

混合盐碱胁迫对帚用高粱萌发及苗期生长的影响

迟春明^{1,2}, 王志春¹, 李 彬^{1,2}

(1. 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 吉林 长春 130012; 2. 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要: 将 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 等摩尔混合, NaHCO_3 、 Na_2CO_3 、 NaCl 等摩尔混合分别得到 250 mmol/L 的混合溶液 T1 和 T2, 对帚用高粱的种子及幼苗进行混合盐碱胁迫处理。结果表明: 混合盐碱胁迫导致帚用高粱种子发芽率降低, 幼苗相对生长率减小, 叶片电解质外渗率提高, 可溶性糖含量增加, 叶绿素含量减少; 碱性盐混合引起的盐碱胁迫(T1)对帚用高粱种子萌发和幼苗生长的抑制作用明显强于中性盐和碱性盐混合引起的盐碱胁迫(T2); 渗透胁迫和离子毒害是引起抑制作用的主要原因。

关键词: 混合盐碱胁迫; 帚用高粱; 萌发; 幼苗; 渗透胁迫; 离子毒害

中图分类号: S156.4; S514.034 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2008)04-0148-04

土壤盐碱化是世界各地普遍存在的问题, 并且有逐年加重的趋势。就我国而言, 东北地区的松嫩平原盐碱化土地面积达 373.3 万 hm^2 ^[1], 而且土壤盐分组成复杂, 既含有 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 等碱性盐, 又含有 NaCl 、 Na_2SO_4 等中性盐。这种由不同盐类混合而引起的混合盐碱胁迫对植物生长的破坏作用可能比单一盐类(如 NaCl)引起的盐害更严重。但目前国内外对植物盐害的研究大都集中在 NaCl 上^[2], 混合盐引起的盐碱胁迫对植物的伤害研究很少。另外, 帚用高粱是少数的具有耐盐碱能力的作物之一, 在中低盐度碱土上仍能正常生长, 在内陆碱土地区多有种植; 而且, 帚用高粱的穗部脱粒后可以制成苕帚, 是很有发展前景的农村产业。目前对食用高粱的 NaCl 盐害研究较多^[3~8], 而对帚用高粱的研究, 尤其是混合盐碱胁迫对其影响却鲜有报道。因此, 本文以帚用高粱为材料进行混合盐碱胁迫的研究, 目的在于确定混合盐碱胁迫影响帚用高粱萌发及苗期生长的作用因子, 观察不同种类的混合盐碱胁迫之间是否存在差异以及明确导致这些差异的主要原因。

1 材料与方法

将 NaHCO_3 和 Na_2CO_3 按 1:1 的摩尔比例混合, 得到总浓度 250 mmol/L 碱性盐混合的盐碱溶液(T1), 将 NaHCO_3 、 Na_2CO_3 和 NaCl 按 1:1:1 的摩尔比例混合, 得到总浓度 250 mmol/L 碱性盐和中性盐混合的盐碱溶液(T2), 对帚用高粱进行混合盐碱性胁迫处理。

1.1 发芽实验

实验所用种子来源于中科院东北地理与农业生态研究所大安碱地生态实验站(白城市大安县境内), 为当地农家品种。在培养皿内铺一张滤纸, 每个培养皿中放 20 粒种子, 加入 5 ml 处理液, 用蒸馏水做对照(CK)。每个处理一次重复包括 6 个培养皿, 即 120 粒种子, 每个处理重复 3 次。培养皿置于人工气候箱内, 昼夜温度分别为 22°C 和 16°C, 光周期为 12 h, 相对湿度为 70%。处理液每天加一次。种子“破胸”即视为发芽。每天记录一次发芽情况, 共记录 8 天。然后, 将受混合盐碱胁迫的种子转移到蒸馏水中, 观察没有发芽的种子是否能恢复发芽。8 天后, 记录恢复情况。

1.2 苗期实验

将发芽实验中对照处理得到的幼苗用做苗期实验材料。发芽一周后, 苗高大约在 5 cm 左右, 选择生长一致的幼苗移栽到塑料花盆中。每个花盆中盛满洗净的细沙, 粒径 0.2~1 mm。每盆栽植 4 株, 共 30 盆。其中 3 盆用于测定处理开始时的生长指标; 另外 27 盆分成 3 组, 分别对应蒸馏水(CK)、碱性盐混合液(T1)、碱性盐和中性盐混合液(T2)三种处理。每 7 天每盆浇一次 Hoagland 营养液(250 ml), 其余时间用蒸馏水补充失水。移栽两周后, 开始胁迫处理。每盆加入 100 ml 处理液。每天用营养液补充失水, 处理持续 15 天。

1.3 测定指标

小心将幼苗取出, 用水洗净根部, 再用蒸馏水洗净全株, 用滤纸吸干植株表面的水分。将地上部分

收稿日期: 2007-07-24

基金项目: 中科院知识创新工程项目(KZCX1-SW-19-5-01); 东北地理所领域前沿项目(KZCX3-SW-NA-06)

作者简介: 迟春明(1978-), 男, 吉林辽源人, 硕士研究生, 研究方向为盐渍土生态。E-mail: chichunming@126.com。

和地下部分剪开,用直尺测量株高、根长;称量鲜重,自然风干后称量干重;日相对生长率(RGR)应用公式计算^[9]:

$$\text{日相对生长率} = \frac{\text{胁迫处理结束时的生物量} - \text{胁迫处理开始时的生物量}}{\text{胁迫处理持续的天数}}$$

叶片电解质外渗率用电导法测定^[10];叶绿素含量用分光光度法测定^[11];可溶性糖含量用蒽酮法测定^[11]。

1.4 统计分析

发芽率数据进行反正弦转化。数据的方差分析和多重比较(LSD)通过 Excel 完成。

2 结果与分析

2.1 发芽实验

胁迫处理显著降低了帚用高粱种子的萌发率,而且碱性盐混合的盐碱胁迫(T1)对种子发芽的抑制作用明显强于碱性盐和中性盐混合的盐碱胁迫(T2)的抑制作用(图 1)。同时,虽然种子在胁迫条件下能够发芽,但是“破胸”后“幼芽”停止生长。而且,胁迫条件下种皮颜色与对照相比明显加深,变成深红褐色。种子处理 8 天后转移到蒸馏水中,发芽率都有显著恢复,但仍低于对照水平(图 2)。而且,T1 的种子发芽率仍明显低于 T2。另外,胁迫条件下“幼芽”停止生长的种子,解除胁迫后没有恢复生长。

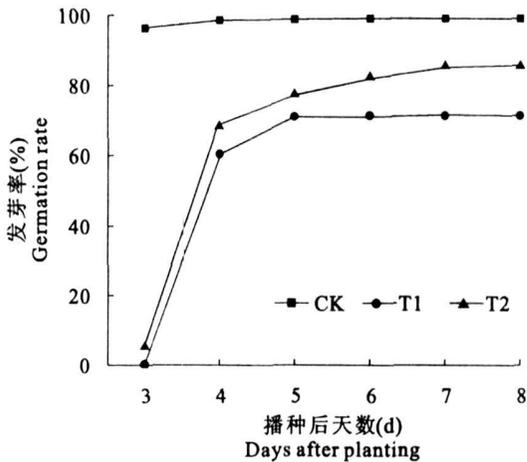


图 1 混合盐碱胁迫对帚用高粱种子发芽率的影响
Fig.1 Effect of complex alkali-saline stress on germination of broom sorghum seeds

2.2 苗期实验

2.2.1 生长指标和相对生长率 胁迫处理显著降低了帚用高粱幼苗地上部分和地下部分的生长(表 1)。两种胁迫对地上部分的抑制作用差异达到了显

著水平,即 T1 的抑制作用明显强于 T2;但在根重(干重和鲜重)上没有显著差异(表 1)。

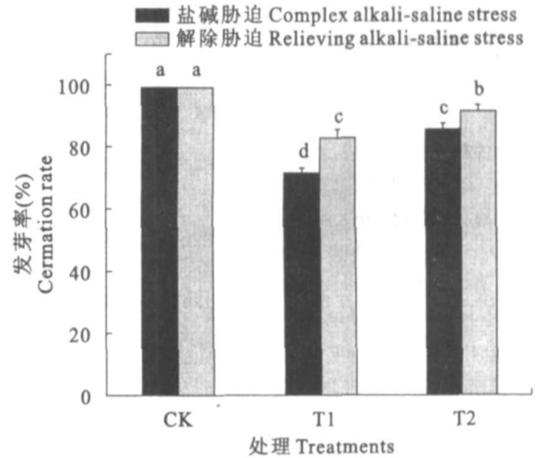


图 2 混合盐碱胁迫对帚用高粱种子发芽率的影响
Fig.2 Effect of complex alkali-saline stress on germination of broom sorghum seeds

表 1 混合盐碱胁迫对帚用高粱苗期生长的影响(P<0.05)
Table 1 Effects of complex alkali-saline stress on seedling growth of broom sorghum

| 项目 Items | 处理 Treatments | | |
|---|---------------|--------|--------|
| | CK | T1 | T2 |
| 株高(cm) Height of sheet | 44.5a | 34.5c | 39.4b |
| 根长(cm) Length of root | 16.0a | 10.5c | 11.9b |
| 地上部分干重(mg/株) Dry weight of sheet(mg/plant) | 124.52a | 69.34c | 94.84b |
| 根干重(mg/株) Dry weight of root(mg/plant) | 13.4a | 7.95b | 9.1b |

对相对生长率的分析表明,混合盐碱胁迫明显降低了幼苗的日相对生长率;并且,无论是地上部分还是地下部分,干重还是鲜重,T1 对相对生长率的抑制作用都显著强于 T2(表 2)。说明相对生长率更能有效地反映植株所受混合盐碱胁迫的程度,可以作为反映混合盐碱胁迫对帚用高粱幼苗伤害程度的指示性指标。

2.2.2 生理指标 实验测定的生理指标包括叶片叶绿素含量、电解质外渗率和可溶性糖含量。混合盐碱胁迫明显降低了幼苗叶片叶绿素含量(表 3),提高了叶片电解质外渗率(表 3)和可溶性糖含量(表 3)。并且,T1 对这些生理指标的影响程度均显著高于 T2(表 3)。

表 2 混合盐碱胁迫对帚用高粱苗期日相对生长率的影响 ($P < 0.05$)

Table 2 Effects of complex alkali-saline stress on relative growth rate (RGR) of seedling of broom sorghum

| 项目 Items | 处理 Treatments | | |
|---|---------------------|---------------------|---------------------|
| | CK | T1 | T2 |
| 株高的日相对生长率 RGR of sheet height per day | 0.0443 _a | 0.0273 _c | 0.0362 _b |
| 根长的日相对生长率 RGR of root length per day | 0.0941 _a | 0.0660 _c | 0.0744 _b |
| 地上部分干重的日相对生长率 RGR of dry weight of sheet per day | 0.1447 _a | 0.1057 _c | 0.1266 _b |
| 根干重的日相对生长率 RGR of weight of root per day | 0.0773 _a | 0.0425 _c | 0.0515 _b |

表 3 混合盐碱胁迫对帚用高粱幼苗叶片某些生理指标的影响 ($P < 0.05$)

Table 3 Effects of complex alkali-saline stress on some physiological index of leaf of broom sorghum seedling

| 项目 Items | 处理 Treatments | | |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|
| | CK | T1 | T2 |
| 叶片电解质外渗率 (%) Leaf electrolyteleakage rate | 9.8 _a | 15.1 _c | 12.3 _b |
| 叶片叶绿素含量 (mg/g Fw) Leaf chlorophyll content | 3.09 _a | 2.6 _c | 2.71 _b |
| 可溶性糖含量 (mg/g Fw) Leaf soluble sugars content | 1.69 _a | 2.39 _c | 2.03 _b |

3 讨论

胁迫解除后发芽率得到显著恢复,这说明渗透胁迫抑制了种子的萌发^[12]。T1 处理的种子转移到蒸馏水中后,发芽率恢复了 11.3 个百分点(从 71.5%到 82.8%),T2 处理的种子解除胁迫后,发芽率恢复了 4.9 个百分点(从 86.5%到 91.4%),发芽率的恢复程度显著不同。这说明碱性盐混合液(T1)的渗透胁迫作用明显强于碱性盐和中性盐混合液(T2)。同时,尽管发芽率得到显著恢复,但最终水平仍明显低于对照,而且种子“破胸”后“幼芽”停止生长。这说明还有其它因素抑制种子萌发并且改变了种子萌发的理化过程。这种因素极有可能是离子毒害。因为,离子毒害能够造成膜损伤,导致与膜相关的生理生化过程受阻^[13,14]。而且,T1 处理 Na^+ 浓度比 T2 处理 Na^+ 浓度高,其离子毒害程度也相对较高,它对发芽的抑制作用相对较强,这与实验结果十分吻合。因此,渗透胁迫和离子毒害是混合盐碱胁迫抑制萌发的主要因素。

造成幼苗生长受阻的原因可能是离子毒害和渗透胁迫,这可由处理间生长指标和生理指标的差异

来说明。混合盐碱胁迫使帚用高粱幼苗叶片的电解质外渗率显著增大,说明叶片细胞膜的透性增大,质膜的结构受到损伤。其原因可能是, Na^+ 置换质膜上的 Ca^{2+} 使质膜的结构组成发生了改变^[16,17]。质膜的结构被破坏,导致膜的正常生理功能受到损伤,如叶绿素合成减少,所以光合作用明显受抑制。因此,胁迫处理下幼苗的生长指标明显低于对照。而且,T1 的 Na^+ 离子浓度高于 T2,故 T1 对幼苗生长的抑制作用及对生理指标的损伤作用强于 T2(表 2、表 3)。因此,离子毒害是导致碱性盐混合的盐碱胁迫(T1)对帚用高粱幼苗生长抑制作用和生理损害作用明显强于碱性盐和中性盐混合的盐碱胁迫(T2)的原因之一。

可溶性糖是植物体内一种很好的渗透调节剂。胁迫处理下幼苗叶片的可溶性糖含量显著高于对照,这说明幼苗受到了明显的渗透胁迫。并且,T1 处理下叶片可溶性糖含量显著高于 T2,这说明 T1 对幼苗的渗透胁迫显著高于 T2。因此,渗透胁迫也是导致碱性盐混合的盐碱胁迫(T1)对帚用高粱幼苗生长抑制作用和生理损害作用明显强于碱性盐和中性盐混合的盐碱胁迫(T2)的原因之一。

本实验只对较高浓度(250 mmol/L)混合盐碱胁迫对帚用高粱种子萌发和幼苗生长的抑制作用进行了观察,但中低浓度混合盐碱胁迫对帚用高粱种子萌发和幼苗生长的影响、帚用高粱生长发育中后期对混合盐碱胁迫的反应等情况仍需进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 刘兴士,何岩,邓伟,等. 东北区域农业综合发展研究[M]. 北京:科学出版社,2002. 352-353.
- [2] Paul M H, Ray A B. Plant cellular and molecular response to high salinity [J]. Annu Rew Plant Physiol Plant Mol. Biol. 2000, 51, 463-499.
- [3] Yang Y W, Newton R J, Miller F R. Salinity tolerance in sorghum bicolor (L.), Whole responses to sodium chloride in *S. bicolor* and *S. halepense* [J]. Crop Science, 1990, 30, 775-781.
- [4] Hans. Werner Koyro. Ultrastructural and Physiological changes in root cell of sorghum plant (*Sorghum bicolor* × *S. sudanensis* cv. Sweet sioux) induced by NaCl [J]. Exp. Bot., 1997, 48(308): 693-706.
- [5] 乙引,汤章城. 渗透胁迫对高粱根 K^+ 吸收的影响 [J]. 植物生理学报, 1996, 22(2): 191-196.
- [6] 张云华,孙守均,王云,等. 高粱萌发期和幼苗期耐盐性研究 [J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2004, 19(3): 300-302.
- [7] Weimberg, Lenner H R, Poljkaolf-Mayber. A relationship between potassium accumulation and proline accumulation in salt stressed sorghum bicolor [J]. Plant Physiol., 1984, 77, 417-423.

- [8] 张云华, 孙守均, 王 云, 等. 高粱萌发期和幼苗期耐盐性研究[J]. 内蒙古大学学报(自然科学版), 2004, 19(3): 300—302.
- [9] Chen S L, Li J K, Fritz E, et al. Sodium and chloride distribution in roots and transport in three poplar genotypes under increasing NaCl stress[J]. Forest Ecology and Management, 2002, 168: 217—230.
- [10] Shi D C, Sheng Y M. 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.
- [11] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 134—137, 194—197.
- [12] Croser C, Renault S, Franklin J, et al. The effect of salinity on the emergence and seedling growth of *Picea mariana*, *Picea glauca* and *Pinus banksiana* [J]. Environmental Pollution, 2001, 115: 9—16.
- [13] Ayers AD, Brown JW, Widleigh C H. Salt tolerance of barley and wheat in soil plots receiving several salinization regimes[J]. Agronomy Journal, 1952, 44: 307—310.
- [14] Begum F, Larmoker J L, Fattach Q A, et al. The effects of salinity on germination and its correlation with K^+ , Na^+ , Cl^- accumulation in germinating seeds of *Triticum arstivum* L. cv. Akbar[J]. Plant Cell Physiology, 1992, 33: 1009—1014.

Effects of complex alkali-saline stress on germination and seedling growth of broom sorghum (*sorghum bicolor* (L.) Moench)

CHI Chun-ming^{1,2}, WANG Zhi-chun¹, LI Bin^{1,2}

(1. Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012;

2. Graduate School, CAS, Beijing 100049, China)

Abstract: Mixture of $NaHCO_3$ and Na_2CO_3 in the ratio of 1:1 (molar) was used as the first treatment (T¹), and $NaHCO_3$, Na_2CO_3 and $NaCl$ were mixed in the ratio of 1:1:1 (molar) as the second treatment (T²) to obtain complex alkali-saline stress. The total concentrations of both abovementioned two treatment solutions are 250 mmol/L. The Results show that complex alkali-saline stress not only significantly inhibited the germination of broom sorghum seeds, seedling growth and relative growth rate (RGR) of broom sorghum seedlings but also enhanced the rate of electrolyte leakage and soluble sugars content, and reduced the chlorophyll content of leaves. And effects of complex alkali-saline stress caused by mixing $NaHCO_3$ and Na_2CO_3 on germination of broom seeds and seedling growth of broom sorghum were significant greater than those of complex alkali-saline stress caused by mixing $NaHCO_3$, Na_2CO_3 and $NaCl$.

Key words: complex alkali-salt mixed stress; broom sorghum; germination; seedlings; osmotic stress; ion toxicity