

# 不同土壤水分条件对辽东栎、大叶细裂槭水分状况的影响\*

王海珍<sup>1 3</sup>, 韩蕊莲<sup>1 2</sup>, 冉隆贵<sup>1 2</sup>, 齐文举<sup>4</sup>, 王培榛<sup>1 2</sup>

(1. 西北农林科技大学 生命科学学院 陕西 杨陵 712100 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所 陕西 杨陵 712100 ;  
3. 塔里木农垦大学 植物科技学院 新疆 阿拉尔 843300 4. 陕西省吴旗县水利局 陕西 吴旗 734000 )

**摘 要** :在盆栽条件下研究了不同土壤水分条件下黄土高原 2 个乡土树种辽东栎( *Quercus liaotungensis* )和大叶细裂槭( *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* )的水分状况。结果表明 ,随干旱胁迫程度加剧 2 树种叶水势均下降 ,随胁迫时间延长水势有回升趋势 ,显示出树种自身的调节能力 ,大叶细裂槭调节水势的能力强于辽东栎。在不同水分处理下 2 树种蒸腾日进程差异明显。不同天气状况对树种蒸腾及耗水日变化的影响亦不相同。辽东栎属低蒸腾速率高耗水树种 ,由于其蒸腾面积大 ,叶保水力低 ,只适于生长在水分较充足的地区 ,而大叶细裂槭属低耗水的树种 ,在水分条件较差时生长基本良好 ,可见其适应性强于辽东栎。

**关键词** :黄土高原 ;辽东栎 ;大叶细裂槭 ;水分状况 ;适应性

中图分类号 :Q945.17 文献标识码 :A 文章编号 :1001-7461( 2003 )03-0001-05

## Effect of Different Soil Water State Contents on Water Status of *Quercus liaotungensis* and *Acer stenolobum* var. *megalophyllum*

WANG Hai-zhen<sup>1 3</sup>, HAN Rui-lian<sup>1,2</sup>, RAN Long-gui<sup>1 2</sup>, QI Wen-ju<sup>4</sup>, WANG Pei-zhen<sup>1 2</sup>

(1. College of Life Science ,NW Sci - Tech Univ. of Agr. and For. ,Yangling ,Shaanxi 712100 ,China ;2. Institute of Soil and Water Conservation ,Chinese Academy of Science and Ministry of Water Resources ,Yangling ,Shaanxi 712100 ,China ;3. Institute of Plants Science and Technology of Tarim Agriculture Reclamation University ,Alar ,Xinjiang 843300 ,China ;  
4. Wuqi Water Conservation Bureau of Shaanxi Province ,Wuqi ,Shaanxi 734000 ,China )

**Abstract** :Water status of two native tree species on the Loess plateau was studied under different soil water contents. Results showed that leaf water potential of the species decreased with drought stress and began to ascend with the stress extended ,this revealed that the selfregulation capacity of *Acer stenolobum* var. *megalophyllum* was higher than that of *Quercus liaotungensis*. Leaf water potential was related to leaf water content and it decided the leaf water status. Transpiration rate and resumed water of the species were significantly different on Sunday and cloudy day under different water stress. *Q. liaotungensis* had characteristics of high transpiration rate and high consumption water because of its large transpiration area and low retained water capacity . This result showed it fitted better water condition. *A. stenolobum* var. *megalophyllum* had characteristis of high transpiration rate and low consumption water and fitted medium and serious water stress. Especially it could live under serious water stress and had higher survival rate than *Q. liaotungensis*. Also its survival rate could get to 100 % . This result showed *A. stenolobum* var. *megalophyllum* had higher adaptability than *Q. liaotungensis*.

**Key words** :Loess plateau ;*Quercus liaotungensis* ;*Acer stenolobum* var. *megalophyllum* ;water status ;adaptability

黄土高原自然条件恶劣 ,森林覆盖率仅为9.7 % ,与实际需求 25 % 相差甚远<sup>[1]</sup>。水土流失问题依然十分严峻。要想从根本上解决现实问题 ,只有在生态效应和树种选择方面转变观念进行细致深入

地研究 ,才能切实提高造林质量 ,搞好植被建设。在黄土高原区造林树种的选择直接关系到造林的成败 ,保持水土效益以及林业可持续发展等重大问题。要选择出适应的树种就必须对所选树种的水分关系

\* 收稿日期 2002-12-02

基金项目 :中国科学院西部之光人才基金项目( 2001 )、知识创新项目( KZCX01 - 6 )

作者简介 :王海珍( 1971- ) ,女 ,甘肃成县人 ,硕士 ,研究方向 :植物水分与抗旱生理机制。

进行深入研究,了解其生物学特性及抗旱适应性,以期找到适应性广、水土保持效应好的树种,满足植被建设中树种多样性、建立复合植被的要求,才能适应黄土高原多样而复杂的生境。长期的造林实践表明,乡土树种在环境条件长期作用下形成了各自的适应机制,与环境达到了一种“生态平衡”“平衡”维系着植被生存和演替,促进环境正向演替,这是提出造林采用乡土树种的基础<sup>[2]</sup>。乡土树种在植被建设中有不可替代的作用。

本研究以黄土高原常见的 2 个乡土树种辽东栎、大叶细裂槭为试验材料,用盆栽的方法模拟不同土壤干旱条件,初步研究了不同水分条件对 2 树种水分状况的影响,为黄土高原造林选择乡土树种提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验选用黄土高原常见的 2 个乡土树种辽东栎 (*Quercus liaotungensis*)、大叶细裂槭 (*Acer stenolobum* var. *megaphyllum*) 天然实生幼苗(采自陕西省安塞水土保持试验站),平均株高、地径分别为:52.4 cm 0.82 cm 26.2 cm 0.74 cm。

### 1.2 试验方法

选择大小基本一致的苗木于 2002 年 3 月 27 日植入高 27 cm,上口径 35 cm,下口径 22 cm 的塑料桶中,桶中均装过筛原状土 14 kg,土壤为黑垆土,含水量 10.75%,田间最大持水量( $\theta_f$ )26%。在桶栽条件下设置 3 个水分处理:Ⅰ适宜水分(70%~75% $\theta_f$ )、Ⅱ中度水分亏缺(50%~55% $\theta_f$ )、Ⅲ重度水分亏缺(40%~45% $\theta_f$ ),土壤含水量分别为 18.2%~19.5%、13%~14.3%、10.4%~11.7%。各处理重复 3 次,每桶 3 株。盆栽桶放置于中国科学院水土保持研究所的可移动防雨棚下,晴天正常光照。栽植苗木后正常浇水使之正常萌芽,待生长 2 个月左右开始按试验设计进行水分处理,不浇水待土壤水分自然消耗至设定标准后,用称重法控制土壤含水量在设定范围内,并补充其水分消耗,准确记录加水量。

### 1.3 测定项目及方法

1.3.1 叶水势 小液流法。定期于 9:00~10:00 am 采样测定,3 次重复。

1.3.2 叶片含水量 烘干称重法

1.3.3 蒸腾速率( $Tr$ )日变化 用 Li-1600 型稳态气孔计分别测定晴天(7:00~19:00)、阴天(8:00~

18:00)的蒸腾日变化,每 2 h 测定 1 次,重复 3~5 次,同时记录相对湿度( $Rh$ )、温度及光强( $Q$ )等相关环境因子的日变化。

1.3.4 光合速率( $P_n$ ) 用 CID-PS301 型便携式光合仪测定,每处理选功能叶,重复 3 次。

1.3.5 耗水日变化 用电子称(感量 5 g)从 7:00~19:00 每 2 h 称重 1 次。

1.3.6 水分利用率( $WUE$ ) 瞬时水分利用率  $WUE = P_n/Tr$ 。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同土壤水分处理对叶水势的影响

植物叶水势代表植物水分运动的能量水平,反映了植物组织水分状况,它是衡量植物抗旱的一个重要生理指标<sup>[4]</sup>。从图 1、2 可见,不同土壤水分处

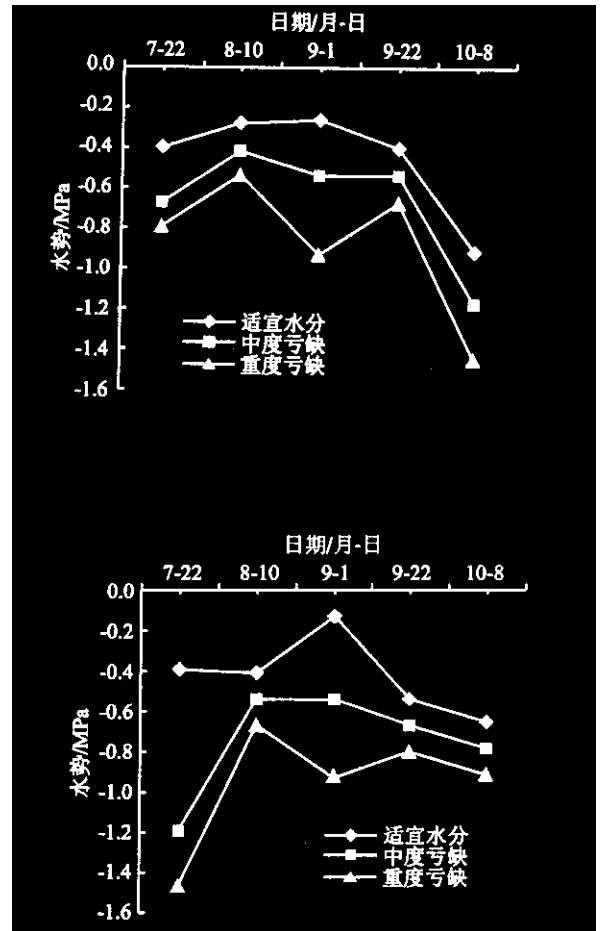


图 2 不同土壤水分下大叶细裂槭叶水势变化

Fig. 2 Variation of water potential of *A. stenolobum* var. *megalophyllum* under different soil water stress

理对 2 种树种叶水势的影响差异显著。大叶细裂槭在中度、重度水分亏缺 1 个月时均显著下降,而辽东栎叶水势下降幅度不大,随胁迫时间的延长,2 树种叶水势又有一回升趋势,随后又下降,重度亏缺下水

势下降幅度大于中度亏缺。大叶细裂槭在胁迫后期水势变化平稳,各处理间差异不明显,均维持较高的水势,辽东栎在胁迫前期水势变化较平缓,后期则急剧下降,尤其是严重水分亏缺下水势变化趋势呈“M”形。由此可见不同树种叶水势的变化除受土壤水分含量直接影响外,还受自身调节能力的影响。总的趋势表明大叶细裂槭调节水势的能力强于辽东栎。

2.2 不同土壤水分处理对叶片含水量的影响

植物叶片含水量的高低反映其在水分胁迫下叶片保水能力的强弱。从图 3、4 可见,不同水分处理

幅度高于水分亏缺下的,至 9 月底各处理叶含水量几乎相等,但叶水势在各处理间仍然有差异。对比适宜水分发现叶含水量也明显下降,说明叶含水量可能还与叶片干物质积累增加有关。

2.3 不同土壤水分处理对蒸腾日进程的影响

蒸腾是植物体内水分以气体状态向外散失的过程,蒸腾作用的强弱是反映植物水分代谢的一个重要指标。测定其大小与变化规律可进一步掌握植物需水量及需水规律,有效利用半干旱区有限水资源<sup>[5]</sup>。不同土壤水分对植物的蒸腾有较大的影响<sup>[8-9]</sup>,从图 5~8 可看出不同土壤水分处理对 2 个

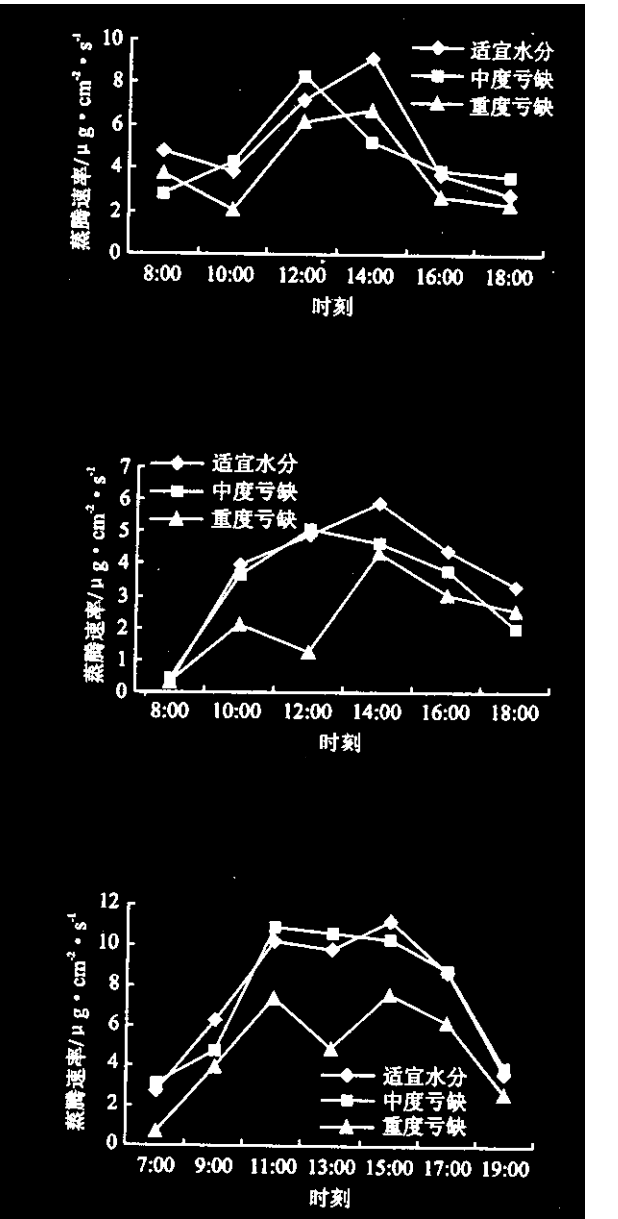
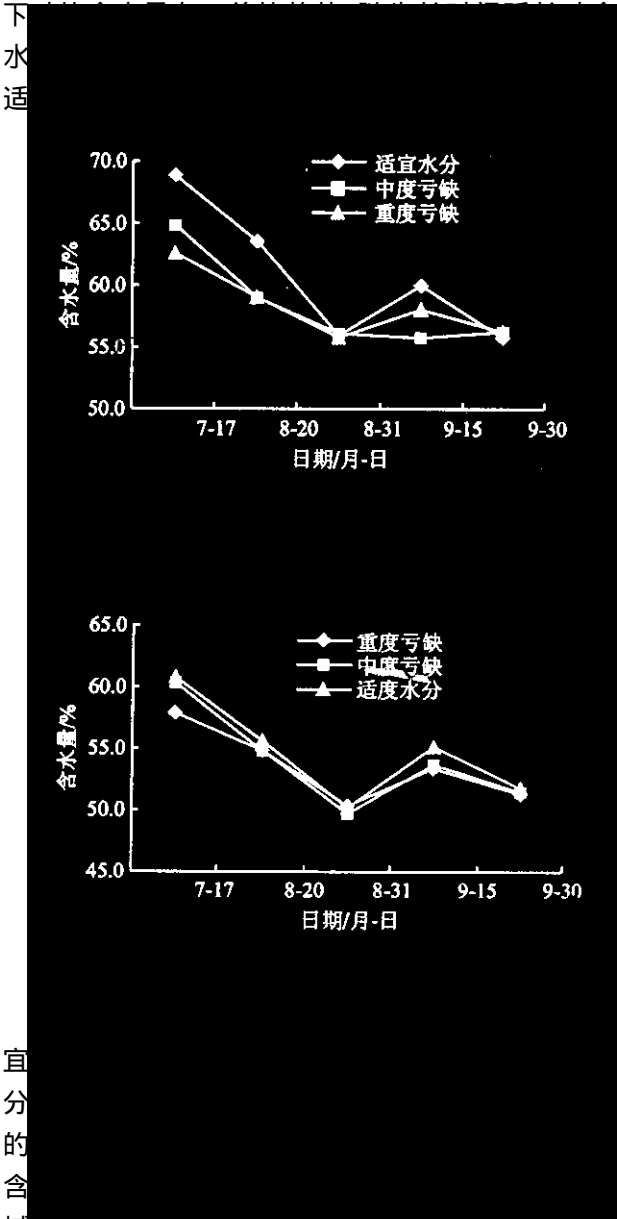
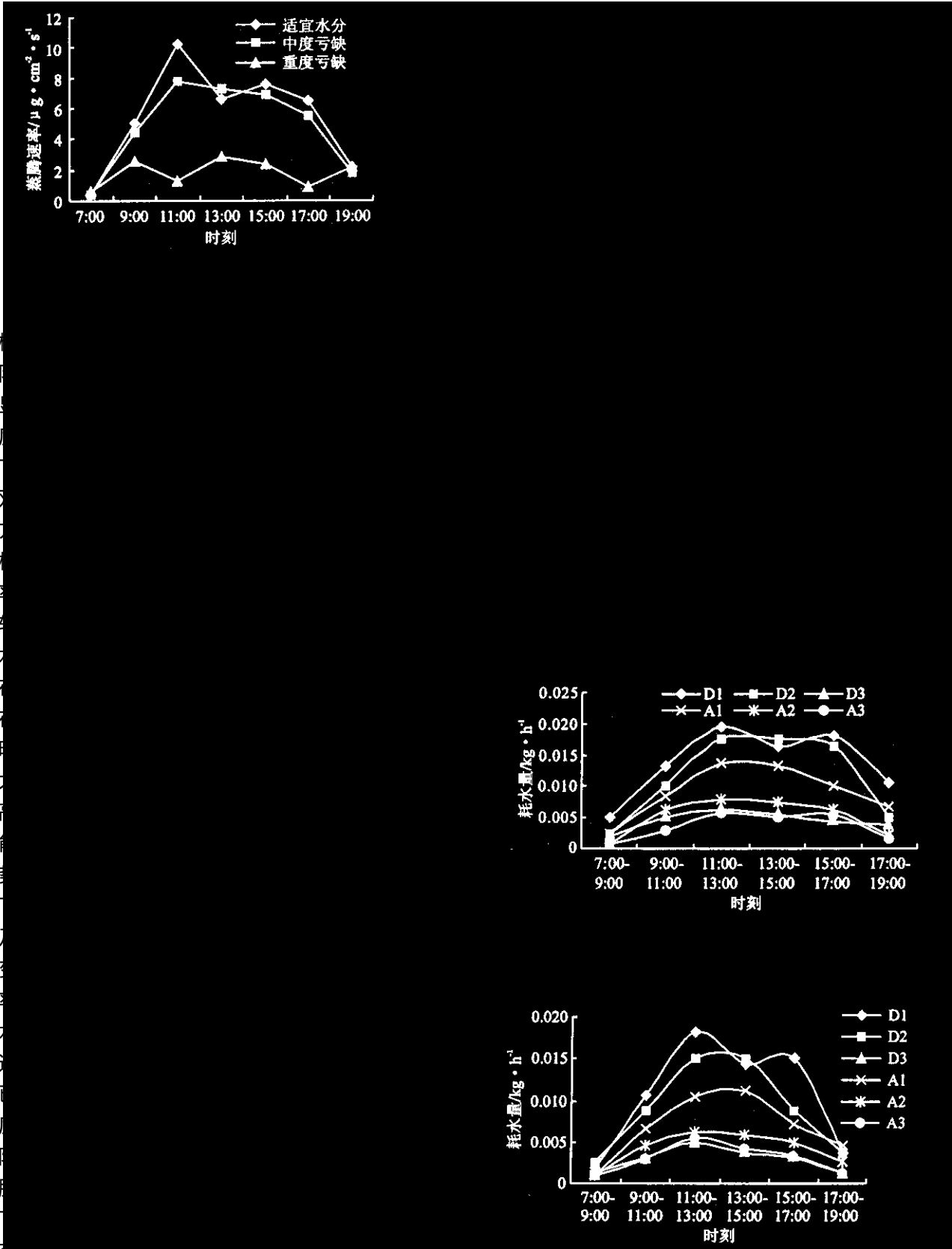


图 7 大叶细裂槭晴天蒸腾速率日变化(8月24日)  
Fig. 7 Variation of transpiration rate *A. stenolobum* var *megalophyllum* under different time on sunday

在整个水分胁迫过程中叶片含水量始终均高于辽东栎。2 个树种叶片含水量有一个共同的特点,即在最热月份(7、8 月)均明显下降,而后随气温降低蒸腾减弱叶含水量又有所回升,且适宜水分下回升



在适宜水分下呈不明显的双峰。以上分析表明,影响植物蒸腾作用的因素很多,除土壤水分含量,不同的天气状况由于光强、温湿度等的综合作用以及树种本身的特性,其蒸腾日进程有很大差异。蒸腾速率日进程变化受控于光照强度、相对湿度及气温的

图 10 不同水分处理下阴天树种耗水日变化

Fig. 10 Variation of transpiration of different trees under water stress treat on cloudy day

2.5 不同土壤水分处理对树种蒸腾、光合速率及水分利用效率的影响

从表 1 可见 ,不同土壤水分处理对 2 树种蒸腾、光合、水分利用率影响不同。土壤含水量对蒸腾速率的影响明显大于对光合速率的影响。瞬时水分利用率( 单叶  $WUE$  )除大叶细裂槭在中度胁迫时有所提高外其余均明显下降。结合气孔导度、胞间  $CO_2$  浓度可以发现大叶细裂槭的气孔导度随水分的减少持续下降 ,而辽东栎在中度胁迫下反而上升 ,蒸腾失水多反过来又降低了光合速率 ,最终造成水分利用效率的下降。

表 1 不同土壤水分条件下 2 树种光合作用特性比较  
Table 1 Comparison of photosynthesis characteristic of the two tree species of under different soil water contents

处理	光合速率 / $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	蒸腾速率 / $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	气孔导度 / $mmol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$	细胞间隙 $CO_2/mg \cdot kg^{-1}$	$WUE$ / $\mu mol \cdot mol^{-1}$
A1	15.75	2.15	170.25	247.50	7.33
A2	14.35	1.84	131.50	226.00	7.79
A3	13.30	2.09	130.00	232.00	6.36
D1	6.67	0.96	50.67	192.00	6.92
D2	5.70	1.07	60.00	319.33	5.34
D3	2.05	0.49	23.50	189.00	4.18

注 :A、D 分别代表大叶细裂槭、辽东栎 ;1、2、3 分别代表适宜水分、中度胁迫、重度胁迫

3 讨论

试验结果表明 ,辽东栎、大叶细裂槭在不同土壤水分处理下水分生理特性具有明显的差异。不同水分处理下大叶细裂槭在整个生育期均保持较高的叶水势 ,靠强大的根系从土壤中吸收足够的水分以维持正常的生理过程 ;而辽东栎始终保持较低的叶水势来维持正常的新陈代谢。大叶细裂槭在不同水分处理下叶片含水量均较高 ,就是在相同条件下叶片含水量也明显高于辽东栎 ,表现出较强的持水能力和抗旱能力。无论在阴天、晴天大叶细裂槭在 3 种水分条件下的蒸腾速率差异不显著 ,仅晴天重度水分胁迫下有所降低 ,而辽东栎无论何种天气 ,重度水分胁迫下的蒸腾速率下降明显 ,特别在晴天差异十分显著 ,蒸腾速率极低 ,表明长时间重度干旱使其气孔调节能力下降 ,植株吸水能力遇到困难 ,对干旱的

忍耐力差。大叶细裂槭日蒸腾耗水量呈单峰曲线 ,各时段耗水量均低于辽东栎 ,中度与重度胁迫下耗水量差异不大 ,辽东栎日蒸腾耗水量呈明显的双峰曲线 ,其中度胁迫下的耗水量比大叶细裂槭适宜水分下的耗水量还高 ,且中度胁迫下的耗水量与适宜水分条件下的差异不大 ,但与重度胁迫下的蒸腾耗水量差异极大 ,是重度胁迫下蒸腾耗水量的 2 倍 ;重度胁迫下不论天气变化如何其蒸腾耗水量均变化不大 ,表明辽东栎在长时间重度水分胁迫下其自我调节机制已基本丧失 ,40 % 的土壤水分基本已不能满足其正常生长需要。大叶细裂槭在不同水分条件下叶片始终保持较高的含水量和叶水势 ,维持良好的生长状态 ,使其气孔导度和细胞间  $CO_2$  浓度较高而获得高的光合速率。大叶细裂槭与辽东栎二者蒸腾强度差异不显著 ,但光合速度差异极明显造成水分利用效率差别显著。中度胁迫下大叶细裂槭的水分利用效率高于适宜水分下的。

参考文献 :

[ 1 ] 吴钦孝 ,杨文治. 黄土高原植被建设与可持续发展 [ M ]. 北京 : 科学出版社 ,1998. 37-702.  
[ 2 ] 侯庆春 ,韩蕊莲 ,李宏平. 关于黄土丘陵典型地区植被建设中有关问题的研究 [ J ]. 水土保持通报 ,2000 ,7( 2 ) :119-123.  
[ 3 ] 李洪建 ,王孟本 ,柴宝峰. 黄土区 4 个树种水势特征的研究 [ J ]. 植物研究 ,2001 ,21( 1 ) :100-105.  
[ 4 ] 阮成江 ,李代琼. 黄土丘陵区沙棘气孔导度及其影响因子 [ J ]. 西北植物学报 ,2001 ,21( 6 ) :1078-1084.  
[ 5 ] 阮成江 ,李代琼 ,姜峻. 半干旱黄土丘陵区沙棘的水分生理生态及群落特性研究 [ J ]. 西北植物学报 ,2000 ,20( 4 ) :621-627.  
[ 6 ] 李洪建 ,柴宝峰 ,王孟本. 北京杨水分生理生态特性研究 [ J ]. 生态学报 ,2000 ,20( 3 ) :417-422.  
[ 7 ] 王孟本 ,李洪建 ,柴宝峰 ,等. 树种蒸腾作用、光合作用和蒸腾效率的比较研究 [ J ]. 植物生态学报 ,1999 ,23( 5 ) :401-410 .  
[ 8 ] 葛滢 ,常杰 ,刘珂 ,等. 杭州石茅苣蒸腾的生理生态学研究 [ J ]. 植物生态学报 ,1999 ,23( 4 ) :320-32.  
[ 9 ] 王仁忠 ,高琼 ,李建东. 松嫩草原两种碱茅群落水分生态的比较研究 [ J ]. 生态学报 ,1998 ,18( 1 ) :107-112.  
[ 10 ] 梁宗锁 ,李敏 ,王俊峰. 沙棘抗旱造林现状与改进意见 [ J ]. 沙棘 ,1998 ,11( 3 ) :8-13.