

doi: 10.13866/j.azr.2017.02.17

温周期、贮藏时间和盐分对短毛柽柳 种子萌发的影响^①

王喜勇^{1,2}, 蔡丹红³, 严成², 魏岩¹

(1. 新疆农业大学草业与环境科学学院, 新疆草地资源与生态重点实验室, 新疆 乌鲁木齐 830052;
2. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 新疆 乌鲁木齐 830011; 3. 浙江省温岭市松门中学 浙江 温岭 317500)

摘要: 短毛柽柳(*Tamarix karelinii*) 是分布于盐渍化沙地和重盐碱地的灌木。为了阐明短毛柽柳种子的萌发特性, 设置不同的温周期、储藏时间和盐分梯度, 采用室内控制实验研究这些因子对种子萌发的影响。结果表明: ① 短毛柽柳种子在4个温周期中均具有高的萌发率, 并且温周期温度越高, 种子的萌发速率越快。② 室温贮藏1个月显著提高种子的萌发速率, 在贮藏6个月内, 种子的最终萌发率都能达到100%。③ $\leq 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液对种子的最终萌发率无显著影响, 而 $\geq 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的溶液则抑制种子的萌发, 且随着浓度的增加, 种子的最终萌发率呈下降趋势, 直至为0。将 $1.0 \sim 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 溶液中没有萌发的种子, 转移至蒸馏水继续培养后, 仍有 71.67% ~ 28.00% 的种子恢复萌发率, 表明种子具有较强的耐盐性。对短毛柽柳种子萌发特性的研究, 为短毛柽柳的种苗培育提供基础资料。

关键词: 短毛柽柳(*Tamarix karelinii*); 温周期; 贮藏时间; 盐分; 种子萌发

植物除了基因型和母株影响种子萌发外, 种子的萌发还受环境因素的影响, 特别是贮藏期间和吸涨期间的环境因素对种子萌发具有重要的影响⁽¹⁾。盐生环境是一种严峻的胁迫环境, 对植物的生长、发育、繁殖等各阶段都有重要的影响。而盐渍环境下的种子萌发是盐生植物生长的关键及敏感阶段, 不同的盐生植物种子萌发耐盐碱的能力差异很大⁽¹⁾。

柽柳属(*Tamarix*) 植物在我国主要分布于西北、内蒙古和华北, 中国产20种, 新疆有16种⁽²⁻³⁾。短毛柽柳(*Tamarix karelinii*) 又称盐地柽柳, 具有很强的抗盐碱能力; 在我国产于新疆、河西走廊、柴达木盆地以及内蒙古西部地区; 中亚、伊朗、阿富汗、蒙古也有分布⁽²⁻⁴⁾。短毛柽柳一般生于荒漠地区盐碱化土质沙漠、沙丘边缘、河湖沿岸等处; 短毛柽柳耐盐性强, 是盐渍化沙地和重盐碱地的主要造林绿化树种⁽²⁾。短毛柽柳的分类学地位一直是柽柳属中争论的焦点之一。张道远等⁽⁵⁾对短毛柽柳的分类学地位进行了系统研究, 认为短毛柽柳是刚毛柽柳的一个变种⁽⁶⁾。

目前, 国内外有关短毛柽柳的研究除了分类学

地位的争议外⁽³⁻⁶⁾, 在形态结构⁽⁷⁻⁹⁾、生理胁迫⁽¹⁰⁾、化学成分⁽¹¹⁾等方面也有研究, 但对于其种子萌发特性的研究尚未见报道。种子萌发是植物生活史的重要阶段, 是植物种群更新的重要途径^(1,12), 因而, 研究环境因子对短毛柽柳种子萌发的影响, 了解其种子在极端荒漠环境下的萌发机制, 对其种群的更新复壮和生产实践有着重要意义。本文从温周期、贮藏时间及盐分研究影响短毛柽柳种子萌发的因子, 以期揭示短毛柽柳种子萌发特性及其生态适应对策, 为干旱区荒漠植物的适应机制研究以及短毛柽柳的种苗培育提供基础资料, 也为短毛柽柳的分类提供佐证。

1 材料与方法

1.1 研究材料

成熟短毛柽柳种子于2014年10月采集于吐鲁番沙漠植物园(42°51'49"N, 89°11'41"E, 海拔-78 m), 种子收集后, 在通风条件下晾干。种子的千粒重(24.87 ± 4.22) mg。

① 收稿日期: 2016-01-26; 修订日期: 2016-11-13
基金项目: 国家自然科学基金项目资助(31360091, 31560113)
作者简介: 王喜勇(1978-)男, 在读博士, 主要从事荒漠植物资源研究。E-mail: wxy.701@163.com
通讯作者: 魏岩。E-mail: weiyani1966@163.com

1.2 研究方法

1.2.1 种子的萌发特性 借助光照培养箱(GTOP-158Y)模拟自然温度和光照,进行种子的萌发试验,以每组25粒,4个重复。种子的萌发以胚根突破种皮为标准。在种子萌发过程中,每24 h观测1次,观测各个处理下的萌发情况,将萌发的种子取出,持续观察直至种子全部萌发或连续2 d无新种子萌发时视为萌发结束。

(1) 不同温周期下种子的萌发:参考Khan等^[12]和Yan等^[13]的温度设置,结合新疆气候特点^[14],实验设置5/15℃、10/20℃、15/25℃、20/30℃(暗/光=12 h/12 h)4个梯度。将新成熟的种子(种子凉干后1周内)置于直径为90 mm垫有2层滤纸的培养皿中,加入5 mL蒸馏水,在4个温周期下进行种子萌发实验。

(2) 储藏时间对种子萌发的影响:在不同的贮藏时间(0、1、6个月),进行种子萌发实验。根据(1)的实验结果,在15/25℃的(暗/光=12 h/12 h)温周期下,将种子置于直径为90 mm垫有2层滤纸的培养皿中,加入5 mL蒸馏水培养。

(3) 种子在不同浓度NaCl溶液中的萌发:在15/25℃(暗/光=12 h/12 h)下,将种子置于不同浓度的NaCl溶液处理:0(CK)、0.05、0.1、0.2、0.4、0.6、0.8、1.0、1.2、1.6、2.0及4.0 mol·L⁻¹的培养皿中进行萌发实验,每个处理加入5 mL不同浓度盐溶液,并用封口膜封口,以防溶液蒸发。记录每个处理萌发率达到50%的时间(TG₅₀)。14 d后,将未萌发的种子转移到蒸馏水中继续观察不同NaCl处理下种子恢复萌发情况,并计算恢复萌发率。恢复萌发率=(A-B)/(C-B)×100%,其中A是全部时间的萌发种子数,B是NaCl溶液中的萌发种子数,C是该处理下的供试种子数。

1.2.2 数据统计与分析 数据分析采用SPSS 20.0的描述性统计单因素方差(one-way ANOVA)分析法,用Duncan post-hoc test检验处理间的差异显著性。实验结果均以平均值±标准误(SE)表示。用Sigma plot 12.5制图。

2 结果与分析

2.1 种子在不同温周期下的萌发率

短毛柽柳种子在5/15℃、10/20℃、15/25℃、

20/30℃(暗/光=12 h/12 h)条件下不同的温周期均具有高的萌发率和较快的萌发速度,4个温周期的种子均在7 d内萌发完毕,最终萌发率均高达100%(图1)。同时,随着温周期温度的升高,短毛柽柳种子的萌发速率加快;在20/30℃下,仅需要12 h萌发率就可以达50%(TG₅₀),3 d内就达100%;而低温周期5/15℃条件下,达到TG₅₀所需要的时间相对较长(3.3 d),要显著长于其他温周期(图1和图2)。

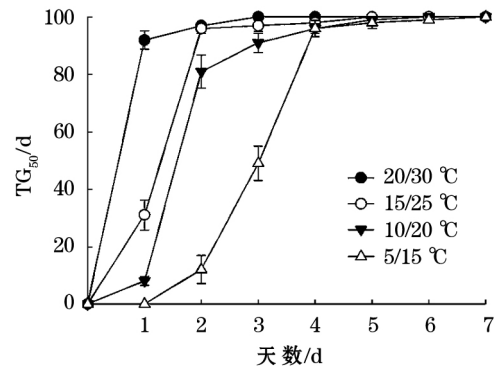


图1 不同温周期下短毛柽柳种子的累积萌发率

Fig. 1 Cumulative germination rates of *Tamarix karelinii* seeds at the different thermoperiods

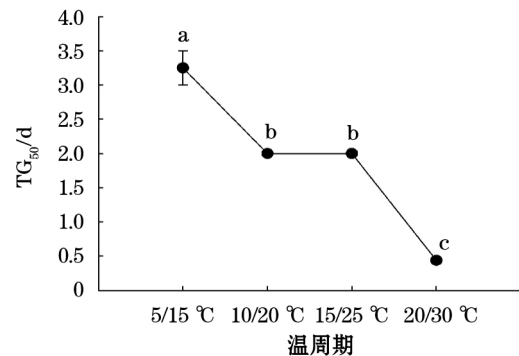


图2 不同温周期下短毛柽柳种子的TG₅₀

Fig. 2 TG₅₀ of *Tamarix karelinii* seeds at the different thermoperiods

2.2 不同储藏时间下的种子萌发

对不同贮藏时间下的短毛柽柳种子进行培养,萌发率如图3所示。在3个不同的贮藏时间(0、1、6个月)种子的最终萌发率都能达到100%。与新成熟种子(种子凉干后1周)相比,贮藏1个月的萌发速率显著提高,第1天的萌发率达到80%以上,显著高于新成熟种子(<40%),萌发时间由5 d缩短到2 d。与贮藏1个月的种子相比,贮藏6个月的萌发速率显著下降,萌发时间由2 d延长到4 d。

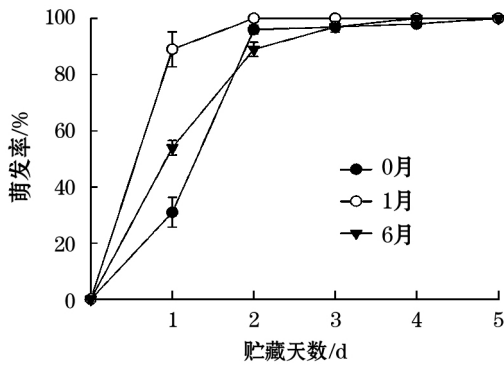


图3 不同贮藏时间短毛柽柳种子的累积萌发率
Fig. 3 Cumulative germination rates of *Tamarix karelinii* seeds with different storage time

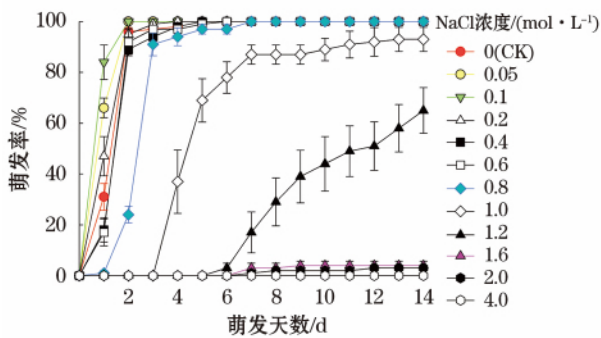


图4 短毛柽柳种子在不同浓度 NaCl 溶液下的累积萌发率
Fig. 4 Cumulative germination rates of *Tamarix karelinii* seeds under different NaCl concentrations

2.3 不同浓度 NaCl 溶液对短毛柽柳种子萌发的影响

2.3.1 种子在不同浓度 NaCl 溶液下的萌发 短毛柽柳种子在不同 NaCl 溶液中培养 14 d 后,由图 4 和表 1 可知, $\leq 1.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液对种子的萌发率无显著影响,均具有高的萌发率; $1.2 \sim 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液则显著抑制种子的萌发,且随着 NaCl 浓度的增加,种子的萌发率呈显著下降趋势,直到 $4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 降至为 0。

从初始萌发时间和 TG_{50} 看(表 1), $\leq 0.05 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的低浓度 NaCl 溶液具有促进短毛柽柳种子萌发的作用,该浓度下的种子萌发速率高于对照; $0.1 \sim 0.8 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的 NaCl 溶液中,随着 NaCl 浓度的增加,种子的初始萌发时间缓慢延长(由 0.17 d 缓慢增至 0.33 d),高浓度 NaCl 溶液 $1.0 \sim 2.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 时,其初始萌发时间大幅度延长至 4~7 d。

2.3.2 复水后的短毛柽柳种子的恢复萌发 在不同浓度 NaCl 溶液培养 14 d 后,将 $1.0 \sim 4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液中还未萌发的短毛柽柳种子转移到蒸馏水中继续萌发。由表 1 可知,种子的恢复萌发率在高浓度 NaCl 溶液中保持在较高的水平,在 $1.2 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ NaCl 溶液的恢复萌发率达到 71.67%,即使 $4.0 \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$ 的高浓度 NaCl 溶液仍具有 28% 的恢复萌发率,表明该种子具有很强的耐盐性。

表 1 在不同浓度 NaCl 溶液下短毛柽柳种子的萌发率、恢复萌发率及最终萌发率

Tab. 1 Germination rates, re-germination rates and final germination rates of *Tamarix karelinii* seeds under different NaCl concentrations

NaCl 浓度 / ($\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$)	初始萌发时间 / d	NaCl 溶液中的萌发率 / %	恢复萌发率 / %	最终萌发率 / %	TG_{50} / d
0.00 (CK)	0.17	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	2.00
0.05	0.17	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	1.00
0.10	0.25	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	1.00
0.20	0.25	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	2.00
0.40	0.33	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	2.00
0.60	0.33	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	2.00
0.80	0.33	100.00 ± 0.00a	0.00 ± 0.00d	100.00 ± 0.00a	3.00
1.00	4.00	93.00 ± 4.73a	71.00 ± 8.87a	98.60 ± 0.87a	5.00
1.20	6.00	65.00 ± 9.00b	71.67 ± 3.19a	90.00 ± 2.58a	12.00
1.60	7.00	4.00 ± 1.63c	53.35 ± 6.11b	55.00 ± 6.40b	> 14.00
2.00	7.00	3.00 ± 2.00c	64.96 ± 1.03ab	66.00 ± 1.16b	> 14.00
4.00	> 14.00	0.00 ± 0.00d	28.00 ± 9.93c	28.00 ± 9.93c	> 14.00

同列不同字母(a、b、c、d)表示不同处理间的差异($P = 0.05$); NaCl 溶液中的萌发率为 $B/C \times 100\%$, 恢复萌发率为 $(A - B) / (C - B) \times 100\%$, 最终萌发率为 $A/C \times 100\%$, 其中 A 是全部时间的萌发种子数, B 是 NaCl 溶液中的萌发种子数, C 是该处理下的供试种子数。

1.0 ~ 1.2 mol · L⁻¹ NaCl 浓度的种子复水后, 它们的最终萌发率达到 90% 以上, 到 4 mol · L⁻¹ NaCl 溶液中的最终萌发率迅速降至 28%。表明 ≤ 1.2 mol · L⁻¹ 的 NaCl 溶液对短毛柽柳种子的最终萌发率影响不大, 但随着 NaCl 浓度的增高, 部分乃至大部分种子失去萌发能力。

3 讨论与结论

植物利用昼夜温度上的变化, 使种子在一年中最适季节最适时间萌发, 昼夜温度的变化对荒漠植物的种子萌发有促进作用⁽¹⁾。由实验可知, 短毛柽柳种子萌发对温度变化的适应幅度较宽, 在 5/15 °C、10/20 °C、15/25 °C、20/30 °C 4 个温周期中种子的最终萌发率均高达 100%, 在 3 ~ 7 d 内迅速完成发芽过程。温周期变化影响短毛柽柳种子的萌发速率, 温周期越高萌发速度越快, 在高温周期萌发率达到 50% 仅需 6 h, 完成全部萌发过程仅需 3 d。荒漠环境的特点是干旱少雨, 温度和降水的时间变率较大, 空间分布的异质性程度高⁽¹²⁾。短毛柽柳种子这种宽的温周期适应幅度, 快的萌发速率, 以及低温周期慢、高温周期快的异速萌发, 是对多变的荒漠环境长期适应的结果。在自然环境下, 从秋天到春夏季, 短毛柽柳种子可利用一切短暂降雨或洪水的契机, 快速的萌发形成幼苗, 从而保障其种群的延续, 该种子萌发宽的温周期进一步增强了它对多变荒漠环境的适应能力。同属植物刚毛柽柳(*Tamarix hispida*)⁽¹⁵⁻¹⁶⁾和多枝柽柳(*T. ramosissima*)⁽¹³⁾、多花柽柳(*T. hohenackeri*)⁽¹⁷⁾、密花柽柳(*T. arceuthoides*)⁽¹⁸⁾种子对温度的适应幅度也较宽, 在 10 ~ 30 °C 恒温 and 温周期变化下, 均具有快速萌发的相似特性。

种子的自然寿命随物种的不同而不同, 即使同属植物其种子的寿命也不尽相同。柽柳(*T. chinensis*)种子在室温下存放 14 d 后就基本失活⁽¹⁹⁾, 室温下多花柽柳种子寿命为 8 个月⁽¹⁷⁾, 刚毛柽柳⁽¹⁵⁾种子寿命为 11 个月左右, 而刘铭庭⁽²⁾认为在新疆各种柽柳种子的寿命大都可以贮藏半年之久。本实验结果表明, 短毛柽柳种子在室温下贮藏 6 个月时仍有高的萌发率, 这为它在当年秋天形成秋萌株及来年春夏季的种群扩繁提供了保障。

盐生植物长期生活在盐渍环境, 具有一定的耐

盐能力, 植物种类不同, 其种子萌发对盐分的响应也不同⁽²⁰⁻²²⁾。实验可知, 低盐(NaCl 浓度 0.05 mol · L⁻¹) 显著提高短毛柽柳种子的萌发速率, 促进种子的萌发, 在 1.2 mol · L⁻¹ NaCl 溶液中还有 65% 的萌发率, 即使在 2.0 mol · L⁻¹ 仍有少量种子萌发, 表明短毛柽柳种子具有强耐盐性, 部分种子具有在强盐渍环境下生存的能力。Khan⁽²³⁾ 按照种子在萌发期间的耐盐性分为 3 类: 低耐盐(在 0.125 mol · L⁻¹ 以下有低萌发率)、中耐盐(在 0.5 mol · L⁻¹ 下萌发) 和高耐盐(在 0.85 mol · L⁻¹ 或高于 0.85 mol · L⁻¹ 萌发), 短毛柽柳属于高耐盐种子。相似的现象出现在刚毛柽柳⁽¹⁶⁾。但低盐(≤ 0.05 mol · L⁻¹ NaCl) 对同属植物多枝柽柳⁽¹³⁾、多花柽柳⁽¹⁷⁾、密花柽柳⁽¹⁸⁾ 无促进作用, 而从 0.4 mol · L⁻¹ 的 NaCl 溶液起萌发率随着浓度增高而急剧降低, 到 0.8 ~ 1 mol · L⁻¹ 时萌发率已降为 0。

大部分盐生植物种子具有在高浓度 NaCl 条件下长时间保持活力的能力, 且在盐分降低后能恢复萌发⁽²⁰⁻²¹⁾。实验表明, 短毛柽柳种子的恢复萌发率在高浓度 NaCl 溶液中保持在较高的水平, 在 1.2 mol · L⁻¹ NaCl 溶液的恢复萌发率达 71.67%。相似的现象出现在刚毛柽柳⁽¹⁶⁾ 中。但同属的多枝柽柳⁽¹³⁾、多花柽柳⁽¹⁷⁾ 的恢复萌发率极低。

在盐渍环境下种子萌发能力和耐盐性往往影响着植物种群的更新及其分布^(1, 20)。同属的柽柳植物由于其各自的生长环境不同, 其种子耐盐性能也不同。种子耐盐性相对较弱的多花柽柳、密花柽柳、多枝柽柳多分布在盐渍化相对较轻的沙土河流阶地、沙滩湖盆边缘、荒漠区河漫滩⁽²⁴⁾。从萌发结果看, 短毛柽柳和刚毛柽柳具有相似的萌发特性, 有低盐促进萌发、较强的耐盐萌发和恢复萌发能力, 可能是两者都生长于沙丘间重盐碱沙地或湖边、渠边、绿洲边缘的重度盐渍化的盐土生地地带, 生态位有所交叉⁽²⁴⁾ 和长期趋同适应的结果, 这一结果也支持张道远等⁽⁵⁾ 对短毛柽柳的分类学地位的确定, 认为短毛柽柳是刚毛柽柳的一个变种。

参考文献(References):

- (1) Gutterman Y. Seed germination in desert plants (J). Berlin: Springer-Verlag, 1993.
- (2) 刘铭庭. 柽柳属植物综合研究及大面积推广应用 (M). 兰州: 兰州大学出版社, 1995. (Liu Mingting. *Tamarix Plant Utilization*

- Research and Large Scale Applications (M). Lanzhou: Lanzhou University Press, 1995.)
- (3) 张鹏云, 张耀甲. 中国植物志: 第 50 卷(2) (M). 北京: 科学出版社, 1990: 142 - 177. (Zhang Pengyun, Zhang Yaojia. Flora of China: Volum 50 (2) (M). Beijing: Science Press, 1990, 50(2): 142 - 177.)
- (4) 尹林克. 中亚荒漠生态系统中的关键种——怪柳 (J). 干旱区研究, 1995, 12(3): 43 - 47. (Yin Linke. *Tamarix*, the key species of desert ecosystem (J). Arid Zone Research, 1995, 12(3): 43 - 47.)
- (5) 张道远, 曹同, 潘伯荣. 短毛怪柳 (*Tamarix karelinii* Bge.) 的分类学地位探讨 (J). 干旱区研究, 2003, 20(2): 144 - 147. (Zhang Daoyuan, Cao Tong, Pan Borong. Studies on the taxonomical status of *Tamarix karelinii* Bge. (J). Arid Zone Research, 2003, 20(2): 144 - 147.)
- (6) Baum B R. The Genus *Tamarix* (M). Jerusalem: The Israel Academy of Sciences and Humanities, 1978.)
- (7) 魏岩, 谭敦炎, 尹林克. 中国怪柳科植物叶解剖特征与分类关系的探讨 (J). 西北植物学报, 1999, 19(1): 113 - 118. (Wei Yan, Tan Dunyan, Yin Linke. The discussinos on the anatomical structure of leaf and its taxonomic relationship of Tamaricaceae in China (J). Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1999, 19(1): 113 - 118.)
- (8) 张道远, 谭敦炎, 张娟, 等. 国产怪柳属 16 种植物当年生小枝比较解剖及其生态意义 (J). 云南植物研究, 2003, 25(6): 653 - 662. (Zhang Daoyuan, Tan Dunyan, Zhang Juan, et al. Comparative anatomy of young branches of 16 species of *Tamarix* from China with reference to their ecological significance (J). Acta Botanica Yunnanica 2003, 25(6): 653 - 662.)
- (9) 张元明, 潘伯荣, 尹林克. 中国干旱区怪柳科植物种子形态特征及其系统学意义 (J). 植物资源与环境, 1998, 7(2): 22 - 27. (Zhang Yuanming, Pan Borong, Yin Linke. Seed morphology of Tamaricaceae in China arid areas and its systematic evolution (J). Journal of Plant Resources and Environment, 1998, 7(2): 22 - 27.)
- (10) 王霞, 侯平, 尹林克, 等. 水分胁迫对怪柳组织含水量和膜透性的影响 (J). 干旱区研究, 1999, 16(2): 12 - 16. (Wang Xia, Hou Ping, Yin Linke, et al. Effect of tissue relative water content and membrane permeation of *Tamarix* under soil-water stress slowly (J). Arid Zone Research, 1999, 16(2): 12 - 16.)
- (11) 李佳, 李国庆, 苏力坦·阿巴白克力. 超声波法提取短毛怪柳中总黄酮 (J). 生物技术, 2008, 18(5): 38 - 40. (Li Jia, Li Guoqing, Ababakery Sultan. Ultrasonic extraction methods of flavonoids from *Tamarix karelinii* Bge. (J). Biotechnology, 2008, 18(5): 38 - 40.)
- (12) Khan M A, Gul B, Weber D J. Seed germination in the great basin halophyte *Salsola iberica* (J). Canadian Journal of Botany, 2002, 80: 650 - 655.)
- (13) Yan C, Wei Y, Yang M L. Comparative germination of *Tamarix ramosissima* spring and summer seeds (J). Excli Journal, 2011, 10: 198 - 204.)
- (14) 中国科学院新疆综合考察队, 中国科学院植物研究所. 新疆植被及其利用 (M). 北京: 科学出版社, 1978: 16 - 22. (Integrated Scientific Expedition to Xinjiang of the Chinese Academy of Science, Institute of Botany of the Chinese Academy of Science. The Xinjiang Vegetation and Its Utilization (M). Beijing: Science Press, 1978: 16 - 22.)
- (15) 孙红叶, 李利, 刘国军, 等. 刚毛怪柳种子萌发对盐分与干旱胁迫的响应 (J). 干旱区地理, 2007, 30(3): 414 - 419. (Sun Hongye, Li Li, Liu Guojun, et al. Effects of temperature, salt and water stress on the seed germination of *Tamarix hispida* (J). Arid Land Geography, 2007, 30(3): 414 - 419.)
- (16) 姬慧娟, 尹林克, 严成. 刚毛怪柳 (*Tamarix hispida*) 种子萌发特性的研究 (J). 生物技术, 2008, 18(6): 35 - 38. (Ji Huijuan, Yin Linke, Yan Cheng. Studies on germination characteristics of *Tamarix hispida* seeds (J). Biotechnology, 2008, 18(6): 35 - 38.)
- (17) 王磊, 严成, 魏岩, 等. 温度、盐分和储藏时间对多花怪柳种子萌发的影响 (J). 干旱区研究, 2008, 25(6): 797 - 801. (Wang Lei, Yan Cheng, Wei Yan, et al. Study on the effects of temperature, salinity and storing time on the germination of *Tamarix hohenackeri* seeds (J). Arid Zone Research, 2008, 25(6): 797 - 801.)
- (18) 严成, 魏岩, 王磊. 密花怪柳春夏两季种子的萌发行为 (J). 干旱区研究, 2010, 27(5): 750 - 754. (Yan Cheng, Wei Yan, Wang Lei. Study on germination of *Tamarix arceuthoides* seeds in spring and summer (J). Arid Zone Research, 2010, 27(5): 750 - 754.)
- (19) 王仲礼. 黄河三角洲怪柳 (*Tamarix chinensis*) 有性生殖过程及其适应性的研究 (D). 南京: 南京林业大学, 2005. (Wang Zhongli. Sexual Reproduction and Adaptability of *Tamarix chinensis* (Tamaricaceae) in Yellow River Delta (D). Nanjing: Nanjing Forestry University, 2005.)
- (20) Ungar I A. Population ecology of halophyte seeds (J). The Botanical Review, 1987, 53: 301 - 344.)
- (21) Wei Y, Dong M, Huang Z Y, et al. Factors influencing seed germination of *Salsola affinis* (Chenopodiaceae), a dominant annual halophyte inhabiting the deserts of Xinjiang, China (J). Flora, 2008, 203: 134 - 140.)
- (22) Huang Z Y, Zhang X S, Zheng G H, et al. Influence of light, temperature, salinity and storage on germination of *Haloxylon ammodendron* (J). Journal of Arid Environments, 2003, 55: 453 - 464.)
- (23) Khan M A. Comparative influence of salinity and temperature on the germination of subtropical perennial halophytes (C) // Hamdy A, Lieth H, Todorov M. Halophyte Uses in Different Climates I. Ecological and Physiological Studies. Leiden: Backhuys Publishers, 1999: 177 - 188.)
- (24) 杨维康, 张道远, 尹林克, 等. 新疆怪柳属植物的分布与群落相似性聚类分析 (J). 干旱区研究, 2002, 19(3): 6 - 11. (Yang Weikang, Zhang Daoyuan, Yin Linke, et al. Distribution and cluster analysis on the similarity of the *Tamarix* communities in Xinjiang (J). Arid Zone Research, 2002, 19(3): 6 - 11.)

Effects of Thermoperiod , Storage Time and Salinity on Germination of *Tamarix karelinii* Seeds

WANG Xi-yong^{1,2} , CAI Dan-hong³ , YAN Cheng² , WEI Yan¹

(1. Xinjiang Key Laboratory of Grassland Resources and Ecology , College of Prataculture and Environmental Sciences ,

Xinjiang Agricultural University , Urumqi 830052 , Xinjiang , China;

2. Xinjiang Institute of Ecology and Geography , Chinese Academy of Sciences , Urumqi 830011 , Xinjiang , China;

3. Songmen Middle School , Wenling 317500 , Zhejiang , China)

Abstract: *Tamarix karelinii* is a shrub species growing in sand desert and seriously saline or alkaline soil. In order to reveal its seed germination better , the experiments were conducted to determine the effects of thermoperiod , storage time and salinity on seed germination. Freshly matured seeds were placed in incubators with 12-hour photoperiods and 12-hour thermoperiods of 5/15 °C , 10/20 °C , 15/25 °C and 20/30 °C (dark/light = 12/12 hours) . Seeds were stored at naturally fluctuating temperature in laboratory. On the 1st day of 1 month and 6 months after collection , the seeds were placed in incubators at 15/25 °C (dark/light = 12/12 hours) . Effects of 0.0 , 0.05 , 0.1 , 0.2 , 0.4 , 0.6 , 0.8 , 1.0 , 1.2 , 1.6 , 2.0 and 4.0 mol · L⁻¹ NaCl solution on seed germination were tested at 15/25 °C (dark/light = 12/12 hours) . After an incubation for 14 days , the un-germinated seeds were transferred into distilled water and incubated to determine the seed re-germination rate. The results are as follows: ① Seeds germinated quickly with a high germination rate at four thermoperiods from 5/15 °C to 20/30 °C , and there were not significant differences in germination rates among thermoperiods. However , the longer the thermoperiod was , the faster the seed germination would be; ② There was a significant increase of seed germination rate after a storage time for 1 month , but there was no change of seed germination rate when seeds were exposed in air for 6 months; ③ Seed germination was not affected by NaCl at concentration below 0.8 mol · L⁻¹. When the NaCl concentration was increased from 1.0 mol · L⁻¹ to 4.0 mol · L⁻¹ , the seed germination was inhibited , the seed germination rate was decreased , and the seeds did not germinate in NaCl concentration of 4.0 mol · L⁻¹. When the un-germinated seeds in NaCl concentrations of 1.0 – 4.0 mol · L⁻¹ were transferred into distilled water to incubate , the 71.67 – 28.00% seeds could re-germinate , which revealed that *T. karelinii* seeds have strong salt tolerance. However , the final germination rates were lower at salinities from 1.2 mol · L⁻¹ to 4.0 mol · L⁻¹ than those in distilled water , which revealed that a portion of the NaCl-treated seeds may lose their germination ability. This research may not only reveal the adaptive strategies of *T. karelinii* seeds , but also could provide the basic data for cultivation of *T. karelinii* seedlings.

Key words: *Tamarix karelinii*; thermoperiod; storage time; salinity; seed germination