河南农业科学,2013,42(1):94-97
Journal of Henan Agricultural Sciences

低盐浸种对高盐胁迫下华山松幼苗生长的影响

王瑞苓,刘建祥,汪元超,胡　勇,汪梦婷
(西南林业大学,云南 昆明 650224)

摘要:为了提高华山松幼苗对高盐胁迫的适应性,利用 0～200 mmol/L 的 NaCl 溶液对华山松种子浸种处理,研究其在高盐胁迫下(300 mmol/L NaCl)的生长情况。结果表明,与清水浸种(对照)相比,200 mmol/L NaCl 浸种处理的种子发芽率增加 16.34 个百分点,发芽势增加 7.67 个百分点,幼苗茎长(苗高)增加 34.85%,鲜质量增加 7.01%,干质量增加 20.79%,可溶性糖含量增加 56.31%,SOD 活性和 MDA 含量分别下降了 68.84%和 40.69%。表明 200 mmol/L NaCl 浸种抗盐锻炼效果最好。

关键词:低盐浸种;高盐胁迫;华山松;幼苗;抗盐锻炼
中图分类号:S791.241　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1004－3268(2013)01－0094－04

Effect of High NaCl Stress on Seedlings Growth of *Pinusarmandii* Franch. after Low-NaCl Seed Soaking

WANG Rui-ling, LIU Jian-xiang, WANG Yuan-chao, HU Yong, WANG Meng-ting
(Southwest Forestry University, Kunming 650224, China)

Abstract: The effect of high NaCl stress (300 mmol/L) on seedlings growth of *Pinusarmandii* Franch. after seed soaking with low-NaCl concentration (0－200 mmol/L) was studied. After seed soaking with 200 mmol/L NaCl, the seed got the best salt resistance. In comparison with the control (soaking with water), the germination rate and germination energy increased 16.34 percentage points and 7.67 percentage points, respectively. Under this condition, the height of seedlings increased 34.85%, wet weight and dry weight increased 7.01% and 20.79%, soluble sugar increased 56.31%, SOD activity and MDA contents decreased 68.84% and 40.69%, respectively.

Key words: low-NaCl seed soaking; high NaCl stress; *Pinusarmandii* Franch.; seedlings; salt resistance exercise

土壤盐碱化是指在自然或人为因素的影响下,盐碱成分在土体中累积,使得其他类型的土壤逐渐向盐碱土演变的成土过程[1]。我国盐碱地面积很大,类型复杂,约占耕地面积的 1/3,给农林业带来了巨大危害。华山松(*Pinusarmandii* Franch.)是我国特有的五针树种,广泛分布于海拔 1 000～3 500 m 的地区[2-3]。由于其材质好,果用经济价值很高,且为长江防护林的主要造林树种,现在多个省市地区已经推广种植,包括相当一部分的盐碱化地区。因此,研究华山松的盐分生理具有一定的应用价值和现实意义,但目前尚未见相关报道。鉴于此,拟通过对华山松进行低盐浸种处理,对其萌动期的种子进行抗盐锻炼,进而将其培养在高盐胁迫下,检验其形态、生理、生化指标,为华山松幼苗在盐碱地种植和引种提供可以借鉴的方法和一定的理论支持。

1　材料和方法

1.1　试验材料

华山松种子购于云南省林木种苗站,挑选籽粒饱满、整齐一致的种子,清水洗净,5%的 $KMnO_4$ 消毒 30 min,蒸馏水清洗 3 次,清水浸种 4 h,备用。

1.2　幼苗培养

将处理好的种子分别用 25、50、100、150、200 mmol/L 的 NaCl 溶液浸种 8 h,以蒸馏水作为对照,

收稿日期:2012－06－13
基金项目:西南林业大学西南山地森林资源保育与利用省部共建教育部重点实验室资助项目(KLESWFU－201203)
作者简介:王瑞苓(1978－),女,河北霸州人,讲师,在读博士研究生,主要从事植物生理方面的教学和科研工作。
E－mail:ruiling1206@126.com

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

重复 3 次，每次重复 100 粒种子。将种子置入双层滤纸（滤纸均匀浸润 10 mL 300 mmol/L NaCl 溶液）覆盖的灭菌发芽皿中，在恒温培养箱中培养，设定温度 28 ℃，每天光照 8 h，光照强度 1 250 lx，每天通风片刻，发芽过程及时补充水分。

1.3　测定项目与方法

以胚根达到种子长度的 1/2 为种子萌发标志，每天定时统计各皿发芽的种子数目。根据国家林木种子检验规范，在第 21 天结束发芽试验，计算发芽率、发芽势，测定幼苗鲜质量、干质量，幼苗根、茎、叶的长度，幼苗可溶性糖含量、叶绿素含量以及超氧化物歧化酶（SOD）活性和丙二醛（MDA）含量。其中，幼苗可溶性糖含量测定采用蒽酮法；叶绿素含量测定采用分光光度法；SOD 活性测定采用氮蓝四唑（NBT）法；丙二醛含量测定采用硫代巴比妥酸（TBA）法[4]。

1.4　数据处理

所有数据均采用 SAS 9.0 软件进行方差分析，并采用新复极差法（Duncan）比较处理间差异显著性。

2　结果与分析

2.1　低盐浸种对华山松种子发芽和幼苗生长的影响

发芽率和发芽势是评价种子发芽情况的常用指标。试验所用华山松种子在正常条件下的发芽率为 77.40%，在高盐胁迫下（300 mmol/L）对照的发芽率仅为 33.33%，相差 44.07 个百分点。由表 1 可知，25～150 mmol/L NaCl 浸种处理的发芽率和发芽势均未发生显著变化，而通过 200 mmol/L NaCl 浸种，华山松种子在高盐胁迫下发芽率比对照增加了 16.34 个百分点，发芽势也增加了 7.67 个百分点。采用 200 mmol/L NaCl 浸种是提高高盐胁迫下华山松种子发芽率和发芽势的有效方法，而低于这个浓度处理，华山松种子发芽率未显著提高，说明华山松种子必须经过一个相对较高的盐分浓度浸种，才可以使发芽率和发芽势显著提高。

表 1　不同浓度 NaCl 浸种对高盐胁迫下华山松种子发芽的影响

NaCl 浓度/(mmol/L)	发芽率/%	发芽势/%
0（对照）	33.33±3.21bB	21.33±2.31bB
25	32.33±3.21bB	21.00±2.00bB
50	32.00±1.73bB	21.00±3.466bB
100	30.67±1.15bB	22.33±4.62bB
150	32.33±4.16bB	20.67±4.04bB
200	49.67±5.69aA	29.00±4.00aA

注：同列不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著；不同大写字母表示在 0.01 水平上差异显著，下同。

由表 2 可知，随着 NaCl 浸种浓度增加，华山松幼苗的根长先减小后增加。叶长变化也出现类似的趋势，但无极显著变化。而茎长在 0～50 mmol/L NaCl 浸种处理时无显著变化，之后显著增加，200 mmol/L 时达到最大，比对照增加 34.85%。在 0～100 mmol/L NaCl 浸种时，根冠比显著降低，之后无显著变化。

表 2　不同浓度 NaCl 浸种对高盐胁迫下华山松幼苗生长的影响

NaCl 浓度/(mmol/L)	根长/cm	叶长/cm	茎长/cm	根冠比
0（对照）	6.15±0.26aA	3.38±0.10 aA	3.30±0.18cB	1.86±0.08aA
25	5.58±0.63aA	2.92±0.33abA	3.33±0.21cB	1.68±0.19bB
50	3.97±0.57cB	2.60±0.28bA	3.33±0.35cB	1.19±0.17cC
100	3.93±0.32cB	3.13±0.12abA	3.82±0.13bAB	1.03±0.08dD
150	4.27±0.13bcB	3.27±0.45aA	3.93±0.29bAB	1.09±0.03dD
200	4.68±0.10bB	3.25±0.40aA	4.45±0.13aA	1.05±0.02dD

鲜质量和干质量反映幼苗在生长中有机物积累和水分吸收的能力，能在一定程度上评价幼苗在盐胁迫下的生长状况。由图 1、图 2 可知，随着 NaCl 浸种溶液浓度的增加，在高盐胁迫下华山松幼苗的鲜质量先降低（0～50 mmol/L）后上升，200 mmol/L NaCl 浸种处理的鲜质量最大，比对照增加 7.01%。华山松幼苗干质量随着盐浓度的增加（0～100 mmol/L）而增加，而 100～200 mmol/L 处理下干质量无显著变化，其中，200 mmol/L NaCl 浸种处理的干质量比对照增加 20.79%。说明 100～200 mmol/L NaCl 处理，鲜质量

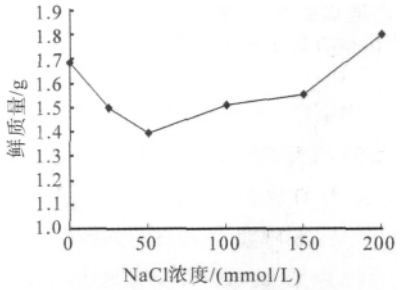

图 1　不同浓度 NaCl 浸种对高盐胁迫下华山松幼苗鲜质量的影响

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

增加主要是靠吸水增加。可见，100～200 mmol/L NaCl浸种可以提高华山松幼苗在高盐胁迫下的吸水能力。

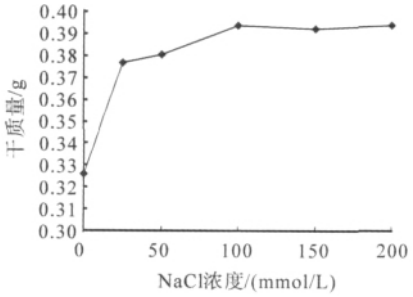

图2 不同浓度NaCl浸种对高盐胁迫下华山松幼苗干质量的影响

2.2 低盐浸种对高盐胁迫下华山松幼苗4种生理生化指标的影响

2.2.1 叶绿素总量 植物的种子发芽到幼苗生长阶段是植物从异养阶段向自养阶段过渡的时期，叶绿素总量能体现华山松幼苗的光合能力。由图3可见，随着NaCl浓度的增加(0～100 mmol/L)，叶绿素总量明显增加，说明低盐浸种处理可以有效提高华山松幼苗的叶绿素总量。但此阶段，华山松幼苗的自养不能满足生长需要，还需要一部分的异养物质转化，营养生长各部分呈竞争关系，因此，幼苗生长量大(100～200 mmol/L NaCl浸种处理)会降低叶绿素的含量，最终造成植株叶绿素总量下降，推测100～200 mmol/L NaCl处理幼苗生长的速度大于叶绿素形成的速度。

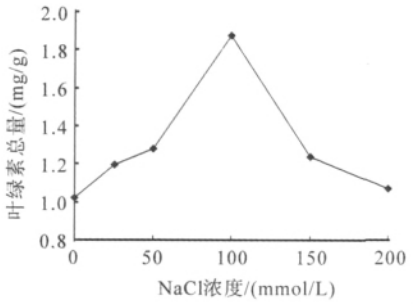

图3 不同浓度NaCl浸种对高盐胁迫下华山松幼苗叶绿素总量的影响

2.2.2 可溶性糖含量 植物在逆境中，经常会在细胞液中积累一些可溶性糖来进行渗透调节，因此可溶性糖含量常被作为反映植物抗逆性的指标之一[5-6]。如图4可见，通过低盐浸种可以显著提高华山松幼苗的可溶性糖含量，说明该方法可以有效提高华山松幼苗的渗透调节能力。幼苗的可溶性糖含量在0～100 mmol/L NaCl浸种处理下显著增加。100～200 mmol/L处理可溶性糖含量无显著变化。其中，200 mmol/L NaCl浸种处理的可溶性糖含量比对照增加56.31%。参照此时幼苗的鲜质量指标变化，说明此时华山松幼苗的根系吸水能力正常，不需要进一步积累可溶性糖来进行渗透调节促进吸水。

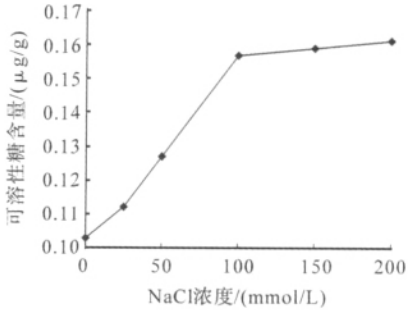

图4 不同浓度NaCl浸种对高盐胁迫下华山松幼苗可溶性糖含量的影响

2.2.3 SOD活性 SOD是广泛存在于生物体内的金属酶类，它作为生物体内重要的氧自由基清除剂，能够平衡机体的氧自由基，从而避免体内超氧阴离子自由基浓度过高时引起的不良反应，在防御生物体氧化损伤方面起着重要作用。在一定的范围内，植物遭受的逆境越严重，SOD含量越高[7]。从图5可以看出，随着NaCl浸种浓度的增加，华山松幼苗SOD活性逐渐降低，这说明随着浸种浓度的增高，300 mmol/L高盐对华山松幼苗的胁迫程度越来越低，从而幼苗的SOD活性也逐渐降低，200 mmol/L NaCl浸种处理的幼苗SOD活性降到最低，比对照降低68.84%。

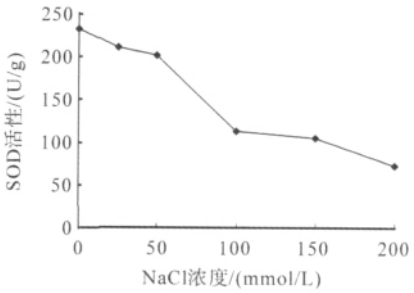

图5 不同浓度NaCl浸种对高盐胁迫下华山松幼苗SOD酶活性的影响

2.2.4 MDA含量 植物在胁迫下，首先是细胞膜受害，MDA是膜脂过氧化的产物，其含量的多少与受害程度直接相关[8]。由图6可见，随着NaCl浸种浓度的增加，华山松幼苗在高盐胁迫下的MDA含量逐渐降低，说明华山松幼苗受到高盐胁迫的伤害也越来越小，这与SOD活性变化是一致的。

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

200 mmol/L NaCl 浸种处理的华山松幼苗在高盐胁迫下 MDA 含量最低，比对照降低 40.69%。

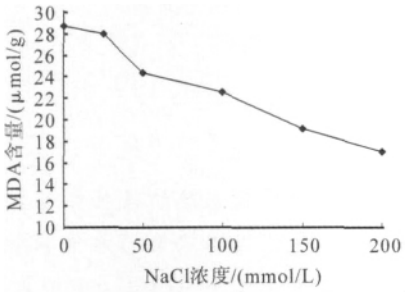

图 6　不同浓度 NaCl 浸种对高盐胁迫下华山松幼苗 MDA 含量的影响

3　结论与讨论

植物遇到盐胁迫时，根的生长加速，根冠比增大，因此在一定范围内，根冠比和根长与渗透胁迫呈正相关[9]。在 0～100 mmol/L NaCl 浸种处理时，华山松根长逐渐减小，说明浸种处理逐渐降低了高盐的渗透胁迫，而此处理范围内华山松幼苗的根冠比逐渐减小，在 100 mmol/L 时根冠比达到最小。进而，随着浸种处理浓度的继续增加，根冠比无显著变化，幼苗生长量稳步增长。

综合比较，200 mmol/L 浸种处理对华山松种子进行抗盐锻炼效果最好，与对照相比，发芽率增加 16.34 个百分点，发芽势增加 7.67 个百分点，茎长（苗高）增加 34.85%，鲜质量增加 7.01%，干质量增加 20.79%，可溶性糖含量增加 56.31%。SOD 活性和 MDA 含量比对照下降了 68.84%和 40.69%。

植物幼苗期是对外界环境最敏感的时期，因此，该时期盐胁迫对幼苗造成的伤害也最直接、最大[10]。200 mmol/L NaCl 浸种使华山松幼苗一些形态、生理、生化指标发生改变来适应高盐胁迫，那么可以预测，其大苗乃至成年植株在此高盐胁迫下的生长会更加适应。接下来将对本处理方法做进一步细化、精确化，摸索出华山松更好的抗盐锻炼方法，为华山松在盐碱地的引种、大面积种植提供技术支持，并为盐碱地的治理提供一定的可行性方案。

参考文献：

[1]　张建峰，张旭东，周金星，等. 世界盐碱地资源及其改良利用的基本措施[J]. 水土保持研究，2005，12(6)：28-30.

[2]　方瑞征. 中国植物志（第 57 卷第一分册）[M]. 北京：科学出版社，1999：3-212.

[3]　云南省林业科学研究所. 云南主要树种造林技术[M]. 昆明：云南出版社，1985：13-16.

[4]　张治安，陈展宇. 植物生理学实验技术[M]. 长春：吉林大学出版社，2008：35-193.

[5]　Bray E A. Molecular responses to water deficit[J]. Plant Physiology，1993，103：1035-1040.

[6]　Downton W J S. Osmotic adjustment during water stress protects to the photosynthetic apparatus against photoinhibition[J]. Plant Science Letter，1983，13：137-143.

[7]　曹慧，兰彦平，曹冬梅，等. 水分胁迫对短枝型苹果叶片活性氧清除酶类活性的影响[J]. 山西农业科学，2000，28(4)：49-52.

[8]　张恩平，张淑红，司龙亭，等. NaCl 胁迫对黄瓜幼苗子叶膜脂过氧化的影响[J]. 沈阳农业大学学报，2001，32(6)：446-448.

[9]　孙海菁，王树凤，陈益泰. 盐胁迫对 6 个树种的生长及生理指标的影响[J]. 林业科学研究，2009，2(3)：315-324.

[10]　Khan M A，Sheith K H. Effect of different levels of salinity on seed germination and growth of capsicum annuum[J]. Biolo J，1996，22：15-16.

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net