

# 三种灌木耐旱性研究

裴保华 周宝顺

**摘要** 用盆栽法设置三种土壤相对含水量,研究紫穗槐、沙棘、柠条的耐旱能力。测定了生长指标,计算出耐旱生产力;研究了水分胁迫对蒸腾日进程和叶保水力的影响;用压力室和PV技术测定并计算了水分胁迫对苗木渗透调节能力和水分状况等影响。综合上述三类指标,得出柠条的耐旱性最强,其耐旱生产力,蒸腾、保水力和渗透调节能力最高。沙棘和紫穗槐的耐旱性接近,沙棘的蒸腾和保水力的调节能力大于紫穗槐,但渗透调节能力却低于紫穗槐,它们的耐旱生产力很接近。

**关键词** 耐旱性、灌木、紫穗槐、沙棘、柠条

在干旱和半干旱地区水分胁迫是降低造林成活率,抑制树木生长发育的主要因素。我国有1/2以上的国土处于干旱和半干旱地区,开发或利用这些土地资源,必须充分考虑到植物的耐旱性。灌木是干旱地区恢复植被,保持水土,防风固沙的先锋树种,是饲料、燃料和肥料来源。定量研究灌木树种的耐旱性,评定其耐旱能力,是造林事业的一项基础工作。本文研究了三种经济价值较高的灌木树种的耐旱性。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

供试树种为紫穗槐(*Amorpha fruticosa* L.)、沙棘(*Hippophae ramnoides* L.)和柠条(*Caragana microphylla* (Pall.) Lam.) 1年生播种苗。

### 1.2 盆栽试验

取苗圃耕作层以下的土壤,混入1/3细沙,施入占土沙体积1/4的腐熟厩肥,每百公斤培养土施入60g磷酸二铵,混匀装入花盆。每盆装培养土22~25kg。测得培养土的田间持水量为29.3%,容重为1.27g/cm<sup>3</sup>。试验设三个土壤水分等级:相对含水量为75%(对照)、50%(中等供水)和25%(低等供水)。每种处理三盆,每盆定植三株均一的苗木。定植后将盆下部2/3埋入土中,各处理充分供水,以保证成活和正常生长。当新梢长到5cm以上时(5月初),将花盆移到地面,开始按设计要求控水。每天称重,补充失去的水分。雨天用塑料棚覆盖。

为测定土壤连续干旱对苗木水分状况的影响,设置了土壤水分递减试验,土壤相对含水量为75%、65%、55%、45%、35%、25%。依靠自然干燥使之达到所需水分等级后,控制

1992—09—20收稿。

裴保华教授(河北林学院 保定 071000);周宝顺(北京林业大学)。

加水量, 维持5 d 再进入下一个水分等级。

### 1.3 耐旱性指标测定方法

控水二周后开始测定苗木的生长指标。每个处理选三株苗木, 定期(3 d)测定新梢长度、新梢直径和叶片数。

将FQW-CO<sub>2</sub>分析仪安装在田间观测室, 用斜率法测定田间条件下功能叶的净光合速率<sup>[1]</sup>。用混合液法提取叶绿素<sup>[2]</sup>。取100 mg剪碎混合的叶片, 研磨提取, 定容15 ml, 用722分光光度计测定光密度, 用Arnon公式计算叶绿素含量<sup>[3]</sup>。

蒸腾速率用快速称重法测定。选取3个复叶或小枝(沙棘)立即用感量0.1 mg的电子天平分别称重, 将叶放回原处, 3 min后再称重, 以两次称重差计算蒸腾速率。

叶保水力在室内测定。每个处理选三个复叶或小枝, 立即称鲜重, 将其悬挂在通风条件下, 每隔20~60 min测定一次重量, 计算失水重占原始鲜重的百分率<sup>[4]</sup>。

用压力室法测定叶水势, 用压力-体积曲线法测定并计算复叶或小枝的水分参数<sup>[5,6]</sup>。

## 2 结果和分析

### 2.1 水分胁迫与苗木生长

水分胁迫对三种苗木的生长指标具有不同程度的抑制(表1)。以三种生长指标相对值的平均数(平均耐旱系数)作为树种耐旱性比较的基础, 在中等土壤供水状况下, 紫穗槐和柠条的耐旱系数相近, 沙棘较低; 在低土壤供水状况下, 紫穗槐和沙棘的耐旱系数很相近, 柠条较高。三种苗木的耐旱能力为柠条>紫穗槐>沙棘。

### 2.2 水分胁迫与光合性能

受干旱胁迫的植株, 叶面积缩小, 叶绿素浓度增加, 但光合速率受到抑制。表1为1991年6月中旬和8月中旬测定的平均值。光合速率测定每处理重复测定三次。以正常供水(对照)和中等供水相比, 紫穗槐的光合速率受抑制最强, 沙棘其次, 柠条的光合速率有某些增加。在低水分条件下, 光合速率仍以紫穗槐降低最大(69.2%), 沙棘其次(56.0%), 柠条最低(33.3%)。

水分胁迫时叶绿素含量普遍增加(表1), 但当水分亏缺严重时, 叶绿素含量增加的幅度缩小。从水分胁迫对叶绿素含量变化来看, 紫穗槐的变化幅度最大, 柠条最小, 沙棘居中。这也反映出它们耐旱能力的差别。

### 2.3 水分胁迫与叶蒸腾和保水力

土壤含水量低的蒸腾速率低, 蒸腾的日变幅缩小, 峰值提早出现(图1)。水分胁迫降低蒸腾速率的程度反映植物受水分胁迫的强度和植物对水分胁迫的调节能力。表1以各处理日平均蒸腾速率和峰值期的蒸腾速率为基础, 比较三种灌木蒸腾速率对水分胁迫的反应。可以看出, 在中等水分条件下紫穗槐和沙棘蒸腾速率降低的幅度接近, 柠条降低幅度较小。在低供水条件下, 紫穗槐降低的幅度最大, 沙棘居中, 柠条最小。

室内测定叶失水过程见图2。叶离体后约20 min气孔关闭, 在此期间叶失水速度很快, 20 min后失水速度渐趋缓慢。图2表明, 水分胁迫对提高紫穗槐和沙棘的保水力影响很小, 但对柠条影响很大。利用图2的数据计算出离体7 h叶片累计失水量和叶保水力。正常供水时

表1 水分胁迫对三种灌木的生长、光合、蒸腾、水分参数的影响

项	目	穗紫槐土壤含水量(%)			沙棘土壤含水量(%)			柠条土壤含水量(%)			
		75	50	25	0.66	0.47	0.25	75	50	25	
对生长指标的影响	新梢生长	(cm/d)	1.09	0.79	0.34	100.0	71.8	37.9	0.52	0.41	0.24
		(%)	100.0	72.5	31.2	100.0	64.0	25.1	100.0	78.8	46.2
	新梢断面	(mm <sup>2</sup> /d)	0.283	0.181	0.071	0.071	0.049	0.031	0.049	0.025	0.025
	积生长	(%)	100.0	64.0	25.1	100.0	69.0	43.7	100.0	51.0	51.0
	叶片数	(片/d)	0.54	0.43	0.32	1.20	0.54	0.42	0.50	0.40	0.30
对耐旱系数①	均耐旱	(%)	100.0	72.0	38.5	100.0	61.9	38.9	100.0	69.9	52.4
	系数①	(%)	100.0	72.0	38.5	100.0	61.9	38.9	100.0	69.9	52.4
对光合性能影响	叶水势	(-MPa)	0.35	0.60	0.85	0.50	1.35	1.55	0.82	1.25	2.30
	净光合	(mg CO <sub>2</sub> /	22.25	12.13	6.86	9.17	8.14	4.22	13.74	16.19	9.16
	速率	dm <sup>2</sup> ·h)	100.0	54.5	30.8	100.0	88.8	46.0	100.0	117.8	66.7
		(%)	100.0	54.5	30.8	100.0	88.8	46.0	100.0	117.8	66.7
对蒸腾影响	总叶绿	(mg/gDW)	1.68	2.77	2.20	1.27	1.80	1.54	1.92	2.42	2.00
	素量含	(%)	100.0	164.9	131.0	100.0	141.7	121.3	100.0	126.0	104.2
对蒸腾影响	日均蒸	(g/dm <sup>2</sup> ·h)	2.86	1.82	0.80	1.97	1.18	0.85	1.85	1.37	1.06
	腾速率	(%)	100.0	63.6	28.0	100.0	59.9	43.1	100.0	74.1	57.3
对蒸腾影响	日最高蒸	(g/dm <sup>2</sup> ·h)	5.11	2.95	1.07	3.23	1.94	1.05	3.29	2.45	1.86
	腾速率	(%)	100.0	57.7	20.9	100.0	60.1	32.5	100.0	74.5	56.5
对水分参数的影响	$\psi_w$	(-MPa)	0.28		0.53	0.33		0.79	0.57		1.35
		(%)	100.0		189.3	100.0		239.4	100.0		236.8
	$\psi_x^{100}$	(-MPa)	0.83		1.20	1.04		1.16	1.23		1.43
		(%)	100.0		144.6	100.0		111.5	100.0		116.3
	$\psi_x^0$	(-MPa)	1.45		1.89	1.30		1.61	1.52		2.16
	(%)	100.0		130.3	100.0		123.8	100.0		142.1	
	(%)	17.5		20.5	36.1		39.0	24.5		33.0	
叶水势与水分亏缺	回归方	a	0.2513		0.5323	0.2227		0.0845	-0.3122		-1.3964
	程参数	b	0.0507		0.0654	0.0413		0.0417	0.0657		0.0924
	相关系数	r	0.9651		0.9401	0.8322		0.8146	0.8000		0.8814

①耐旱系数(%)=(旱区性状÷水区性状)×100%。

柠条的累积失水量最大(55.75%),沙棘居中(45.84%),紫穗槐最小(43.73%),后二者更接近。低供水沙棘和紫穗槐的累积失水量较高(38.17%、38.09%),柠条较低(31.70%)。

如以正常供水的保水力为100%，在中等供水条件下紫穗槐和沙棘的平均保水力只提高9%和7%；柠条提高54%。在低供水条件下，紫穗槐和沙棘的保水力分别提高15%和20%，柠条则提高76%。保水力提高是树木耐旱性增强的表现。

$$\text{累计失水量}(\%) = \frac{\text{失水量}}{\text{原始鲜重}} \times 100\%$$

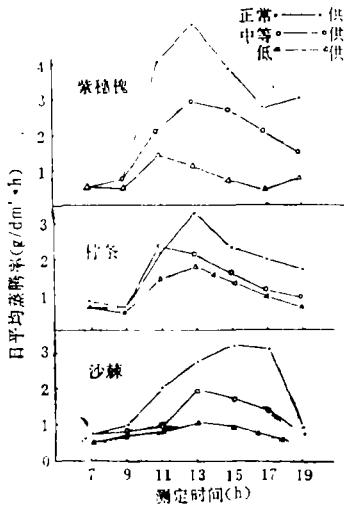


图1 土壤供水对蒸腾日进程的影响

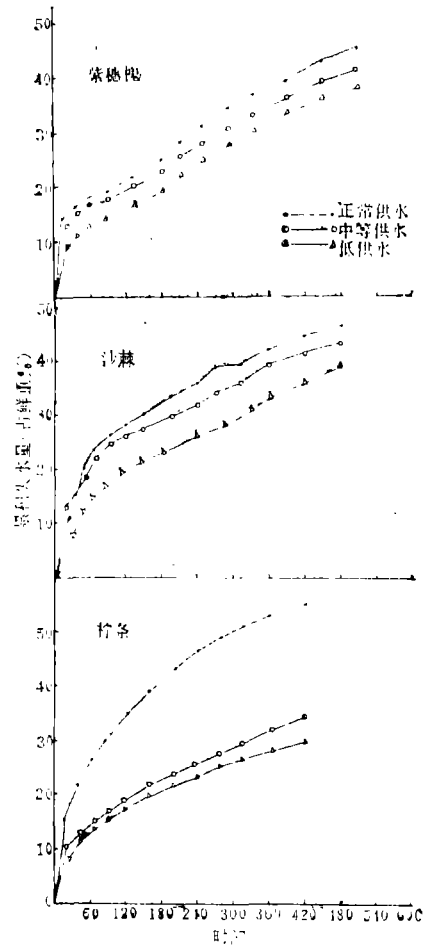


图2 水分胁迫对叶失水速度的影响

### 2.4 叶水势与土壤相对含水量的关系

连续梯度干旱处理研究叶水势 ( $\psi_w$ ) 与土壤相对含水量的关系表明，两者为双曲线关系 (图3)，相关系数大于0.89，经检验相关关系显著。从图3看出，当土壤相对含水量降低时，叶水势急剧下降。但不同树种水势随土壤水分降低的速度不同。例如当土壤水分从75%下降到25%时，紫穗槐的水势从-0.45 MPa下降到-1.60 MPa；沙棘由-0.50 MPa下降到-1.58 MPa；柠条由-0.82 MPa下降到-2.60 MPa。一般情况下，水势下降幅度愈大，植物吸收水分的能力愈强。可见沙棘和紫穗槐的吸水抗旱能力很接近，柠条的吸水抗旱能力很强。

### 2.5 水分胁迫对叶主要水分参数的影响

用PV技术<sup>[5~7]</sup>测定了不同供水条件下生长的三种灌木的水势和其它重要水分参数。6月和8月各测定一次。将测得数据绘成散点图，利用膨压消失后的实测数据拟合成<sup>1</sup>直线方程，以此回归直线与曲线的交点为膨压消失点，从图中查出膨压开始消失时的渗透势 ( $\psi_s^0$ )，水饱和状态下的渗透势 ( $\psi_s^{100}$ ) 和膨压为零时的相对水分亏缺 ( $RWD^0$ ) 等水分参数。三种灌木的叶水势随水分胁迫而降低，其中紫穗槐降低的幅度最小，沙棘居中，柠条最大。

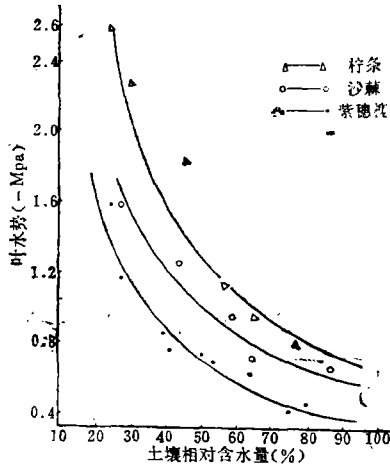


图3 苗木叶水势与土壤相对含水量的关系

利用PV技术测定叶水势( $\psi_w$ ),同时计算各种水势下的相对水分亏缺( $RWD$ ),通过回归分析发现, $\psi_w$ 和 $RWD$ 呈线性相关,相关系数达0.80~0.97,相关关系显著。表1列举了三种灌木在正常供水和低供水条件下 $\psi_w$ - $RWD$ 直线回归方程的参数。回归直线的斜率( $b$ )与树木的耐旱性有密切关系,斜率愈大,说明在一定的组织失水范围内,有较大的水势变化,因而会有较大的吸水力变化。三种灌木无论正常供水或低供水都是以柠条的斜率最大,紫穗槐居中,沙棘最小。其中柠条和紫穗槐都能适应水分胁迫提高 $b$ 值;沙棘的 $b$ 值基本没有变化。

### 3 结 论

综合上述三类指标,柠条的耐旱能力最强,在低供水条件下,它的耐旱生产力最高,蒸腾和保水力的调节能力和渗透调节能力最强。沙棘和紫穗槐的耐旱能力接近。沙棘的蒸腾和保水力的调节能力大于紫穗槐,而渗透调节能力却低于紫穗槐。它们的耐旱生产力很接近。

### 参 考 文 献

- 1 邹琦. 斜率法田间测定装置及其应用. 山东农业科学, 1986, (6):46~50.
- 2 沈伟其. 测定水稻叶绿素的混合液提取法. 植物生理学通讯, 1988, (3): 62~64.
- 3 魏海姆 F H (中国科学院植物研究所译). 植物生理学实验. 北京: 科学出版社, 1974.
- 4 斯拉维克 B (张崇浩译). 植物与水分关系研究法. 北京: 科学出版社, 1986. 306~308.
- 5 王万里. 压力室在植物水分状况研究中的应用. 植物生理学通讯, 1984, (3):52~57.
- 6 郭连生. 对几种针阔叶树种耐旱性生理指标的研究. 林业科学, 1989, 25(5):389~394.
- 7 李吉跃. PV 技术在油松侧柏苗木抗旱特性研究中的应用. 北京林业大学学报, 1989, 11(1): 3~11.
- 8 张玉良. 作物品种资源抗逆性鉴定的原理与技术. 北京: 北京农业大学出版社, 1989. 21~36.
- 9 周自新. 黄土高原常见树种的抗旱性. 甘肃林业, 1989, (3), 19.

三种灌木水分胁迫时 $\psi_x^{100}$ 以紫穗槐降低最大,柠条其次,沙棘最小。这反映出紫穗槐的含水量最小。膨压消失时的渗透势( $\psi_x^0$ )称为基态渗透势,它是判断植物渗透调节能力的依据。正常供水与干旱处理下 $\psi_x^0$ 的差值代表植物的渗透调节能力。材料表明,三种灌木的渗透调节能力无论绝对量或相对量都以柠条渗透调节能力最强,紫穗槐其次,沙棘最小。

$RWC^0$ 反映膨压为零时植物的水分亏缺程度。水分胁迫增加 $RWC^0$ ,三种灌木以柠条增加的幅度最大(34.7%),沙棘最小(8.0%),紫穗槐居中(17.1%)。

*A Study on the Drought Resistance of  
Three Shrub Species*

Pei Baohua    Zhou Baoshun

**Abstract** The drought resistance of *Amorpha fruticosa* L., *Hippophae rhamnoides* L. and *Caragana microphylla* Lam. in pots was investigated in three levels of soil water content. The growth indexes and the productivities of drought resistance (*PDR*) were measured. The effect of water stress on transpiration daily course and leaf water conservation ability was tested. The effect of water stress on osmoregulation and water content of the seedlings was obtained using Press Chamber and PV techniques.

The results showed that *C. microphylla* had the strongest ability of drought resistance. Its capability of *PDR*, transpiration, water conservation and osmoregulation was highest. The drought resistances of both *H. rhamnoides* and *A. fruticosa* were nearly the same. *H. rhamnoides* had a stronger capability of transpiration and water conservation regulation than that of *A. fruticosa*, but its osmoregulation ability was weaker than that of *A. fruticosa*. The *PDR* of them were similar to each other.

**Key words** drought resistance, shrub, *Amorpha fruticosa* L., *Hippophae rhamnoides* L., *Caragana microphylla* Lam.

---

Pei Baohua, Professor (Hebei Forest College, Baoding 071000); Zhou Baoshun (Beijing Forestry University).