

枫杨种子和幼苗对地下水位及埋藏深度的响应

徐玲玲¹, 雷 耘^{1①}, 汪正祥² (1. 华中师范大学生命科学学院, 湖北 武汉 430079; 2. 湖北大学资源环境学院, 湖北 武汉 430062)

摘要: 通过室内试验研究不同地下水位(0、-2、-4、-6、-8和-10 cm)和不同埋藏深度(0、1、2、3、4、5和6 cm)条件下枫杨(*Pterocarya stanoptera*)种子的萌发特性以及幼苗的建成状况。结果表明,种子萌发的最适水位为0~-4 cm;幼苗定植与生长的最适水位为-6 cm。随埋藏深度增加,枫杨出苗率下降,出苗时间推迟,幼苗的生物量根冠比增大。试验第11周,各埋藏深度条件下幼苗的地上株高无显著差异,埋藏深度对幼苗的生长也无显著影响。枫杨种子萌发及萌发后幼苗生长的最适埋藏深度为1~3 cm。

关键词: 枫杨; 地下水位; 埋藏深度; 种子萌发; 幼苗建成; 植被恢复

中图分类号: Q145+.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-4831(2013)01-0049-04

Seed Germination and Seedling Establishment of *Pterocarya stanoptera* as Affected by Groundwater Table and Seeding Depth. XU Ling-ling¹, LEI Yun¹, WANG Zheng-xiang² (1. Life Science College, Central China Normal University, Wuhan 430079, China; 2. Resources and Environment College, Hubei University, Wuhan 430062, China)

Abstract: An indoor test was carried out to investigate effects of seeding depth (0, 1, 2, 3, 4, 5 and 6 cm beneath sand) and groundwater table (0, -2, -4, -6, -8 and -10 cm from soil surface) on seed germination of *Pterocarya stanoptera* and establishment of their seedlings. It was found that seed germination was the highest with the groundwater table at 0~-4 cm and seedling establishment the best with groundwater table at -6 cm. With increasing seeding depth, seed germination decreased and delayed and root/canopy ratio in biomass increased. In the 11th week of the test, no significant difference in plant height was found between seedlings in plots different in seeding depth, indicating that seeding depth does not have any significant impact on seedling growth. Seeding depth of 1-3 cm is the most favorable for seed germination and afterward seedling growth.

Key words: *Pterocarya stanoptera*; groundwater table; seeding depth; seed germination; seedling establishment; revegetation

枫杨(*Pterocarya stanoptera*)为中国特有的落叶速生乔木,常见于土壤肥沃的水边、河岸等地,是长江和淮河流域最常见的乡土树种之一^[1]。枫杨不仅具有较强的耐水淹能力^[2-3],而且其新鲜叶片及凋落物的水浸液具有灭螺的作用,能够有效防治血吸虫病^[4]。因此,采用枫杨作为湿地林恢复的先锋树种,不仅能够丰富目前以湿地松、池杉等针叶林为主的单一人工林^[5],增加物种多样性,还能够建立生态灭螺体系。

种子萌发及幼苗建成是植被恢复的第1步,因此研究环境因子对枫杨种子萌发及幼苗建成的影响对枫杨林的恢复具有重要意义。地下水位是湿地植物生长的关键因子之一^[6]。地下水位直接影响湿地植物的萌发、定植以及最终的群落分布与组成^[7]。另一方面,已有研究表明埋藏深度与种子发芽及幼苗出土直接相关^[8-9]。目前,关于地下水位和埋藏深度对枫杨种子萌发及萌发后幼苗定植与

生长的研究报道较少。通过设置不同的地下水位和埋藏深度,探讨两者对枫杨种子萌发和幼苗建成的影响,以期探索枫杨生长的最适水位及埋藏深度,为湿地枫杨林的恢复提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 材 料

枫杨种子于2010年12月购于湖北省林木种子公司,购回后筛选饱满、无霉的种子进行低温(0~2℃)湿沙层积,以打破种子休眠。试验前用 w 为0.3%的 KMnO_4 溶液消毒种子30 min,再用蒸馏水洗净备用。试验土壤取自华中师范大学枫杨林下,烘干备用。

收稿日期: 2012-06-17

基金项目: 国家自然科学基金(40971028)

① 通信作者 E-mail: yunlei@mail.ccnu.edu.cn

1.2 水位梯度试验

试验设置 0、-2、-4、-6、-8 和 -10 cm 6 种水位梯度(负数表示低于土表)。将已烘干的土壤装入底部垫有 2 层滤纸的花盆(18 cm × 20 cm)中,保持表面平整,在花盆外标记水位线,使得土壤表面和水位线之间高度差为设置的水位梯度。取枫杨种子均匀置于土壤表面(30 粒 · 盆⁻¹),每组设 5 个重复。将每组的 5 个花盆放入长方形塑料水槽中,于水槽中加水至试验花盆的水位线处。试验于 2011 年 4 月 14 日开始,7 月 14 日结束,共计 91 d。

1.3 埋藏深度试验

试验设置 7 种埋藏梯度,分别为 0、1、2、3、4、5 和 6 cm(即分别在种子表面覆盖相应厚的土壤)。试验时在底部垫有 2 层滤纸的花盆中装入 5 cm 厚的土壤,表面铺平,取处理过的种子均匀置于土壤表面(30 粒 · 盆⁻¹),每组设 5 个重复。各处理统一将水位设置为 -4 cm,以消除地下水位差异对试验的影响。试验于 2011 年 3 月 29 日开始,6 月 15 日结束,持续 78 d。

2 组试验均在四周通风的玻璃房内进行。试验期间每天补充水分,以保持设计水位,每隔 1 周随机调换水槽及水槽中花盆的位置。试验期间记录每日萌发数。试验结束时测定并记录所有幼苗的地上株高(土壤表面至幼苗顶层的高度)和主根长,将每一单株分为地上(叶、茎、枝)与地下(根系)部分分装,于 80 °C 条件下烘 48 h 后分别称其生物量,计算萌发率(累计萌发种子数/供试种子数 × 100%)、出苗率(萌出沙土表面的幼苗数/供试种子数 × 100%)、根冠比(地下生物量/地上生物量)及生物量分配。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007 软件进行数据处理及作图,试验结果均采用 SPSS 17.0 软件中的 one-way ANOVA

进行方差检验,差异显著性水平为 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果与分析

2.1 不同地下水位对枫杨种子萌发率及萌发后幼苗生长的影响

2.1.1 萌发率

不同水位梯度条件下枫杨种子的萌发进程见图 1。由图 1 可知,地下水位对枫杨种子的萌发率有明显影响。-8 ~ 0 cm 水位下枫杨种子在播种后 2 ~ 4 d 即开始萌发。-10 cm 水位下,种子播种 30 d 后仍未萌发(萌发率记为 0)。试验 10 ~ 12 d 后各水位下枫杨种子的萌发率基本趋于稳定。-4 cm 水位下萌发率最高,为 52.67%; -8 cm 水位下萌发率最低,仅 8.67%。差异显著性分析表明,0、-2 和 -4 cm 水位下种子萌发率显著高于其余水位处理($P < 0.05$),但这 3 者间无显著性差异; -6 cm 水位下种子萌发率显著高于 -8 cm 水位下($P < 0.05$)。

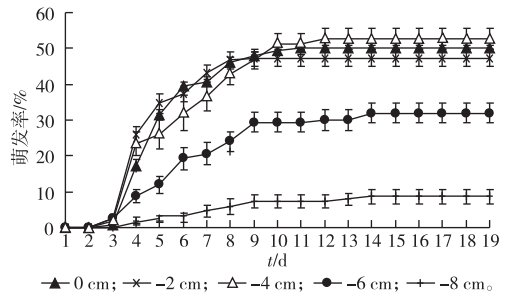


图 1 不同水位梯度下枫杨种子的萌发进程
Fig.1 Seed germination of *Pterocarya stenoptera* as affected by groundwater table

2.1.2 形态特征及生物量

由表 1 可知,地下水位对枫杨幼苗的形态特征(地上株高和主根长)、生物量积累及根冠比有明显影响。

表 1 不同水位条件下枫杨幼苗的生长特征

Table 1 Growth of *Pterocarya stenoptera* seedlings as affected by groundwater table

水位/cm	地上株高/cm	主根长/cm	总生物量/g	根冠比
0	9.0 ± 0.9 ^{ab}	2.5 ± 0.6 ^a	0.4 ± 0.1 ^a	0.9 ± 0.3 ^a
-2	10.1 ± 0.9 ^{bc}	4.4 ± 0.5 ^b	0.6 ± 0.1 ^{ab}	1.1 ± 0.1 ^{ab}
-4	12.6 ± 2.1 ^d	5.9 ± 2.6 ^b	0.9 ± 0.3 ^b	1.5 ± 0.5 ^c
-6	16.7 ± 2.5 ^e	7.9 ± 1.2 ^c	1.6 ± 0.8 ^c	1.2 ± 0.1 ^{bc}
-8	11.4 ± 3.2 ^{cd}	8.7 ± 1.7 ^c	1.0 ± 0.7 ^b	2.0 ± 0.5 ^d

同一列英文小写字母不同表示不同水位处理间某指标差异显著($P < 0.05$)。

幼苗的地上株高在 -6 cm 水位时最高($P < 0.05$), -4 和 -8 cm 水位时次之。枫杨幼苗的主根

长随着水位的降低而明显增大,水位为 0 cm 时最短,水位为 -6 和 -8 cm 时显著长于其他水位下

($P < 0.05$)。枫杨幼苗的总生物量随水位降低而逐渐增加,并在水位为 -6 cm 时达最大($P < 0.05$),水位为 -8 cm 时又略有下降。幼苗的根冠比也表现为 -8 cm 水位下最大($P < 0.05$),0 和 -2 cm 水位下较小。

2.2 不同埋藏深度对枫杨种子出苗率及早期幼苗生长的影响

2.2.1 出苗率及出苗时间

由图2可见,埋藏深度对枫杨种子出苗率有明显影响。总体而言,随埋藏深度增加,出苗率表现为下降趋势,且初始出苗时间逐渐延迟。埋藏深度为0 cm 时枫杨种子的出苗率显著高于其他埋藏深度处理($P < 0.05$),第5天即出苗;埋藏深度为1~3 cm 时出苗率无显著差异,始萌发时间为13~16 d;埋藏深度为4~6 cm 时枫杨种子出苗率显著低于其他埋藏深度处理($P < 0.05$),但这3者间没有显著性差异,始萌发时间为17~18 d。

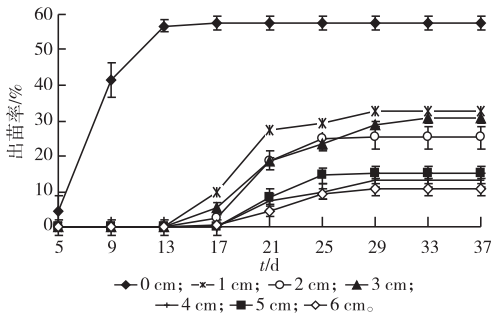
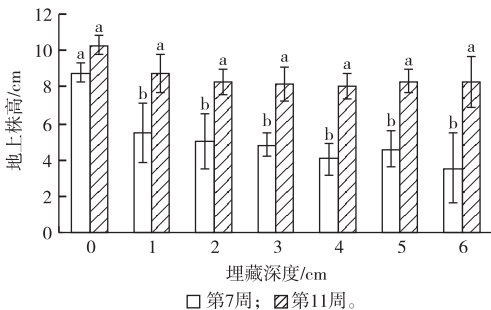


图2 不同埋藏深度对枫杨种子出苗率的影响

Fig. 2 Germination rate of *Pterocarya stenoptera* seeds as affected by seeding depth

2.2.2 幼苗地上株高变化

埋藏深度对枫杨幼苗地上株高的影响见图3。



同一时间不同埋藏深度处理直方柱上方英文小写字母不同表示处理间地上株高差异显著($P < 0.05$)。

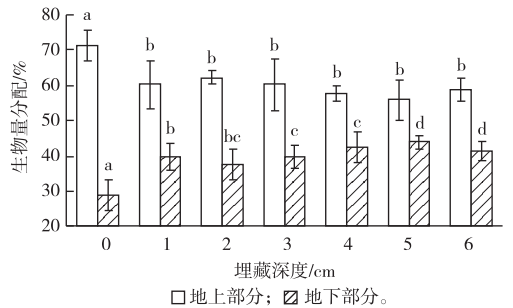
图3 不同埋藏深度下幼苗的地上株高

Fig. 3 Seedling height in the 7th and 11th weeks as affected by seeding depth

试验第7周,仅0 cm 埋藏深度下幼苗的地上株高显著高于其他埋藏深度处理($P < 0.05$),而1~6 cm 埋藏深度下幼苗地上株高无显著差异。试验第11周,1~6 cm 埋藏深度下幼苗地上株高明显大于第7周,各埋藏深度处理幼苗地上株高均无显著差异。

2.2.3 幼苗生物量分配

埋藏深度对枫杨幼苗生物量分配的影响见图4。由图4可见,试验第11周,枫杨幼苗根冠比随着埋藏深度的增加而增大。埋藏深度为0 cm 时枫杨幼苗地上生物量最高($P < 0.05$),1~6 cm 埋藏深度条件下枫杨幼苗地上生物量无显著差异。



数据为试验第11周的测定值。不同埋藏深度处理地上或地下部分直方柱上方英文小写字母不同表示处理间生物量差异显著($P < 0.05$)。

图4 不同埋藏深度下枫杨幼苗的生物量分配

Fig. 4 Above- and below-ground biomass of *Pterocarya stenoptera* under seven burial depths at 11th week

3 讨论

3.1 地下水位对枫杨萌发及幼苗生长的影响

笔者试验表明,枫杨种子萌发的最适水位为 $-4 \sim 0$ cm,而幼苗生长的最适水位为 -6 cm,说明种子萌发的最适水位并不是幼苗定植与生长的最适水位。这与 RABINOWITZ^[10]对巴拿马红树林幼苗早期生长的研究结果相一致。KELLOGG 等^[11]对淡水湿地植物的研究表明,物种最适萌发条件能够反映该物种所在的生境。枫杨种子萌发之所以需要较高水位,这可能与多生长在河岸带等水位较高地带相关。由表1可知,高水位($-2 \sim 0$ cm)下枫杨幼苗的地上株高与主根长皆小于低水位下,试验中亦观察到高水位下枫杨幼苗在土壤浅层生出较细并发黑的根系,其原因在于高水位下土壤水分充足,根系生长在表层就可吸收到足够的水分,同时,高水位会导致土壤缺氧,进而影响幼苗生长。湿地植物会通过调整根系分布深度及根系形态,响应土壤水分饱和和所引起的缺氧环境^[12]。随着

水位的降低,幼苗根冠比明显增大,其原因是幼苗根系为了吸收更多的水资源而向深处生长,以满足植物生长需要。LAUHLAN 等^[13]关于不同水位梯度对 14 种湿地植物幼苗(2 周龄)生物量分配的影响研究也得出了类似的结论。这种生物量分配的权衡(trade-off)反映了枫杨幼苗在生长发育过程中对水位梯度的生态响应^[14]。

3.2 埋藏深度对枫杨种子出苗及幼苗生长的影响

埋藏深度是一种综合生态因子,埋藏深度不同能改变种子周围的水、热、光、气等环境条件,进而影响种子萌发及幼苗生长。该试验中,枫杨种子出苗率随埋藏深度的增加大致表现出下降趋势,这与 LI 等^[15]对泡泡刺(*Nitraria sphaerocarpa*)、马红媛等^[16]对羊草(*Leymus chinensis*)的研究结果相似。这也进一步佐证了 GRUNDY 等^[17]提出的模型:所有物种应在土壤表面播种时达到最大潜力出苗率,且出苗率随埋藏深度增加呈指数递减。从笔者试验中幼苗的生长情况来看,试验第 7 周,0 cm 埋藏深度下幼苗地上株高显著高于其他埋藏深度处理;但至试验第 11 周时,各埋藏深度处理幼苗地上株高均无显著性差异,且根冠比随埋藏深度的增加而增大。究其原因,主要是因为随埋藏深度的增加,幼苗的地下茎部分相应伸长,从而导致地下部分生物量增加。SEIWA 等^[18]关于枯落物掩埋日本栗(*Castanea crenata*)的研究也发现了类似的现象。

4 结论

高地下水位(-4~0 cm)及无埋藏条件下枫杨种子萌发较好,但高水位不利于枫杨幼苗的定植及生长。因而,在采用种子及幼苗方式来恢复湿地枫杨林时,不适宜在水位过高的低洼地进行。该次埋藏深度试验在室内进行,保证了水分的充足供应,但在自然生境下,裸露的种子及幼苗易受到干燥、冻害及捕食者捕食等因素的影响,不利于种子的出苗及生长。如果将种子出苗、幼苗生长以及存活力最强并且未被损坏的埋藏深度定义为最佳埋藏深度,则枫杨种子萌发及幼苗生长的最适埋藏深度为 1~3 cm。

参考文献:

[1] 傅书遐. 湖北植物志:第 1 卷[M]. 武汉:湖北科学技术出版社,2001:79-80.
 [2] 袁传武,史玉虎,潘磊,等. 长江中游(湖北段)湿地植被调查初报[J]. 湖北林业科技,2002,120(2):13-15.
 [3] CHANG Xiao-li, HONG Wei, YANG Hui-geng. Effects of Submer-

gence on Photosynthesis and Growth of *Pterocarya stenoptera* (Chinese Wingnut) Seedlings in the Recently-Created Three Gorges Reservoir Region of China [J]. *Wetlands Ecology and Management*, 2010, 18(4):485-494.
 [4] 王万贤,杨毅,柯文山,等. 枫杨(*Pterocarya stenoptera*)水浸液灭螺实验研究[J]. *应用生态学报*, 1999, 10(4):478-480.
 [5] 徐有明,邹宏明,史玉虎,等. 枫杨的生物学特性及其资源利用的研究进展[J]. *东北林业大学学报*, 2002, 30(3):42-48.
 [6] 刘玉,王国祥,潘国权. 地下水位对芦苇叶片生理特性的影响[J]. *生态与农村环境学报*, 2008, 24(4):53-56.
 [7] 王丽,胡金明,宋长春,等. 水位梯度对三江平原典型湿地植物根茎萌发及生长的影响[J]. *应用生态学报*, 2007, 18(11):2432-2437.
 [8] XIAO Chan, WANG Xiu-fang, XIA Jing, et al. The Effect of Temperature, Water Level and Burial Depth on Seed Germination of *Myriophyllum spicatum* and *Potamogeton malaianus* [J]. *Aquatic Botany*, 2010, 92(1):28-32.
 [9] GUO Cai-ru, WANG Zheng-long, LU Ji-qi. Seed Germination and Seedling Development of *Prunus armeniaca* Under Different Burial Depths in Soil [J]. *Journal of Forestry Research*, 2010, 21(4):492-496.
 [10] RABINOWITZ D. Early Growth of Mangrove Seedlings in Panama, and an Hypothesis Concerning the Relationship of Dispersal and Zonation [J]. *Journal of Biogeography*, 1978, 5(2):113-133.
 [11] KELLOGG C H, BRIDGHAM S D, LEITCHT S A. Effects of Water Level, Shade and Time on Germination and Growth of Freshwater Marsh Plants Along a Simulated Successional Gradient [J]. *Ecology*, 2003, 91(2):274-282.
 [12] 罗文泊,谢永宏,宋凤斌. 洪水条件下湿地植物的生存策略[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(9):1478-1485.
 [13] LAUHLAN H F, KARNEZIS J P. A Comparative Assessment of Seedling Survival and Biomass Accumulation for Fourteen Wetland Plant Species Grown Under Minor Water-Depth Differences [J]. *Wetlands*, 2005, 25(2):520-530.
 [14] 李红丽,智颖颖,雷光春,等. 不同水位梯度下克隆植物大米草的生长繁殖特性和生物量分配格局[J]. *生态学报*, 2009, 29(7):3521-3531.
 [15] LI Q Y, ZHAO W Z, FANG H Y. Effect of Sand Burial Depth and Seed Mass on Seedling Emergence and Growth of *Nitraria sphaerocarpa* [J]. *Plant Ecology*, 2006, 185(2):191-198.
 [16] 马红媛,梁正伟. 四种沙埋深度对羊草种子出苗和幼苗生长的影响[J]. *生态学杂志*, 2007, 26(12):2003-2007.
 [17] GRUNDY A C, MEAD A, BOND W. Modelling the Effects of Weed-Seed Distribution in the Soil Profile on Seedling Emergence [J]. *Weed Research*, 1996, 36(5):375-384.
 [18] SEIWA K, WATANABE A, SAITOH T, et al. Effects of Burying Depth and Seed Size on Seedling Establishment of Japanese Chestnuts, *Castanea crenata* [J]. *Forest Ecology and Management*, 2002, 164(1/2/3):149-156.

作者简介:徐玲玲(1988—),女,安徽安庆人,硕士,主要从事湿地植被恢复研究。E-mail:296397031@qq.com