3. College of Life Science, Northeast Normal University, Changchun 130024; 4. Siping NO. 20 Middle School, Siping 136000, China)

Abstract: The experiment was carried out by taking a natural halophyte *Kochia sieversiana* as the material and using simulative ecological conditions. The seedlings of *K. Sieversiana* were treated with mixture of two neutral salts (NaCl and Na₂SO₄) and two alkali salts (NaHCO₃ and Na₂CO₃) in various proportions. The treatments included a salt concentration range of 80 to 400 mmol·L⁻¹ and pH values from 6.93 to 10.68. The water content and other physiological indices of stressed seedlings were determined and analyzed. Effects of salt-alkaline mixed stress on growth of *K. Sieversiana* were explored and the effect factors of stress analyzed.

Keywords: *Kochia sieversiana*; Salt-alkaline mixed stress; Water content; Statistic analysis

危机世界最重要的资源问题和生态问题是土壤盐渍化,在 100 多个国家和地区都有分布^[1],总面积约 9.5 亿 hm²,为陆地面积的 10%。而且,随着人为和其它因素的破坏,面积还在不断扩大,每年由于土壤的次生盐渍化造成约 1.0×10⁷ hm² 的土地丢弃^[2],对粮食安全和牧业的发展形成严重的危机^[3]。我国的盐渍土面积约为 1.0×10⁸ hm²,

其中现代盐渍土约占 37%,残积盐渍土约占 45%,潜在盐渍土约占 18%。分布于 19 个省区^[4]。土壤的盐渍化所造成的盐碱胁迫已经对农业和牧业产生了严重的影响。

碱地肤(*Kochia sieversiana*)是藜科一年生具有一定药用价值的草本植物^[5]。是一种优良的牧草。在我国温带地区、蒙古、西伯利亚和中亚的草原带和荒漠地带都有分布,在 pH 值 9.8~10.14 的环境中仍能正常生长发育,繁殖力极强,生产力较高,常作为先锋植物侵入碱斑并定居形成单优势的盐生植物群落,并在碱斑上保持相对的稳定性和完整性^[6]。由此可见,碱地肤具有优良的耐盐碱性,是

收稿日期:2011-09-17

基金项目:国家自然科学基金项目(30671491);吉林省教育厅“十二五”科研项目(2011-164)

作者简介:李长有(1965-),男,副教授,博士,主要从事植物逆境生理生态研究。

改良盐碱化草地的理想材料。对其抗盐碱机制的阐明也必将为植物抗盐碱分子生物学研究提供理论依据,亦可为抗盐碱作物的选育提供丰富的基因资源。

1 材料和方法

1.1 混合盐碱条件模拟设计

吉林省西部的碱化地区,既含有 NaCl 和 Na₂SO₄ 等中性盐,又含有 NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 等碱性盐,因此,根据以上盐碱组分及其复杂多变的特点,将 NaCl、Na₂SO₄、NaHCO₃ 和 Na₂CO₃ 按不同的比例混合,按碱性比例逐渐递增的顺序设计了 4 组(A、B、C、D)。根据碱地肤的耐盐阈值,每组设计了 5 个盐度梯度(1~5),分别为 80、160、240、320、400 mmol·L⁻¹。因此从 A₁~D₅ 一共模拟出 20 种盐度和碱度各不相同的盐碱条件(表 1),基本覆盖了天然存在的盐碱土壤条件。

表 1 各处理组的盐分组成及其摩尔比

处理组	NaCl	Na ₂ SO ₄	NaHCO ₃	Na ₂ CO ₃
A	1	1	0	0
B	1	2	1	0
C	1	1	1	1
D	9	1	1	9

1.2 各处理的 pH 值及缓冲量测定

按以上方案配制出各组所需要的处理液及一组对照液(Hoagland 营养液),用 PHS-3C 型数字 pH 计测定 pH 值。取处理液 20 mL,用 1.00 mol·L⁻¹ HCl 滴定,同时用 pH 计监测 pH 值的变化,以对照组的 pH 值为滴定终点,以此来测定各处理液的缓冲量。

缓冲量的定义为:使一升处理液的 pH 值降至与对照 pH 值相等时所需的[H⁺]的毫摩尔数。

1.3 材料的培养

碱地肤种子采于吉林省西部天然草原。用砂培法培养碱地肤幼苗,4 月中旬于温室播种,将直径 20 cm 花盆置于温室中,保持相对湿度 70%~80%,采用自然光照,昼夜温度在 25~18℃,每两天浇一次 500 mL Hoagland 营养液,分 3 次透灌,其余时间用蒸馏水补充所散失的水分。出苗后约 5 月初,移至室外培养,每盆定苗 25 株。

1.4 胁迫处理

苗龄 4 周时取长势均匀的碱地肤苗 66 盆,随机分 22 组。一组为对照组,一组用于测量起始生物量,其余 20 组为混合盐碱胁迫各处理组,分别标记为 A₁……D₅,每组 3 盆为 3 次重复。胁迫处理于下午 17:00~19:00 时进行,每盆用 500 mL 含

有相应浓度混合盐碱的营养液为处理液,分 3 次透灌,使植株完全处于胁迫状态。每天处理一次,处理直到最大浓度 400 mmol·L⁻¹,然后再处理 3 d。以完全营养液补充所失水分。对照组只浇完全营养液。

1.5 含水量的计算

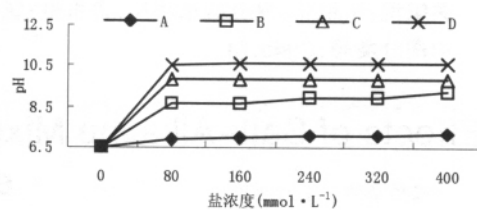
含水量(%)=[(FW-DW)/FW]×100%;地下、地上两部分的含水量可分别计算。

1.6 数据处理及统计学分析

所测得的数据用 SPSS 软件处理并进行相关统计学分析。

2 结果与分析

2.1 处理液的盐度与 pH 值



A: NaCl:Na₂SO₄=1:1

B: NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃=1:2:1

C: NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃:Na₂CO₃=1:1:1:1

D: NaCl:Na₂SO₄:NaHCO₃:Na₂CO₃=9:1:1:9

图 1 盐浓度与 pH 关系

如图 1,在 A 组中,随着盐度的增加,pH 是递增的;B 组变化更是显著,B 组比 A 组多加入了 NaHCO₃,pH 明显呈现出碱性的形式,随着盐度的增加,pH 变化也显著;而在 C 和 D 组,高 pH 值的情况下,随着盐度的增加,pH 值几乎没有过大的变化,C 组最大的 pH 值为 9.89,而最小的为 9.81,变化比较缓慢,出现了缓冲体系,而 pH 值已经不显著变化;在 D 组,D₁ 是 10.54,其它的则是 10.65、10.68、10.66、10.66,可见变化几乎是非常小的,已经达到一个缓冲体系,pH 值没有过大的变化。

2.2 处理液盐度与缓冲量

如图 2,在低盐度情况下,A 组最小的缓冲量是 0.013[H⁺]mmol,而 A 组最大的仅为 0.080[H⁺]mmol,虽然如此,随着盐度的增加,缓冲量还是呈现递增的趋势。从 B 组开始,随着盐度的增加,缓冲量就呈现显著的变化,从 19.836[H⁺]mmol 变化到 94.773[H⁺]mmol;C 组最大缓冲量达到 283.468[H⁺]mmol;在 D 组,最后缓冲量达到了 337.212[H⁺]mmol。同一浓度,从 A 到 D 缓冲量也是呈现递增的趋势。

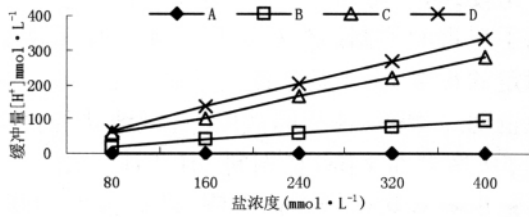


图 2 缓冲量与盐浓度的关系

2.3 混合盐碱对碱地肤幼苗含水量的影响

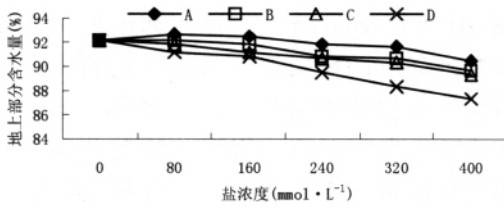


图 3a 盐浓度对地上部分含水量的影响

盐碱胁迫后地上、地下部分的含水量发生明显变化。但是总体变化不是非常明显,与其它作物相比较,如高粱,碱地肤的含水量是很高的,地上部分,D组中的D₅含水量也不少于87%。说明碱地肤这种植物具有很高的含水量。但是随着盐度增加,其含水量还是呈现下降趋势,说明在高盐度情况下,植物为了适应环境,通过降低体内水分来适应外界的高盐的条件,从而更好的适应环境。

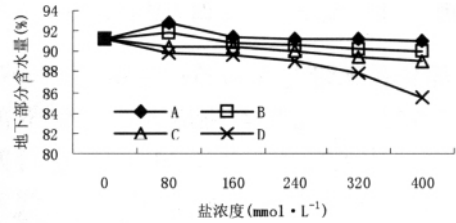


图 3b 盐浓度对地下部分含水量的影响

3 统计学分析

3.1 胁迫因素与胁变值

各处理液的总盐度以及 Na⁺、Cl⁻、SO₄²⁻、HCO₃⁻、CO₃²⁻ 等离子浓度均根据处理液的实际比例算出。各处理液的 pH 值用 pH 计测出,缓冲量由滴定处理液所消耗 HCl 量算出。以上述各值为胁迫因素,即 pH、盐浓度、[Na⁺]、[Cl⁻]、[SO₄²⁻]、[HCO₃⁻]、[CO₃²⁻]和缓冲量。胁迫因素与各胁变指标的相关数据见表 2。

表 2 胁迫因素与胁变指标之间的相关系数

胁迫作用因素	胁变指标	
	茎叶含水量	根含水量
盐度	-0.73001	-0.49452
缓冲量	-0.81171	-0.71399
pH	-0.52893	-0.47189
[Cl ⁻]	-0.61373	-0.54488
[SO ₄ ²⁻]	0.036153	0.234432
[CO ₃ ²⁻]	-0.77923	-0.77161
[HCO ₃ ⁻]	-0.25674	0.020121
[Na ⁺]	-0.73001	-0.49452
2[CO ₃ ²⁻]+[HCO ₃ ⁻]	-0.81545	-0.7261

NS=not significant. r_{0.05}=0.444, r_{0.01}=0.561, n=20。

3.2 胁迫因素与各项胁变指标间的相关性

为明确各胁迫因素与不同胁变指标间的关系,对二者进行相关性分析。结果列于表 2 中,结果表明:各胁迫因素与 2 项胁变指标间的相关程度最大的是缓冲量、[CO₃²⁻],其次是 2[CO₃²⁻]+[HCO₃⁻]和[CO₃²⁻],而最小的是[SO₄²⁻],并且各项胁变指标的最大相关因素都是缓冲量,说明缓冲量对于胁变具有重要的决定性作用。

查相关系数检验表可知,自由度 n=20 时,

r_{0.05}=0.444 (相关显著)、r_{0.01}=0.561 (相关系数极显著)。盐浓度和[Na⁺]为完全正相关(相关系数为 1),而且二者与各胁变指标间的相关系数也完全相同,所以盐度可完全代表 Na⁺。缓冲量取决于 [CO₃²⁻]和[HCO₃⁻],若以 2[CO₃²⁻]+[HCO₃⁻]表示碱性盐总强度,缓冲量和 2[CO₃²⁻]+[HCO₃⁻]的相关系数为 0.999 42,达到极显著相关水平,因此[CO₃²⁻]和[HCO₃⁻]完全可以由缓冲量来代表。根据上述相关系数的分析结果:[SO₄²⁻]的作用可以忽略,盐度可以代表[Na⁺],缓冲量可以代表[CO₃²⁻]和[HCO₃⁻]。因此,可以用缓冲量、盐度、pH 代表上述的胁迫因素,查相关系数表得知,这三者与各胁变指标间的相关性都在显著相关或极显著相关以上。

3.3 胁迫作用因素与各项胁变指标间的线性回归分析

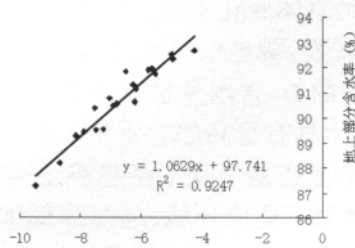
以上述 4 个致胁变因素为自变量 X,并设 x₁=pH、x₂=盐度、x₃=缓冲量、x₄=[Cl⁻],X=b₁x₁+b₂x₂+b₃x₃+b₄x₄;以各胁变指标值为 Y,即 Y 分别等于 RGR 等。按公式 Y=a+bX 对各胁变指标进行多元线性回归。计算出全相关系数的平方 R²以评价各回归方程的拟合度。

3.3.1 含水量的回归分析

3.3.1.1 地上部分含水量与 4 胁迫因素回归分析

地上部分含水量与 4 胁迫因素的回归方程如图 4,R²=0.924 7,说明 4 胁迫因素与地上部分含水量相关性达到极显著水平。用 SPSS 进行四元线性逐级回归,剔除次要因素,得出结论:缓冲量是影响地上部分含水量的主导因素,其次是[Cl⁻]、pH 和盐浓度。

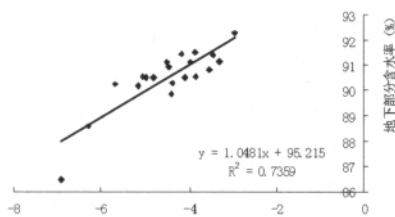
3.3.1.2 地下部分含水量与4胁迫因素回归分析



$$X = -0.507 \times \text{pH} - 0.004 \times \text{盐度} - 0.002 \times \text{缓冲量} - 0.010 \times [\text{Cl}^-]$$

图4 地上部分含水量四元线性回归

地下部分含水量与4胁迫因素的回归方程如图5, $R^2=0.7359$, 说明4胁迫因素与地下部分含水量相关性达到显著水平。用SPSS进行四元线性逐级回归, 剔除次要因素, 得出结论: 缓冲量是影响地下部分含水量的主导因素, 其次是 $[\text{Cl}^-]$ 、盐浓度和pH值。



$$X = -0.358 \times \text{pH} + 0.002 \times \text{盐度} - 0.003 \times \text{缓冲量} - 0.016 \times [\text{Cl}^-]$$

图5 地下部分含水量四元线性回归

4 讨论

碱地肤是生长在盐碱地上的具有抗盐碱特性的一种牧草。盐碱胁迫对于碱地肤幼苗的生长有明显的抑制作用。碱地肤的含水量不但随着盐度的增大而下降, 也随着pH值的增大而下降。对于碱地肤的幼苗的生长影响越来越明显, A组与

D组比较, 明显可以看出, 碱地肤幼苗的生长已经受到了严重的抑制。在C组和D组, pH值达到一定稳定的程度, 由于盐浓度的增加, 对于碱地肤的胁迫也随之增强。在相同盐度下, 碱地肤的含水量随着pH增大而下降; 在相同pH下(同一组内), 其含水量也随着盐度增大而下降, 即高盐度和高pH加合后对碱地肤幼苗的危害作用明显大于高盐度或高pH的单独作用。

在各种胁迫处理下, 碱地肤含水量虽然随着盐度或pH增高而下降, 但是与其他植物相比其含水量在高强度的盐碱混合胁迫下仍然较高。

相关分析的结果表明: 盐度、pH值、缓冲量和 $[\text{Cl}^-]$ 即可以代表所有胁迫因素。将此4因素与各项胁迫指标间进行多元线性回归分析, 证明: 缓冲量是决定性的主导因素。据此, 可用缓冲量作为评价土壤盐碱化程度的理想指标。

综上所述, 盐碱混合胁迫对植物的作用特点不同于单纯的盐或碱胁迫, 二者之间密切相关, 相互作用, 值得进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 林栖凤, 李冠一. 植物耐盐性研究进展 [J]. 生物工程进展, 2000, 20(2): 20-24.
- [2] Decheng Shi, Yanmin Sheng. Effect of various salt-alkaline mixed stress conditions on sunflower seedlings and analysis of their stress factors [J]. Environmental and Experimental Botany, 2005(54): 8-21.
- [3] 刘岩, 彭学贤, 谢友菊, 等. 植物抗渗透胁迫基因工程研究进展 [J]. 生物工程进展, 1997, 17(2): 31-37.
- [4] <http://baike.baidu.com/view/683576.htm>.
- [5] Decheng Shi, Deli Wang. Effects of various salt-alkaline mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag [J]. Plant and Soil, 2005(271): 15-26.
- [6] Jie Song, Gu Feng, Chang-Yan Tian, et al. Osmotic adjustment traits of *Suaeda physophora*, *Haloxylon ammodendron* and *Haloxylon persicum* in field or controlled conditions [J]. Plant Science, 2006(170): 113-119.