

# 黄土丘陵区沙棘抗旱性的分析

阮成江

李代琼

(盐城工学院, 江苏盐城 224003)

(中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西杨陵 712100)

**The analysis of the drought-resistance of *Hippophae rhamnoides* L. in loess hilly region** RUAN Cheng-jiang (Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003), LI Dai-qiong (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100), *J. Plant Resour. & Environ.* 2000, 9(3): 54~56

**Abstract:** Under drought condition, the characteristics of water physiology, photosynthetic rate and growth of *Hippophae rhamnoides* L. were analysed. The results showed: (1) In dry season, leaves of *Hippophae rhamnoides* L. can keep higher relative water content, big critical saturation deficiency, higher bound water content and bigger ratio of bound water to free water, weak transpiration intensity, low leaf water potential; (2) Under the condition of drought, transpiration intensity of *Hippophae rhamnoides* L. weakens, photosynthetic rate goes down, it can keep exuberant vitality and normal growth through adjusting by water itself. but change range of transpiration intensity is bigger than that of photosynthetic rate for changing of water condition; (3) The way for drought-resistance of *Hippophae rhamnoides* L. belongs to typical dry-hardiness, and under the condition of drought, it reduces water consumption through transpiration intensity, which implies it has the characteristic of keeping out drought. This is the comprehensive reflection of dry-resistance formed by long-term adapting the habitat of semiarid loess hilly region, and makes it has stronger capability of drought-resistance. These are important to forestation and drought-resistant variety breeding of *Hippophae rhamnoides* L.

**关键词:** 半干旱黄土丘陵区; 沙棘; 抗旱性

**Key words:** semiarid loess hilly region; *Hippophae rhamnoides* L.; drought-resistance

**中图分类号:** S793.6; Q945 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0978(2000)03-0054-03

近年来随着干旱发生频率的增加, 研究植物的抗旱性已成为十分重要的任务, 许多学者对此曾作过工作, 蒋瑾<sup>[1]</sup>认为, 旱生植物的蒸腾强度小, 且变化稳定; 刘家琼<sup>[2]</sup>发现, 旱生植物在相同的环境条件下水势越低, 吸水力越强, 抗旱能力越强; 山仑<sup>[3]</sup>研究结果表明在适度干旱的情况下, 水分亏缺在一定程度上有利于植物生长; 汤章成<sup>[4]</sup>研究发现, 植物对逆境的抵抗是多方面的, 是整体性的。但对在半干旱黄土丘陵区生长良好, 且有较高的生态、经济和社会价值的优良树种——沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)的抗旱性研究尚少<sup>[5,6]</sup>, 目前在该地区营造沙棘林仍存在由于干旱导致的育苗成活率、造林后保存率以及成林后的生产力较低等问题。作者结合 1998 年在半干旱黄土丘陵区安塞的观测资料, 对沙棘的抗旱特性进行了分析。

## 1 材料与方 法

供试沙棘为中国科学院·水利部水土保持研究所安塞站 1993 和 1995 年栽植的 4~8 年生植株。该站地处陕西省安塞县, 东经 109°19', 北纬 36°51', 居黄土高原腹地, 属典型的梁峁状丘陵沟壑区, 暖温带半干旱气候, 年平均降雨量 535 mm, 降雨量年际差异较大, 年内分布不均。干燥度 1.48, 年平均气温 8.8℃, 平均无霜期 160d。年总辐射量 132

kJ/cm<sup>2</sup>, 植被属森林草原区, 主要土壤类型为黄绵土。

1998 年 5~10 月, 对沙棘叶片相对含水量、临界饱和亏、束缚水和自由水、叶水势、蒸腾强度(5~9 月)及光合速率(5~9 月)进行了分析。选择沙棘林的标准木作为测定样株, 取中部向阳健壮叶片进行测定<sup>[7]</sup>。

每月的上、中、下旬各选一晴朗白天, 10:00 左右采集沙棘叶片, 测定相对含水量、临界饱和亏、自由水和束缚水含量。每次作 3 个重复, 取平均值, 以各月 3 d 的均值为月值。叶片相对含水量和临界饱和亏的测定采用饱和水量法<sup>[8]</sup>。其计算公式为<sup>[8]</sup>: 临界饱和亏 = (饱和含水量 - 临界含水量) / 饱和含水量。临界饱和亏可反映植物的抗旱能力, 临界饱和亏越大, 说明植物抗脱水的能力越强。

每月的上、中、下旬各选一晴朗白天, 在 08:00~18:00 测定沙棘的叶水势、光合速率和蒸腾强度, 每 2 h 测定 1 次, 每次作 3 个重复, 取平均值, 各月 3 d 的均值为月值。叶水势用日本产的压力式水势仪进行离体测定。光合速率用美国

**收稿日期:** 2000-03-30

**基金项目:** 国家科技部中俄国际合作项目和水利部“948”引进项目 (No. 975154)

**作者简介:** 阮成江, 男, 1972 年 3 月生, 河南新县人, 硕士, 助教, 主要从事植物水分生理生态、引种、海岸带管理等方面的教学和科研工作。

产的 CI-301PS 型光合仪,采用开路气流法进行活体测定。蒸腾强度用离体快速称重法测定。蒸腾耗水量是植物通过蒸腾消耗水分的多少,它是植物水分平衡中水分输出的一个重要指标,是蒸腾速率、叶量和蒸腾时间的函数,计算公式为:

$$W = E \cdot b \cdot h \cdot 10^{-3}$$

式中,  $W$  为蒸腾耗水量(mm);  $E$  为蒸腾强度 [ $g/(g \cdot h)$ ];  $h$  为蒸腾时数(各月的  $h$  有差异,为便于比较,本文以日平均 12 h 计);  $b$  为叶量,即鲜叶生物量( $kg/m^2$ )。

土壤含水量用烘干法测定,每月的上、中、下、旬各测定 1 次,每次作 3 个重复,取均值。

## 2 结果和分析

### 2.1 土壤含水量<sup>[9]</sup>

5~10 月沙棘林地土壤含水量为 6.52%、10.19%、9.83%、10.85%、7.92%和 6.45%,其中 6~8 月土壤含水量较高,9 月其次,5 月和 10 月较干旱,土壤含水量较低。

### 2.2 叶片相对含水量和饱和亏

沙棘叶片相对含水量和临界饱和亏的分析测定结果见表 1,可以看出,在沙棘年生长季(5~9 月)中,土壤含水量最低(6.52%)的 5 月,沙棘临界饱和亏增大,达年最大值 49.42%,叶片相对含水量维持较高水平(86.49%),以适应不利生境,保证生长的顺利进行;在 10 月土壤干旱时,沙棘的临界饱和亏也随之增大。这些充分说明:在旱季,沙棘通过自身的水分调节,临界饱和亏增大,维持较高的叶片相对含水量,以增强抗旱能力,这是沙棘在半干旱黄土丘陵区良好生长的重要原因之一。

表 1 沙棘叶片相对含水量和饱和亏的月变化  
Table 1 Monthly changes of relative water content and saturation deficiency in leaves of *Hippophae rhamnoides* L.

测定项目 Item	月变化 Monthly changes (%)					
	5	6	7	8	9	10
相对含水量 Relative water content	86.49	91.57	87.76	89.60	80.69	85.22
临界饱和亏 Critical saturation deficiency	49.42	20.52	36.53	33.03	38.52	49.03

### 2.3 束缚水含量及束缚水与自由水比值

沙棘叶片束缚水、自由水含量的测定结果见表 2,可以看出,在沙棘年生长季(5~9 月)最早月 5 月,沙棘体内束缚水含量较高,达年生长季最大值(19.42%),束缚水与自由水比值较大(达 0.40);在 7 月土壤含水量比 6 月和 8 月低,沙棘体内束缚水含量却比 6 月和 8 月高。10 月为年最早月,沙棘体内束缚水含量明显提高,束缚水与自由水比值达年最大值(1.03),明显提高沙棘的耐旱能力。以上说明:在土壤干旱的条件下,沙棘体内束缚水含量增加,束缚水与自由水比值

增大,且随着干旱加重束缚水含量及束缚水与自由水之比值的增加更为明显,耐旱能力提高,以适应水分胁迫的环境。

表 2 沙棘叶片自由水和束缚水含量的月变化  
Table 2 Monthly changes of free water and bound water content in leaves of *Hippophae rhamnoides* L.

测定项目 Item	月变化 Monthly changes (%)					
	5	6	7	8	9	10
束缚水含量 Bound water content	19.42	10.85	15.58	10.97	16.18	32.30
自由水含量 Free water content	48.55	60.28	53.12	54.85	48.01	31.36

### 2.4 叶水势

沙棘叶水势的月变化见图 1,可以看出,叶水势是反映植物水分状况的较直接的指标之一。土壤干旱的 5、9、10 月,沙棘叶水势较低;7 月土壤含水量比 6 月和 8 月低,沙棘叶水势也较低。因此,在旱季,沙棘叶水势降低,吸水能力增强,抗旱性提高。多元回归分析表明叶水势与土壤含水量间有显著的相关关系,回归方程为:

$$Lwp = 0.6939 \ln(Sw) - 2.8864$$

$$R^2 = 0.8869$$

式中,  $Lwp$ :叶水势(MPa);  $Sw$ :土壤含水量(% $\times 100$ )。

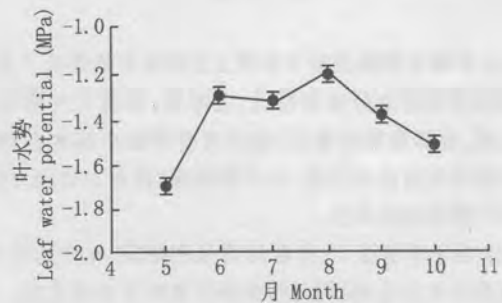


图 1 沙棘叶水势月变化  
Fig. 1 Monthly changes of leaf water potential of *Hippophae rhamnoides* L.

叶片气孔对水分条件的反应有两种方式<sup>[4]</sup>,一种是前馈式反应,即由于空气相对湿度的降低引起气孔的关闭,预防发生水分亏缺,是一种“预警反应”;另一种是反馈式反应,是由于叶水势降低引起气孔关闭,以减少水分散失。沙棘叶片水势月变化的测定结果表明,沙棘气孔导度与相对湿度间相关性不显著,而与叶水势有显著的相关关系。这表明,沙棘适应半干旱黄土丘陵区气孔调节机理为反馈式反应,即由于叶水势降低导致气孔导度减小,以减少蒸腾耗水,达到节约用水,适应干旱的目的。

### 2.5 蒸腾强度和光合速率

沙棘叶蒸腾强度、蒸腾耗水量及光合速率月变化见表 3,可以看出,在年生长季(5~9 月)中,在较干旱的 5 月,沙棘蒸

腾强度降低,以减少蒸腾耗水,蒸腾耗水量为生长旺季最低值,从6月到8月,沙棘生长进入旺季,枝叶繁茂,需水量不断增加,此时土壤水分较充足,沙棘可以充分从土壤中吸收水分,蒸腾强度逐渐增大,蒸腾耗水量也有不同程度的增加,7月达峰值;在9月土壤较6~8月旱,蒸腾强度也较6~8月

低,蒸腾耗水量明显减少,达年最低值。尽管在干旱条件下,光合速率有所降低,但与蒸腾相比,蒸腾对干旱胁迫更为敏感,即水分状况的变化引起蒸腾强度的变幅大于光合作用的变幅。

表3 沙棘蒸腾强度和光合速率的月变化

Table 1 Monthly changes of transpiration intensity and photosynthetic rate of *Hippophae rhamnoides* L.

测定项目 Item	月变化 Monthly changes				
	5	6	7	8	9
蒸腾强度 Transpiration intensity [g/(g·h)]	0.397	0.617 5	0.833 7	0.959	0.482 5
蒸腾耗水量 Water consumption through transpiration (mm)	38.21	66.87	81.96	49.29	21.23
光合速率 Photosynthetic rate [ $\mu\text{mol}/(\text{m}^2\cdot\text{s})$ ]	10.62	11.31	14.11	12.72	10.45

## 2.6 沙棘生长对干旱的适应性

在5月土壤呈现旱情时,由于沙棘通过自身的水分生理调节,叶水势下降(图1),体内束缚水含量增加,束缚水与自由水比值增大(表2),临界饱和和亏增大(表1),增强了沙棘的耐旱能力,维持了干旱环境条件下的生存和生长,生物量增量仍达较高水平(0.15 kg/m<sup>2</sup>)<sup>[9]</sup>。这是沙棘长期适应干旱黄土丘陵区生境所形成的耐旱特性的综合体现。

## 3 小结

(1) 沙棘长期适应半干旱黄土丘陵区生境形成了多种适应该地区生境的水分生理特性:在旱季,沙棘叶片维持较高的含水量,临界饱和和亏增大,体内有较高的束缚水含量和较大的束缚水与自由水比值,叶水势降低,持水力增强,因此沙棘表现了较强的抗旱性。

(2) 在干旱情况下,沙棘蒸腾强度减弱,光合速率下降,通过自身的水分生理调节,能维持正常的生存和生长。但水分状况的变化引起蒸腾强度的变幅大于光合作用的变幅。

(3) 沙棘抗旱方式属于典型的耐旱性,同时沙棘在旱季减小蒸腾耗水又表明它具有御旱特性,沙棘这种双重耐旱御旱的能力使它具有很强的抗旱性。

## 参考文献

- [1] 蒋 瑾,戴枫华. 沙坡头地区主要固沙植物生物学、生理学特性的研究[J]. 林业科学, 1983, 19(2): 113~119.
- [2] 刘家琼. 我国荒漠典型超旱生植物——红砂[J]. 植物学报, 1982, 24(5): 485~488.
- [3] 山 仑,徐 萌. 节水农业及其生理生态基础[J]. 应用生态学报, 1991, 2(1): 70~76.
- [4] 汤章成. 植物对水分胁迫的反应和适应性[J]. 植物生理学通讯, 1983, (4): 1~7.
- [5] 志 林. 沙棘为什么能抗旱[J]. 林业月报(黑龙江), 1981, (3): 20~24.
- [6] 梁宗锁,李 敏,王俊峰. 沙棘耐旱生理机制研究进展[J]. 沙棘, 1998, 11(3): 8~12.
- [7] 俞新妥,卢建煌,王锦上. 不同产地马尾松的水分生理生态的比较研究[J]. 植物生态学与地植物学学报, 1991, 15(4): 355~365.
- [8] 山东农业科学院,西北农学院. 植物生理学实验指导[M]. 济南: 山东科学技术出版社, 1980. 115~119.
- [9] 阮成江,李代琼. 半干旱黄土丘陵区沙棘光合特性及影响因子[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(1): 16~21.

(责任编辑:宗世贤)