河南农业科学,2011,40(1):45-47
Journal of Henan Agricultural Sciences

盐碱胁迫对小冰麦相对生长率及茎叶离子积累的影响

杨国会[1],石德成[2]
(1.吉林农业科技学院,吉林 吉林 132101;2.东北师范大学,吉林 长春 130024)

摘要:将2种中性盐(NaCl和Na_2SO_4)和2种碱性盐($NaHCO_3$和Na_2CO_3)按摩尔质量比1∶1混合,模拟出相同强度的盐碱胁迫条件,并以此对小冰麦33幼苗进行胁迫处理,测定相对生长率及茎叶无机离子含量。结果表明,随着胁迫强度的增加,盐碱胁迫均使小冰麦幼苗RGR显著下降,但碱胁迫处理的下降幅度(0.12 g/d)明显大于盐胁迫(0.06 g/d)处理;碱胁迫引起Na^+含量急剧增加,NO_3^-、SO_4^{2-}、$H_2PO_4^-$含量明显降低,引起负电荷亏缺和离子不平衡。

关键词:小冰麦;盐胁迫;碱胁迫;离子;积累
中图分类号:S512.1　　**文献标识码**:A　　**文章编号**:1004-3268(2011)01-0045-03

Effects of Salt and Alkali Stresses on Relative Growth Rate and Accumulation of Ion in Stems and Leaves of Wheat-wheatgrass

YANG Guo-hui[1], SHI De-cheng[2]
(1. Jilin Agricultural Science and Technology College, Jilin 132101, China;
2. Northeast Normal University, Changchun 130024, China)

Abstract: Seedlings of wheat-wheatgrass 33, an alkali-and salt-resistant wheat cultivar, were treated with a range of salt stress (molar ratio of NaCl : Na_2SO_4 = 1 : 1) or alkali stress (molar ratio of $NaHCO_3$: Na_2CO_3 = 1 : 1). The relative growth rate and contents of inorganic ions were measured. Experimental results showed that the two stresses made RGR of seedlings decreased significantly, but obviously it was decreased more under alkaline stress than under salt stress. Under alkali stress, content of Na^+ was greatly increased, while contents of NO_3^-, SO_4^{2-} and $H_2PO_4^-$ were significantly decreased, which caused a severe deficit of negative charges and imbalance of ions.

Key words: Wheat-wheatgrass(*Triticum aestivum-Agropyron intermedium*); Salt stress; Alkali stress; Ion; Accumulation

小麦是抗盐性较强的作物之一,关于小麦耐盐性及耐盐机制已有很多报道[1-14],但关于小麦抗碱生理机制却未见报道。小冰麦33是将天蓝冰草(*Agropyron intermedium*)部分染色体转移给普通小麦建立小冰麦异附加系,进而选育而成,是抗盐碱性较强的强筋小麦品种之一。目前,小冰麦33在吉林省盐碱化比较严重的地区已有较大面积推广,研究其抗盐碱机制对盐碱化土地资源的开发和利用具有重要意义。本试验以小冰麦33为材料,分别将2种中性盐(NaCl、Na_2SO_4)和2种碱性盐($NaHCO_3$、Na_2CO_3)均按摩尔质量比1∶1混合,模拟出相同强度(30~60 mmol/L)盐胁迫和碱胁迫条件,并以此对小冰麦幼苗进行胁迫处理,通过测定小冰麦幼苗相对生长率及无机离子的含量,探讨无机离子在小冰麦抗盐碱中的生理作用,以期为耐盐、耐碱小麦品种的筛选提供理论依据。

1 材料和方法

1.1 供试材料及其培养

小冰麦33(*Triticum aestivum -Agropyron intermedium*)种子由东北师范大学遗传与细胞研究所赠送。将挑选后的供试种子播种于直径17 cm、

收稿日期:2010-06-28
基金项目:国家自然科学基金项目(30671491)
作者简介:杨国会(1966-),女,吉林榆树人,硕士,主要从事植物生理生化研究。E-mail:ygh5449@126.com

盛洗净细砂的塑料花盆内。出苗后每天用 Hoagland 营养液透灌 1 次，每盆定苗 15 株。整个试验于室外进行，下雨时用聚乙烯大棚膜在高处人工遮雨，以防止雨水浇灌到植物或培养基质上而改变根系周围营养条件。

1.2 盐碱胁迫处理

将 2 种中性盐（NaCl：Na_2SO_4）及 2 种碱性盐（Na_2CO_3：$NaHCO_3$ 均按摩尔质量比 1∶1 混合，分别作为盐胁迫组和碱胁迫组。盐胁迫组设 S1 和 S22 个处理，分别为 30、60 mmol/L 中性盐胁迫处理（pH 6.2～6.45）；碱胁迫组内设 A1 和 A2 2 个处理，分别用 30、60 mmol/L 碱性盐胁迫处理（pH 9.88～10.06）。当苗龄 2 周时，选取长势均匀的小冰麦苗 18 盆随机分成 6 组。其中 1 组为对照，只灌 Hoagland 营养液，1 组用于测定处理前的干鲜质量，其余 4 组分别为 S1、S2、A1、A2 处理，每处理 3 盆。每天处理 1 次，于 17:00－18:00 进行。胁迫处理参考文献[1-4]，采用国内外通用的砂培盐胁迫处理方法进行，以含有相应混合盐的营养液为处理液，每盆 500 mL，分 3 次彻底透灌花盆，以保证新的处理液基本替代旧的处理液。连续处理 15 d。

1.3 样品采集及生理指标的测定

最后 1 次盐碱胁迫处理后的次日凌晨取样。小心取出每盆中所有植株，将根与地上部分剪开，分别称取地上、地下部分鲜质量。用蒸馏水洗净全株，并用吸水纸吸去附着的水分，置 105℃烘箱内杀青 15 min，再置真空干燥箱内 40℃下真空干燥至恒定质量，称其干质量。根据干、鲜质量数据，计算日相对生长率（RGR）[15]：$RGR=(\ln m_2-\ln m_1)/t$。式中，m_2 为收获时整株干质量，m_1 为处理前整株干质量，t 为处理时间。将每盆小麦茎叶和根的干样全部用研钵研成粉末，混匀后取样测定各种溶质含量。

离子含量的测定参考 Chen 等[1]的方法进行。称取干样 0.1000 g，加去离子水 20 mL，于 100 ℃下提取 30 min，提取液用于各种游离无机离子含量的测定。用离子色谱法测定硝酸根、氯离子、硫酸根、磷酸二氢根含量（美国戴安公司生产 DX－300 离子色谱系统，CDM－Ⅱ电导检测器；测定色谱柱为 AS4A－SC 色谱柱，流动相为 Na_2CO_3/ $NaHCO_3$ = 1.7/1.8 mmol/L。用原子吸收分光光度计（TAS－990，北京）测定 Na^+、K^+ 含量。

1.4 数据分析

数据处理及方差分析采用 SPSS 软件完成。数据均以 3 次重复的平均值及其标准误差（*SE*）表示，检验水平为 5%。

2 结果与分析

2.1 盐、碱胁迫对小冰麦幼苗生长的影响

从图 1 可以看出，随着胁迫强度的增强，盐胁迫、碱胁迫均使小冰麦幼苗 RGR 显著下降，但碱胁迫处理的下降幅度明显大于盐胁迫处理。

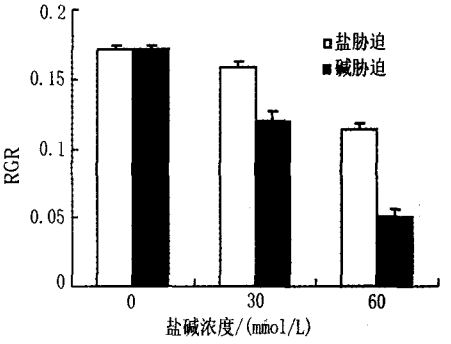


图 1 盐、碱胁迫对小冰麦幼苗 RGR 的影响

2.2 盐、碱胁迫对小冰麦幼苗茎叶中离子积累的影响

图 2 显示，随着胁迫强度的增强，盐、碱胁迫均使小冰麦茎叶中 Na^+ 显著上升（$P<0.05$），K^+ 显著下降（$P<0.05$），但碱胁迫处理 Na^+ 上升幅度和 K^+ 下降幅度均大于盐胁迫处理。随着胁迫强度的增强，茎叶中 Cl^- 在碱胁迫下的变化很小，而在盐胁迫下则显著增加（$P<0.05$）；茎叶 SO_4^{2-} 和 $H_2PO_4^-$ 含量均在盐胁迫下上升而在碱胁迫下下降；而 NO_3^- 含量在 2 种胁迫下均下降，但碱胁迫下的下降幅度显著大于盐胁迫（$P<0.05$）。

3 结论与讨论

1）本研究中，随着胁迫强度的增强，碱胁迫下 RGR 下降幅度大于盐胁迫，这表明碱胁迫对小冰麦生长的抑制作用大于盐胁迫。盐、碱 2 种胁迫的危害程度之所以不同，其根本原因就在于二者对植物的作用机制不同。通常认为，盐胁迫主要涉及渗透胁迫和离子毒害两方面[11-12]，而碱胁迫除了涉及到与盐胁迫相同的致害因素之外，还涉及到高 pH 胁迫。根外高 pH 环境不仅直接作用于根部，危及根系生长、根尖细胞分裂、细胞伸长与分化及细胞结构或膜的稳定性，破坏跨膜电位，干扰根细胞功能及代谢活动，而且还通过造成磷及钙、镁等重要矿质元素的大量沉淀而间接地对植物构成营养胁迫。不仅如此，高 pH 还会导致质子亏缺，破坏或阻碍根细胞跨膜电位的建立，抑制大多数离子的吸收。碱胁迫下小冰麦无机阴离子含量下降可能就与根外质子亏缺有关。可见，植物适应碱胁迫的关键可能就在于其如何应对环境高 pH。

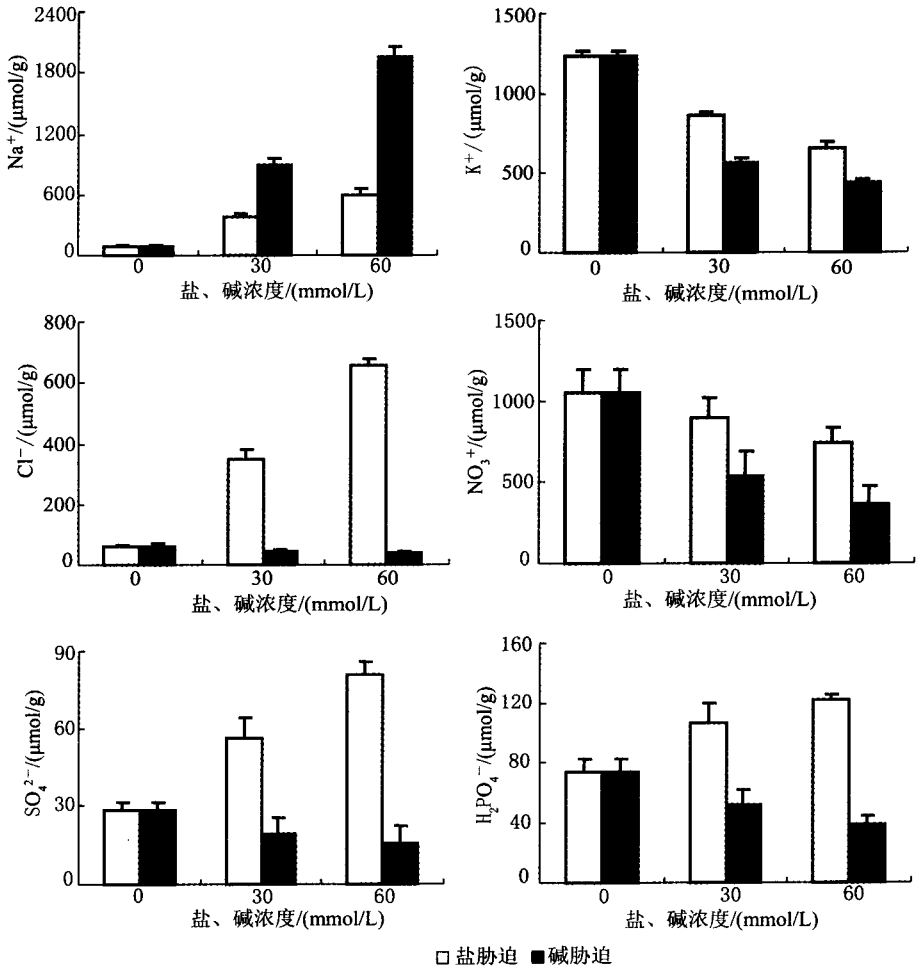


图 2　盐、碱胁迫对小冰麦幼苗茎叶中不同离子含量的影响

2）在盐碱胁迫下植物通常积累大量的 Na^+[11-12]，而且植物会将大量 Na^+ 隔到液泡中，使细胞免受毒害，为了防止细胞质脱水，往往在细胞质中积累甜菜碱、脯氨酸、糖、多元醇等低分子量细胞相容性物质[12]以进行渗透调节。Na^+、K^+ 代谢对植物适应盐渍环境具有重要意义，在盐碱胁迫下植物通常是吸收 Na^+ 的同时抑制 K^+ 的吸收[9-12]，高 K^+/Na^+ 选择性是衡量植物耐盐性的重要指标[12]。许多盐生植物 Na^+/K^+ 随胁迫强度的增大而增高[12,16-17]。本研究中，小冰麦茎叶中 Na^+ 含量上升而 K^+ 含量下降，Na^+/K^+ 也随之升高。但 2 种胁迫相比，碱胁迫下 Na^+ 含量及 Na^+/K^+ 上升幅度和 K^+ 含量下降幅度均大于盐胁迫。小冰麦的 Na^+、K^+ 含量变化特点表明，碱胁迫造成的高 pH 可能干扰了根系选择性吸收 K^+、Na^+ 的能力，导致植物体内 Na^+、K^+ 不平衡，而碱胁迫对小冰麦离子积累的干扰明显大于盐胁迫。由此认为，碱胁迫对 Na^+、K^+ 含量的影响可能不是对渗透胁迫和离子毒害的响应，而是对高 pH 胁迫的特殊响应，值得深入研究。

参考文献：

[1] Chen W, Cui P, Sun H, *et al*. Comparative effects of salt and alkali stresses on organic acid accumulation and ionic balance of seabuckthorn (*Hippophae rhamnoides* L.) [J]. Industrial Crops and Products, 2009, 30: 351-358.

[2] Yang C, Jianaer A, Li C, *et al*. Comparison of the effects of salt-stress and alkali-stress on the photosynthetic production and energy storage of an alkali-resistant halophyte [J]. Chloris virgata Photosynthetica, 2008, 46: 273-278.

[3] Yang C, Shi D, Wang D. Comparative effects of salt stress and alkali stress on growth, osmotic adjustment and ionic balance of an alkali resistant halophyte *Suaeda glauca* (Bge.) V [J]. Plant Growth Regul, 2008, 56: 179-190.

[4] Yang C, Wang P, Li C, *et al*. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat [J]. Photosynthetica, 2008, 46: 107-114.

（下转第 57 页）

剧烈，超出生物自身调节的承受范围，利也可能转化为害[8]。调整农业适应对策，尽量减轻气候变化带来的不利影响和后果，开发农业气候资源潜力，是实现农业可持续发展的关键措施之一。

参考文献：

[1] 郑伟，张艳红. 气候因素对玉米产量和品质的影响研究[J]. 现代农业科技，2007，(11)：103-104.

[2] 曹玲，邓振镛，窦永祥，等. 气候变暖对河西走廊绿洲灌区玉米产量影响及对策研究[J]. 西北植物学报，2008，28 (5)：1043-1048.

[3] 郑洪建，董树亭，王空军，等. 生态因素对玉米品种产量影响及调控的研究[J]. 作物学报，2001，27(6)：862-868.

[4] 赵霞，王宏伟，谢耀丽，等. 豫南雨养区玉米产量与气象因子的关系[J]. 河南农业科学，2010(3)：18-22.

[5] 李焕玉，许孟会，李亚男，等. 气候变化对濮阳夏玉米生产的影响及对策[J]. 现代农业科技，2009(4)：206.

[6] 吕军杰，王聪慧，丁志强，等. 豫西夏玉米不同灌水方式的研究[J]. 河南农业科学，2006(11)：31-32.

[7] 王侠，李霞. 气象因素对运城夏玉米生产的影响[J]. 现代农业科技，2009(11)：201，203.

[8] 杜开阳，施生锦，郑大伟. 气候变化适性措施的综合效应[J]. 中国农业气象，2009，30(增 1)：6-9.

(上接第 47 页)

[5] Yang C，Zhang M，Liu J，*et al*. Effects of buffer capacity on growth，photosynthesis，and solute accumulation of a glycophyte (wheat) and a halophyte (Chloris virgata) [J]. Photosynthetica，2009，47：55-60.

[6] Yang C，Xu H，Wang L，*et al*. Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth，photosynthesis，solute accumulation，and ion balance of barley plants[J]. Photosynthetica，2009，47：79-86.

[7] Shi D C，Yin S J，Yang G H，*et al*. Citric acid accumulation in an alkali-tolerant plant Puccinellia tenuiflora under alkaline stress[J] . Acta Bot Sin，2002，44：537-540.

[8] Shi D C，Wang D . Effects of various salt-alkali mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag [J]. Plant Soil，2005，271：15-26.

[9] 石德成，盛艳敏，赵可夫. 复杂盐碱条件对向日葵胁迫作用主导因素的试验确定[J]. 作物学报，2002，28(4)：461-467.

[10] 郑慧莹，李建东. 松嫩平原盐生植物和盐碱化草地恢复[M]. 北京：科学出版社，1999：137-138.

[11] Munns R. Comparative physiology of salt and water stress[J]. Plant Cell Environ，2002，25：239-250.

[12] Munns R，Tester M. Mechanisms of salinity tolerance [J]. Annu Rev Plant Biol，2008，59：651-681.

[13] 贾娜尔阿汗，杨春武，石德成，等. 盐生植物碱地肤对盐碱胁迫的生理响应特点[J]. 西北植物学报，2007，27(1)：79-84.

[14] 杨国会，石德成. 甘草对 NaCl 和 Na_2CO_3 胁迫的生理响应特点[J]. 湖北农业科学，2009(5)：1187－1191.

[15] Kingsbury R W，Epstein E，Peary R W. Physiological responses to salinity in selected lines of wheat[J]. Plant Physiol，1984，74：417-423.