

# Effect of Salt Stress on Seed Germination of Eight Woody Plants

Han Wang\*, Qingjuan Nie#, Rui Liu

College of Landscape and Tourism, Hebei Agricultural University, Baoding Hebei  
Email: 1203418606@qq.com, #nqj72@126.com

Received: Mar. 4<sup>th</sup>, 2020; accepted: Apr. 14<sup>th</sup>, 2020; published: Apr. 21<sup>st</sup>, 2020

## Abstract

Eight woody plants including *Tamarix chinensis* Lour., *Elaeagnus angustifolia* Linn., *Amorpha fruticosa* Linn., *Pyrus betulifolia* Bge., *Robinia pseudoacacia* Linn., *Fraxinus chinensis* Roxb., *Ulmus pumila* Linn. and *Vitex negundo* Linn. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd. were chosen to study their seed germination under different concentrations of NaCl (0, 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2%, 1.5%, 1.8%) solution. The changes of germination rate, germination potential and germination index of seeds with different salinity were observed. The results showed that low salt concentration could promote the seed germination of *T. chinensis*, *F. chinensis*, *V. negundo* while had a slight inhibitory effect on *E. angustifolia*, *A. fruticosa*, *P. betulifolia*, *R. pseudoacacia* and *U. pumila*. The vigor, percentage and index of seed germination gradually descend along with the increasing NaCl concentration; especially, the germination of seeds of *F. chinensis*, *U. pumila* as *V. negundo* showed the significant inhabitation while the seeds of *T. chinensis* had the strongest tolerance under high salt concentration followed by *E. angustifolia* and *A. fruticosa*, as well as *P. betulifolia* and *R. pseudoacacia* showed moderate salt tolerance. Comprehensive analysis considered that all the 8 plant species can grow in different salinization environments and could be used as afforestation tree species for coastal shelter forest system construction. *T. chinensis* was chose as optimal plants when above 0.9% and below 1.2% of salt concentration, the suitable plants were *E.angustifolia* and *A. fruticosa* when salt concentration is higher than 0.6% and lower than 0.9%, the optimum plants were *P. betulifolia* and *R. pseudoacacia* when above 0.9% and below 1.2% of salt concentration and the best trees were *F. chinensis*, *U. pumila* as *V. negundo* when the soil salt concentration is below 0.3%.

## Keywords

Salt Stress, Woody Plants, Seed Germination

# 盐胁迫对8种木本植物种子发芽的影响

王 晗\*, 聂庆娟#, 刘 睿

\*第一作者。

#通讯作者。

河北农业大学园林与旅游学院, 河北 保定  
Email: 1203418606@qq.com, #nqj72@126.com

收稿日期: 2020年3月4日; 录用日期: 2020年4月14日; 发布日期: 2020年4月21日

## 摘要

本文研究了柽柳(*Tamarix chinensis* Lour.)、沙枣(*Elaeagnus angustifolia* L.)、紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)、杜梨(*Pyrus betulifolia* Bge.)、刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)、白腊(*Fraxinus chinensis* Roxb.)、白榆(*Ulmus pumila* L.)、荆条(*Vitex negundo* Linn. var. *heterophylla* (Franch.) Rehd.)等8种乔灌木在不同浓度梯度(0、0.3%、0.6%、0.9%、1.2%、1.5%、1.8%) NaCl胁迫下种子的萌发实验, 观察了不同盐度下种子的发芽率、发芽势及发芽指数的变化。结果显示: 低浓度的NaCl溶液有助于柽柳、白腊、荆条种子的萌发, 但对沙枣、紫穗槐、杜梨、刺槐、白榆种子有轻微抑制作用; 随着盐浓度的提高, 8种植物种子的萌发能力均受到影响, 发芽势、发芽率、发芽指数下降, 尤其对荆条、白榆、白腊种子萌发的抑制作用最显著, 柽柳种子在高盐浓度下表现出最强的忍耐能力, 其次为沙枣和紫穗槐, 杜梨、刺槐表现出中等耐盐能力。综合分析认为, 8种植物可在不同盐渍化环境中生长, 可作为沿海防护林体系建设的造林树种。在0.9% < 土壤盐浓度 < 1.2%时, 可以选择柽柳为造林先锋树种; 当0.6% < 土壤盐浓度 < 0.9%时, 优先选种沙枣、紫穗槐; 在0.3% < 土壤盐浓度 < 0.6%时, 适合树种为杜梨和刺槐; 在土壤盐浓度 < 0.3%时, 最优选择树种为白腊、白榆和荆条。

## 关键词

盐胁迫, 木本植物, 种子萌发

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

河北省地处环渤海核心地带, 沿海地区毗邻京津、连接三北(西北、华北、东北), 全省大陆海岸线长487公里, 处于“环京津”、“环渤海”、“大北京”经济圈, 是我国生态建设的重要组成部分, 也是京津防护林体系建设的重要组成部分, 地理位置极为重要[1]。河北省沿海地区作为特殊区域, 盐碱涝洼, 盐分过高导致多数树种不能在盐渍环境中生长或生长不良, 多年来造林树种单一, 主要以速生杨、刺槐为主, 造林保存率较低; 由于营造时间较早, 部分林分已经老化、退化, 出现断带、空档现象, 严重制约了沿海防护林体系综合效益的发挥。因此, 开展耐盐碱树种选育, 对丰富沿海地区造林树种, 构建绿色生态屏障意义重大[2]。

种子耐盐性是耐盐碱植物筛选与早期鉴定的主要依据之一。种子能否在盐胁迫下萌发成苗, 是植物在盐碱条件下生长发育的前提和关键[3]。为此本文选用常见耐盐树种杜梨、白榆、白腊、柽柳、刺槐、沙枣、紫穗槐、荆条8种乔灌木为研究对象, 探讨8种植物种子的耐盐能力, 以期沿海防护林建设提供更多的造林树种, 优化造林结构, 为构建乔木林与灌木林并存、森林景观与乔灌木相结合的多树种、多类型、多景观与多功能立体配置的森林生态防御体系提供依据, 促进沿海防护林体系向多功能防护体系建设和建设和谐的生态环境与现代化林业方向发展。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料

选取杜梨、白榆、白腊、柽柳、刺槐、沙枣、紫穗槐、荆条共计 8 种经过低温沙藏的种子为实验材料，供试种子均采自河北省沿海地区。

### 2.2. 实验设计

本实验设计 7 个浓度梯度的盐溶液，采用分析纯 NaCl 与无离子水混合，浓度分别为 0、0.3%、0.6%、0.9%、1.2%、1.5%、1.8%。将 8 种植物的沙藏种子取出用蒸馏水清洗干净、晾干，发芽试验采用纸上培养法[4]，将双层滤纸分别用上述不同浓度盐溶液充分饱和和后置于内径 90 mm 的培养皿底部，之后放置试验种子 50 粒/皿，盖上培养皿盖，每个浓度梯度均设 3 次重复，在光照培养箱 JK-MGC-250 中进行培养。培养箱温度设置为 25℃，相对湿度为 65%，光照时间与黑暗时间设定均为 12 h [5]。试验过程中根据培养情况每天定时补充 1~2 mL 蒸馏水。

### 2.3. 指标测量和计算

种子萌发过程种，每天观察一次，当胚根突出种皮时，即认为种子发芽[6]，记录种子发芽情况及发芽粒数，连续 2 天种子发芽数不变视为调查结束[4] [5]。统计种子萌发数，参照宋庆云、高永等[2] [4] [7] 的研究计算不同盐度梯度下种子的发芽率、发芽势、发芽指数、耐盐浓度、盐极限浓度和耐盐半致死浓度。各指标计算公式如下：

发芽率(%) = 最终发芽种子数/供试种子数 × 100；

发芽势(%) = 日发芽种子数达到高峰期时发芽种子总数/供试种子数 × 100；

相对发芽率(%) = 处理的发芽率/相应对照的发芽率 × 100；

发芽指数(GI) =  $\sum(Gt/Dt)$  (式中，Dt 为发芽日数，Gt 为对应日发芽种子数)；

耐盐浓度(%)：发芽率达对照发芽率 75% 时相对应的盐浓度；

盐极限浓度(%)：发芽率达对照发芽率 10% 时相对应的盐浓度；

耐盐半致死浓度(%)：发芽率达对照发芽率 50% 时相对应的盐浓度。

### 2.4. 数据处理

所得数据运用 Excel 和 SPSS19.0 数据处理软件，进行 One-way ANOVA 单因素方差分析。

## 3. 结果与分析

### 3.1. 盐胁迫下对种子发芽势的影响

如图 1 所示，柽柳、杜梨、白腊、荆条种子的发芽势在 NaCl 浓度为 0.3% 时达到最大，之后随着盐浓度的升高而下降；其余 4 种植物种子的发芽势均随着盐浓度的增加而下降。单因素方差分析结果显示，同一种植物种子的发芽势受不同盐浓度影响差异显著，如表 1。在不同盐度浓度下，各树种的发芽势差异极显著，其中柽柳种子的发芽势最高，其次是沙枣、紫穗槐、杜梨等，荆条种子的发芽势最低，且下降幅度最快；盐浓度越高，发芽势下降越显著；在盐浓度达到 1.2% 和 1.5% 时，除柽柳和沙枣具有一定的发芽势外，其余植物种子的发芽势已非常低，当盐浓度达到 1.8% 时，柽柳种子的发芽势为 20%，紫穗槐、杜梨、刺槐的发芽势为 2%，白腊、白榆、荆条种子的发芽势为 0，说明高盐处理对种子的发芽势有明显胁迫效应。

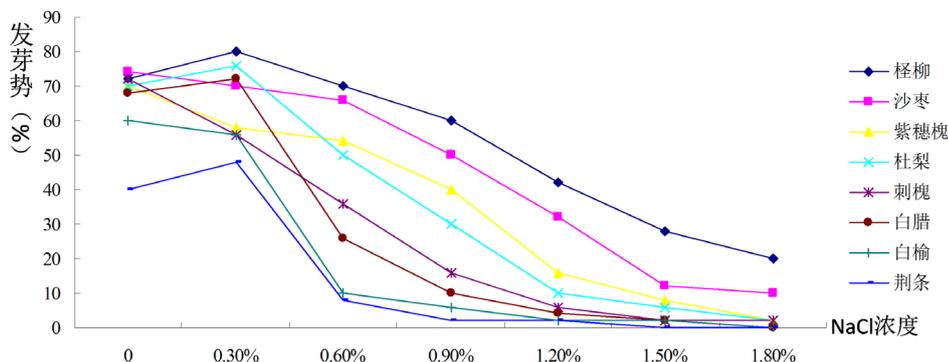


Figure 1. Germination potential curves of salt stress on different plants  
图 1. 盐胁迫下不同植物种子的发芽势曲线

Table 1. Analysis of variance in germination potential of eight plants under different salt concentrations  
表 1. 8 种植物种子在不同盐浓度下发芽势的方差分析

	偏差平方和	自由度df	均方	F值	P值
组间偏差	40,625.464	6	6770.911	28.937**	0.000
组内偏差	11,465.375	49	233.987		
总偏差	52,090.839	55			

注:  $P > 0.05$  表示差异不显著;  $0.01 < P < 0.05$  表示差异显著, 用\*表示;  $P < 0.01$ , 表示差异极显著, 用\*\*表示。下表同。

### 3.2. 盐胁迫下对种子发芽率的影响

从图 2 可以看出, 怪柳、白腊、荆条种子的萌发率在盐溶液浓度 0.3% 时, 发芽率达到最高, 分别为 86%、84% 和 56%, 表明低浓度的盐溶液在一定程度上促进了 3 种植物种子的发芽, 此后发芽率均随着盐浓度的升高而降低; 其余 5 种植物种子的发芽率呈现出一致趋势, 即随着盐浓度的升高持续下降, 且浓度越高, 降幅越大。单因素方差分析显示, 不同盐浓度下的发芽率之间差异极显著, 如表 2 所示。高浓度的盐溶液会抑制木本植物种子的萌发, 盐浓度越高, 抑制效果越明显。在盐溶液浓度达到 1.5% 时, 荆条种子已不能萌发, 发芽率为 0。盐浓度达到最高 1.8% 时, 白腊、白榆种子已不具备发芽能力, 发芽率为 0%, 而怪柳、沙枣、紫穗槐、杜梨、刺槐种子仍具有一定的发芽能力, 尤以怪柳最高, 达到 26%, 盐胁迫下不同树种间的发芽率表现出不同差异, 怪柳和沙枣发芽率显著高于其他树种, 其次为紫穗槐 > 杜梨 > 刺槐 > 白腊 > 白榆 > 荆条。

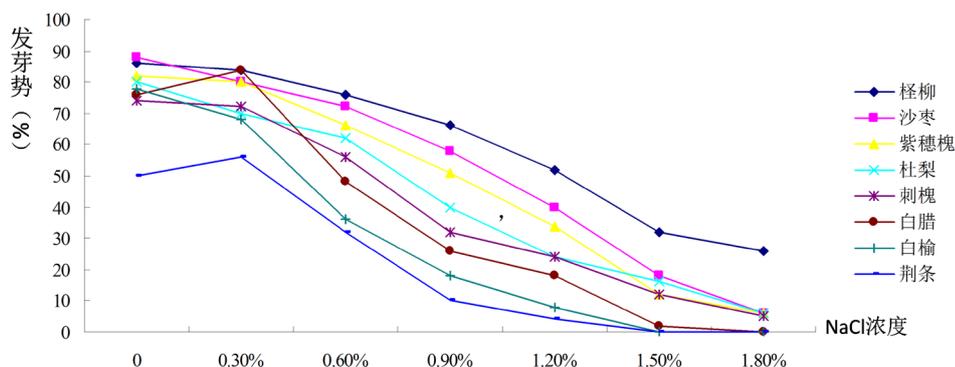


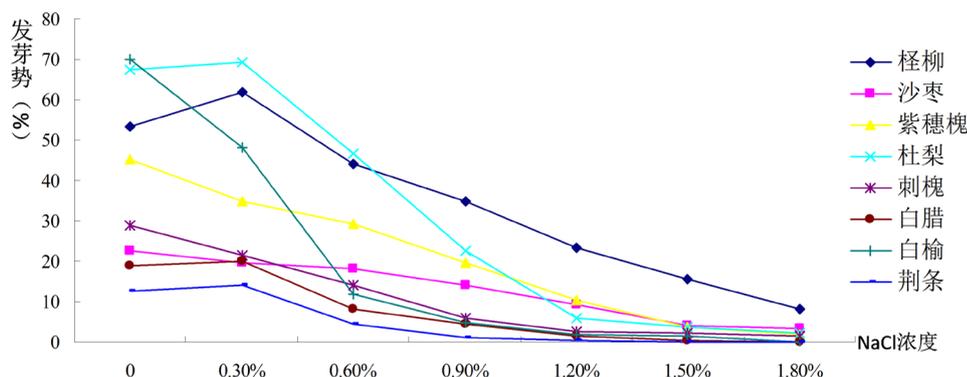
Figure 2. Changes of seed germination of eight plants under salt stress  
图 2. 盐胁迫下 8 种植物种子的发芽率变化曲线

**Table 2.** Analysis of variance in germination percentage of eight plants under different salt concentrations  
**表 2.** 8 种植物种子在不同盐浓度下发芽率的方差分析

	平方和	自由度df	均方	F值	P值
组间偏差	31,666.857	6	5277.810	22.293**	0.000
组内偏差	11,600.500	49	236.745		
总偏差	43,267.357	55			

### 3.3. 盐胁迫下对种子发芽指数的影响

图 3 显示,在无盐胁迫条件下,8 种木本植物种子发芽指数由高到低分别是白榆 > 杜梨 > 柽柳 > 紫穗槐 > 刺槐 > 沙枣 > 白腊 > 荆条。随着盐浓度的逐渐升高,柽柳、杜梨、白腊和荆条在盐浓度为 0.3% 时发芽指数最高,其后呈现出逐渐降低的趋势,其余 4 种木本植物表现出随着盐浓度升高,发芽指数逐渐下降,尤以白榆下降幅度最大,柽柳和沙枣下降程度较小。方差分析结果表明,不同树种及不同 NaCl 浓度间均表现出极显著差异(表 3)。



**Figure 3.** Changes of seed germination index of eight plants under salt stress

**图 3.** 盐胁迫下 8 种植物种子的发芽指数变化曲线

**Table 3.** Analysis of variance in germination index of eight plants under different salt concentrations  
**表 3.** 8 种植物种子在不同盐浓度下发芽指数的方差分析

	平方和	自由度df	均方	F值	P值
组间偏差	11,344.852	6	1890.809	9.270**	0.000
组内偏差	9994.335	49	203.966		
总偏差	21,339.187	55			

### 3.4. 8 种木本植物耐盐程度分析

表 4 显示,8 种木本植物耐盐程度不同,柽柳的耐盐浓度最高,为 1.2%;白腊、白榆和荆条的耐盐浓度最低,为 0.3%,说明柽柳种子在萌芽期间耐盐能力最强;沙枣的耐盐浓度为 0.9%,紫穗槐、杜梨、刺槐的耐盐浓度为 0.6%。柽柳的耐盐半致死浓度最高,沙枣和紫穗槐接近,为 0.9%;杜梨、刺槐的耐盐半致死浓度为 0.6%;白腊、白榆、荆条为 0.3%。根据测定结果,8 种植物的耐盐程度可分成 4 类,第一类为柽柳,强耐性植物;第二类为中度耐盐植物沙枣和紫穗槐;第三类为中度敏感植物杜梨和刺槐;第四类敏感植物即耐盐能力最弱,分别是白腊、白榆和荆条。

**Table 4.** Comparison of salt tolerance of seeds of eight woody plants**表 4.** 8 种木本植物种子的耐盐程度比较

植物	耐盐浓度	耐盐半致死浓度	耐盐极限浓度
柽柳	1.2%	1.2%	1.8%
沙枣	0.9%	1.2%	1.5%
紫穗槐	0.6%	0.9%	1.5%
杜梨	0.6%	0.6%	1.5%
刺槐	0.6%	0.6%	1.5%
白腊	0.3%	0.3%	0.9%
白榆	0.3%	0.3%	0.9%
荆条	0.3%	0.3%	0.9%

## 4. 讨论

当 NaCl 浓度为 0.3% 时, 柽柳和白腊的发芽率最高, 其次为沙枣、杜梨、刺槐、紫穗槐、白榆, 荆条的发芽率最差。当 NaCl 浓度为 0.6%、0.9%、1.2%、1.5% 和 1.8% 时, 柽柳种子均表现出最强的耐盐性, 沙枣次之, 荆条的耐盐性最弱。随着盐浓度的升高, 种子发芽率、发芽势、发芽指数均受到不同程度抑制, 浓度越高, 抑制作用越明显, 不同植物表现出不同的变化趋势, 表明盐胁迫对种子发芽的影响因植物不同而有所差异。当 NaCl 浓度为 0.9% 时, 8 种植物种子的发芽率、发芽势、发芽指数均与其他盐浓度下相同指标表现出显著差异, 表明 8 种植物均具有一定的耐盐能力, 可以认为关键盐浓度 0.9% 是 8 种植物盐浓度的临界值。

不同 NaCl 浓度胁迫植物种子后, 总体趋势表现为随着盐浓度升高, 种子的发芽率、发芽势、发芽指数逐渐下降。但是, 低浓度的盐处理促进了柽柳、白腊和荆条种子的萌发, 这与李海云、秦娟等研究报道的多数植物种子虽在蒸馏水中萌发最好, 但低浓度的盐溶液对种子萌发有促进作用[8] [9] [10]是一致的, 这可能与低浓度盐促进细胞膜的渗透调节有关, 也可能与微量 Na<sup>+</sup>激活了某些酶有关。同时研究结果显示: 沙枣、紫穗槐、刺槐、白榆种子的发芽率、发芽势的最高值出现在清水对照组, 随着盐浓度升高, 发芽率、发芽势逐渐下降, 在紫花苜蓿、草木樨、梭梭等植物上的研究也证明了这一点[11] [12] [13] [14] [15], 说明盐胁迫对植物种子的萌发具有一定的抑制作用; 低盐浓度下沙枣、紫穗槐、刺槐、白榆种子的发芽率和发芽势稍低于清水对照组, 表明低盐处理下对 4 种植物种子的萌发影响相对轻微, 4 种植物的种子都表现出一定的耐盐性。

通过对柽柳、沙枣、紫穗槐、杜梨、刺槐、白腊、白榆、荆条种子耐盐性对比试验, 综合分析认为 8 种植物均能在盐碱土壤生境中正常生长, 可作为河北省沿海防护林体系建设的造林树种。在 0.9% < 土壤盐浓度 < 1.2% 时, 以柽柳作为先锋树种; 0.6% < 土壤盐浓度 < 0.9% 时, 优先选择树种为沙枣、紫穗槐; 在 0.3% < 土壤盐浓度 < 0.6% 时, 最优选择树种为杜梨和刺槐; 在土壤盐浓度 < 0.3% 时, 最优选择树种为白腊、白榆和荆条。综合分析认为: 凡是能栽植白榆的生境, 均可试栽白腊、荆条; 凡是能栽植刺槐的地区, 均可栽植杜梨、紫穗槐、沙枣和柽柳; 8 种木本植物尤以柽柳和沙枣的耐盐性最强, 可在河北省沿海地区进行广泛种植, 通过不同乔灌木种的合理配置, 构建多层次、结构稳定、功能健全的沿海防护林体系, 改善和优化沿海区域生态环境。

## 基金项目

河北省人力资源和社会保障厅项目(C20190338)。

## 参考文献

- [1] 张建国. 河北省沿海防护林现状、问题及对策研究[J]. 河北林业科技, 2010(2): 67-68.
- [2] 宋庆云, 黄圣, 吕艳伟. 盐碱胁迫对白榆种子萌发和幼苗生长的影响[J]. 种子, 2018, 37(7): 15-18.
- [3] 穆俊丽, 杨静慧, 密超, 等. 7个草木樨品种的耐盐性研究[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2009, 37(1): 73-78.
- [4] 高永, 杨静慧, 李宏平, 等. 四种能源植物种子萌芽期的耐盐性研究[J]. 大豆科学, 2010, 29(6): 1091-1092.
- [5] 曾广娟, 彭红丽, 赵美微, 等. 8种盐生植物种子萌芽期的耐盐性差异比较[J]. 现代农业科技, 2015(20): 118+121.
- [6] 周元. 三棱栎种子特性与其致濒关系初步分析[J]. 种子, 2004, 23(1): 13-15.
- [7] 李玉梅, 姜云天, 董雪松. 盐胁迫对东北薄荷种子萌发的影响[J]. 东北林业大学学报, 2018, 46(2): 22-28+34.
- [8] 李海云, 赵可夫, 王秀峰. 盐对盐生植物种子萌发的抑制[J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2002, 33(2): 170-173.
- [9] 段德玉, 刘小京, 李存桢. 不同盐分与水分胁迫对灰绿藜种子萌发效应研究[J]. 中国生态农业学报, 2005, 13(2): 79-81.
- [10] 秦娟, 罗光香, 李亭, 等. 2种线椒的种子萌发和幼苗生长对 NaCl 的耐受性分析. 种子, 2016, 35(9): 24-28.
- [11] 卢垟杰, 刘淑慧, 郭建忠. 盐碱胁迫对紫花苜蓿和草木樨发芽及出苗的影响[J]. 种子, 2017, 36(8): 83-97.
- [12] 王晓龙, 李红, 闫利军, 等. 5种禾本科牧草种子萌发及幼苗耐盐性鉴定[J]. 种子, 2016, 35(8): 27-31.
- [13] 黄振英, 张新时, Gutterman Y, 等. 光照、温度和盐分对梭梭种子萌发的影响[J]. 植物生理学报, 2011, 27(3): 275-280.
- [14] 薛凤, 魏天兴, 葛根巴图. 盐胁迫对 9 种植物发芽生长的影响[J]. 林业调查规划, 2015, 40(4): 123-128+133.
- [15] 刘炳响, 王志刚, 杨敏生, 等. 模拟盐胁迫对白榆种子发芽、出苗及幼苗生长的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(5): 39-46.