

碱性盐及混合盐碱胁迫对蒙古黄芪种子萌发和幼苗生理特性的影响

韩多红¹, 张勇¹, 晋玲²

1. 河西学院农业与生物技术学院, 甘肃 张掖 734000

2. 甘肃中医学院, 甘肃 兰州 730000

摘要: **目的** 比较不同浓度的 Na_2CO_3 和 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 处理下蒙古黄芪种子萌发和幼苗的部分生理指标, 分析 2 种盐对蒙古黄芪的胁迫程度大小, 寻找提高蒙古黄芪种子及幼苗在盐碱胁迫下抗性能力的途径。**方法** 测定不同浓度的 Na_2CO_3 和 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 胁迫下蒙古黄芪种子的发芽势 (G_v)、发芽率 (G_r)、相对发芽率、相对盐害率, 并对幼苗的叶绿素量、可溶性蛋白质量、丙二醛 (MDA) 量、超氧化物歧化酶 (SOD) 和过氧化物酶 (POD) 的活性进行了测定。**结果** 较低浓度的 Na_2CO_3 和 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 处理, 对种子的萌发具有促进作用, 较高浓度的处理对种子萌发有抑制作用, 且抑制程度随处理浓度的增加而加强, 各处理的各项萌发指标与对照相比, 都具有显著的差异 ($P < 0.05$)。随着 2 种处理液浓度的增加, 叶绿素量随之逐渐减少, 可溶性蛋白质的量也逐渐降低, 二者都与处理浓度呈负相关; 但幼苗中 MDA 量呈增加趋势, 与处理浓度呈正相关。随着 2 种处理浓度的增加, SOD、POD 活性均不同程度地表现为先上升后下降的趋势, 在 50 mmol/L 时, 达到了最大值。**结论** $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 对蒙古黄芪种子及幼苗的胁迫程度大于 Na_2CO_3 。

关键词: 蒙古黄芪; 碱; 混合盐碱; 种子萌发; 幼苗生理特性

中图分类号: R282.21

文献标志码: A

文章编号: 0253-2670(2013)12-1661-06

DOI: 10.7501/j.issn.0253-2670.2013.12.027

Effect of basic salt and mixed salt-alkali stress tolerance on seed germination and seedling physiological characteristics of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus*

HAN Duo-hong¹, ZHANG Yong¹, JIN Ling²

1. College of Agriculture and Biotechnology, Hexi University, Zhangye 734000, China

2. Gansu College of Traditional Chinese Medicine, Lanzhou 730000, China

Abstract: Objective To compare the effects of Na_2CO_3 and $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ at different concentration on the seed germination and seedling physiological characteristics of *Astragalus membranaceus* var. *mongholicus*, analyze the stress degrees of the both two on *A. membranaceus* var. *mongholicus*, and search for the effective ways for improving the resistance of seeds and seedlings under salt stress. **Methods** Several physiological indexes of *A. membranaceus* var. *mongholicus* seeds under different salt treatments, such as the germination vigor (G_v), germination rate (G_r), relative germination rate, and relative salt damage rate were measured. And other indexes of the seedlings like chlorophyll contents, soluble protein contents, the contents of malondialdehyde (MDA), the activities of superoxide dismutase (SOD), and peroxidase (POD) were also measured. **Results** Na_2CO_3 and $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ at lower concentration could promote the seed germination but inhibit the seed germination at higher concentration. The inhibition was increased with the concentration increasing. The germination indexes of each treatment had the significant differences compared with the control ($P < 0.05$). With the salt concentration increasing, the contents of chlorophyll and the soluble protein decreased, which was negatively correlated with the concentration. The content of MDA was increased and positively correlated with the concentration. The change trend of SOD activity showed the first increase and then decreased with the salt concentration increasing, which was similar to that of POD. The activities of both SOD and POD reached the peak at 50 mmol/L. **Conclusion** The stress of $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ is higher than that of Na_2CO_3 on the seeds and seedlings of *A. membranaceus* var. *mongholicus*.

Key words: *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao.; alkali; mixed salt-alkali; seed germination; seedling physiological characteristics

收稿日期: 2012-12-26

基金项目: 国家科技支撑计划项目 (2007BAI37B01); 国家中医药管理局 2012 年中医药行业科研专项 (201207002); 河西学院青年教师科研基金项目 (QN2012-13)

作者简介: 韩多红, 男, 甘肃张掖人, 副教授, 主要从事植物资源学及植物逆境生理学等方面的研究。

Tel: (0936)8280648 E-mail: handuohong@163.com

网络出版时间: 2013-04-22 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/12.1108.R.20130422.0916.003.html>

蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao. 为豆科黄芪属多年生草本植物, 以根入药, 味甘、性温, 有补气升阳、固表止汗、托毒排脓和生肌等功效^[1-2]。研究表明, 其主要含三萜皂苷、黄酮类化合物以及多糖, 有增强机体免疫功能, 促进抗体合成等作用^[3]。目前, 对蒙古黄芪的研究大多集中在栽培、药用成分、药理作用等方面^[4-6], 对盐胁迫下蒙古黄芪种子的萌发及幼苗生理特性方面的研究未见报道。

盐碱土又称盐渍土壤, 是盐土、盐化土以及碱土、碱化土壤的总称。盐碱是强烈限制植物生长的 3 大非生物胁迫因素之一。当土壤或水域中的盐分显著偏离于植物最适生长条件时, 就会引发植物体在所有功能水平上产生变化和反应, 即发生胁迫^[7]。耐盐性是指植物在盐碱胁迫下维持生长、形成经济产量或完成生活史的能力。但目前对植物生长期的盐碱胁迫研究大多以中性盐为研究对象, 把渗透胁迫和高浓度 Na^+ 毒害效应归为盐胁迫的 2 大因素, 而河西走廊盐碱地多属于既含有中性盐 (NaCl) 又含有碱性盐 (Na_2CO_3) 的复合盐碱地, 大部分耕作层土壤含盐量在 0.78%~1.68%, 且 pH 值在 8.15~9.20。

蒙古黄芪作为一种药食同源的药材, 应用范围愈来愈广, 而野生蒙古黄芪资源日渐减少, 不能满足用药需要。本实验通过对碱性盐和混合盐胁迫下蒙古黄芪种子萌发和幼苗生理特性影响的研究, 探索其在盐碱胁迫下的耐受性及自我调节机制, 为蒙古黄芪在河西走廊大片盐碱化土地上的引种、驯化和大面积种植提供一定的理论依据和参考。

1 材料

蒙古黄芪种子购买于陇西县文峰镇中药材交易市场, 经河西学院农业与生物技术学院张勇教授鉴定为蒙古黄芪 *Astragalus membranaceus* (Fisch.) Bge. var. *mongholicus* (Bge.) Hsiao. 的干燥成熟种子。

2 方法

2.1 种子萌发指标的测定

选择籽粒饱满、大小一致的种子用 64% H_2SO_4 处理 4 min 破除硬实, 清水冲洗 30 min 后, 用 2% NaClO 消毒 5 min, 蒸馏水冲洗 6 次。用分析纯配制处理液, 设定 Na_2CO_3 和 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 0、5、15、25、50、75、100 mmol/L 各 7 个处理, 每个处理均设 3 次重复。 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 为 Na_2CO_3 和 NaCl 同

浓度按体积比 1:1 混合而成。依照国际种子检验规程, 发芽床采用滤纸法, 将吸胀后的种子置于垫有 2 层滤纸的培养皿中, 分别加入配制好的处理液, 每个培养皿中放 50 粒种子, 重复 3 次, 置于恒温培养箱中, 设定温度为 25 °C, 光照时间为 10 h, 光照强度为 2 000 lx。每天观察统计萌发种子数, 第 4 天计算发芽势 (G_v), 第 7 天计算发芽率 (G_r)、相对发芽率和相对盐害率。计算公式如下: $G_v=4$ d 内发芽种子数/供试所有种子数; $G_r=7$ d 内发芽种子数/供试所有种子数; 相对 G_r =处理 G_r /对照 G_r ; 相对盐害率=(对照 G_r -处理 G_r)/对照 G_r 。

2.2 幼苗相关生理指标的测定

选取长势良好幼苗, 将幼苗从培养皿中取出, 根部用蒸馏水洗净, 放入装有蛭石的育苗钵内, 用 Hoagland 培养液进行浇灌, 在幼苗二叶期时定苗, 每钵留生长一致的幼苗 15 株, 3 个重复, 在第 51 天后进行处理。每天每钵早晚各加 5 mL 处理液, 以蒸馏水为对照。处理 7 d 后测定幼苗的叶绿素量、可溶性蛋白量、丙二醛 (MDA) 量、过氧化物酶 (POD) 和超氧化物歧化酶 (SOD) 的活性。

2.2.1 叶绿素的测定 采用王学奎^[8]的分光光度计法测定叶绿素 a 和叶绿素 b 的总量, 以 mg/g 表示。

2.2.2 可溶性蛋白质的测定 可溶性蛋白的量采用王学奎^[8]的考马斯亮蓝 G-250 法测定, 以 mg/g 表示。

2.2.3 MDA 的测定 采用王学奎^[8]的 TBA 法进行测定, 以 $\mu\text{mol/g}$ 表示。

2.2.4 POD 活性测定 采用王学奎^[8]的愈创木酚法测量, 以每分钟吸光度 (A) 值的变化表示酶活力的大小, 即 $U/(\text{g}\cdot\text{min})$ 表示。

2.2.5 SOD 活性的测定 采用邹琦^[9]的氮兰四唑 (NBT) 显色法测定, 以 U/g 表示。

2.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 软件对数据进行处理和绘图, 采用 SPSS 16.0 统计分析软件中 Duncan's 多重比较对数据显著性进行分析。

3 结果与分析

3.1 Na_2CO_3 及 $\text{NaCl}+\text{Na}_2\text{CO}_3$ 胁迫对蒙古黄芪种子萌发指标的影响

由表 1 看出, 当 Na_2CO_3 处理浓度 ≤ 15 mmol/L 时, 对种子的萌发具有促进作用。当 Na_2CO_3 处理浓度 ≥ 25 mmol/L 时, 对种子萌发有抑制作用, G_r 、 G_v 、相对 G_r 都随之增大而降低, 相对盐害率随之

增大而增大,且抑制程度随胁迫浓度的增加而加强。在 Na₂CO₃ 处理下,各处理的各项萌发指标与对照相比,差异显著 ($P < 0.05$)。当 NaCl+Na₂CO₃ 处理浓度 ≤ 5 mmol/L 时,对种子的萌发具有促进作用。但当 NaCl+Na₂CO₃ 处理浓度 ≥ 15 mmol/L 时,对种子萌发有抑制作用,Gr、Gv、相对 Gr 都随之增大而降低,相对盐害率随之增大而增大,且抑制

程度随胁迫浓度的增加而加强。在 NaCl+Na₂CO₃ 处理下,各处理的各项萌发指标与对照相比,差异显著 ($P < 0.05$)。在 NaCl+Na₂CO₃ 处理浓度为 100 mmol/L 时,种子不萌发,而 Na₂CO₃ 处理浓度为 100 mmol/L 时,仍有少量种子萌发。表明 NaCl+Na₂CO₃ 对蒙古黄芪种子萌发的抑制作用大于 Na₂CO₃。

表 1 Na₂CO₃ 及 NaCl+Na₂CO₃ 胁迫对蒙古黄芪种子萌发的影响 ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

Table 1 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on seed germination of *A. membranaceus* var. *mongholicus* ($\bar{x} \pm s, n = 3$)

处理	处理浓度 / (mmol·L ⁻¹)	Gr / %	Gv / %	相对 Gr / %	相对盐害率 / %
Na ₂ CO ₃	CK	52.22 ± 1.11 c	46.67 ± 1.93 b	100.00 ± 0.02 g	0 ± 0.06 e
	5	62.22 ± 0.97 a	57.78 ± 1.11 a	119.15 ± 2.13 a	-19.15 ± 2.13 g
	15	58.89 ± 1.21 b	48.89 ± 1.07 b	112.77 ± 1.93 b	-12.74 ± 2.16 f
	25	46.67 ± 0.60 d	43.33 ± 2.41 b	89.37 ± 0.21 c	10.63 ± 0.31 d
	50	33.33 ± 0.30 e	28.89 ± 1.11 c	63.83 ± 0.34 d	36.17 ± 0.16 c
	75	22.22 ± 1.03 f	15.56 ± 1.21 d	42.55 ± 1.86 e	57.45 ± 2.12 b
	100	4.44 ± 1.12 g	4.45 ± 0.96 e	8.51 ± 2.11 f	91.49 ± 1.97 a
NaCl+Na ₂ CO ₃	CK	52.22 ± 1.11 a	46.67 ± 1.93 a	100.00 ± 0.17 e	0 ± 0.27 d
	5	53.33 ± 1.93 a	47.78 ± 2.22 a	102.13 ± 2.34 a	-2.13 ± 1.34 d
	15	50.00 ± 0.34 a	42.34 ± 2.96 a	95.75 ± 0.43 a	4.25 ± 0.33 d
	25	36.67 ± 1.72 b	27.77 ± 2.11 b	70.22 ± 1.26 b	29.78 ± 1.72 c
	50	20.00 ± 1.87 c	15.56 ± 2.07 c	38.30 ± 1.76 c	61.70 ± 1.24 b
	75	14.44 ± 1.32 d	14.44 ± 1.11 c	27.66 ± 2.13 d	72.34 ± 2.13 a
	100	0 ± 0 e	0 ± 0 d	0 ± 0 e	100.00 ± 0 d

不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$), 相同字母表示差异不显著, 下图同

Different letters mean significant difference at $P < 0.05$, same letters mean no significant difference, same as follow

3.2 对叶绿素量的影响

叶绿素是重要的光合作用物质,一定范围内,其量的多少直接影响光合作用的强度,不同胁迫因子对叶绿素的合成和分解均有一定程度的影响^[10]。图 1 表明,与对照相比,5 mmol/L 的 Na₂CO₃ 处理时,叶绿素量变化不大。当 Na₂CO₃ 处理浓度在 15~100 mmol/L 时,叶绿素量随处理浓度增大而逐渐减少,且与对照相比均差异显著 ($P < 0.05$)。NaCl+Na₂CO₃ 处理浓度在 0~100 mmol/L 时,叶绿素量随处理浓度增大而逐渐减少,且与对照相比均差异显著 ($P < 0.05$)。在相同浓度的 Na₂CO₃ 和 NaCl+Na₂CO₃ 处理时,NaCl+Na₂CO₃ 处理下的叶绿素量减少较为剧烈,表明 NaCl+Na₂CO₃ 对幼苗叶片中叶绿素的影响程度大于 Na₂CO₃。

3.3 对可溶性蛋白质量的影响

渗透调节物质质量的减少则会使盐离子对细胞的伤害增强。可溶性蛋白质作为渗透调节物质之一,其量的变化在一定程度上可反映植物受伤害

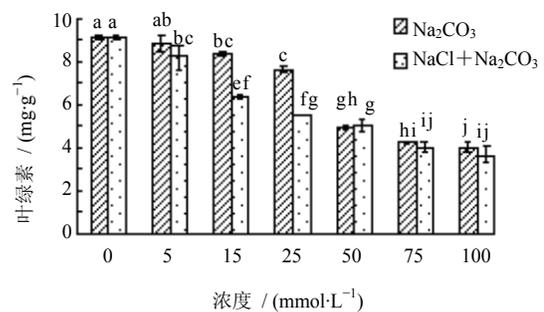


图 1 Na₂CO₃ 及 NaCl+Na₂CO₃ 处理对蒙古黄芪叶片叶绿素量的影响

Fig. 1 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on chlorophyll content in leaves of *A. membranaceus* var. *mongholicus*

的程度。如图 2 所示,在较低的胁迫浓度下,Na₂CO₃ 和 NaCl+Na₂CO₃ 处理下的可溶性蛋白质量的减少幅度较小;当处理浓度 ≥ 25 mmol/L 时,2 种处理下的可溶性蛋白质的量与对照相比急剧下降。在相同的胁迫浓度下,NaCl+Na₂CO₃ 处理的下降幅度较

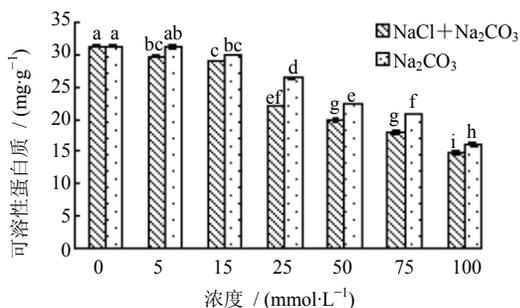


图 2 Na₂CO₃ 及 NaCl+Na₂CO₃ 处理对蒙古黄芪可溶性蛋白质量的影响

Fig. 2 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on soluble protein content in *A. membranaceus* var. *mongholicus*

Na₂CO₃ 大, 表明 NaCl+Na₂CO₃ 对幼苗中可溶性蛋白质的影响程度大于 Na₂CO₃。

3.4 对 MDA 量的影响

MDA 是膜脂氧化的主要产物, 其量与细胞膜系统的伤害程度密切相关^[11]。过氧化反应愈强, MDA 量愈高。可用 MDA 量来代表植物膜脂氧化的水平, 反映植物受伤害的程度^[12]。图 3 表明, 当 Na₂CO₃ 处理浓度为 5 mmol/L 时, 与对照相比, MDA 量变化不明显。当 Na₂CO₃ 处理浓度 ≥ 15 mmol/L 时, 随着处理浓度的增加, MDA 量急剧增大, 且与对照有显著性差异 ($P < 0.05$), 说明此时膜脂过氧化反应强烈, 细胞内酶系统和渗透调节物质的作用已不再明显。经 NaCl+Na₂CO₃ 处理后, 在处理浓度 ≤ 5 mmol/L 时, 与对照相比, MDA 量变化不明显。但随着处理浓度的增大, MDA 量急剧增大, 且与对照有显著性差异 ($P < 0.05$)。在相同浓度的处理下, NaCl+Na₂CO₃ 处理中的 MDA 增加幅度更大, 表明 NaCl+Na₂CO₃ 胁迫程度大于 Na₂CO₃。

3.5 对 POD 活性的影响

POD 也是一种非常重要的保护性酶, 在植物体内普遍存在, 与呼吸作用、光合作用及生长素的氧化等有密切关系。在植物生长发育过程中, 其活性不断变化, 因此测量此酶可以反映某一时期内植物体内代谢的变化。图 4 表明 Na₂CO₃、NaCl+Na₂CO₃ 处理后, POD 活性随处理浓度增加而逐渐增大。当处理浓度为 50 mmol/L 时, 达到最大值, 但当处理浓度 ≥ 50 mmol/L 时, POD 活性随着处理浓度的增由基的产生和清除的平衡就会遭到破坏, 此时大大降低。说明在这 2 种处理中, 当处理浓度 ≤

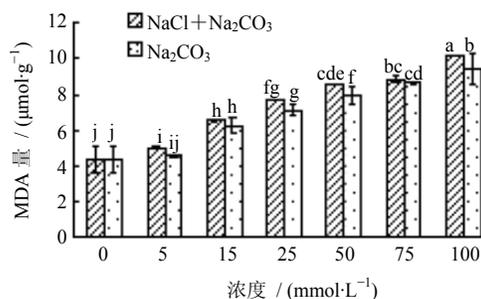


图 3 Na₂CO₃ 及 NaCl+Na₂CO₃ 处理对蒙古黄芪幼苗中 MDA 量的影响

Fig. 3 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on MDA content in seedlings of *A. membranaceus* var. *mongholicus*

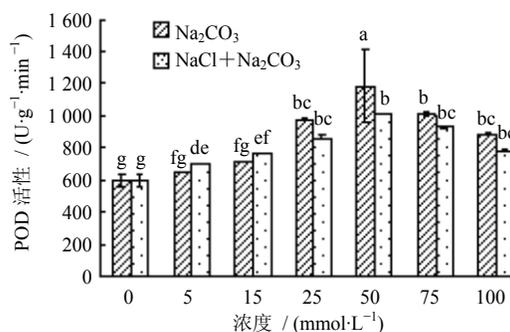


图 4 Na₂CO₃ 及 NaCl+Na₂CO₃ 处理对蒙古黄芪幼苗中 POD 活性的影响

Fig. 4 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on POD activity in seedlings of *A. membranaceus* var. *mongholicus*

50 mmol/L 时, 蒙古黄芪幼苗有一定的耐受力, 可以进行体内调节。在 0~15 mmol/L 的相同处理浓度时, Na₂CO₃ 处理下的 POD 活性增加幅度小于 NaCl+Na₂CO₃, 但在 25~100 mmol/L 的相同处理浓度时, Na₂CO₃ 处理下的 POD 活性增加幅度大于 NaCl+Na₂CO₃, 说明 NaCl+Na₂CO₃ 对蒙古黄芪幼苗细胞的伤害程度大于 Na₂CO₃。

3.6 对 SOD 活性的影响

当植物处于各种逆境胁迫下的时候, 细胞内自量积累的自由基就会对细胞造成伤害。SOD 处于第一道防线, 它能清除 O⁻, 并产生歧化物, 对细胞内 O⁻ 和 H₂O₂ 浓度起支配作用, 减轻 O⁻ 及其所产生的其他活性氧 (OH⁻ 和 O⁻) 对机体产生的伤害^[13]。如图 5 所示, 在 0~50 mmol/L 的 Na₂CO₃ 处理后, SOD 活性随处理浓度的增加而增大。在处理浓度为 50 mmol/L 时达到最大, 之后随处理浓度的增加而降低, 说明蒙古黄芪幼苗对

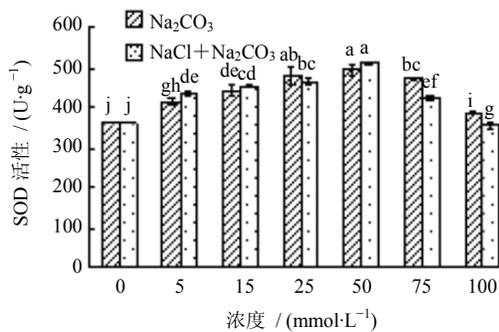


图5 Na₂CO₃及NaCl+Na₂CO₃处理对蒙古黄芪幼苗中SOD活性的影响

Fig. 5 Effects of NaCl and NaCl + Na₂CO₃ stress on SOD activity in seedlings of *A. membranaceus* var. *mongholicus*

Na₂CO₃胁迫的耐受范围是0~50 mmol/L。在NaCl+Na₂CO₃处理后，SOD活性也随处理浓度的增加而增大，也在50 mmol/L时达到最大值，之后活性随处理浓度增大而逐渐降低，说明蒙古黄芪幼苗对0~50 mmol/L的混合盐有一定的耐受力。在相同的处理浓度下，SOD活性的增加和降低幅度为NaCl+Na₂CO₃>Na₂CO₃，说明NaCl+Na₂CO₃对蒙古黄芪幼苗的胁迫程度大于Na₂CO₃。

4 讨论

4.1 Na₂CO₃及NaCl+Na₂CO₃胁迫对蒙古黄芪种子萌发指标的影响

种子植物的生长是从种子萌发开始的，种子耐盐性及其机制研究是植物耐盐性早期鉴定的基础。同时种子的萌发是植物整个生命史的关键，而生活在盐渍环境中的植物在萌发过程中的耐盐能力又是其幼苗建立的关键。关于蒙古黄芪种子在碱性盐和混盐胁迫下萌发特性和幼苗生长的研究未见报道。本研究结果发现较低浓度的Na₂CO₃和NaCl+Na₂CO₃处理液，对种子的萌发具有促进作用，较高浓度的处理液，对种子萌发有抑制作用，且抑制程度随处理浓度的增加而加强，各处理的各项萌发指标与对照相比，都具有显著差异(P<0.05)。在处理浓度为100 mmol/L时，NaCl+Na₂CO₃处理中，种子全部不萌发，而Na₂CO₃处理中，仍有少量种子萌发。综合比较，对蒙古黄芪种子萌发的抑制作用NaCl+Na₂CO₃>Na₂CO₃。认为蒙古黄芪种子萌发时需要一定浓度的离子来激活有关酶活性，所以低浓度盐对种子Gr、Gv、相对Gr均有促进作用，但高浓度的离子则造成了离子毒害作用。

4.2 Na₂CO₃及NaCl+Na₂CO₃胁迫对蒙古黄芪幼苗中叶绿素、可溶性蛋白及MDA量的影响

许多报道指出，外界盐碱胁迫处理能降低植物叶绿素量^[14]。在本实验中，随着2种处理液浓度的增加，叶绿素量随之逐渐减少，且与对照相比均差异显著(P<0.05)。在相同浓度的处理时，NaCl+Na₂CO₃处理下的叶绿素量减少较为剧烈，表明对幼苗叶片中叶绿素的影响程度NaCl+Na₂CO₃>Na₂CO₃。

植物体内的可溶性蛋白质大多数是参与各种代谢的酶类，其量的高低是了解植物体总代谢的一个重要指标。在较低的胁迫浓度下，Na₂CO₃和NaCl+Na₂CO₃2种处理的可溶性蛋白质减少幅度较小；但当处理浓度≥25 mmol/L时，2种处理下的可溶性蛋白质的量与对照相比急剧下降。且在相同的处理浓度下，NaCl+Na₂CO₃处理的下降幅度较Na₂CO₃大，表明对幼苗中可溶性蛋白质的影响程度NaCl+Na₂CO₃>Na₂CO₃。

一般说来，盐碱胁迫处理后，耐盐品种细胞膜系统遭受破坏程度小，表现在细胞膜透性小；敏感品种细胞膜系统破坏严重，表现为细胞膜透性大，因此，可以作为反映胁迫情况的重要指标^[11]。在本实验中，当Na₂CO₃处理浓度为5 mmol/L时，与对照相比，MDA量变化不明显。当Na₂CO₃处理浓度≥15 mmol/L时，随着处理浓度的增加，MDA量急剧增大，且与对照间有显著性差异(P<0.05)，说明此时膜脂过氧化反应强烈，细胞内酶系统和渗透调节物质的作用已不再明显。经NaCl+Na₂CO₃处理后，在处理浓度≤5 mmol/L时，与对照相比，MDA量变化不明显。但随着处理浓度的增大，MDA量急剧增大，且与对照间有显著性差异(P<0.05)。在相同浓度的处理下，NaCl+Na₂CO₃处理中的MDA增加幅度更大，表明NaCl+Na₂CO₃胁迫程度大于Na₂CO₃。

4.3 Na₂CO₃及NaCl+Na₂CO₃胁迫对蒙古黄芪幼苗中POD和SOD活性的影响

一般来讲，在盐分胁迫下，植物体内的SOD等酶活性与植物的抗氧化胁迫能力呈正相关，而且在盐分胁迫下，盐生植物与非盐生植物相比，其SOD等的活性更高，因而更能有效地清除活性氧，阻抑膜质过氧化。Na₂CO₃、NaCl+Na₂CO₃处理后，POD活性随处理浓度增加而逐渐增大。当处理浓度为50 mmol/L时，达到最大值，但当处理浓度>50 mmol/L

时, POD 活性随着处理浓度的增大而降低。说明在这两种处理中, 当处理浓度 ≤ 50 mmol/L 时, 蒙古黄芪幼苗有一定的耐受力, 可以进行体内调节。在 0~15 mmol/L 的相同处理浓度时, Na_2CO_3 处理下的 POD 活性增加幅度 $< \text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 处理, 但在 25~100 mmol/L 的相同处理浓度时, Na_2CO_3 处理下的 POD 活性增加幅度 $> \text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 处理, 说明对蒙古黄芪幼苗细胞的伤害程度 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。在 0~50 mmol/L 的 Na_2CO_3 处理后, SOD 活性随处理浓度的增加而增加。在处理浓度为 50 mmol/L 达到最大, 之后随处理浓度的增加而降低, 说明蒙古黄芪幼苗对 Na_2CO_3 胁迫的耐受范围是 0~50 mmol/L。在 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 处理后, SOD 活性也随处理浓度的增加而增大, 在 50 mmol/L 时达到最大值, 之后活性随处理浓度增大而逐渐降低, 说明蒙古黄芪幼苗对 0~50 mmol/L 的混合盐有一定的耐受力, 在高盐浓度下, 虽然有酶系统的保护, 但机体仍受到了不同程度的损坏, 酶系统受到破坏, 酶活性降低。在相同的处理浓度下, SOD 活性的增加和降低幅度为 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。说明 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3$ 对蒙古黄芪幼苗的胁迫程度大于 Na_2CO_3 。

综上所述, 通过种子萌发与幼苗生理指标的分析, 表明碱性盐及混合盐碱对蒙古黄芪的胁迫程度为 $\text{NaCl} + \text{Na}_2\text{CO}_3 > \text{Na}_2\text{CO}_3$ 。所以在农业生产上, 在选择种植蒙古黄芪时, 首先应注意土壤的盐碱化程度的大小, 如盐碱化程度较大, 则不适宜种植; 其次, 应注意土地的盐碱化是单纯的盐化还是复合盐碱化, 因为本实验发现, 复合盐碱对植物的伤害程度更大。再次, 在育苗期间可适当调节育苗地的盐碱程度, 这样有利于促进种子萌发。关于不同产地蒙古黄芪, 蒙古黄芪和膜荚黄芪 2 个种在河西走

廊盐碱地上的耐受性及生长状况的比较等研究, 还需进一步深入探讨。

参考文献

- [1] 中国药典 [S]. 一部. 2010.
- [2] 肖培根. 新编中药志 [M]. 北京: 化学工业出版社, 2002.
- [3] 黄立群. 黄芪活性成份的药理活性研究进展 [J]. 赤峰学院学报, 2009, 25(9): 119-120.
- [4] 胡明勋, 陈安家, 郭宝林, 等. 影响山西恒山野生蒙古黄芪质量的环境因素研究 [J]. 中草药, 2012, 43(5): 984-989.
- [5] 罗舟, 苏明智, 颜鸣, 等. 蒙古黄芪的化学成分研究 [J]. 中草药, 2012, 43(3): 458-462.
- [6] 陈志国, 马世震, 陈桂琛, 等. 甘肃陇西道地药材蒙古黄芪规范化栽培技术规程初步研究 [J]. 中草药, 2004, 35(11): 1289-1293.
- [7] 利容千, 王建波. 植物逆境细胞及生理学基础 [M]. 武汉: 武汉大学出版社, 2002.
- [8] 王学奎. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.
- [9] 邹琦. 植物生理学实验指导 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 王邦锡, 黄久常, 王辉. 不同植物在不同水分条件胁迫下脯氨酸积累与抗性的关系 [J]. 植物生理学报, 1992, 15(1): 46-51.
- [11] 侯建华, 云锦凤, 张东晖. 羊草与灰色赖草及其杂交种的耐盐生理特性比较 [J]. 草业学报, 2005, 14(1): 73-77.
- [12] 周革, 倪福太, 张立娟. 植物在逆境中的形态结构及生理变化 [J]. 吉林师范大学学报, 2004(2): 64-67.
- [13] 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.
- [14] 刁丰秋. 盐碱胁迫对大麦叶片类囊体膜组成和功能的影响 [J]. 植物生理学报, 1997, 23(2): 105-110.