

刘燕燕, 张 聃, 曹 昀, 等. 水分胁迫对紫穗槐种子萌发及幼苗生长的影响[J]. 江苏农业科学, 2014, 42(9): 145–147.

# 水分胁迫对紫穗槐种子萌发及幼苗生长的影响

刘燕燕<sup>1</sup>, 张 聃<sup>2</sup>, 曹 昀<sup>1</sup>, 张素娟<sup>1</sup>, 郑 林<sup>1</sup>

(1. 江西师范大学地理与环境学院, 江西南昌 330022; 2. 江西省水土保持科学研究院, 江西南昌 330029)

**摘要:**水分是种子萌发和幼苗生长的基本外部环境条件之一, 配制不同浓度的聚乙二醇 (PEG-6000) 高渗溶液模拟土壤水势梯度 (−0.2 ~ −1.0 MPa), 测定紫穗槐的萌发数量、生物量、叶绿素 SPAD 值等指标, 以期研究水分胁迫对紫穗槐种子萌发及幼苗生长的影响。建立了水分胁迫与种子最终萌发率的线性回归方程:  $y = -0.034 8x^2 + 0.594 7x + 0.646 6$ , 得出紫穗槐种子萌发的耐旱极限值为 −1.025 MPa。结果表明, 随着水分胁迫的加重, 紫穗槐种子萌发和幼苗生长受到的抑制程度增加, 表现为初始萌发时间推迟, 发芽势、发芽指数、活力指数、叶绿素 SPAD 值和生物量均呈下降趋势; 轻度 (−0.2 MPa)、重度 (−1.0 MPa) 干旱胁迫对紫穗槐种子叶绿素 SPAD 值变化的影响较明显, 中度 (−0.4 MPa、−0.6 MPa、−0.8 MPa) 干旱胁迫下的影响相对平缓。可见紫穗槐可作为某些干旱地区生态恢复的物种。

**关键词:**紫穗槐; 水分胁迫; 萌发特性; 干旱

**中图分类号:** S718.43; Q945.78

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1002-1302(2014)09-0145-03

紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*) 别称绵槐, 属豆科花香落叶丛生灌木, 原产北美洲, 20 世纪 20 年代传入我国, 现已遍及我国东北南部、黄河流域以及长江平原等地区。紫穗槐具有较好的经济价值和生态价值, 其叶子是营养丰富的青饲料, 可沤制绿肥, 防虫; 种子可以用来榨油; 枝条可编筐、篓, 造纸, 生产人造纤维; 其植株也可以起到改良盐碱土、固结土壤和保持水土的作用。目前, 关于紫穗槐的研究较多集中在苗木生长<sup>[1-2]</sup>、生理生化特性<sup>[1,3-4]</sup>、生物工程<sup>[5-6]</sup>和水土保持<sup>[7]</sup>等方面, 关于其种子萌发的研究主要有盐碱胁迫对紫穗槐种子发芽的影响等<sup>[8-9]</sup>, 而应用 PEG 模拟干旱条件对紫穗槐种子萌发影响的研究较少。本试验通过不同浓度的 PEG 溶液模拟干旱环境, 分析水分胁迫下紫穗槐种子的萌发情况, 并测定其萌发数量、生物量、幼苗叶绿素 SPAD 值等指标, 以期了解紫穗槐种子萌发阶段的耐旱特性及抗旱机理, 为人工育苗及其栽培应用提供试验依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试的紫穗槐种子购买于江西省南昌市某花鸟市场 (千粒质量 0.58 g)。

### 1.2 材料处理

采用培养皿纸上培养法进行种子萌发试验, 将紫穗槐种子置于 25 ℃ 恒温、8 h 光照/16 h 黑暗条件的气候培养箱中培养。每处理用 50 粒种子, 各重复 3 次。

紫穗槐种子的具体处理过程为: (1) 选取大小均匀、饱

满、无病虫的紫穗槐种子在 30 ℃ 温水中浸泡 24 h 后, 去除浮在水面的坏种子和部分杂质, 取出, 在阴凉处储存。(2) 采用 Michel 和 Kaufmann 方法配制模拟干旱的 PEG (聚乙二醇, 分子量为 6 000) 溶液。设 5 个试验组, 即 PEG 溶液浓度分别为 10%、15%、20%、25%、30%, 相应的溶液水势分别为 −0.2、−0.4、−0.6、−0.8、−1.0 MPa, 分别记为处理 1、处理 2、处理 3、处理 4、处理 5; 以蒸馏水作为对照, 水势为 0<sup>[10]</sup>。(3) 每个培养皿 (9 cm) 中都放 5 张吸水纸, 再铺 2 张滤纸制成培养床, 然后放入种子, 种子间距为种子粒长的 1~2 倍, 分别注入不同浓度的 30 mL 胁迫溶液, 使吸水纸饱和, 铺上湿布后置于培养箱中。(4) 每天都要将培养皿中的吸水纸用相应浓度的 PEG-6000 溶液冲洗, 以保持各自的溶液浓度恒定, 每 4 d 更换 1 次吸水纸, 以防吸水纸霉变。

### 1.3 指标测定及方法

当 3 个重复中有 1 粒种子发芽时, 即记录为该种子开始发芽, 以后每天统计发芽数, 以胚芽露出种皮为标准, 将连续 6 d 不萌发的时间作为发芽终止期。待种子终止发芽后, 分别在每组幼苗叶片上随机选取 10 个点, 使用 SPAD-502 叶绿素仪测定 SPAD 值, 以平均值作为其叶绿素 SPAD 值。试验结束后随机选取各处理发育完全的幼苗, 用电子天平测其鲜质量, 取平均值。相关计算公式如下:

发芽率 = (发芽终止时期全部正常发芽的种子数/供试种子数) × 100%;

相对发芽率 = (各处理发芽率/对照发芽率) × 100%;

发芽势 = (规定时间内种子发芽数/供试种子数) × 100%;

发芽指数 ( $G_i$ ) =  $\sum G_i/D_i$ 。

式中:  $G_i$  为在时间  $t$  d 的发芽数, 个;  $D_i$  为相应的发芽时间, d。

活力指数 ( $V_i$ ) =  $G_i \times S_x$ 。

式中:  $S_x$  为幼苗质量, g。

### 1.4 数据分析

图表使用 Word 2007 软件绘制, 采用 Excel 统计软件处理试验数据, 并进行单因素方差分析和显著性检验。

收稿日期: 2013-12-03

基金项目: 国家科技支撑计划 (编号: 2007BAC23B03); 江西省教育厅科技落地计划; 江西省科技成果重点转移转化计划 (编号: 20142BB190022)。

作者简介: 刘燕燕 (1989—), 女, 江西九江人, 硕士研究生, 主要从事生态恢复研究。E-mail: 837508705@qq.com。

通信作者: 曹 昀。E-mail: yun.cao@163.com。

## 2 结果与分析

### 2.1 水分胁迫对紫穗槐种子萌发时间的影响

由图 1 可以看出,随着 PEG 浓度的增加,紫穗槐的发芽时间逐渐推迟;试验组种子初始发芽时间与对照(CK)相比均存在较大差异,CK 的发芽时间最早(5 d);随着试验的进行,处理组种子逐渐发芽:处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 的初次发芽时间依次是试验后 7、8、11、12 d;处理 5 的种子在试验期间始终没有发芽。

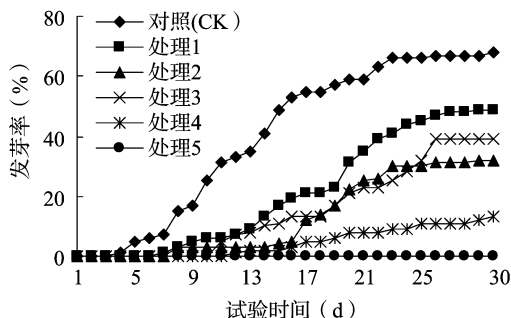


图1 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐种子萌发率的影响

由图 2 可以看出,对照组在试验后 30 d 达到 68.0% 的日最高发芽率,为萌发高峰期;处理 1 的种子在置床的 7 d 后开始萌发,并在 30 d 后达到 72.5% 的最高日相对发芽率;随着胁迫程度的提高,处理 2、处理 3、处理 4 分别在试验后 29、26、30 d 达到最高萌发率,分别为 47.5%、58.0%、19.6%;与对照相比,处理 2、处理 3 的萌发时间分别提前了 1、4 d,处理 1、处理 4 与对照组相同,这说明干旱胁迫不仅会影响初始萌发时间,还会影响最高萌发率时间。

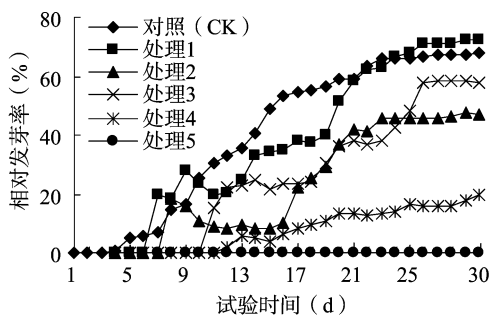


图2 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐日相对发芽率的影响

### 2.2 水分胁迫对紫穗槐发芽势和发芽指数的影响

发芽势是反映种子品质的重要指标之一,发芽势高的种子播后发芽整齐。由图 3 可以看出,各试验组的发芽势与对照组相比均有不同程度的下降。轻度水分胁迫的处理 1 发芽势明显低于对照组;随着水分胁迫的加重,发芽势大致呈现下降趋势,处理 5 的发芽势降为 0,说明水分胁迫对紫穗槐种子萌发初期的影响较大。

发芽指数可以反映种子萌发的速度和整齐度,由图 3 还可以看出,水分胁迫对紫穗槐发芽指数的影响表现为随着水势的降低而大致逐渐降低的趋势,处理 5 的萌发率为 0,发芽指数也为 0。但是从处理 2 到处理 3 出现了略微上升,处理 3 的发芽指数达到了 0.7,说明适量 PEG 浓度(20%)可以促进紫穗槐种子的萌发。

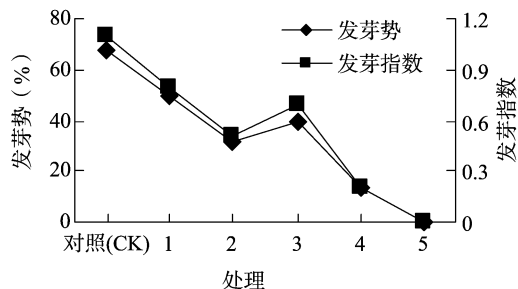


图3 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐发芽势和发芽指数的影响

### 2.3 水分胁迫对紫穗槐幼苗叶绿素 SPAD 值的影响

叶绿素是绿色植物吸收光能并将光能转化为化学能的活性物质。由图 4 可以看出,随着水分胁迫的加剧,紫穗槐种子萌发阶段的叶绿素 SPAD 值逐渐降低。对照组叶绿素 SPAD 值最高,为 13.59,处理 1、处理 2、处理 3、处理 4、处理 5 的叶绿素 SPAD 值分别为 8.04、6.74、6.03、5.10、0。可见随着胁迫程度的增加,从对照到处理 1、从处理 4 到处理 5 的梯度内,叶绿素 SPAD 值下降得较明显,分别下降了 5.55、5.10(图 4)。整体结果表明,轻度(-0.2 MPa)、重度(-1.0 MPa)水分胁迫对紫穗槐种子萌发时叶绿素变化的影响较大。

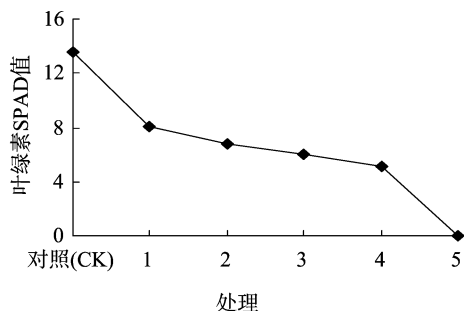


图4 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐种子萌发后叶绿素的影响

### 2.4 水分胁迫对紫穗槐种子最终萌发率的影响

种子萌发率能比较直观地反映不同水势条件下种子的萌发状况,由图 5 可以看出,随着水势的降低,紫穗槐种子的最终萌发率呈明显下降趋势,各处理均与对照存在较大差异。与 CK(水势=0)相比,处理 1、处理 2、处理 3、处理 4 的萌发率分别下降了 27.9%、52.9%、42.6%、80.9%。当水势为 -1.0 MPa 时,萌发率为 0,比对照组下降了 68.0%。由此可以看出,重度干旱胁迫(-1.0 MPa)能够抑制紫穗槐种子萌发。

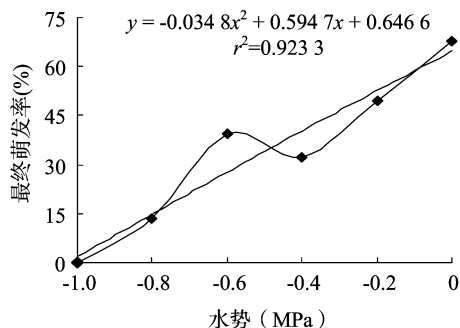


图5 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐种子最终萌发率的影响

建立萌发率与水势的线性回归方程,  $r^2 = 0.923\ 3$ 。假设紫穗槐种子的萌发率为 0, 代入方程计算出种子萌发的耐旱极限值为  $-1.025\ \text{MPa}$ 。

## 2.5 水分胁迫对紫穗槐种子萌发过程生物量和活力指数的影响

由图 6 可以看出, 随着胁迫程度的增加, 紫穗槐种子的生物量呈下降趋势。对照组的生物量为  $0.031\ \text{g/株}$ , 处理 1 的生物量与 CK 相同, 当 PEG 浓度超过 10%, 生物量分为 3 个梯度: 处理 1 ( $0.031\ \text{g/株}$ ) 到处理 2 ( $0.022\ \text{g/株}$ ) 下降了  $0.009\ \text{g/株}$ ; 处理 2 ( $0.022\ \text{g/株}$ ) 到处理 3 ( $0.013\ \text{g/株}$ ) 下降了  $0.009\ \text{g/株}$ ; 处理 4 ( $0.013\ \text{g/株}$ ) 到处理 5 ( $0\ \text{g/株}$ ) 下降了  $0.013\ \text{g/株}$ 。CK 与处理 1、处理 3 与处理 4 条件下的生物量不发生变化。可见水分胁迫会使紫穗槐种子在萌发时的生物量增加, 一定水势梯度 ( $-1.0\ \text{MPa}$ ) 下的生物量为 0, 这与耐旱极限值基本一致, 即该处理浓度下的溶液浓度对紫穗槐的萌发有抑制作用。

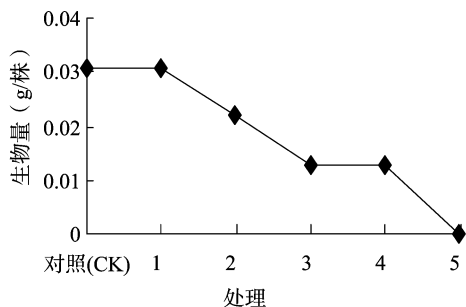


图6 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐种子萌发生物量的影响

活力指数表达了种子的发芽速度、整齐度、发芽百分数和幼苗生长势, 是种子发芽和幼苗生长的综合反映, 也表达了一定的植株生产力。由图 7 可以看出, 经过 PEG 处理的紫穗槐种子萌发后活力指数随着水势的降低而递减, 处理 1 至处理 2 的活力指数降幅最大, 随着胁迫的加剧, 活力指数降幅缩小。

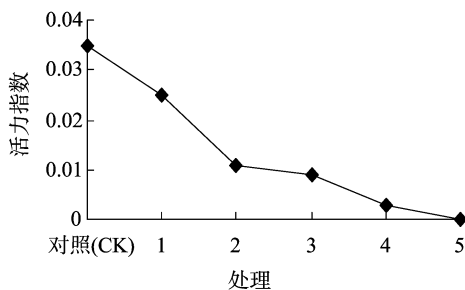


图7 PEG 模拟水分胁迫对紫穗槐种子萌发时期的活力指数的影响

## 3 结论与讨论

种子萌发是植物生活史的重要阶段, 是植物种群自然更新的基础。在种子萌发阶段, 水分是影响其萌发的关键生态因子之一<sup>[11]</sup>, 是影响植物生长和发育的重要环境因子, 也是限制植物在自然界分布和影响植物生产力的一个重要因素<sup>[12]</sup>。

紫穗槐种子萌发受水分胁迫的影响较显著, 随着 PEG 模拟水分胁迫程度的增加, 紫穗槐种子萌发的发芽指数、发芽势、活力指数都呈下降趋势, 这可能与高浓度的 PEG 溶液抑制了紫穗槐种子萌发和幼苗生长时所需酶的活性有关, 与赵

建诚等结果<sup>[9]</sup>一致, 说明水分胁迫对紫穗槐种子萌发和幼苗生长具有抑制作用。当水势为  $-0.6\ \text{MPa}$  时, 发芽势、发芽指数有短暂上升, 说明胁迫浓度为 20% 时在一定程度上可促进紫穗槐种子萌发。当水势为  $-1.0\ \text{MPa}$  时, 紫穗槐种子萌发率为 0, 这与马玉心等在研究水分胁迫对紫穗槐种子萌发影响试验中得出的结果 ( $-0.8\ \text{MPa}$ )<sup>[13]</sup> 略有偏差, 但最终结论都表明, 紫穗槐在干旱胁迫影响下表现出抗旱性。

本试验中紫穗槐受 PEG 浓度的影响, 试验组幼苗的叶绿素 SPAD 值、生物量与对照组相比有明显的下降, 说明紫穗槐幼苗生长对水分胁迫有敏感性。水分胁迫是抑制植物光合作用最主要的环境因子之一, 它能够导致光合器官的损伤, 抑制植物的光合作用, 从而限制幼苗生物量积累, 而叶绿素的衰减也是植物在逆境条件下的一种反应<sup>[14]</sup>。PEG 模拟水分胁迫使得紫穗槐叶绿素 SPAD 值和生物量下降, 当水势为  $-1.0\ \text{MPa}$  时降为 0; 试验表明紫穗槐在水势大于  $-1.0\ \text{MPa}$  时会表现出一定的抗旱能力, PEG 模拟水分胁迫试验表明, 在 10% ~ 30% 范围内, 其对紫穗槐种子萌发过程中幼苗叶片叶绿素 SPAD 值、生物量影响显著。因此, 用紫穗槐作为物种进行生态恢复, 适宜的胁迫浓度有利于幼苗培育, 并可促进种子萌发, 种子不萌发说明水分胁迫会对种子产生抑制作用, 迫使其进入浅度休眠状态来适应极度干旱环境, 但是否可以再度复水萌发还有待进一步研究。

## 参考文献:

- [1] 王 瑞, 梁坤伦, 周志宇, 等. 不同淹水梯度对紫穗槐的营养生长和生理响应[J]. 草业学报, 2012, 21(1): 149-155.
- [2] 刘雪云, 周志宇, 郭 霞, 等. 生长期紫穗槐含水量和生长量变化规律及与土壤水分的关系[J]. 草原与草坪, 2011, 31(4): 10-14.
- [3] 颜淑云, 周志宇, 邹丽娜, 等. 干旱胁迫对紫穗槐幼苗生理生化特性的影响[J]. 干旱区研究, 2011, 28(1): 139-145.
- [4] 杨 娜, 王冬梅, 王百田, 等. 土壤含水量对紫穗槐蒸腾速率与光合速率影响研究[J]. 水土保持应用技术, 2006(3): 6-9.
- [5] 孔建强, 支晓慧, 王 伟, 等. 紫穗槐-4,11-二烯合酶基因在酵母工程菌中具有协同作用[J]. 生物工程学报, 2011, 27(2): 196-202.
- [6] 吴 涛, 吴胜明, 殷 晴, 等. 在大肠杆菌内引入甲羟戊酸途径高效合成抗疟药青蒿素前体——紫穗槐-4,11-二烯[J]. 生物工程学报, 2011, 27(7): 1040-1048.
- [7] 常介田, 王喜枝, 杨喜田, 等. 人工龙须草与紫穗槐的水土保持效应[J]. 水土保持通报, 2012, 32(3): 245-248.
- [8] 陈培玉, 孔德政. 盐碱胁迫对紫穗槐种子萌发的影响[J]. 河南农业科学, 2013, 42(5): 150-152.
- [9] 赵建诚, 秦柱南, 孙超, 等. 紫穗槐种子萌发对盐旱逆境的生理响应[J]. 种子, 2012, 31(5): 26-29.
- [10] Michel B E, Kaufmann M R. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000[J]. Plant Physiology, 1973, 51(5): 914-916.
- [11] 李新荣, 张新时. 鄂尔多斯高原荒漠化草原与草原化荒漠灌木类群生物多样性的研究[J]. 应用生态学报, 1999, 10(6): 665-669.
- [12] 李晓明, 胡学煜, 左英强, 等. 水分胁迫对希蒙得木幼苗生物量的影响[J]. 西南林学院学报, 2009, 29(5): 19-22, 27.
- [13] 马玉心, 满秀玲, 崔大练. 紫穗槐种子萌发对水分胁迫的响应[J]. 种子, 2009, 28(2): 46-49.
- [14] 张云华, 王荣富, 阮 龙. 水分胁迫对甘薯叶绿素荧光和光合特性的影响[J]. 中国农学通报, 2005, 21(8): 208-210.