

# 干旱胁迫下保水剂对石楠苗生理生化特性的影响\*

林文杰<sup>1,2</sup> 马焕成<sup>2</sup>

(1. 韩山师范学院 潮州 521041; 2. 西南林学院)

**摘要** 在干旱胁迫下,对盆栽石楠苗的存活期、生长率、游离脯氨酸、可溶性糖、光合生理特性进行分析。结果表明,在有限水分条件下,施用保水剂,苗木存活期延长3.5~38.5 d;苗木生长受到抑制的时间延后0~28 d;叶片中可溶性糖和游离脯氨酸开始积累时间延后,积累量减少;净光合速率、蒸腾速率、气孔导度分别提高了5.6%~168.9%、28.6%~2342.6%、0~4700%。保水剂用量越大,减缓水分胁迫的能力越强。

**关键词** 保水剂 干旱胁迫 生理生化 石楠

中图分类号: S718.43 文献标识码: A 文章编号: 1006-4427(2009)01-0027-05

## Effect of Hydrogel on Physiological Biochemical Characteristics of *Photinia serrulata* under Drought Stress

Lin Wenjie<sup>1,2</sup> Ma Huancheng<sup>1</sup>

(1. Hanshan Normal University, Chaozhou, 521041; 2. Institute of Ecological Program, Southwest Forestry College)

**Abstract** Under drought stress, study was carried out on the survival period, the growth efficiency, and the physiological biochemical properties of *Photinia serrulata* seedlings in the pot experiment. The result showed that potted seedlings survival time was prolonged by 3.5~38.5 days. It was prolonged 0~4 weeks since the growth of seedlings was retarded. With the increasing of hydrogel application, the accumulation of free proline and soluble sugar in leaves of seedling was postponed, and the amount decreased. On the 24th day after watering, the net photosynthetic rate (Pn), transpiration rate (Tr) and stomatal conduction were improved by 5.6%~168.9%, 28.6%~2342.6% and 0~4700%, respectively, by application of hydrogel. The more hydrogel was applied, the more effectively drought stress on the plants was mitigated.

**Key words** hydrogel, drought stress, physiological biochemical properties, *Photinia serrulata*

我国是世界13个水资源贫乏的国家之一,荒漠化土地面积达到262.2万km<sup>2</sup><sup>[1]</sup>,干旱、少雨地区因水分缺乏造林成活率很低,在干旱和半干旱区,水分缺乏成为植被重建的主要限制因子。即使在湿润地段,由于存在着水分季节性分布不均,干旱也是限制农作物以及林木生长的重要原因。

保水剂是高分子聚合物,能吸收自身质量几百倍水分,由于分子结构交联,吸持水分不能用一般物理方法挤出,而是缓慢地释放出来,供作物吸收利用<sup>[2]</sup>,大大降低了农作物因干旱而产生的危害。近年来,有关保水剂在农林生产中的应用研究较多,保水剂能提高造林成活率,促进种子的发芽和林木的生长<sup>[3-4]</sup>,提高土壤水分和养分利用率,改良土壤的物理特性,降低土壤水分蒸发量<sup>[5-6]</sup>。但是,保水剂对苗木的水分生理生化的影响研究较少。本研究结合苗木的生长状况对石楠(*Photinia serrulata*)在水分胁迫下水分生理生化的变化进行研究,为保水剂的利用提供理论依据。

\* 基金项目:昆明市科技局计划项目(200201007)、韩山师范学院博士启动基金资助。

第一作者简介:林文杰(1972-),男,博士,主要从事环境生态学研究,E-mail:lwjzwc@163.com。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

保水剂由德国 Stockhausen 公司提供,产品型号为 STOCKOSORB 400K。

试验采用的苗木为一年生石楠苗,苗木生长势良好,苗木高和地径均匀一致,苗木的平均高为 31.59 cm,苗木的地径为 3.27 mm。

### 1.2 试验方法

试验在塑料大棚中进行,不受外界降水的影响,棚内日平均气温为 21℃,大气相对湿度为 40%。试验设置 6 个不同的保水剂处理:T1:0 g/pot、T2:20 g/pot、T3:50 g/pot、T4:80 g/pot、T5:100 g/pot、T6:150 g/pot。以不加保水剂并正常供水的处理做对照 T7,该处理在整个实验过程中保持正常供水。各处理重复 5 次。

在育苗盆中,每盆装入 5 kg 风干红壤、1 kg 腐殖土、50 g NPK 复合肥(Triabon),各组分均匀混合。在盆装的基质中加入各处理的保水剂。于 2003 年 4 月 1 日将供试的苗木栽植于各处理盆中,每 2 天浇水一次,直至苗木恢复正常生长。待苗木恢复正常生长后,于 2003 年 4 月 12 日进行干旱模拟试验:对各处理充分浇水,使各处理基质吸水达饱和,然后停止浇水,使苗木遭受干旱胁迫,直至所有的苗木枯死。

### 1.3 指标测定

1.3.1 苗木生存期 在实验过程中,测定所有苗木在有限水分条件下的生存期,苗木生存期以顶芽枯死作为判别依据。

1.3.2 苗木生长指标 在实验过程中,每 7 d 测定苗高、地径、叶片数,分析各处理的苗木树高、地径相对增长率,以及新增叶面数。

1.3.3 净光合速率、蒸腾速率、气孔导度的日进程 在水分胁迫处理的第 8 d、第 24 d(2003 年 5 月 7 日),每个处理选择 5 片叶片,采用 Li-6400 光合测定系统测定叶片的净光合速率、蒸腾速率和气孔导度。所选的叶片均为从上而下的第 4~6 片生长正常的功能叶,以消除叶片生长势的差异。测定的时段为 8:00~18:00 时,每 2 h 测定一次,全天测定 6 次。

1.3.4 游离脯氨酸 分别在干旱胁迫的第 17 d(T1 出现萎蔫)、32 d(T6 出现萎蔫),测定植物叶片的游离脯氨酸含量,测定参照张殿忠方法,用磺基水杨酸浸提法测定<sup>[7]</sup>。

1.3.5 可溶性糖 分别在干旱胁迫的第 17、32 d,测定植物叶片的可溶性糖含量,测定方法采用蒽酮比色法测定<sup>[8]</sup>。

### 1.4 数据处理

测定数据采用 SPSS 软件进行单因子方差分析,并应用 LSD 进行多重比较( $P < 0.05$ )。

## 2 结果与讨论

### 2.1 干旱胁迫下保水剂对苗木生长的影响

结果(表 1)表明,石楠在干旱胁迫下,与正常浇水的处理 T7 相比,没有保水剂的处理 T1 在干旱胁迫处理的第 14 d 时苗木的苗高增长率、地径增长率、新增叶片数受到抑制,胁迫处理的 T2、T3、T4、T5、T6 的苗高和地径相对增长率分别在第 14、21、28、28、28 d 出现明显抑制,下降的幅度依次降低;T2、T3、T4、T5、T6 新增叶片数分别在第 14、21、28、35、42 d 出现明显抑制,下降的幅度依次降低。这一结果表明了保水剂能减缓干旱胁迫,促进植物生长。

### 2.2 干旱胁迫下保水剂对苗木生存期及生化特性的影响

生存期的调查结果(表 2)表明,保水剂处理 T1、T2、T3、T4、T5、T6 在干旱胁迫下平均生存期分别为 24、27.5、34.8、41.4、52.8、62.5 d。随着保水剂用量的增加,苗木的生存期延长,除 T1 和 T2 之间外,其它各处理生存期存在显著性差异。停止水分供应,各处理的土壤水分不断减少,苗木逐渐受到干旱胁迫。与无保水剂处理 T1 相比,T2~T6 生存期延长了 3.5~38.5 d,表明了保水剂储存的水分能缓慢地释放出来,维持植物生存,增强植物的耐旱能力。在实验研究范围内,保水剂用量越多,生存期越长。

干旱后第 17 d 和 32 d 的生理指标测定结果表明,在胁迫 17 d 时,与 T7 相比,T4、T5 和 T6 游离脯氨酸无显著增加,而 T1、T2 和 T3 的游离脯氨酸显著增加;胁迫 32 d 时,与 T7 相比,T3、T4 显著增加,T5、T6 无显著差异。胁迫 17 d 时,与 T7 相比,T3、T4、T5、T6 和 T2 可溶性糖含量无显著差异,T1 显著增加。胁迫 32 d

时,与 T7 相比,T3 显著增加,而 T4、T5 和 T6 无显著变化。

表 1 干旱胁迫下保水剂对苗木相对生长率的影响

生长指标	处理	胁迫时间(d)					
		7	14	21	28	35	42
苗高 (cm/100 cm/周)	T1	17.2	5.86*				
	T2	16.8	6.85*				
	T3	16.1	9.83	3.22*			
	T4	16.6	11.60	6.14	1.83*		
	T5	14.4	10.80	7.03	3.97*		
	T6	13.8	10.50	6.23	5.16*		
	T7	16.3	15.80	9.81	14.04		
地径 (cm/100 cm/周)	T1	11.31	2.35*				
	T2	13.20	4.14*				
	T3	10.67	5.15	2.20*			
	T4	11.86	5.30	3.85	0.58*		
	T5	10.40	8.59	5.71	3.54*		
	T6	9.88	8.82	5.87	4.45*		
	T7	11.11	8.78	7.22	7.32		
新增叶片数 (片/株/周)	T1	12.75	4.50*				
	T2	16.25	6.50*				
	T3	12.00	15.20	6.40*			
	T4	12.80	12.80	10.60	5.00*		
	T5	14.00	16.75	14.50	10.75	4.00*	1.5*
	T6	14.00	15.00	15.50	14.00	13.25	6.5*
	T7	13.75	14.75	16.25	16.50	15.00	15.5

注:\*表示各处理与浇水处理之间差异显著( $P < 0.05$ ),下表同。

表 2 干旱胁迫下保水剂对苗木生存期和叶片生化指标的影响

处理	生存期	游离脯氨酸(mg/g DW)		可溶性糖(mg/g DW)	
		干旱 17 d	干旱 32 d	干旱 17 d	干旱 32 d
T1	24.0 a	0.423 a		59.88 a	
T2	27.5 a	0.191 b		41.26 b	
T3	34.8 b	0.161 b	1.730 a	33.43 b	52.94 a
T4	41.4 c	0.076 c	0.271 a	32.44 b	34.43 b
T5	52.8 d	0.079 c	0.092 b	33.72 b	32.32 b
T6	62.5 e	0.067 c	0.063 b	33.00 b	32.22 b
T7		0.061 c	0.062 b	32.75 b	32.16 b

注:(1)水分胁迫 32 d 时,T1 和 T2 苗木已枯死,生化指标未测定;

(2)同一列不同字母表示差异显著( $P < 0.05$ )。

在干旱胁迫下,植物体内淀粉合成受阻,而分解加强,导致可溶性糖上升,可溶性糖的积累是植物对干旱的一种适应反应<sup>[9]</sup>。有关研究表明,脯氨酸含量是随着水分胁迫程度的加深而增加<sup>[10]</sup>,其原因可能是在干旱胁迫下脯氨酸合成受激、氧化受抑,蛋白质合成受阻<sup>[11]</sup>。在本实验中,保水剂处理苗木的脯氨酸和可溶性糖积累延后,积累量减小,说明保水剂用量越大,苗木受到水分胁迫程度越低。

### 2.3 干旱胁迫下保水剂对光合速率、蒸腾速率、气孔导度的影响

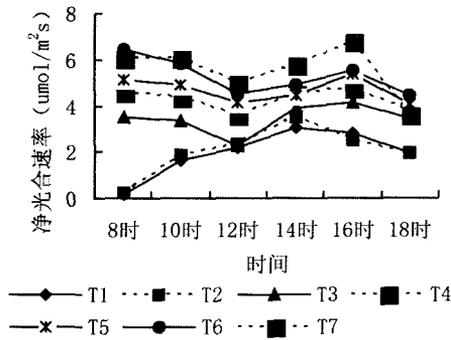


图1 不同处理的净光合速率日进程

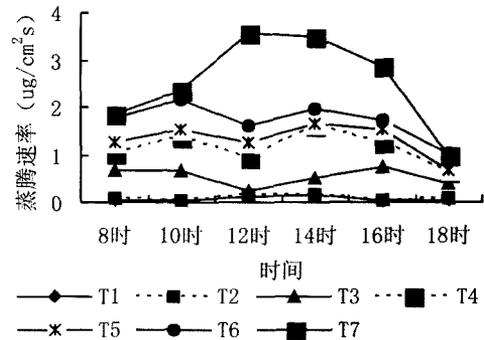


图2 不同处理的蒸腾速率日进程

在干旱胁迫处理的第8 d,各处理苗木的净光合速率、蒸腾速率、气孔导度基本一致(结果未列出),表明了各处理的光合特性没有受到明显抑制。在停止浇水的第24 d,苗木净光合速率日进程如图1, T3、T4、T5、T6、T7净光合速率最高值出现在8:00时,以后逐渐下降,在12:00时出现一个低峰,分别在16:00时,光合速率回升,出现一个小的峰值,18:00时又降低。T1和T2的净光合速率与对照相比,大大降低,无明显的日变化,此时的苗木接近永久性萎蔫。

图2的结果表明,T1和T2的蒸腾速率与对照相比,明显降低,无明显的日变化,此时的气孔基本失去调节能力。T3、T4、T5、T6的蒸腾速率分别在10:00时和14:00时出现两个高峰,T7的蒸腾速率在12:00时~14:00时出现一个高峰值。

图3的结果表明,T3、T4、T5、T6、T7在8:00时气孔导度最大,在10:00时有所降低,T3、T4、T5、T6在12:00时最低,在16:00时回升,在18:00时又下降。T7在10:00~16:00时无明显变化,在18:00时有所下降,T7气孔导度在12:00~16:00时明显高于其它各保水剂处理。从全天的平均值来看,净光合速率、蒸腾速率、气孔导度按T1~T7顺序依次增大。在干旱胁迫下,与T1相比,T2~T6净光合速率、蒸腾速率和气孔导度分别增加了5.6%~168.9%、28.6%~2342.6%、0~4700%。

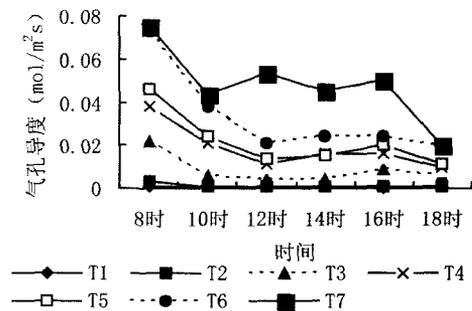


图3 不同处理的气孔导度日进程

引起叶片光合速率下降的植物内在因素就是气孔部分关闭(气孔限制),和叶肉细胞光合活性下降(非气孔限制)<sup>[12]</sup>。当土壤水分下降时,其水势下降,因而导致植物吸水分困难,不能维持植物的膨压导致气孔关闭。气孔导度减小,限制水分和CO<sub>2</sub>出入气孔,因而蒸腾速率和光合速率相应地减少。植物在干旱胁迫下,会引起叶绿体结构及叶绿素的破坏,酶的活力受到影响,导致CO<sub>2</sub>同化能力下降,影响光合速率的下降<sup>[13]</sup>。

## 3 结论

保水剂能固持大量水分,这些水分能稳定持续地释放出来供植物所利用。在有限水分条件下,苗木生长受到抑制的时间延后,苗木生存期延长,保水剂能显著促进苗木生长,减少可溶性糖和游离脯氨酸的积累,促进苗木的气孔导度、净光合速率、蒸腾速率,表明保水剂能减缓苗木的水分胁迫。在试验用量范围内,保水剂

用量越大,效果越好。在干旱和半干旱地区,或土壤保水能力差的区域,采用保水剂是减少植物干旱胁迫的有效途径。

### 参考文献

- [1] 黄杨娥,韩效钊,胡猷国. 保水剂的研究应用现状与发展[J]. 安徽化工,2008,34(1):17-20.
- [2] 李永胜,杜建军,刘士哲,等. 保水剂对番茄生长及水分利用效率的影响[J]. 生态环境,2006,15(1):140-144.
- [3] 王春明,孙辉,陈建中,等. 保水剂在干旱河谷造林中的应用研究[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(3):197-200.
- [4] 费引海,高大海. 造林新材料在岱山海岛造林中的应用[J]. 浙江林学院学报,2005,22(2):246-248.
- [5] 杜建军,廖宗文,冯新,等. 高吸水性树脂在赤红壤及砖红壤上的保水保肥效果研究[J]. 水土保持学报,2003,17(2):137-140.
- [6] 乌兰. 高吸水性树脂在农业上的应用与前景展望[J]. 中国水土保持,2006(4):45-47.
- [7] 张殿忠,汪沛洪,赵会贤. 测定小麦叶片游离脯氨酸含量的方法[J]. 植物生理学通讯,1990(4):62-65.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2002.
- [9] 孙国荣,张睿,姜丽芬,等. 干旱胁迫下白桦实生苗叶片的水分代谢与部分渗透调节物质的变化[J]. 植物研究,2001,21(3):413-415.
- [10] Belanger R. R., Manion P. D., Griffin D. H. Amino acid content of water-stressed plantlets of *Populus tremuloides* clones in relation to clonal susceptibility to *Hypoxylon mammatum* in vitro[J]. Canadian J. of Botany, 1990,68(1):26-29.
- [11] 王霞,侯平,伊林克. 植物对干旱胁迫的适应机理[J]. 干旱区研究,2001,18(2):42-46.
- [12] 许大全. 光合作用气孔限制分析中的一些问题[J]. 植物生理学通讯,1997,33(4):241-244.
- [13] 林文杰,马焕成,周蛟,等. 干旱胁迫下保水剂对苗木生长及生理的影响[J]. 干旱区研究,2004,21(4):353-357.