

内蒙古库布齐沙漠四翅滨藜叶水势研究

芦新建, 贺康宁, 巩玉霞, 胡月楠

(北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治国家重点实验室, 北京 100083)

摘要: 2006年5—9月, 采用PSYPRO露点水势仪和稳态气孔计Li-1600, 在库布齐沙漠测定了从美国引种的四翅滨藜的叶水势和蒸腾速率的日、月动态变化, 并与同期测定的杨柴、白刺的叶水势进行了比较, 旨在为这一优良灌木树种的推广及管理提供理论依据。结果表明: 四翅滨藜叶水势在5月和9月的较高, 生长最旺盛的6—8月较低; 一天中, 叶水势与气温和太阳辐射强度呈负相关, 与大气相对湿度成显著正相关。气温与大气相对湿度的综合作用对叶水势影响显著; 在低温高湿时, 叶水势最高; 在低温低湿和高温高湿时, 叶水势均较低; 在高温低湿时, 叶水势维持在相对较高的水平。在相同条件下, 四翅滨藜的叶水势较杨柴和白刺的要低, 表明它从干旱土壤中吸收水分的能力比另外两者更强。

关键词: 四翅滨藜; 叶水势; 气象因子

中图分类号: S718.43

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0184-05

Study on the Leaf Water Potential of *Atriplex canescens* in Kubuqi Desert of Inner Mongolia

LU Xin-jian, HE Kang-ning, GONG Yu-xia, HU Yue-nan

(Key Laboratory of Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: The leaf water potential and transpiration rate of *Atriplex canescens* was measured by PSYPRO water potential apparatus and steady state porometer Li-1600 respectively in Kubuqi desert from May to September in 2006. The daily and seasonal variations of leaf water potential of *Atriplex canescens* and related factors were analyzed; also the paper compared it with that of *Hedysanm mongolicum* and *Nitraria tangutorum* measured at the same time. The results showed: leaf water potential is higher in May and September than that of in June, July and August. The leaf water potential had a negative correlation to air temperature and solar radiation, and a positive correlation to relative humidity. The study also showed that lower temperature with higher humidity lead to the highest leaf water potential, lower temperature with lower humidity or higher temperature with higher humidity lead to the lowest leaf water potential, higher temperature with lower humidity lead to a relative higher leaf water potential. In the same condition, the water potential of *Atriplex canescens* is lower than that of *Hedysanm mongolicum* and *Nitraria tangutorum*, which means the ability for absorbing water from dry soil of *Atriplex canescens* is better than other two species.

Key words: *Atriplex canescens*; leaf water potential; meteorological factors

四翅滨藜(*Atriplex canescens*)属藜科藜属多年生半常绿灌木, 原产于美国西部干旱盐碱地区。它是经美国科罗拉多州立大学农业试验站、犹他州野生动物资源局、农业部林业局山际林业和牧场试验站、水土保持局等单位通过多年努力, 选育出的改良品种, 已广泛用于牧场改良、造林绿化和水土保持, 具有耐寒、耐旱、抗高温、耐盐碱、防火阻燃的特性^[1,3,5-6]。该种生长迅速, 是很好的防风固沙固土树种, 并由于其耐盐碱的特性而被一些国家称为“生物脱盐器”^[1,3,9]。作为荒漠、半荒漠干旱的饲料灌木, 它具有很高的产量和营养价值^[2,4,8,9], 同时具有积累硒的能力, 更加提高了饲料质量^[7,10]。目前, 国内主要研究了四翅滨藜的引种繁育技术,

对于其生理特性的研究还不多见。植物的叶水势反映了植物从土壤中吸收水分的能力, 是衡量植物抗旱性的重要生理指标^[11]。然而, 还未见有关四翅滨藜叶水势的研究报道, 对四翅滨藜叶水势的日、季变化规律及与各气象因子的关系等展开多方面的研究, 为四翅滨藜在我国的推广、管理等提供理论依据和参考。

1 实验区概况

实验地位于内蒙古林科院达拉特旗沙漠综合科学实验站, 海拔1 025 m, 地理坐标N40°22'30", E109°50'30"。该地是黄河以南的二级阶地, 地下水埋深约1.2 m, 土壤含水量

收稿日期: 2007-04-13

基金项目: 教育部科学技术重大研究项目“北方退耕还林区水土保持林植被恢复和重建技术研究”(10407)

作者简介: 芦新建(1982—), 男, 河北人, 在读硕士, 主要从事水土保持、林业生态工程研究。E-mail: lxf-flying@163.com

相对较高。在气候区上属于温带大陆性季风气候,年平均降水量一般在240~360 mm,年平均蒸发量为2 160 mm,极端最高气温40.2℃,极端最低气温-34.5℃,≥10℃年平均积温为3 197.4℃,无霜期为130~140 d,8级以上大风日数27 d,扬沙日数58 d,多出现在3~5月,年平均风速3.3 m/s,最大瞬时风速达30 m/s。项目区立地类型主要有流动沙地、固定、半固定沙地和丘间地。土壤类型为盐化草甸土和风沙土。田间最大持水量20%,表层土壤平均容重1.50 g/cm³。

2 实验材料与方法

2.1 实验材料

实验材料为库布齐沙漠从美国引种的灌木树种四翅滨藜,树龄3~4 a,平均株高0.8 m左右,平均冠幅1 m×1 m。

2.2 实验方法

在2006年5~9月,每月上下旬分别选择1个典型晴天,测定大田里自然生长状态下生长健壮的四翅滨藜的叶水势,测量从6:00开始,每隔2 h一次,至18:00结束,每次测量稳定时间为15 min,每5 min记录1次,连续记录至少5次,以其平均值作为该时刻的叶水势。同时测定相同植株叶片的蒸腾速率、当天的土壤含水量、土壤水势和距地面2 m处的各气象因子(主要包括:气温、大气相对湿度、太阳辐射强度、降雨量等)。其中,土壤水势测定时分别测定20,30,40和50 cm深,每个深度设2个重复,最后4个层次的土壤水势取平均值作为该测定日的土壤水势;各气象因子每隔10 min记录1次,整个生长季连续记录。

2.3 测定指标

(1)叶水势。用露点水势仪 PSYPRO(美国)测定。

(2)蒸腾速率。用稳态气孔计 Li-1600 测定。

(3)土壤水势。用张力计 PG100(日本)测定。

(4)气象因子。用 DAVIS 自动气象站(美国)测定。

(5)大气水势。根据水势定义用大气相对湿度和温度计算^[12],公式如下:

$$\psi_a = 4.6248 \times 10^5 T_A \times \ln R_H$$

式中: ψ_a ——大气水势(Pa); T_A ——绝对气温(K); R_H ——大气相对湿度。

3 实验结果与分析

3.1 四翅滨藜叶水势与蒸腾速率的关系

叶水势的变化主要是由于叶片水分的供求关系变化引起的,即根系对叶片的供水能力和叶片的水分消耗。图1给出了各月份四翅滨藜的叶水势与蒸腾速率日均值的变化过程。结合表1,从图中可以看出,在区域Ⅰ中,由于干旱和植物生长周期的影响,使得叶水势与蒸腾速率的变化对应比较复杂;区域Ⅱ中,由于雨季的到来,叶水势的变化主要受蒸腾速率的影响,可以看出两者的变化对应关系很好。如从7~8月,蒸腾速率从7.85 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$ 升高到14.99 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,相应的叶水势从-2.90 MPa降至-3.60 MPa,到9月时,蒸腾速率又降至4.55 $\mu\text{g}/(\text{cm}^2 \cdot \text{s})$,同时叶水势也回升到-2.52 MPa。

同时从图2和图3看出,在一天内土壤水分处于相对较

稳定的状态,叶水势的变化取决于蒸腾速率的变化,故两者的变化有很好的对应关系,即:蒸腾速率升高,叶水势降低;蒸腾速率降低,叶水势升高。

3.2 四翅滨藜叶水势的日、月变化

3.2.1 四翅滨藜叶水势的日变化

图2为各月典型晴天里四翅滨藜叶水势变化的日过程。可以看出各月份典型晴天里的叶水势除5月以外,均呈不明显的双谷曲线变化,8月相对比较明显。5~7月日变化幅度不大。在8月时,中午叶水势明显低于其它时间,主要是受天空中云的影响,太阳辐射变化剧烈,而气孔的反应有一定的滞后性^[15],使得某时段内蒸腾速率很大,导致了叶水势的剧烈降低。叶水势以早晨和晚上较高,中午较低。日出后,随着太阳辐射强度的增加,气温升高,植物耗水量迅速增加,尤其是蒸腾耗水,叶水势便逐渐降低;到13:00左右叶水势达到一天中的最低值。然而,中午太阳辐射强度和温度都很高,植物为了减少过度蒸腾失水造成的伤害,会出现气孔关闭的现象,植物失水速率降低,叶水势反而会有一个暂时的升高趋势出现。夜间蒸腾降至很低,根系不断吸收水分,叶水势进一步升高,直至达到一个相对较稳定的状态^[13]。

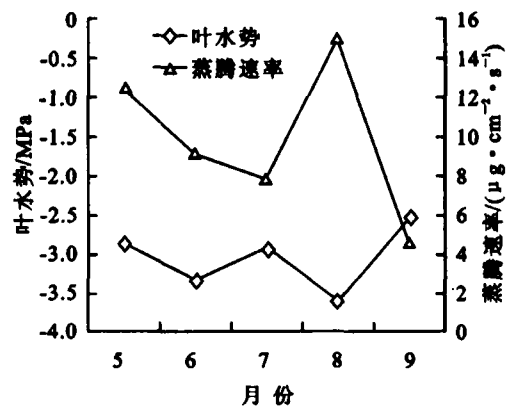


图1 四翅滨藜叶水势与蒸腾速率日均值季变化

表1 不同月份四翅滨藜叶水势日均值变化 MPa

月份	土壤水势	叶水势日均值	大气水势日均值
5	-0.0145	-2.84	-170.57
6	-0.0138	-3.33	-227.27
7	-0.0197	-2.90	-151.76
8	-0.0128	-3.60	-68.22
9	-0.0111	-2.52	-56.75

3.2.2 四翅滨藜叶水势的月变化

早晨的叶水势是在植物经过一夜的吸水恢复后达到的较稳定值,比其它时间的叶水势值更能反映叶水分的亏缺情况^[14]。因此,在进行四翅滨藜的月水势变化的分析时,选择各月份清晨(6:00)的叶水势为标准进行比较,并利用各月叶水势的平均值和中午(13:00)的叶水势进行辅助分析。如图4和表1所示,无论是早晨还是中午叶水势或者叶水势的日均值,它们的季变化趋势一致。由图4可看出,5月和9月的叶水势较高,分别为-2.49, -1.80 MPa,6~8月较低,分别为-3.10, -2.68, -3.35 MPa。这是由于5月是植物地上部分刚开始生长,叶量相对较少,对水分的需求相对要少,根系供水基本能够满足植物的蒸腾作用消耗,故叶水势维持

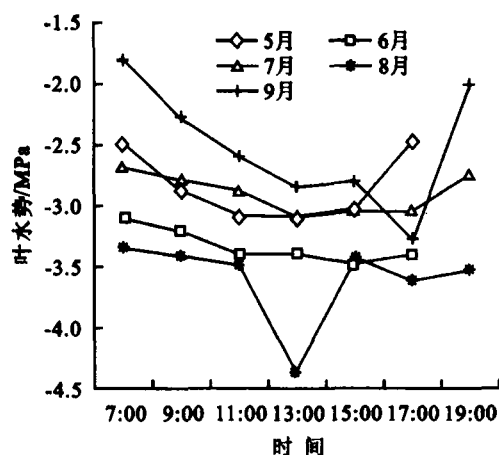


图2 四翅滨藜叶水势日变化

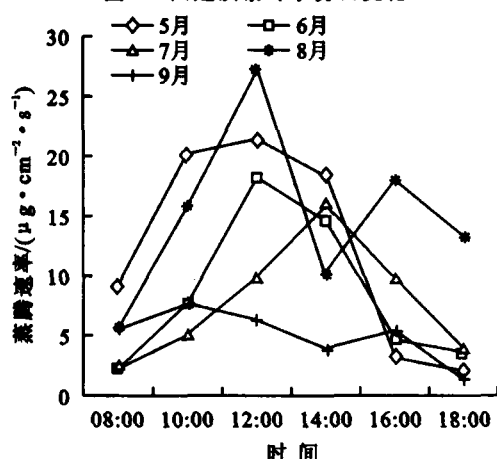


图3 四翅滨藜蒸腾速率日变化

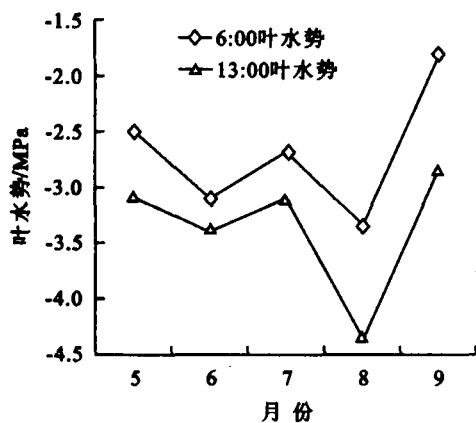


图4 四翅滨藜叶水势季变化

在较高水平;6月随着气温的逐渐升高,植物进入生长旺盛期,叶量增加,蒸腾量显著增加,虽然雨季的到来使得土壤水分略有恢复,但还不能满足叶片蒸腾的需要,叶片处于缺水状态,叶水势也保持在较低的水平;7月由于降水较少,土壤水势达到了生长季的最低值,水分供应远不能满足蒸腾消耗,为了避免过度失水给植物带来的伤害,植物采取了关闭部分气孔的办法,使得蒸腾速率降低,叶水势又所升高;8月降雨使土壤水分得到了较充分的补充,土壤水势达到了较高的水平,这一时期也正是气温较高、植物生长最旺盛的阶段,植物的蒸腾速率很高,根系供水相对于蒸腾速率来说显得有些不足,故叶水势到了生长季的最低值;到9月雨季降水给

土壤水分以充分补充,土壤水势也达到生长季的最高值,同时,天气转凉植物的生长已经基本停止,对水分的需求也相对减少,因此叶水势又开始回升。由此可以看出,四翅滨藜生长最旺盛的6—8月是对水分条件要求较高的时期,这一时期的水分条件对四翅滨藜的生长起到了关键作用。图5以各月典型晴天里叶水势的日均值为基准,比较了在实验地同一时期测定的四翅滨藜、杨柴和白刺的叶水势。可以看出除了9月四翅滨藜叶水势比白刺叶水势高以外,其它各月四翅滨藜叶水势都比白刺和杨柴的叶水势要低,从水势整个生长季的平均值来看,四翅滨藜、白刺、杨柴分别为-3.04, -2.76, -1.98 MPa。这主要是因为四翅滨藜是一个积盐植物,在生长过程中在体内积累了大量盐分^[5],这些盐分使得叶片的叶水势降低。低的叶水势加大了其与土壤水势的差距,使得四翅滨藜从干燥土壤中吸收水分的能力比杨柴和白刺更强。

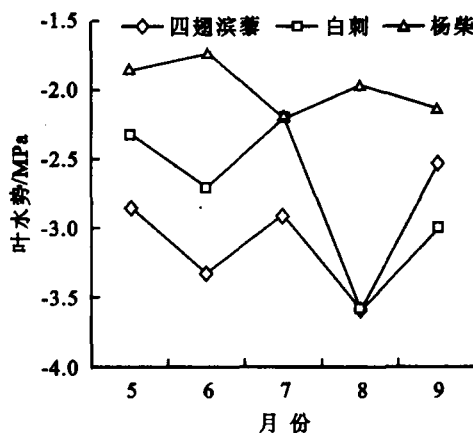


图5 四翅滨藜、杨柴、白刺叶水势比较

3.3 四翅滨藜叶水势与各气象因子的关系

以每月标准日四翅滨藜叶水势日变化过程与当日各气象因子作相关性分析,以代表性较好的9月为例分析气象因子对四翅滨藜叶水势影响规律。

3.3.1 叶水势与气温的关系

由叶水势与气温的日变化曲线(图6)可以看出,二者的基本变化趋势相反。早晨较低的气温对应较高的叶水势,随着气温的不断升高,叶水势呈下降趋势,午间植物为防止过分蒸腾,出现“午休”现象,叶水势表现出了小幅度的回升。此后,随着气温的回落,气孔重新开放,蒸腾加强,叶水势又开始下降。在15:30分左右叶水势出现了第2个低值。随后,由于温度不断降低,植物蒸腾光合等各项生理活动减缓,叶水势随之升高。根据整个生长季所采集的气温与叶水势数据,经统计分析得出生长季内气温与叶水势的回归模型:

$$LWP = 4.300 - 0.584T_A + 0.0111T_A^2$$

$$R^2 = 0.680 \quad n = 25 \quad \text{Sigf} = 0.006$$

式中: LWP ——叶水势(MPa); T_A ——气温(°C)。

3.3.2 叶水势与大气相对湿度的关系

如图7所示,从早晨开始,随着湿度的降低,叶水势也呈降低趋势;到下午湿度开始回升时,叶水势也随之表现出升高的趋势。13:00—17:00是湿度的低值时段,相应的水势也较低;15:30以后湿度回升,水势也增加。15:30湿度达到

最低值,叶水势也达到最低值。

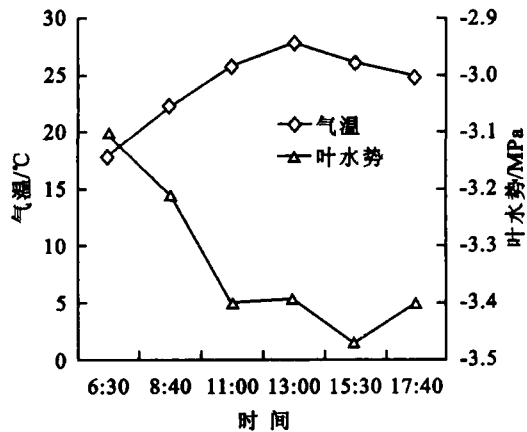


图6 四翅滨藜叶水势与气温日变化曲线

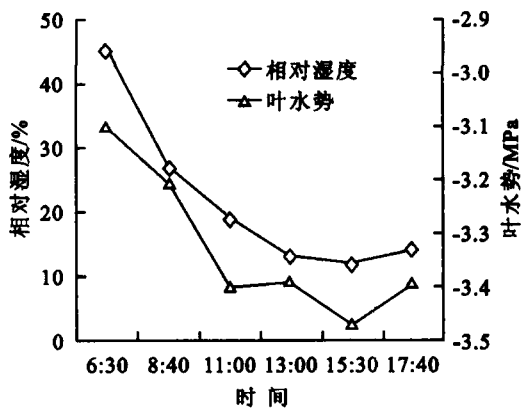


图7 四翅滨藜叶水势与相对湿度日变化曲线

根据整个生长季所采集的大气相对湿度与叶水势数据,经统计分析得生长季内大气相对湿度与叶水势回归模型:

$$LWP = -3.572 + 0.0190R_H$$

$$R^2 = 0.811 \quad n = 31 \quad \text{Sigf} = 0.000$$

式中: LWP ——叶水势(MPa); R_H ——相对湿度(%)。

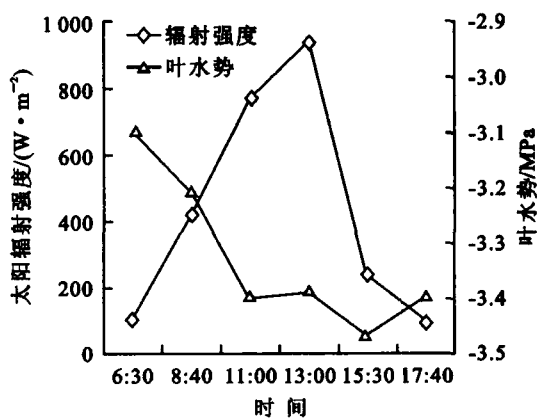


图8 四翅滨藜叶水势与太阳辐射强度日变化曲线

3.3.3 叶水势与光辐射强度的关系

图8为叶水势与光辐射强度的变化曲线。可以看出,四翅滨藜叶水势随着光辐射强度的增大而降低,当辐射强度减弱时,叶水势只表现出了一个回落的趋势,相对于辐射强度来说存在明显的滞后性。这一方面是因为影响叶水势因子众多,虽然辐射强度降低了,但其他因子并没有明显变化;另一方面,在试验地,下午往往受云层的影响,辐射强度的变化

比较剧烈,而叶水势的变化往往由于叶片失水引起,这相对于辐射强度的变化就慢的多。

3.3.4 叶水势日变化与气象因子的综合关系模型

由于以上分析可以看出,由于试验点云层的影响,叶水势和光辐射强度的相关性比较低,故在进行综合回归分析时,以叶水势为因变量(LWP/MPa),以温度($T_A/^\circ\text{C}$)、相对湿度($R_H/\%$)为自变量,而不再考虑光辐射强度的影响。用STATISTICA统计软件对所有测得的数据进行多元回归分析,得到其综合关系模型(图9):

$$LWP = -10.955 + 0.479T_A + 0.153R_H - 0.007T_A^2 - 0.004T_A \times R_H - 5.303e - 1R_H^2$$

$$R^2 = 0.6 \quad n = 40 \quad \text{Sigf} = 0.000$$

式中: LWP ——叶水势(MPa); T_A ——气温($^\circ\text{C}$); R_H ——相对湿度(%)。

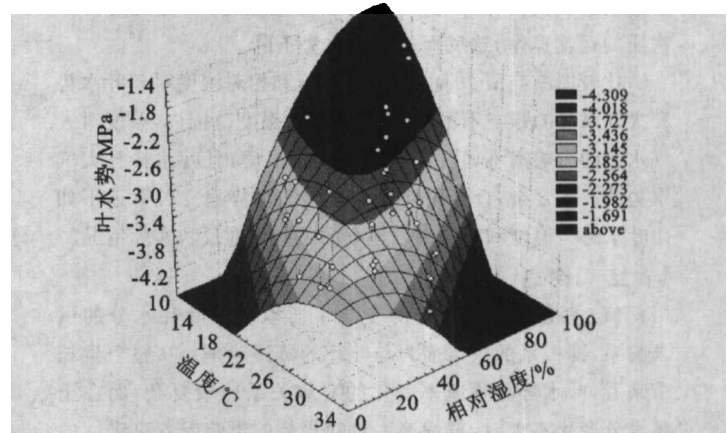


图9 温度—相对湿度—叶水势关系

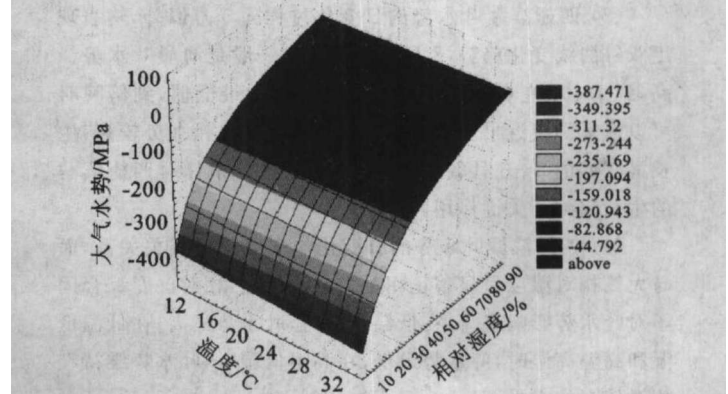


图10 温度—相对湿度—大气水势关系

由图9可以进一步说明,温度与湿度的综合效应对水势变化具有很强的影响作用。虽然回归分析时没有考虑光辐射强度的影响,但温度和相对湿度与光辐射强度密切相关,一般高的辐射往往使得温度升高、相对湿度下降。由图8可以看出,四翅滨藜叶水势最低值出现在低温低湿和高温高湿的条件下,最高值出现在低温高湿的条件下,在高温低湿的条件下,叶水势相对较高。

在相对湿度较低时,叶水势随着温度的升高先上升后又呈下降趋势;在相对湿度较高时,叶水势随着温度的升高下

降很快。其原因在于,在湿度较低的状态下,低温时,植物各项生理活动进行缓慢,根系吸水能力不强,水分黏度大,植物茎内水分运输阻力大,运输速度比较慢,而大气水势又相对较低,叶片内的水分大量进入大气中,造成水分供不应求,水势处于较低状态;随着温度升高,根系吸水能力与水分运输能力逐步加强,叶片水分供需矛盾得到缓和,叶水势随之升高;当温度进一步升高时,大气水势也随之下降,植物蒸腾、光合等各项生理活动进行很快,叶片大量失水,根系的供水能力已经不能满足叶片对水分的需求,水分供不应求,此时植物可能会因此而关闭气孔,虽然叶水势出现下降趋势,但仍将保持在相对较高的水平。在相对湿度较高的状态下,在低温时,大气水势相对较高,植物生理活动弱,叶片蒸腾强度小,失水缓慢,水分供应基本满足要求,叶水势处于较高状态;随着温度的升高,植物各项生理活动亦加强,植物为了满足生长所需要的养分与水分,必须加速蒸腾,从而提高营养物质的运输速率,这反而使得叶水势下降。

比较图9与图10可以看出,温度和相对湿度对于叶水势和大气水势的影响不尽相同,在实验的温度范围内,温度对大气水势的影响远不如对叶水势的影响显著,且叶水势与大气水势的关系复杂,直接用叶水势与大气水势建立关系远不如用叶水势与温度和相对湿度建立的关系更能反映实际情况。

4 结论

(1) 四翅滨藜叶水势的变化主要取决于叶片水分的供求关系,即根系的供水能力与叶片的蒸腾速率。从整个生长季来看,叶水势蒸腾速率变化的对应关系比较复杂,而在土壤水分变化不大时,蒸腾速率对叶水势的影响起着决定性的作用,即:蒸腾速率升高,叶水势降低;蒸腾速率降低,叶水势升高。

(2) 四翅滨藜叶水势的日变化过程除5月以外,均表现出双谷曲线变化趋势,8月比较明显。一般是清晨叶水势最高,到13:00左右时叶水势达到一天中的最低值,到傍晚时可以恢复到接近早晨的水平。5月和9月的叶水势较高,生长最旺盛的6—8月较低,这一时期的水分条件对四翅滨藜的生长起到了关键作用。

(3) 四翅滨藜叶水势的日变化与气温呈负相关关系,而与大气相对湿度呈显著正相关关系。气温、相对湿度综合因子对叶水势影响显著:在低温高湿时,叶水势最高;在低温低湿和高温高湿时,叶水势最低;在高温低湿时,叶水势维持在相对较高的水平。

(4) 在实验地各个环境因素相同的条件下,四翅滨藜由

于在体内积累盐分,使得其叶水势比杨柴和白刺的叶水势要低。这使得四翅滨藜从土壤中吸收水分的能力比杨柴和白刺更强,在干旱的土壤环境条件下,四翅滨藜比杨柴和白刺更有优势。

参考文献:

- [1] 史志鸞. 抗旱耐盐碱准常绿饲料树种四翅滨藜的引种初报[J]. 甘肃科技, 2004, 20(4): 145-146.
- [2] 刘劲. 山西北部四翅滨藜生态饲料林及几点建议[J]. 山西林业科技, 2006(1): 10-12.
- [3] 胡宗培, 邱玉舫. 适宜盐碱地、干旱和半旱地区种植的优良灌木树种: 四翅滨藜[J]. 中国水土保持 SWCC, 2004(6): 40-41.
- [4] 郑淑霞, 王占林. 四翅滨藜的表现性状及其在青海省的发展潜力[J]. 陕西林业科技, 1999(3): 10-13.
- [5] 王文颖, 王刚. 四翅滨藜的生物—生态学特性及研究进展[J]. 草业科学, 2004, 21(7): 18-21.
- [6] 徐秀梅, 张新华, 王汉杰. 四翅滨藜抗旱生理特性研究[J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2004, 28(5): 54-58.
- [7] 徐秀梅, 陈广宏. 四翅滨藜生物学、生态学及繁殖特性探讨[J]. 宁夏农林科技, 2003(4): 1-2.
- [8] 塔依尔, 宋于洋, 吕新, 等. 四翅滨藜形态表现及其发展潜力分析[J]. 石河子大学学报: 自然科学版, 2006, 24(2): 210-212.
- [9] 康艳. 四翅滨藜在我国干旱荒漠区的引种推广前景[J]. 甘肃科技, 2005, 21(11): 243-246.
- [10] 杨静雯. 准常绿灌木四翅滨藜的生态习性与育苗技术[J]. 甘肃科技, 2003, 19(9): 143-144.
- [11] 王沙生, 高荣孚, 吴贵明. 植物生理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990: 175-186.
- [12] 冯金朝, 刘新民. 干旱环境与植物的水分关系[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998: 208-211.
- [13] 韩德儒, 杨文斌, 杨茂仁. 干旱半干旱沙地灌(乔)木种水分动态关系及其应用[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1996: 1-7.
- [14] Pelaez D V, Boo R M. Plant Water Potentil for Shrubs in Argentina [J]. Journal of Range Management, 1987, 40(1): 6-9.
- [15] 李合生, 孟庆伟, 夏凯, 等. 现代植物生理学[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002: 164-172.