

# 模拟淹水对黄山栎树幼苗的光合特性及 部分抗氧化保护酶活性的影响

童丽丽<sup>1</sup>, 王哲宇<sup>2</sup>, 吴世光<sup>1</sup>, 金静娟<sup>1</sup>, 许晓岗<sup>2</sup>

(1. 金陵科技学院 园艺学院, 江苏 南京 210038; 2 南京林业大学 森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037)

**摘要:**以黄山栎树 1 a 生幼苗为试材, 研究了人工模拟淹水胁迫对其生长、光合特性及部分抗氧化保护酶活性的影响。结果表明: 经过 35 d 的淹水处理, 淹水组的黄山栎树幼苗全部死亡, 叶片也全部脱落, 淹水处理的黄山栎树幼苗的生长及光合作用均受到较大的抑制; 黄山栎树幼苗的相对电导率随叶片淹水处理时间的增加而升高, 可溶性蛋白质含量、超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性均随淹水处理时间的增加总体呈下降趋势。因此认为, 黄山栎树并无良好的抗涝能力, 属于不耐水湿植物。

**关键词:**黄山栎树; 模拟淹水; 光合作用; 抗氧化保护酶活性

**中图分类号:**Q 945 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)01-0068-04

黄山栎树(*Koelreuteria integrifolia* Merr.) 属无患子科栎树属落叶乔木, 又名全缘叶栎树, 株高 15~20 m,

树冠广卵形。夏末秋初鲜黄色花朵洒满树冠, 深秋季节酷似串串灯笼的红色蒴果与鲜黄色秋叶交相辉映, 宜作亚热带地区的庭荫树、行道树及园景树<sup>[1]</sup>。由于亚热带地区多雨水, 容易形成涝害, 所以很有必要对黄山栎树的抗涝性进行研究。

**第一作者简介:**童丽丽(1970-), 女, 博士, 教授, 研究方向为园林植物应用。E-mail: 2636449184@qq.com.

**基金项目:**金陵科技学院重点学科建设资助项目(0834 风景园林学); 江苏省科技厅科研资助项目(SBE201270594)。

**收稿日期:**2013-09-23

目前对栎树的研究较多, 如美国学者 Steponkus<sup>[2]</sup>、McConnell<sup>[3]</sup>和 Santamour 等<sup>[4]</sup>曾对栎树(*K. paniculata*) 根系致死温度、根结线虫抗性 & 生长调节剂和抗蒸腾剂

## 参考文献

- [1] 周文凤. 晋陕蒙接壤区水土保持的忧思[J]. 中国水土保持, 1993(2): 6-10.
- [2] 杨选民, 丁长印. 神府东胜矿区生态环境问题及对策[J]. 煤矿环境保护, 2000, 14(1): 69.
- [3] 侯庆春, 汪有科, 杨光, 等. 神府-东胜煤田开发区建设对植被影响的调查[J]. 水土保持研究, 1994, 1(4): 128.
- [4] 康世勇, 高春明. 东胜矿区沙漠化土地治理技术[J]. 煤矿环境保护,

- 1999, 1(2): 40-43.
- [5] 杨明莉, 徐龙君, 鲜学福. 煤炭开采中的环境保护途径[J]. 煤炭学报, 2003(2): 56.
- [6] 康世勇, 郝峙. 神府东胜煤田自然环境特点与矿区生态环境保护[J]. 煤矿环境保护, 1999, 13(4): 16-20.
- [7] 陈龙乾. 煤矿塌陷区土地复垦中的技术经济分析[J]. 煤矿环境保护, 1997, 11(3): 11-12.

## Study on Damage Mechanism of Roots of *Salix psammophila* by Mining Subsidence

MENG Zhong-ju<sup>1</sup>, REN Xiao-meng<sup>2</sup>, CHEN Xiao-yan<sup>3</sup>, GAO Yong<sup>1</sup>

(1. College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 2. Inner Mongolia Meteorological Sciences Institute, Hohhot, Inner Mongolia 010019; 3. Inner Mongolia Social Sciences Academy, Hohhot, Inner Mongolia 010010)

**Abstract:** With Bulianta coal located in Muus Desert in the southeast margin as research object, taking *Salix psammophila* as test material, the damage on roots of *Salix psammophila* in sand mining subsidence areas were analyzed through field observation methods, in order to reveal plant roots damage mechanism in sandy area by mining subsidence. The results showed that with subsidence slope increasing, the root damaged more serious. Crack width, dislocation and distance between plant roots and crack were main factors affecting root damage. In various parts of the cracks, the damages to the tiny roots were the strongest.

**Key words:** sandblown wind area; mining and collapse; *Salix psammophila*; root system; crack

对苗期生长影响等进行了研究;陈志成等<sup>[5]</sup>研究了不同土壤水分条件下栾树光合作用的光响应。而目前国内对黄山栾树的研究主要集中在繁殖和抗寒性的研究方面<sup>[6-8]</sup>,对黄山栾树的抗淹水能力及其在模拟淹水胁迫下光合和生理生化特性方面的研究尚鲜见报道。现以黄山栾树 1 a 生幼苗为试材,研究了人工模拟淹水胁迫对其生长、光合特性及部分抗氧保护酶活性的影响,以期为该树种在湿地周边及地下水位较高地区应用提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地设在江苏省南京市金陵科技学院幕府校区的园艺站。南京属亚热带季风气候,雨量充沛,四季分明,年平均温度 15.4℃,年极端气温最高 39.7℃,最低 -13.1℃,年平均降水量 1 106 mm<sup>[9]</sup>。试验期间园艺站日间室内温度 28~32℃,绝对湿度 18~22 g/kg。

### 1.2 试验材料

供试黄山栾树 1 a 生实生苗于 2012 年 7 月购自南京紫金山苗圃,种植于盛有黄棕壤土的泡沫箱中(长 60 cm、宽 40 cm、高 20 cm)进行条理性养护,以备试验所用。

### 1.3 试验方法

2012 年 10 月 2 日,选择生长良好、长势一致的黄山栾树 36 株,每组 18 株。淹水组:淹水高度保持在土下 2 cm,并保持水位稳定;以每天浇 1 次水为对照(CK)。试验结束时间为 2012 年 11 月 7 日,共 35 d。

### 1.4 项目测定

1.4.1 苗高地径的测定 试验期间每 7 d 进行 1 次试验记录,共记录 5 次。苗高用直尺测量(精确到 0.1 cm);地径测定部位为高于土面 2 cm 处,每株用游标卡尺交叉测定 2 次(精确到 0.01 mm),取平均值;同时记录生长的

叶片数。

1.4.2 生理生化指标的测定 光合参数变化测定:试验期间每隔 7 d 在相同时间段(上午 9:00~11:00)进行 1 次光合参数变化试验记录,共记录 5 次。用 Li-6400XT 便携式全自动光合仪测定植物的净光合速率、气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率等相关光合参数,每组每次测定 3 片叶。超氧化物歧化酶(SOD)活性测定采用 NBT 显色法;过氧化物酶(POD)活性测定采用愈创木酚显色法;相对电导率采用 DDS-307 型电导率仪测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 法测定<sup>[10-11]</sup>。

### 1.5 数据分析

试验数据采用 SPSS 19.0 软件进行分析处理。

## 2 结果与分析

### 2.1 淹水胁迫对黄山栾树幼苗生长的影响

2.1.1 淹水胁迫下黄山栾树幼苗的外观表现 黄山栾树在淹水胁迫下,生长状况较差,叶片大量变黄脱落,而 CK 黄山栾树生长情况良好。淹水 15~20 d,部分叶片变黄脱落,至试验结束,淹水组的黄山栾树幼苗全部死亡,叶片也全部脱落。

2.1.2 淹水胁迫对黄山栾树幼苗苗高、地径的影响 从表 1 可以看出,黄山栾树幼苗在淹水胁迫下,苗高的增长明显受抑制。淹水处理前期,高生长明显受抑制,15~25 d 以后,部分黄山栾树停止生长,甚至死亡,而 CK 生长良好。淹水胁迫下,黄山栾树地径增长趋势与高生长相似,其增长速度同样受到了明显抑制。相较于 CK,淹水组黄山栾树地径的增长幅度较小。淹水 15~25 d 后,部分植株地径增长停止。试验结束时,淹水组幼苗地径全部停止生长。其中不乏因长期的淹水处理造成植株韧皮层和皮层腐烂,进而导致数据的降低现象。

表 1 淹水胁迫对黄山栾树幼苗苗高生长、地径生长及相对生长率的影响

Table 1 Effect of waterlogging stress on seedling height and diameter growth and relative growth rate of *Koelreuteria integrifolia*

指标 Index	处理 Treatment	不同时期 Different time					相对生长率 Relative growth rate/%
		10 月 10 日 Oct. 10th	10 月 17 日 Oct. 17th	10 月 24 日 Oct. 24th	10 月 31 日 Oct. 31th	11 月 7 日 Nov. 7th	
苗高 Seedling height/cm	淹水 Waterlog	14.30±0.97a	14.52±0.96a	14.82±0.98a	14.88±0.92a	14.92±0.87a	4.30
	对照 CK	14.30±0.91a	14.93±0.86ab	15.47±0.85ab	15.83±0.86ab	16.27±0.87b	13.78
地径 Ground diameter/mm	淹水 Waterlog	3.55±0.31a	3.59±0.32a	3.68±0.40a	3.71±0.42a	3.71±0.42a	4.20
	对照 CK	3.56±0.30a	3.63±0.31a	3.73±0.38a	3.85±0.42a	4.07±0.42a	14.32

### 2.2 淹水胁迫对黄山栾树幼苗部分生理生化指标的影响

#### 2.2.1 淹水胁迫对黄山栾树幼苗叶片光合作用的影响

从图 1 可以看出,淹水胁迫下,黄山栾树幼苗叶片的净光合作用受到明显抑制,始终处于较低水平,整体水平明显低于同期 CK。从图 2 可以看出,黄山栾树幼苗

叶片气孔导度变化情况与净光合速率相似,始终处于较低水平;CK 则有明显波动,整体水平高于淹水组。从图 3 可以看出,淹水胁迫下,黄山栾树幼苗叶片胞间 CO<sub>2</sub> 浓度随胁迫时间的增加呈下降趋势,淹水处理结束后远低于 CK。从图 4 可以看出,随着淹水时间的增加,淹水组黄山栾树幼苗的蒸腾速率逐渐降低,总体低于 CK。

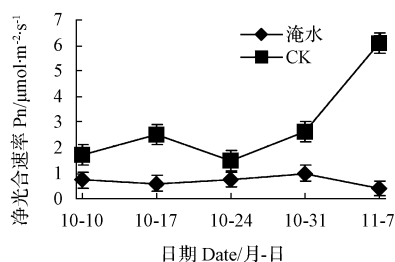


图1 模拟淹水对黄山栾树净光合速率的影响

Fig. 1 Effect of waterlogging stress on net photosynthesis rate of *Koelreuteria integrifolia*

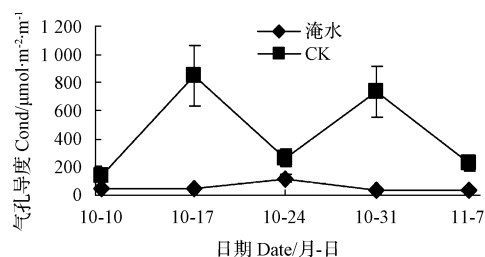


图2 模拟淹水对黄山栾树气孔导度的影响

Fig. 2 Effect of waterlogging stress on stomatal conductance of *Koelreuteria integrifolia*

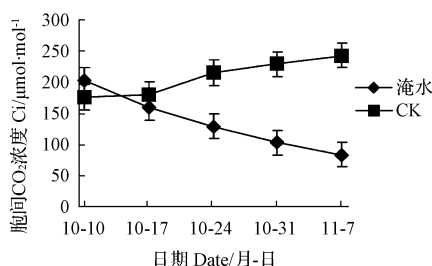


图3 模拟淹水对黄山栾树胞间 CO₂ 浓度的影响

Fig. 3 Effect of waterlogging stress on internal CO₂ concentration of *Koelreuteria integrifolia*

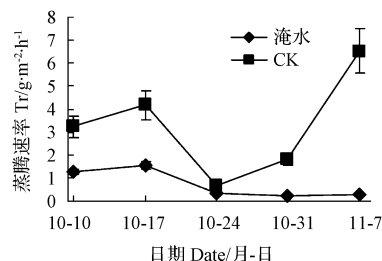


图4 模拟淹水对黄山栾树蒸腾速率的影响

Fig. 4 Effect of waterlogging stress on transpiration rate of *Koelreuteria integrifolia*

2.2.2 淹水胁迫对黄山栾树幼苗部分抗氧化保护酶活性的影响 从图5可以看出,黄山栾树幼苗叶片SOD活性在淹水胁迫处理前期有所上升,于第2周期末开始呈下降趋势,而CK幼苗SOD活性总体呈逐渐上升的趋势。从图6可以看出,淹水胁迫对黄山栾树幼苗叶片的过氧化物酶(POD)活性影响较大。经过淹水处理的幼苗,其POD活性呈下降趋势,而CK的POD活性在平稳中有所波动。相较于CK而言,淹水组的POD活性较低。

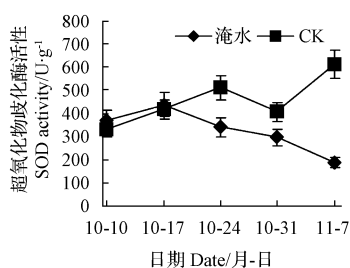


图5 模拟淹水对黄山栾树 SOD 活性的影响

Fig. 5 Effect of waterlogging stress on SOD activity of *Koelreuteria integrifolia*

2.2.3 淹水胁迫对黄山栾树幼苗叶片相对电导率的影响 从图7可以看出,区别于相对稳定的CK,经过淹水处理的幼苗叶片的相对电导率有明显的上升趋势,且整体数值也高于CK,只是在后期有所回落。所以在研究淹水胁迫对黄山栾树幼苗的影响中,相对电导率可以起

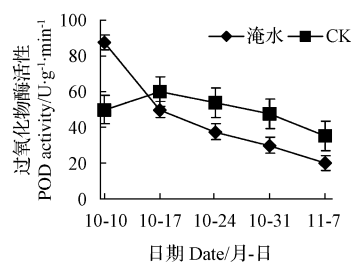


图6 模拟淹水对黄山栾树 POD 活性的影响

Fig. 6 Effect of waterlogging stress on POD activity of *Koelreuteria integrifolia*

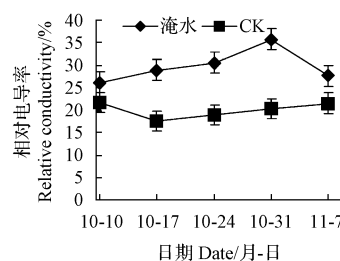


图7 模拟淹水对黄山栾树相对电导率的影响

Fig. 7 Effect of waterlogging stress on membrane relative conductivity of *Koelreuteria integrifolia*

到一定的指示作用。

2.2.4 淹水胁迫对黄山栾树幼苗叶片可溶性蛋白质含量的影响 从图8可以看出,在CK基本平稳时,淹水处理

理的黄山栾树叶片的蛋白质含量有一定的降低,但整体影响不大,可忽略不计。

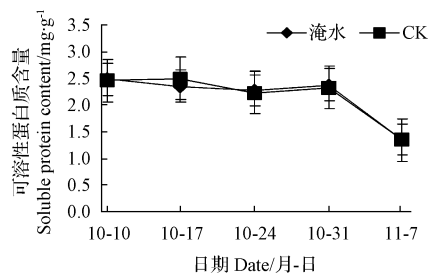


图8 模拟淹水对黄山栾树可溶性蛋白质含量的影响

Fig.8 Effect of waterlogging stress on soluble protein content of *Koelreuteria integrifolia*

### 3 结论

该试验结果表明,淹水胁迫对黄山栾树的幼苗生长有很大程度的抑制,具体表现在淹水 20 d 后,苗高、地径几乎全部停止增长,与 CK 有明显的差别;淹水处理结束后,黄山栾树幼苗几乎全部死亡,叶片全部脱落。

黄山栾树的幼苗由于受到因淹水胁迫而引起的低氧胁迫导致气孔关闭,气孔导度下降,叶片吸收二氧化碳的能力降低,胞间  $\text{CO}_2$  浓度随之降低,而光合酶的底物减少直接导致净光合速率降低。

在淹水胁迫初期,体内活性氧代谢平衡被打破,黄山栾树幼苗叶片抗氧化保护酶表现出积极的响应,超氧化物歧化酶(SOD)活性和过氧化物酶(POD)活性均有所上升,以减弱活性氧对植物体的破坏作用。但随着淹水时间的延长,二者活性均表现出了下降的趋势。整个淹水处理过程中,黄山栾树幼苗叶片相对电导率持续上

升,说明细胞质膜结构遭到破坏,细胞膜选择性逐渐丧失,黄山栾树幼苗叶片发生不可逆转的伤害。而在淹水处理过程中,淹水组黄山栾树幼苗叶片中的可溶性蛋白质含量变化与 CK 组相似,均随着时间的延长而减少,可以看出其对淹水胁迫的响应并不明显。

因此认为,黄山栾树并无良好的抗涝能力,属于不耐水湿植物,无法在地下水位过高地区或湖泊、河流、湿地边缘栽培应用。

### 参考文献

- [1] 李馨,姜卫兵,翁忙玲. 栾树的园林特性及开发利用[J]. 中国农学通报,2009,25(1):141-146.
- [2] Steponkus P L. Root hardiness of container-grown ornamentals[J]. Hort Science,1987,13(2):172-174.
- [3] Mcconnell D B,Short D E. Combining Pesticides and growth regufactors may cause phytotoxic reactions in plants[J]. American Nurseryman,1987,166(4):170-178.
- [4] Santamour Jr F S,Riedel L G H. Susceptibility of various landscape tree to root-knot nematodes[J]. Journal of Arboriculture,1993,19(5):257-259.
- [5] 陈志成,王荣荣,王志伟,等. 不同土壤水分条件下栾树光合作用的光响应[J]. 中国水土保持科学,2012,10(3):105-110.
- [6] 卢芳,岳媛,周瑞玲. 黄山栾树 1 年生播种苗生长发育规律[J]. 安徽农业科学,2010,38(32):18202-18203,18215.
- [7] 虞祖权,陈万章,仇才楼,等. 黄山栾树引种试验初报[J]. 江苏林业科技,2003,30(1):9-13.
- [8] 冯献宾,董倩,李旭新,等. 黄连木和黄山栾树的抗寒性[J]. 应用生态学报,2011,22(5):1142-1146.
- [9] 童丽丽,孔跃,许晓岗,等. 南京城市森林的植物区系组成及区系特征研究[J]. 安徽农业科学,2008,36(35):15433-15435,15440.
- [10] 郝建军,康宗利,于洋. 植物生理学实验技术[M]. 北京:化学工业出版社,2006.
- [11] 薛应龙. 植物生理学实验[M]. 北京:高等教育出版社,1985:12.

## Effects of Simulated Waterlogging on Photosynthetic Characteristics and Some Antioxidant Enzymes Activity of *Koelreuteria integrifolia*

TONG Li-li<sup>1</sup>, WANG Zhe-yu<sup>2</sup>, WU Shi-guang<sup>1</sup>, JIN Jing-juan<sup>1</sup>, XU Xiao-gang<sup>2</sup>

(1. Horticulture School, Jinling Institute of Technology, Nanjing, Jiangsu 210038; 2. College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forest University, Nanjing, Jiangsu 210037)

**Abstract:** Taking one-year-old seedlings of *Koelreuteria integrifolia* as test material, the effects of waterlogging stress on their growth, photosynthetic characteristics and some antioxidant enzymes' activity were studied. The results showed that after 35 d waterlogging treatment, all of *Koelreuteria integrifolia* seedlings died, and all of their leaves fell. The growth and photosynthesis of seedlings of *Koelreuteria integrifolia* were subject to great inhibition. The relative conductivity of *Koelreuteria integrifolia* increased as the time went by; the activity of soluble protein, SOD activity and POD activity reduced as the waterlogging kept on. Thus, *Koelreuteria integrifolia* seedlings do not have a good ability to waterlogging, they belong to wet intolerance plants.

**Key words:** *Koelreuteria integrifolia*; simulated waterlogging; photosynthesis; antioxidant protection activity