

# 中性盐胁迫对乌拉尔甘草种子萌发的影响研究<sup>①</sup>

刘广明<sup>1</sup>, 塔依尔<sup>2\*</sup>, 杨劲松<sup>1</sup>, 张凤华<sup>2</sup>, 周建文<sup>2</sup>, 吴小菁<sup>2</sup>

(1 中国科学院南京土壤研究所, 南京 210008; 2 石河子大学农学院, 新疆石河子 832003)

**摘要:** 本文研究了 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 不同浓度下两种中性盐胁迫对乌拉尔甘草种子萌发的效应。结果表明: ≤280 mmol/L 浓度的 NaCl 和 ≤240 mmol/L 浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理时, 发芽率高于 60%, 高浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 抑制种子发芽强于 NaCl; 不同浓度 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的发芽高峰期出现比对照早 3~5 天, 比 NaCl 处理的早 2~6 天; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理种子的发芽势小于相同浓度的 NaCl; 中性盐胁迫浓度大于 200 mmol/L 时, 种子发芽指数小于对照, NaCl 溶液各梯度处理下的发芽指数均高于相应浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理。发芽率、发芽势和发芽指数都与 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关, 发芽高峰期出现的天数与 NaCl 浓度呈正相关, 与 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈负相关。

**关键词:** 中性盐胁迫; 甘草; 种子萌发

**中图分类号:** S3

盐胁迫是限制植物生长的主要逆境因素之一<sup>[1]</sup>, 盐分对植物的危害主要是离子毒害、渗透胁迫和引起养分亏缺<sup>[2-3]</sup>。渗透调节是耐盐植物适应盐渍的重要机制<sup>[4]</sup>。盐分胁迫影响着植物产量、蛋白质合成和光合作用以及能量代谢, 随盐分升高, 种子发芽率、发芽指数和活力指数均降低, 盐浓度过高会抑制种子萌发<sup>[5-6]</sup>。Patterson<sup>[7]</sup>指出在盐胁迫条件下, 植物体内活性氧代谢系统失去平衡, 引起种子细胞膜结构和功能的损伤。盐分胁迫降低种子储藏物质分解和转化速率, 损伤膜脂和膜蛋白, 抑制种子萌发。乌拉尔甘草 (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) 在生物学上属豆科甘草属多年生草本植物, 全球约有 15 种, 分布于亚洲、欧洲南部、美洲中部、北非和澳大利亚等地区的温带或亚热带区域, 中国有 10 种<sup>[8-9]</sup>。甘草属植物用途广, 是干旱地区维护生态平衡的一种优良冬春牧草, 茎叶为饲料, 具有防风固沙、保持水土、改善土壤结构的重要作用。甘草以根和根茎入药, 是中国传统的中药材, 素有“十方九草”、“国老”之美誉<sup>[8-10]</sup>, 同时在食品及轻工业等方面也有广泛应用。甘草是集生态效益和经济效益于一体的资源植物, 是西北地区具有开发利用前景的重要资源<sup>[11]</sup>。近年来, 对于甘草种子抗逆

性及种子发芽条件(包括温度、水分、pH、盐分、机械处理)有所报道, 但以乌拉尔甘草为材料的研究未见报道。本文用不同浓度的 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 两种中性盐, 模拟天然盐碱生态条件对种子进行胁迫处理, 观察对其萌发的影响, 以期探索甘草种子萌发和生长对不同盐的生理适应特点, 找到它们比较适宜的浓度, 为乌拉尔红皮甘草种子研究和生产提供理论依据, 同时为新疆盐漠带土壤植被恢复提供优质品种资源奠定可靠理论依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 供试材料

供试甘草品种为乌拉尔红皮甘草, 种子由新疆阜康市乌拉尔甘草种植有限公司提供, 种子千粒重为 10.135 g。盐处理所用试剂 NaCl、Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 均为分析纯。NaCl 溶液的 pH 值小于同等浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液, 随着溶液浓度的增加, 两种盐溶液的 pH 值逐渐提高, 呈现出规律性变化(图 1)。

### 1.2 处理方法

选大小均匀、无病虫害乌拉尔红皮甘草种子, 先将晒干的种子洗净, 去除浮在水面上的瘪种子, 得到

① 基金项目: 新疆自治区科技攻关重点课题项目(200733144-1)、国家科技支撑计划课题项目(2007BAC17B04)、公益性行业(农业)科研专项经费项目(200903001)和国家自然科学基金项目(40771097)资助。

\* 通讯作者(tayir789@163.com)

作者简介: 刘广明(1975—), 山东邹城人, 博士, 副研究员, 主要研究方向为土壤盐渍化管理及其防治。E-mail: gmliu@issas.ac.cn

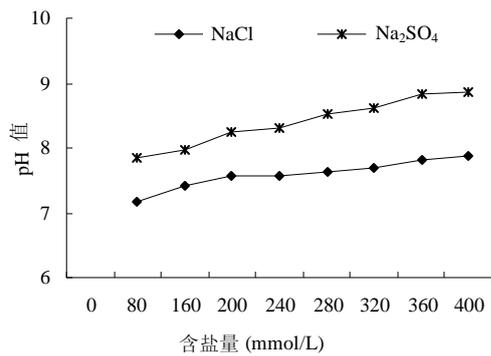


图 1 溶液 pH 值变化

Fig. 1 The change of solution pH

较为均一健康的种子。将挑选好的种子用 1% 高锰酸钾溶液浸种消毒 10 min, 再用无菌水冲洗干净, 吹干后将种子置于小烧杯中, 按 10:1 (种子:浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 的比例, 用移液管加入 80% 的 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 并用玻璃棒搅拌 5 min, 使种子与 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 充分混匀, 浸泡 1.5 h 后用自来水反复冲洗直至达中性, 在阴凉处晾干待用。将 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 中性盐分别配制 80、160、200、240、280、320、360 和 400 mmol/L 等 8 个浓度的单盐溶液。

选用直径 6 cm 的培养皿, 蒸馏水冲洗干净后放入 2 层定向滤纸, 压平。每个培养皿内放入 250 粒经过预处理后的种子, 加入 20 ml 相应浓度的单盐溶液, 3 次重复, 并以蒸馏水处理为对照 (CK)。用上述浓度的单盐溶液浸泡种子 24 h, 让种子充分吸足水分, 然后将培养皿立起垂直, 倾出多余的盐溶液, 保持种子有氧呼吸。放入恒温箱内催芽, 温度为 (24±1) °C, 光照 4 000 lx, 12 h/d。24 h 后开始逐日观察, 直到催芽结束, 同时用称重法补充蒸发的水分, 使各处理的盐浓度维持不变。

### 1.3 观测方法及评价指标

处理好的培养皿放入恒温箱后, 每隔 24 h 观察一

次, 统计发芽种子数, 以芽长达到 0.2 cm 作为萌芽标志。发芽率和发芽势是检验种子质量的常规指标, 而发芽指数是上述两指标的综合, 既反映发芽率高低, 又反映发芽速度<sup>[12]</sup>。本研究选取发芽率、发芽势、发芽指数等作为甘草种子在单盐溶液处理下的评价指标进行了分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 发芽天数的确定

用蒸馏水处理下, 甘草种子第 3 天开始发芽, 在第 7 天出现日发芽数高峰, 第 15 天后新增发芽种子粒数量为 0。NaCl 较佳发芽浓度 (160 mmol/L) 条件下, 甘草种子第 2 天开始发芽, 第 5 天出现日发芽率高峰, 第 12 天后新增发芽种子粒数为 0, 多数种子出现发霉腐烂。此时发芽率已达到本条件下的最大值, 因此 12 天和 15 天作为盐溶液处理和对照处理的甘草种子累计发芽天数。

### 2.2 中性盐胁迫对甘草种子发芽率的影响

表 1 是不同中性盐对甘草发芽率的影响。由表 1 可见, 在蒸馏水处理的对照条件下, 甘草种子的发芽率可以达到 91.2%; 在同等浓度下, NaCl 溶液处理过的种子发芽率差值百分比比同等浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液处理的分别高出 6.3%、8.8%、10.0%、9.1%、47.7%、79.5%、100.0%、100.0%。种子发芽率高于 60% 的条件为 NaCl 浓度 ≤ 280 mmol/L (即 NaCl 为 16.38 g/L), Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度 ≤ 240 mmol/L (即 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 为 34.08 g/L); 360 mmol/L 的 NaCl 处理种子发芽率为 18.6%, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的为 0; 80 mmol/L NaCl 处理发芽率比对照高 3.4%, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理比对照低 2.6%。这表明高浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 抑制种子发芽强于 NaCl, 低浓度的 NaCl 有利于甘草种子发芽。

表 1 对照和中性盐不同浓度胁迫下甘草种子发芽率 (%)

Table 1 *Glycyrrhiza uralensis* Fisch germinations of CK and neutral salt with different concentrations

处理	中性盐浓度 (mmol/L)								
	0	80	160	200	240	280	320	360	400
NaCl	-	94.6	93.6	82.4	67.8	59.6	42	18.6	9.4
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	88.6	85.4	74.2	61.6	31.2	8.6	0	0
CK	91.2	-	-	-	-	-	-	-	-

对中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度与发芽率之间进行了相关分析, 结果见图 2。由图 2 可以看出, 甘草种子发芽率与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

浓度呈极显著负相关, 即 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液浓度越高, 对甘草种子发芽的抑制越大, 发芽越困难。

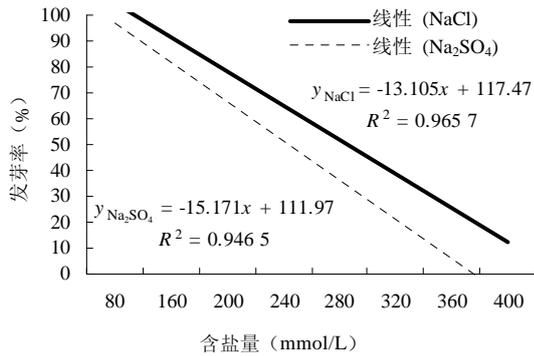


图 2 中性盐浓度与发芽率回归线

Fig. 2 Regression lines between neutral salt concentration and germination rate

2.3 中性盐胁迫对甘草种子发芽高峰期的影响

表 2 是不同中性盐处理下的种子发芽天数及对发芽高峰期影响。从表 2 可见，对照发芽天数为 15 天，NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的发芽天数为 12 天，对照的发芽完成时间比 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理长 3 天。对照的发芽高峰期出现在处理的第 7 天，80、160 mmol/L NaCl 处理发芽高峰期均出现在第 5 天，比对照早 2 天；随 NaCl 浓度的提高，发芽高峰期出现的时间延迟，200、240 mmol/L NaCl 处理的为 7 天，400 mmol/L NaCl 处理的延迟到第 10 天。不同浓度 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的高峰期比对照早 3~5 天出现，比 NaCl 处理的早 2~6 天；当 360、400 mmol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理时种子没有发芽，发芽高峰期没有出现。

表 2 对照和中性盐不同浓度处理下发芽高峰期出现的天数和差异

Table 2 Days and differences of germination peaks of CK and neutral salt with different concentrations

处理	中性盐浓度 (mmol/L)								
	0	80	160	200	240	280	320	360	400
NaCl	-	5	5	7	7	8	8	9	10
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	-	4	4	3	3	3	2	0	0
CK	7	-	-	-	-	-	-	-	-
NaCl 与 CK 差异		2	2	0	0	-1	-1	-2	-3
Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 与 CK 差异		3	3	4	4	4	5	0	0

对中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度与发芽高峰期之间进行了相关分析，结果见图 3。由图 3 可看出，NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理浓度越高，2 种中性盐处理的甘草种子发芽高峰期出现时间具有完全相反的趋势，NaCl 浓度增加，发芽高峰期出现时间推迟，发芽高峰期出现的天数与 NaCl 浓度之间呈正相关；Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度增加，

发芽高峰期出现时间提前，发芽高峰期出现的天数与 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关。

2.4 中性盐胁迫对甘草种子发芽势的影响

在对照条件下，甘草种子 7 天发芽势为 30.4%。图 4 是不同中性盐对甘草种子发芽势的影响。由图 4 可见，80 和 160 mmol/L 的 NaCl 处理的发芽势比对照分别高出 1.2% 和 0.8%；80、160 和 200 mmol/L 的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的发芽势比对照分别高出 3.8%、4.8% 和 2.4%；浓度 80~240 mmol/L 之间时，Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理种子的发芽势大于相同浓度的 NaCl，分别高出 2.6%、4.0%、5.4% 和 0.4%；浓度 280~400 mmol/L 之间时，Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理种子的发芽势小于相同浓度的 NaCl，分别低于 5.5%、9.2%、6.2% 和 3.1%；当 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度 > 320 mmol/L 时，发芽势为 0。

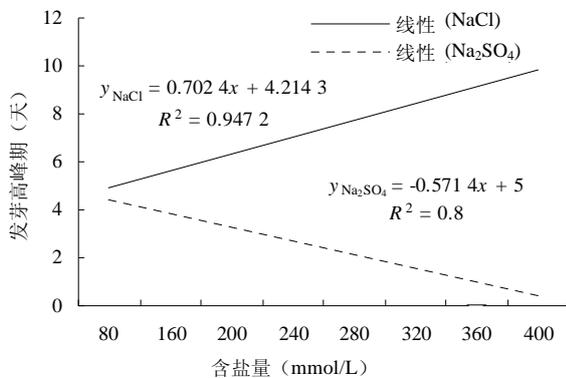


图 3 中性盐胁迫与发芽高峰期回归线

Fig. 3 Regression lines between neutral salt concentration and germination fastigium

对中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度与发芽势之间进行了相关分析，结果见图 5。由图 5 可看出，甘草种子发芽势与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度之间呈极显著负相关，即 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液浓度越高，发芽高峰期的发芽种子数越少。

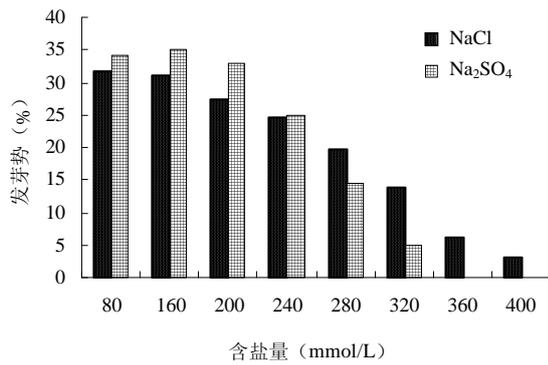


图 4 中性盐胁迫下的发芽势变化

Fig. 4 Changes of sprout tendency under neutral salt stress

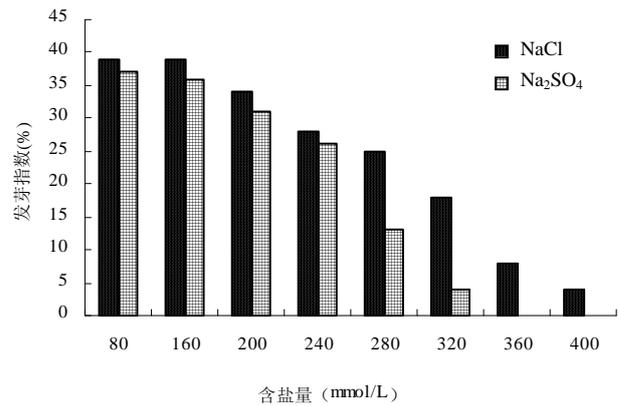


图 6 中性盐胁迫下的发芽指数变化

Fig. 6 Changes of germination index under neutral salt stress

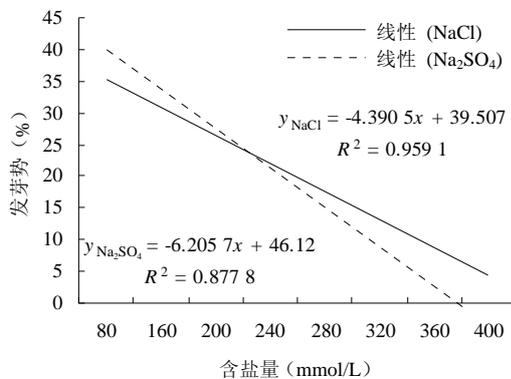


图 5 中性盐浓度与发芽势回归线

Fig. 5 Regression lines between neutral salt concentration and sprout tendency

## 2.5 中性盐胁迫对甘草种子发芽指数的影响

在对照条件下,甘草种子 7 天的发芽指数为 30.4%。图 6 是不同中性盐对甘草种子发芽指数的影响。由图 6 可见,80~200 mmol/L 的 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理发芽指数比对照分别高出 8.6%、8.6%、3.6% 和 6.6%、5.6%、0.6%;240~400 mmol/L 的 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理发芽指数比对照分别低 2.4%、5.4%、12.4%、22.4%、26.4% 和 4.4%、17.4%、26.4%、30.4%、30.4%。可见处理浓度 80~200 mmol/L 时,中性盐溶液处理的发芽指数高于对照,>200 mmol/L 的中性盐溶液处理时,甘草种子发芽指数小于对照。这表明 ≤200 mmol/L 中性盐浓度对甘草种子发芽有一定的促进作用,可促进种子发芽,而超过 200 mmol/L 时反而抑制种子发芽。NaCl 溶液各梯度处理下的发芽指数均高于相应浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>,360 mmol/L 和 400 mmol/L 的 NaCl 处理发芽指数分别为 8% 和 4%,而 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 的均为 0。这说明随着浓度的增加,发芽指数逐渐下降,特别是在高浓度 (≥360 mmol/L) 条件下,Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 抑制种子发芽的作用强于 NaCl。

对中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度与发芽指数之间进行了相关分析,结果见图 7。由图 7 可看出,甘草种子发芽指数与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关,即 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度越高,在种子发芽时期内,发芽的种子数量越少。

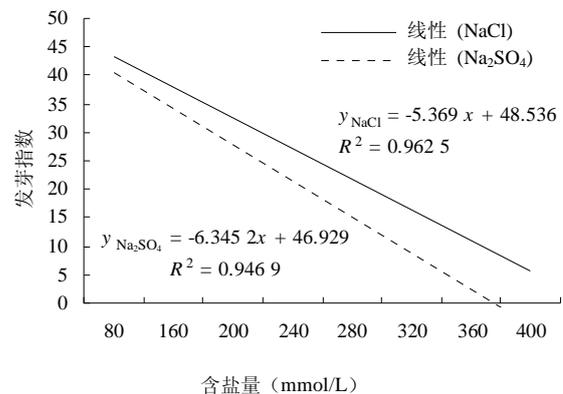


图 7 中性盐浓度与发芽指数回归线

Fig. 7 Regression lines between neutral salt concentration and germination index

## 3 结论

试验研究表明,低浓度 NaCl 有利于甘草种子发芽。随着盐溶液浓度的增加,种子发芽率逐渐下降。在 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液处理下,种子发芽率下降幅度大于相应浓度的 NaCl 溶液处理。在同等浓度下,Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 抑制种子发芽的作用强于 NaCl。种子发芽率高于 60% 的条件为 NaCl 浓度 ≤280 mmol/L (即 NaCl 为 16.38 g/L) 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度 ≤240 mmol/L (即 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 为 34.08 g/L)。甘草种子发芽率与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关。

对照 (蒸馏水处理) 发芽天数为 15 天,NaCl 和

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的发芽天数为 12 天, 对照的发芽完成时间比 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理长 3 天。对照的发芽高峰期出现在处理的第 7 天, 80 mmol/L、160 mmol/L NaCl 处理发芽高峰期均出现在第 5 天, 比对照早 2 天; 随 NaCl 浓度的提高, 发芽高峰期出现的时间延迟。不同浓度 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理的高峰期比对照早 3 ~ 5 天出现, 比 NaCl 处理的早 2 ~ 6 天。NaCl 浓度增加, 发芽高峰期出现时间推迟; Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度增加, 发芽高峰期出现时间提前。

在对照条件下, 甘草种子的 7 天发芽势为 30.4%; NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液处理下, 种子发芽势高于对照。Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 处理种子的发芽势小于相同浓度的 NaCl, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度 > 320 mmol/L 时, 发芽势为 0。种子发芽势与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关, 即 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 溶液含盐量越高, 发芽高峰期的发芽种子数越少。

在对照条件下, 甘草种子的 7 天发芽指数为 30.4%; 浓度 80 ~ 200 mmol/L 时, NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 中性盐溶液处理的发芽指数高于对照; 溶液浓度 > 200 mmol/L 时, 种子发芽指数小于对照。≤ 200 mmol 中性盐浓度对甘草种子发芽有一定的刺激, 促进种子发芽, 超过 200 mmol/L 时反而抑制种子发芽。NaCl 溶液各梯度处理下的发芽指数均高于相应浓度的 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 随着浓度的增加, 发芽指数逐渐下降, 特别是在高浓度 (≥ 360 mmol/L) 条件下, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 抑制种子发芽的作用强于 NaCl。甘草种子发芽指数与中性盐 NaCl 和 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 浓度呈极显著负相关。

## 参考文献:

- [1] 赵可夫. 植物抗盐生理. 北京: 科学技术出版社, 1993: 149-160
- [2] 郑青松, 刘玲, 刘友良, 刘兆普. 盐分和水分胁迫对芦荟幼苗渗透调节和渗透物质积累的影响. 植物生理与分子生物学学报, 2003, 29(6): 585-588
- [3] 赵可夫, 范海. 盐胁迫下真盐生植物与泌盐植物的渗透调节物质及其贡献的比较研究. 应用与环境生物学报, 2000, 6(2): 99-105
- [4] 王娟, 李德全. 逆境条件下植物体内渗透调节物质的积累与活性氧代谢. 植物学通报, 2001, 18(4): 459-465
- [5] 王东明, 贾媛, 崔继哲. 盐胁迫对植物的影响及植物盐适应性研究进展. 中国农学通报, 2009, 25(4): 124-128
- [6] Parida AK, Das AB. Salt tolerance and salinity effects on plants. Ecotoxicol Environ Safe, 2005, 60: 324-349
- [7] Patterson BD, Macrea EA, Ferguson IB. Estimation of hydrogen peroxide in plant extracts titanium(IV). Analytical Biochemistry, 1984, 139: 487-492
- [8] 王秀英, 张大惠. 甘草种子不同处理对其萌发和出苗率影响的研究. 安徽农业科学, 2009, 37(3): 959-960
- [9] 王咏星, 陈海洋, 谢丽琼, 刘立鸿, 胡利相, 苏保卫. 提高甘草种子的发芽率和出苗率试验. 种子, 2004, 23(10): 27-29
- [10] 孙群, 杨力钢, 王建华, 孙宝启. 乌拉尔甘草种子发芽检测方法研究(简报). 草地学报, 2007, 15(2): 190-192
- [11] 张树森. 甘草的人工栽培技术. 内蒙古农业科技, 1998(3): 36
- [12] 刘洪兰, 李景富, 许向阳, 洪瑞, 崔丽. NaCl 胁迫对不同番茄种子萌芽的影响. 东北农业大学学报, 2008, 39(5): 28-33

## Neutral Salt Stress Impacts on Seed Germination of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch

LIU Guang-ming<sup>1</sup>, Tayir<sup>2</sup>, YANG Jing-song<sup>1</sup>, ZHANG Feng-hua<sup>2</sup>, ZHOU Jian-wen<sup>2</sup>, WU Xiao-jing<sup>2</sup>

(1 Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China;

2 Agronomy College, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832003, China)

**Abstract:** In this study, the effects of two kinds of neutral salt stresses on the seed germination of *Glycyrrhiza uralensis* Fisch were analyzed. The results showed that the germination rates were above 60% under ≤ 280 mmol/L concentration of NaCl or ≤ 240 mmol/L concentration of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. High concentration of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> inhibited seed germination more than NaCl. The germinations under Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> treatment were 3-5 days earlier than CK, and 2-6 days than NaCl treatment. Seed germination ability treated by Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> was less than NaCl under the same concentration, and seed germination index under NaCl treatment was higher than Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> under the same concentration. Significant negative correlations existed between germination rate, germination energy, or germination index and the concentration of NaCl or Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Germination peak showed a positive correlation with the concentration of NaCl but a negative correlation with the concentration of Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Key words:** Neutral salt-stress, Licorice, Germination