

毛乌素沙地 4 种植物叶水势变化及其影响因素分析

尹立河, 黄金廷, 王晓勇, 马洪云, 张俊, 董佳秋

(中国地质调查局西安地质调查中心 中国地质调查局干旱-半干旱区地下水与生态重点实验室, 陕西 西安 710054)

摘要: 对毛乌素沙地旱柳(*Salix matsudana* Koidz.)、小叶杨(*Populus simonii* Carr.)、北沙柳(*Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang)和沙蒿(*Artemisia desertorum* Spreng.)4种植物叶水势的月变化和日变化规律以及不同冠层叶水势的差异进行了研究,并分析了4种植物叶水势与气候因子及树干液流速度的相关性。结果表明:在5月份至8月份,旱柳、小叶杨和北沙柳清晨(5:00)的叶水势波动不明显;但3种植物正午(13:00)的叶水势有一定差异,其中旱柳和小叶杨正午的叶水势差异不明显,而北沙柳7月份和8月份的叶水势则明显小于其5月份和6月份;总体上看,各月份3种植物正午的叶水势均明显小于清晨叶水势。供试4种植物的叶水势日变化曲线均以“单峰型”为主,最高值出现在5:00至6:00,最低值出现在12:00至16:00;日间北沙柳的平均叶水势最低,而其他3种植物的平均叶水势差异不明显,5月份和8月份,北沙柳的平均叶水势分别为-11.9和-17.1 MPa,而旱柳、小叶杨和沙蒿的平均叶水势分别为-6.2和-7.1、-7.7和-7.3、-6.8和-8.4 MPa;但夜间4种植物的平均叶水势无明显变化。4种植物日间均表现出树冠下层叶水势高、上层叶水势低的趋势,而夜间则树冠上层和下层的叶水势几乎一致。相关性分析结果表明:4种植物的叶水势与气温、净辐射量以及树干液流速度负相关、与空气相对湿度正相关,其中,不同月份4种植物的叶水势与净辐射量和树干液流速度均极显著相关($P < 0.01$)。研究结果显示:毛乌素沙地不同植物叶水势的变化因种类、季节、气候条件的不同而异,但总体上看净辐射量是影响4种植物叶水势变化的最主要气象因子。

关键词: 旱柳; 小叶杨; 北沙柳; 沙蒿; 叶水势变化; 气象因子

中图分类号: Q945.17; Q948.11 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2016)01-0017-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2016.01.03

Analyses on change in leaf water potential of four species in Maowusu sandland and its influence factors YIN Lihe, HUANG Jinting, WANG Xiaoyong, MA Hongyun, ZHANG Jun, DONG Jiaqiu (Key Laboratory of China Geological Survey on Groundwater and Ecology in Arid and Semi-arid Areas, Xi'an Center of Geological Survey of China Geological Survey, Xi'an 710054, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2016, 25(1): 17-23

Abstract: Monthly and diurnal change laws of leaf water potential of four species of *Salix matsudana* Koidz., *Populus simonii* Carr., *Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang and *Artemisia desertorum* Spreng. in Maowusu sandland and difference in leaf water potential in different crown layers were researched, and correlations of leaf water potential of four species with climatic factors and sap flow velocity were analyzed. The results show that the fluctuation of leaf water potential of *S. matsudana*, *P. simonii* and *S. psammophila* in the morning (5:00) from May to August is not obvious, but there is a certain difference in leaf water potential of three species at noon (13:00), in which, the difference in leaf water potential of *S. matsudana* and *P. simonii* at noon is not obvious, while leaf water potential of *S. psammophila* in July and August is obviously smaller than that in May and June. In general, leaf water potential of three species at noon in all months is obviously smaller than that in the morning. Diurnal change curve of leaf water potential of four species tested is main "single peak type", the highest value appears from 5:00 to 6:00, and the lowest value appears from 12:00 to 16:00. Average leaf water potential of *S. psammophila* in the daytime is the smallest, while there is no obvious difference in average

收稿日期: 2015-04-25

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(41472228); 中国地质调查局地质调查项目(1212010634204; 12120113104100)

作者简介: 尹立河(1977—),男,河北阜城人,博士,研究员,主要从事地下水与生态关系方面的研究。

leaf water potential among other three species. In May and August, average leaf water potential of *S. psammophila* is -11.9 and -17.1 MPa, respectively, while that of *S. matsudana*, *P. simonii* and *A. desertorum* is -6.2 and -7.1, -7.7 and -7.3, -6.8 and -8.4 MPa, respectively, but that of four species in the nighttime has no obvious change. Leaf water potential of four species all appears the trend of high in lower layer and low in upper layer of crown during the daytime, while leaf water potential almost is the same in upper and lower crowns during the nighttime. The correlation analysis result shows that leaf water potential of four species has negative correlation with air temperature, net radiation and sap flow velocity, and has positive correlation with air relative humidity, in which correlations of leaf water potential of four species in different months with net radiation and sap flow velocity are obviously significant ($P < 0.01$). It is suggested that leaf water potential of different species in Maowusu sandland changes with species, seasons and climatic conditions, while in general, net radiation is the most important climatic factor affecting change in leaf water potential of four species.

Key words: *Salix matsudana* Koidz.; *Populus simonii* Carr.; *Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang; *Artemisia desertorum* Spreng.; change in leaf water potential; climatic factors

在干旱—半干旱区,水是制约树木生长最重要的因素^[1]。叶水势能够反映植物受水分胁迫的程度,是衡量树木水分状态的重要指标之一^[2],植物的水势越低,吸水能力越强。Shisanya^[3]对缺水状态和充分供水状态下3种豆科(Leguminosae)植物的叶水势进行了对比,结果显示3种植物叶水势变化特征差异明显。大量的研究表明,不同植物的叶水势具有不同的变化规律。王丁等^[4]对6种典型的喀斯特造林树种叶水势、宋耀选等^[5]对额济纳绿洲9种主要植物叶水势、段爱国等^[6]对金沙江干热河谷19种主要植物叶水势和Seghieri^[7]对马里古尔马地区6种乔木叶水势的研究结果均表明:不同植物叶水势的日变化或季节变化规律和变化幅度不同。植物叶水势的变化规律与环境因子具有密切关系^[8-9],主要包括气象因素(如气温、空气相对湿度和辐射量等)以及土壤含水量等,因而,干旱季节灌木的叶水势明显低于湿润季节^[10]。此外,植物叶水势与光合速率^[11]和蒸腾速率^[12]也具有一定的相关关系。

毛乌素沙地位于农牧交错带,是北方重要的生态屏障区。王兴鹏等^[12]研究了毛乌素沙地南缘赖草[*Leymus secalinus* (Georgi) Tzvel.]叶水势的变化规律,并探讨了其与蒸腾速率的关系;任杰等^[13]研究了毛乌素沙地西南部主要牧草芦苇[*Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud.]和赖草叶水势的影响因素;张军红^[14]研究了毛乌素沙地中部油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)叶水势的日变化及与环境因子的关系。除赖草、芦苇和油蒿外,毛乌素沙地的常见植物种类还有旱柳(*Salix matsudana* Koidz.)、小叶杨(*Populus simonii* Carr.)、北沙柳(*Salix psammophila* C.

Wang et Chang Y. Yang)和沙蒿(*Artemisia desertorum* Spreng.)等,这些种类在毛乌素沙地的植物区系中占有重要地位,是区域生态恢复的重要植物类型。

为进一步明确毛乌素沙地不同植物种类叶水势的变化规律及其影响因子,作者对毛乌素沙地4种常见植物(旱柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿)叶水势的日变化和月变化规律进行分析,并探究其与气象因子、树干液流速度的关系,以期为毛乌素沙地生态环境恢复与保护提供研究依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 研究区概况

研究区位于国土资源部地下水与生态-陕西榆林野外基地内。该基地位于陕西省榆林市榆阳区,地处毛乌素沙地的东南缘,地理坐标为东经109°12′、北纬38°23′。属温带半干旱大陆性季风气候,年平均气温8.1℃,1月平均气温最低(-8.6℃),7月平均气温最高(23.9℃);年平均降水量340mm,降水多集中在7月份至9月份,这期间的降水量占全年降水量的70%以上;年蒸发量2800mm。土壤为风积沙,无生物结皮现象,疏松易风蚀;地下水水位埋深约1.5m;周边地貌以固定、半固定沙丘和农田为主。分布的主要植物种类有旱柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿,生长均比较健康;其中,旱柳、小叶杨和北沙柳以人工种植为主,沙蒿为天然植被;旱柳和小叶杨的株龄约40a,北沙柳的株龄约10a,沙蒿的株龄约6a。

1.2 研究方法

1.2.1 取样方法 于2012年5月至8月,在实验区

内选取上述4个树种生长健康的植株各1株,取阳面冠层中部1年生新枝上完整叶片,用于叶水势测定。

1.2.2 叶水势月变化测定 在2012年5月至8月,每隔10 d在当天的5:00和13:00,采用PMS MODEL 1000压力室水势仪(美国PMS仪器公司)测定旱柳、小叶杨和北沙柳的叶水势(精度为 ± 0.1 MPa)。每片叶测定3次,结果取平均值;当月叶水势以每月3次测定值的平均值计。

1.2.3 叶水势日变化测定 在2012年的5月、6月和8月,选择1个晴天,采用PMS MODEL 1000压力室水势仪测定旱柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿的叶水势,每隔1~2 h测定1次,每片叶测定3次,结果取平均值。其中,5月份侧重测定不同树种白天的叶水势变化,6月份侧重测定不同树种夜间的叶水势变化,8月份侧重测定不同树种全天的叶水势变化。

另外,在测定的当天利用插针式树干液流仪(美国Dynamax公司)测定旱柳、小叶杨和北沙柳的树干液流速度,1 h测定1次。同时,采用波文比系统(英国Campbell公司)测定气象要素,包括降水、风速、气温、空气相对湿度和净辐射量,1 h测定1次。

1.2.4 不同冠层叶水势日变化测定 2012年6月,在测定叶水势日变化的同时,选择各树种不同高度叶片测定不同冠层叶水势的日变化,其中旱柳、小叶杨和北沙柳叶片的高差为1.0 m,沙蒿叶片的高差为0.5 m。测定方法同上。

1.3 数据处理

利用EXCEL 2003软件作图,并进行相关性分析。

2 结果和分析

2.1 毛乌素沙地不同树种叶水势的变化规律分析

2.1.1 叶水势的月变化规律分析 5月份至8月份旱柳、小叶杨和北沙柳在清晨(5:00)和正午(13:00)的叶水势均值和变差见图1。由图1可见:旱柳在不同月份清晨的叶水势平均值差异不大,变幅为 $-2.7 \sim -2.3$ MPa,平均值为 -2.4 MPa;各月份其正午的叶水势平均值变幅为 $-11.2 \sim -8.3$ MPa,平均值为 -9.6 MPa,明显小于清晨的叶水势;从各月份间的比较看,旱柳正午的叶水势在5月份最大,6月份和7月份相差不大,8月份最小。小叶杨在各月份清晨的叶水势变幅为 $-2.8 \sim -2.0$ MPa,平均值为 -2.4 MPa;其正午的叶水势变幅为 $-10.0 \sim -7.6$ MPa,平均值为 -9.4 MPa;从各月份间的比较看,小叶杨正午的叶水势差异不明显,且均小于清晨的叶水势。北沙柳在各月份清晨的叶水势变幅为 $-3.2 \sim -2.5$ MPa,平均值为 -2.8 MPa;其正午的叶水势变幅为 $-21.0 \sim -9.3$ MPa,平均值为 -15.2 MPa;从各月份间的比较看,北沙柳正午的叶水势差异明显,其中7月份正午叶水势最小,为 -21.0 MPa,8月份的叶水势也较小,而6月份其正午叶水势最大,为 -9.3 MPa。

综合分析结果显示:旱柳、小叶杨和北沙柳清晨的叶水势差异不明显;而旱柳和小叶杨正午的叶水势差异也不大,但北沙柳正午的叶水势明显低于旱柳和小叶杨。从叶水势差(即清晨与正午叶水势之差)看,

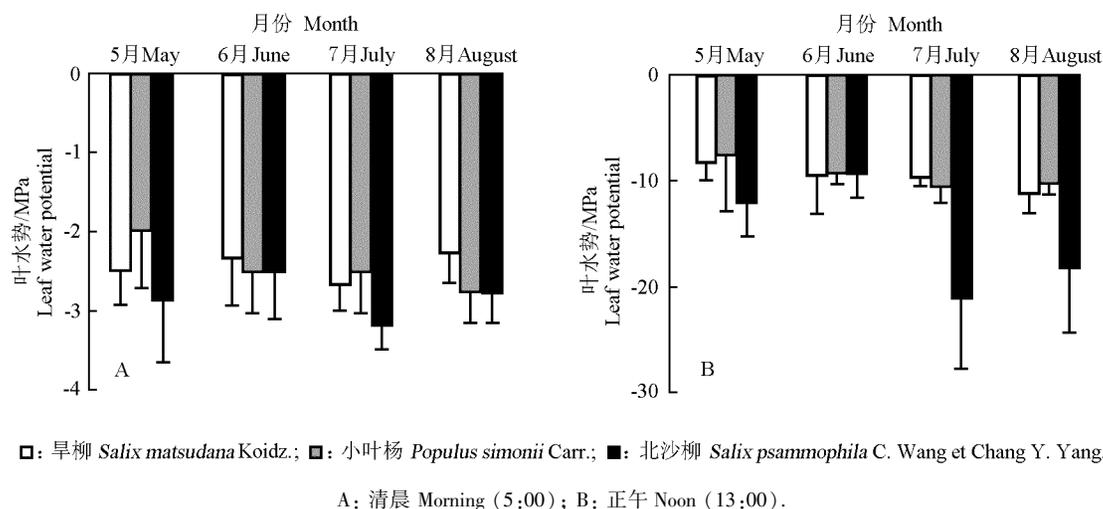


图1 毛乌素沙地3种植物不同时段叶水势的月变化趋势

Fig. 1 Monthly change trend of leaf water potential of three species in Maowusu sandland at different times

旱柳的叶水势差为5.8~8.9 MPa,小叶杨的叶水势差为5.6~8.0 MPa,北沙柳的叶水势差为6.8~17.8 MPa,由于叶水势差与植物水分亏缺的程度相关,因而,供试的3种植物中,北沙柳和旱柳的水分亏缺较为严重,小叶杨的水分亏缺在3种植物中较轻。

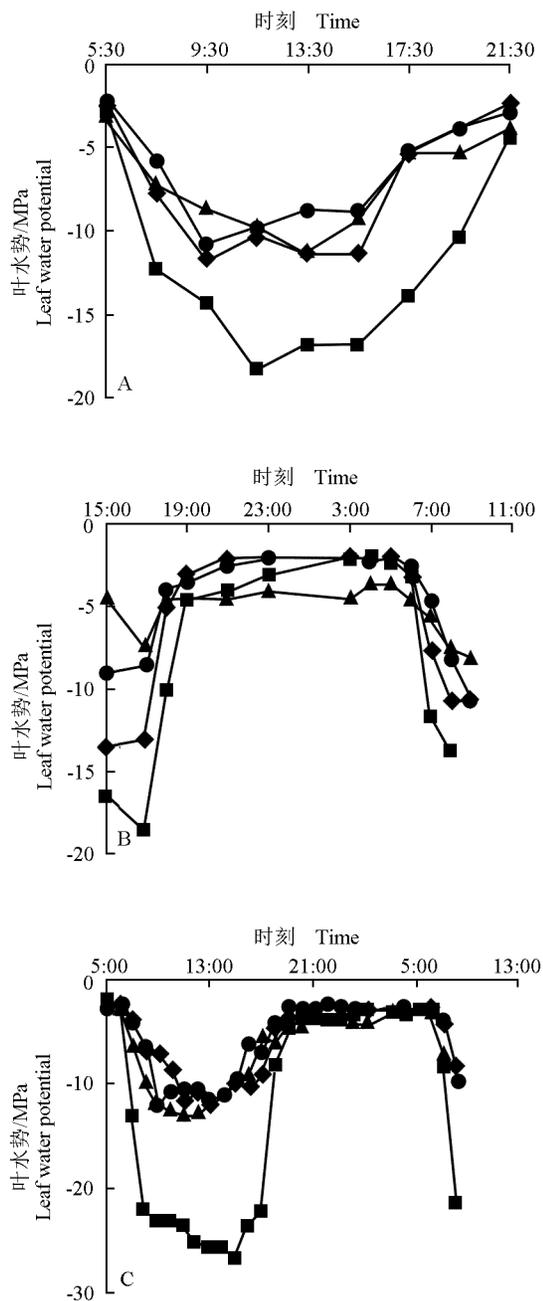
2.1.2 叶水势的日变化规律分析 5月份、6月份和8月份旱柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿的叶水势日变化曲线见图2。结果显示:供试4种植物日间(6:00至20:00)的叶水势变化总体呈“倒n型”。早上5:00至6:00,4种植物的叶水势达到全天最大值,然后逐渐降低,这是因为随着早晨气温和辐射量的升高,植物蒸腾作用逐渐增强,导致叶水势不断降低,以便从土壤获取更多的水分。正午后(12:00至16:00)叶水势达到全天最低值,并随植物蒸腾作用的减弱而逐渐升高。总体上看,除5月份小叶杨和8月份旱柳的叶水势日变化曲线分别呈不太明显的“双峰型”曲线外,其他月份各树种的叶水势日变化曲线均呈“单峰型”。

由图2还可见:白天北沙柳的叶水势最低,而其他3种植物的叶水势差异不明显;5月份,北沙柳的平均叶水势为-11.9 MPa,而旱柳、小叶杨和沙蒿的平均叶水势分别为-6.2、-7.7和-6.8 MPa;8月份,北沙柳的平均叶水势为-17.1 MPa,而旱柳、小叶杨和沙蒿的平均叶水势分别为-7.1、-7.3和-8.4 MPa。

在夜间(21:00至次日5:00),植物蒸腾强度很低,而且根系仍在进行吸水活动,因此供试4种植物的叶水势均缓慢增高且总体上变化较平稳(图2)。其中,夜间旱柳和小叶杨的叶水势最高,其次为北沙柳,夜间沙蒿的叶水势最低,如6月份,旱柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿夜间的平均叶水势分别为-2.2、-2.0、-3.1和-4.1 MPa。由于夜间叶水势与根系区的平均土壤水势具有一定的关系,因此,北沙柳和沙蒿相对较浅的根系可能是导致其夜间叶水势较低的原因之一。

2.1.3 不同冠层叶水势的日变化规律分析 供试4种植物不同冠层叶水势的日变化曲线见图3。结果显示:日间供试4种植物的叶水势均表现出树冠下层水势高、上层水势低的趋势,如旱柳树冠下层和上层的平均叶水势分别为-5.0和-5.8 MPa;并且早上7:00后,受蒸腾作用不断增强的影响,树冠下层与上层间叶水势差不断加大;表明受蒸腾作用消耗水分的影响,植物根系吸收的水分向上运动,并通过叶片蒸腾散耗。而夜间供试4种植物树冠上层和下层的叶

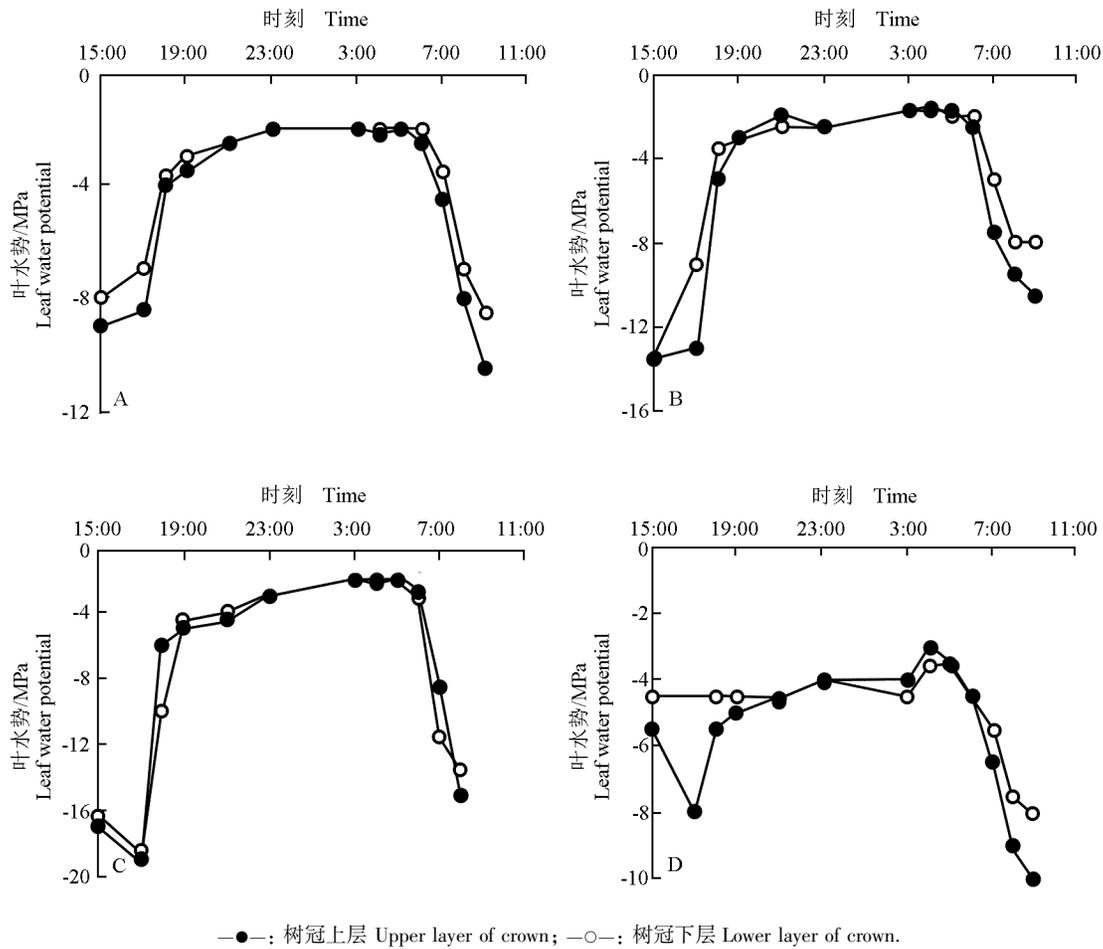
水势几乎一致,如旱柳树冠下层和上层的平均叶水势分别为-2.1和-2.2 MPa,表明植物体内的水分耗散很低,水分运输处于几乎停滞的状态。



—●—: 旱柳 *Salix matsudana* Koidz.; —◆—: 小叶杨 *Populus simonii* Carr.; —■—: 北沙柳 *Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang; —▲—: 沙蒿 *Artemisia desertorum* Spreng.

A: 5月 May; B: 6月 June; C: 8月 August.

图2 毛乌素沙地4种植物不同月份叶水势的日变化曲线
Fig. 2 Diurnal change curve of leaf water potential of four species in Maowusu sandland at different months



A: 早柳 *Salix matsudana* Koidz.; B: 小叶杨 *Populus simonii* Carr.; C: 北沙柳 *Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang; D: 沙蒿 *Artemisia desertorum* Spreng.

图3 毛乌素沙地4种植物不同冠层叶水势的日变化曲线
Fig. 3 Diurnal change curve of leaf water potential in different crown layers of four species in Maowusu sandland

2.2 毛乌素沙地不同树种叶水势的相关因子分析

2.2.1 与环境因子的相关性分析 实验期间,研究区域的净辐射量日最高值出现在12:00,夜间为负值;气温最高值出现在15:00,比净辐射量峰值晚3h;空气相对湿度晚上高,白天低,最低值出现在15:00。对供试4种植物叶水势与同时的气温、空气相对湿度和净辐射量进行相关性分析,结果见表1。

结果表明:供试4种植物叶水势与气温和净辐射量均呈负相关,而与空气相对湿度呈正相关。在不同月份,各树种叶水势与气温和空气相对湿度的相关性具有不同的规律,其中,8月份4种植物叶水势与气温和空气相对湿度的相关性均极显著($P < 0.01$),而在5月份仅北沙柳和沙蒿的叶水势与气温和空气相对湿度均有极显著相关性,6月份仅早柳和北沙柳的叶水

势与气温有极显著相关性。不同月份4种植物的叶水势与净辐射量均呈极显著负相关,且相关系数差异较小,早柳、小叶杨、北沙柳和沙蒿的叶水势与净辐射量的平均相关系数分别为-0.94、-0.92、-0.88和-0.87。表明5月份、6月份和8月份净辐射量是导致4种植物叶水势变化的最主要的气象因子。

2.2.2 与树干液流速度的相关性分析 对树干液流速度的测定结果表明:5月份、6月份和8月份早柳、小叶杨和北沙柳的树干液流速度均呈现昼夜变化,日间6:00以后树干液流速度逐渐增加,至10:00左右达全天的最大值,并保持到下午17:00左右,然后开始下降;夜间各树种的树干液流速度均比较低(接近于0)。对早柳、小叶杨和北沙柳叶水势与树干液流速度的相关分析结果(表2)表明:在5月份和6月份,

表1 不同月份毛乌素沙地4种植物叶水势与气温、空气相对湿度和净辐射量的相关系数¹⁾

Table 1 Correlation coefficients of leaf water potential of four species with air temperature, air relative humidity and net radiation in Maowusu sandland at different months¹⁾

指标 Index	相关系数 Correlation coefficient		
	气温 Air temperature	空气相对湿度 Air relative humidity	净辐射量 Net radiation
5月 May			
ψ_{SM}	-0.56	0.58	-0.94*
ψ_{PS}	-0.54	0.53	-0.93*
ψ_{SP}	-0.77*	0.75*	-0.89*
ψ_{AD}	-0.59*	0.59*	-0.94*
6月 June			
ψ_{SM}	-0.66*	0.59	-0.95*
ψ_{PS}	-0.62	0.53	-0.91*
ψ_{SP}	-0.71*	0.62	-0.86*
ψ_{AD}	-0.41	0.32	-0.73*
8月 August			
ψ_{SM}	-0.79*	0.75*	-0.94*
ψ_{PS}	-0.91*	0.89*	-0.91*
ψ_{SP}	-0.87*	0.83*	-0.89*
ψ_{AD}	-0.79*	0.74*	-0.95*

¹⁾ ψ_{SM} : 旱柳的叶水势 Leaf water potential of *Salix matsudana* Koidz.;
 ψ_{PS} : 小叶杨的叶水势 Leaf water potential of *Populus simonii* Carr.;
 ψ_{SP} : 北沙柳的叶水势 Leaf water potential of *Salix psammophila* C. Wang et Chang Y. Yang; ψ_{AD} : 沙蒿的叶水势 Leaf water potential of *Artemisia desertorum* Spreng. *: $P < 0.01$.

表2 不同月份毛乌素沙地3种植物叶水势与树干液流速度的相关系数¹⁾

Table 2 Correlation coefficients of leaf water potential of three species in Maowusu sandland with sap flow velocity at different months¹⁾

树种 Species	相关系数 Correlation coefficient		
	5月 May	6月 June	8月 August
旱柳 <i>Salix matsudana</i>	-0.90 *	-0.90 *	—
小叶杨 <i>Populus simonii</i>	-0.86 *	-0.90 *	—
北沙柳 <i>Salix psammophila</i>	-0.72 *	-0.88 *	-0.87 *

¹⁾ *: $P < 0.01$; —: 无数据 Without data.

各树种叶水势与树干液流速度均呈负相关性,相关性均达到极显著水平($P < 0.01$),其中,旱柳和小叶杨的叶水势与树干液流速度的相关系数差异不大;8月份,北沙柳的叶水势与树干液流速度也具有极显著的负相关性。因仪器问题,没有获得8月份旱柳和小叶杨树干液流速度的相关测定数据,因而无法获得8月份旱柳和小叶杨的叶水势与树干液流速度的相关系数。

3 讨论和结论

对50多种植物叶水势的研究^[1-18]结果表明:不

论是在湿润地区还是在干旱地区,植物日间叶水势的变化均以“单峰型”为主,而日间叶水势呈“双峰型”变化的植物种类并不多见。在年降水量达1390~1870mm的浙江临安地区(湿润区),不同海拔高度的柳杉(*Cryptomeria fortunei* Hooibr. ex Otto et Dietrich)的叶水势均呈“单峰型”^[2];而在年降水量只有300~350mm的内蒙古鄂尔多斯地区(干旱区),油蒿的叶水势也呈“单峰型”^[14];本研究涉及的毛乌素沙地的4种植物日间叶水势的变化也以“单峰型”为主。而日间叶水势呈“双峰型”变化的主要有贵州喀斯特地区的刺槐(*Robinia pseudoacacia* Linn.)和构树(*Broussonetia papyrifera* (Linn.) L' Hér. ex Vent.)^[4]、内蒙古毛乌素沙地的芦苇^[13]、以及甘肃黄土高原地区的银水牛角(*Shepherdia argentea* (Pursh) Nutt.)等^[9]。也有一些植物日间叶水势变化呈现不太明显的“双峰型”,这包括内蒙古库布齐沙漠的四翅滨藜(*Atriplex canescens* (Pursh) Nutt.)^[15]和内蒙古额济纳绿洲区的胡杨(*Populus euphratica* Olivier)^[11]等。尽管各地区的气候特点不同,植物的生理特征也各具特色,但全天中叶水势最高值一般出现在清晨的5:00至6:00,而全天叶水势的最低值出现的时间差异较大,但大多也是集中在12:00至16:00之间^[16-17]。显示植物叶水势的变化规律。

气象因子是影响植物叶水势的重要因素,气象因子的日变化规律与叶水势在全天中“先减小后增大”的变化趋势一致;气温、空气相对湿度和净辐射量与叶水势具有较明显的相关关系,但何种因子起决定作用目前尚无定论。如段爱国等^[6]认为同一地区不同树种叶水势的主要影响因子不同,在云南金沙江干热河谷主要植被恢复树种中,印楝(*Azadirachta indica* A. Juss.)、金合欢(*Acacia glauca* (Linn.) Moench)、山合欢(*Albizia kalkora* (Roxb.) Prain)、木豆(*Cajanus cajan* (Linn.) Huth)、车桑子(*Dodonaea viscosa* (Linn.) Jacq.)、赤桉(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.)、川楝(*Melia toosendan* Sieb. et Zucc.)、余甘子(*Phyllanthus emblica* Linn.)及久树(*Schleichera oleosa* (Lour.) Oken)叶水势的首要影响因子为气温,银合欢(*Leucaena leucocephala* ‘Salvador’)、灰白毛豆(*Tephrosia candida* DC.)、云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)及大叶相思(*Acacia auriculiformis* A. Cunn)叶水势的主要影响因子为空气相对湿度,而史密斯桉(*Eucalyptus smithii* R. T. Baker)和小桐子(*Jatropha*

curcas Linn.) 叶水势的首要影响因子则为光照强度。但本研究结果表明:5月份、6月份和8月份的净辐射量是导致毛乌素沙地供试4种植物叶水势变化的最主要的气象因子,显示毛乌素沙地不同种类植物叶水势的主要影响因素一致。但即使同一地区的同一物种,对不同株龄植株的叶水势也有不同的影响因素,魏晓霞等^[1]的研究结果表明:河北北部不同年龄的华北落叶松 [*Larix gmelinii* var. *principis-rupprechtii* (Mayr) Pilger] 的叶水势的主要影响因子各异,其中,株龄31和15a的华北落叶松叶水势的主要影响因素是光照强度,而对于株龄6a的华北落叶松,气温是影响其叶水势的主要因素。因此,植物叶水势的主要影响因素因地域和物种而异,没有统一规律。

此外,本研究结果显示:日间旱柳、小叶杨和北沙柳的叶水势与其树干液流速度呈极显著负相关。与已有研究结果一致,如荷木 (*Schima superba* Gardn. et Champ.) 的蒸腾量与叶水势呈负相关^[19],国槐 (*Sophora japonica* Linn.) 的叶水势与树干液流速度也呈负相关^[20]。推测原因是植物吸水需要一个水势梯度,叶片是水势最低的部位,因此叶水势越低,整体植物的水势梯度就越大,蒸腾量也越大。

由于本次实验涉及的植物种类及样株均较少,且取样和测定过程均存在一定的缺陷,因此,研究结果并不能完全反映出毛乌素沙地植物叶水势的变化规律。将在今后的研究工作中进一步完善和深入。

参考文献:

- [1] 魏晓霞,呼呼和牧仁,周梅,等. 不同年龄华北落叶松叶水势及其影响因素的研究[J]. 干旱区资源与环境, 2010, 24(7): 144-148.
- [2] 秦登,刘鹤,赵明水,等. 天目山柳杉叶水势日变化及其与空气温度和PAR的相关性[J]. 植物资源与环境学报, 2014, 23(1): 39-43.
- [3] SHISANYA C A. Leaf water potential responses of three bean varieties to water stress during flowering in a semi-arid environment of Kenya[J]. South African Journal of Botany, 2004, 70: 713-716.
- [4] 王丁,姚健,薛建辉,等. 6种喀斯特造林树种苗木叶片水势变化及影响因子研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(22): 99-106.
- [5] 宋耀选,周茂生,张小由,等. 额济纳绿洲主要植物的水势与环境因子的关系[J]. 中国沙漠, 2005, 25(4): 496-499.
- [6] 段爱国,张建国,张俊佩,等. 金沙江干热河谷主要植被恢复树种叶水势的时空变化规律[J]. 林业科学研究, 2007, 20(2): 151-159.
- [7] SEGHIERI J. Comparison of the measurements of leaf water potential between a hydraulic press and a pressure chamber in six Sahelian woody species[J]. Agroforestry Systems, 2010, 80: 185-190.
- [8] 王丽,王进鑫,庞云龙. 不同供水条件下气象因素对侧柏和刺槐叶水势的影响[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 25-28.
- [9] 刘静,贺康宁,韩磊. 黄土高原西部高寒区引进树种银水牛果叶水势研究[J]. 水土保持研究, 2009, 16(5): 194-198.
- [10] SAHA S, STRAZISAR T M, MENGES E S, et al. Linking the patterns in soil moisture to leaf water potential, stomatal conductance, growth, and mortality of dominant shrubs in the Florida scrub ecosystem[J]. Plant and Soil, 2008, 313: 113-127.
- [11] 萨如拉,张秋良,刘洋. 额济纳绿洲天然胡杨光合速率与其叶水势相关关系研究[J]. 林业资源管理, 2009(5): 94-98.
- [12] 王兴鹏,文卿琳,张维江. 毛乌素沙地南缘赖草蒸腾速率与叶水势关系的初步研究[J]. 水土保持学报, 2007, 14(1): 135-137, 140.
- [13] 任杰,王键,温志红,等. 毛乌素沙地天然牧草叶水势影响因素的初步研究[J]. 中国农村水力水电, 2010(6): 91-94.
- [14] 张军红. 不同固定程度沙地油蒿叶水势的日动态及其环境影响因子的研究[J]. 西部林业科学, 2014, 43(1): 17-22.
- [15] 芦新建,贺康宁,巩玉霞,等. 内蒙古库布齐沙漠四翅滨藜叶水势研究[J]. 水土保持研究, 2008, 15(2): 184-188.
- [16] 李小琴,张小由,刘晓晴,等. 额济纳绿洲河岸胡杨 (*Populus euphratica*) 叶水势变化特征[J]. 中国沙漠, 2014, 34(3): 712-717.
- [17] 韩磊,贺康宁,芦新建,等. 青海高寒半干旱区蒙古莠叶水势变化及其与环境因素的关系[J]. 水土保持通报, 2008, 28(6): 1-5.
- [18] 张鸣,张仁陟,蔡立群. 不同耕作措施下春小麦和豌豆叶水势变化及其与环境因子的关系[J]. 应用生态学报, 2008, 19(7): 1467-1474.
- [19] 周翠鸣,赵平,倪广艳,等. 基于树干液流和土壤-叶片水势梯度分析荷木干季整树水分利用特征[J]. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2659-2666.
- [20] 李广德,王晓辉,贾黎明,等. 国槐枝叶水分特征及其对树干边材液流的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(1): 23-28.

(责任编辑:张明霞)