

不同时期毛乌素沙区主要植物种 光合作用和蒸腾作用的变化*

周海燕 黄子琛

(中国科学院兰州沙漠研究所, 兰州 730000)

摘要 采用 LI-6000 便携式光合分析系统对毛乌素沙区主要植物种油蒿、中间锦鸡儿、旱柳进行了不同时期光合作用, 蒸腾作用日进程的测定, 并同步测定有效光辐射、空气相对湿度、叶温、气温、胞间 CO_2 浓度、气孔阻力、叶片水势及土壤水势等因子; 结果表明: 不同时期、不同植物种其光合、蒸腾特征各异; 植物的光合、蒸腾与环境因子和植物内部因子之间有密切关系, 其中有效光辐射是影响光合作用、蒸腾作用诸因子中的主导因子, 而气孔阻力变化则在调节光合和蒸腾中起着重要作用; 不同植物种间气孔对环境条件变化的响应程度不同, 以中间锦鸡儿最为灵敏; 3种植物的水分利用效率表明, 中间锦鸡儿的水分利用效率较油蒿、旱柳为高。

关键词 光合作用 蒸腾作用 气孔阻力 水分利用效率

有关沙生植物光合作用和蒸腾作用特性及其与内外因子关系的研究国外已有不少报道, 但在我国除对一些作物、草原植物作过研究外, 对荒漠植物进行较为系统的研究尚不多见; 本文即在前人工作的基础上, 一方面运用先进仪器手段将剪枝离体测定改为定枝活体测定, 检测光合作用和蒸腾作用及有效光辐射、气孔阻力等一系列生理生态参数的动态过程, 另一方面运用数理方法对数据进行分析处理以求更准确地表达植物生理特性以及内外因子的影响程度, 从而深入探讨植物对干旱的适应性及调节能力。

1 试验区自然概况

试验区位于东经 $109^{\circ}51'$, 北纬 $39^{\circ}02'$, 海拔 1355.8m 的毛乌素沙地东北部。属于干旱区和半干旱区的过渡地带。境内梁地、块状沙地与低湿草甸相间, 以沙地为主。

试验区年降雨量在 300~400mm 之间, 降雨多集中在 7~9 月份, 年蒸发量 1800~2500mm, 太阳辐射 140.7 cal/cm^2 , 年均温 6.2°C , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 2754°C ; 无霜期 140 天左右, 属温带干草原气候; 本区风沙活动频繁; 冰雹、霜冻时有发生, 严重影响植物的生长发育。

2 材料与方方法

测试树种为中间锦鸡儿 (*Caragana intermedia*), 油蒿 (*Artemisia ordosica*) 和旱柳 (*Salix matsudana*)。3种植物均为人工种植, 3~4 年生, 地点选择在同一沙丘中上部。在晴天无风日进行测定, 每种植物选 5 株正常生长的植株, 选其中部向阳的当年生新枝, 分别于生长中期、后期(雨后)和末期进行测定, 每次测定 5 个重复。

本文于 1994-04-18 收到, 1994-12-08 定稿。

* 该研究属 9389029 号国家自然科学基金项目。

光合速率、蒸腾速率、有效光辐射、空气相对湿度、叶温、气温、胞间 CO_2 浓度、气孔阻力用 LI-6000 光合分析系统进行活体同步测定; 所需输入的供试叶片的叶面积另用 LI-3000 便携式叶面积仪测定。

植物叶水势用压力室法同步测定;

土壤水势的测定: 用烘干法测定不同深度的土壤含水量, 然后根据该土壤的水分特征曲线求出水势, 取样深度为 140cm, 每隔 20cm 取一土样, 每层 3 个重复, 取平均值;

大气水势按下式计算: $w = \ln\left(\frac{RH}{100}\right)RT/(V_w \cdot 10^{-3})$ 其中 T 为绝对温度, R 为气体常数, V_w 为水蒸汽偏摩尔体积, RH 为空气相对湿度。

3 结果与讨论

3.1 不同时期、不同植物种之光合、蒸腾速率特征

由图 1a, 4a, 7a 可见, 3 种植物在 8 月 14 日的净光合速率和蒸腾速率日进程曲线均呈双峰型, 且 2 条曲线的波动趋势大致相同, 只是蒸腾速率日间波动幅度要小于光合速率日间波动幅度。由图 2a, 5a, 8a 可见, 油蒿和中间锦鸡儿 8 月 29 日的光合速率日进程曲线均为单峰型, 在 9~11 时达高峰, 以后逐渐下降; 旱柳虽仍呈双峰型, 但波动幅度已经减小; 3 种植物同期的蒸腾速率日进程曲线都趋于平缓, 其中油蒿和旱柳的曲线仍略有波动, 且与光合速率日进程曲线波动趋势相近, 而中间锦鸡儿日进程曲线则非常平缓, 似乎与光合速率的变化无关。而到了 9 月 17 日(图 3a, 6a, 9a), 光合速率和蒸腾速率日进程曲线都呈平缓型, 除旱柳外, 其它 2 种植物的蒸腾日进程曲线都非常平缓, 且不与光合速率变化同步。

从表 1 及图(1~9)a 可以看出, 8 月 14 日油蒿和旱柳表现为高蒸腾、高光合, 而中间

表 1 油蒿、中间锦鸡儿、旱柳在不同时期光合速率和蒸腾速率最大值、日均值

Table 1 The maximum and mean values of photosynthesis rate and transpiration rate of *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana* in different periods

植物种	项 目	最大光合速率 ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	日均光合速率 ($\text{mg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	最大蒸腾速率 ($\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	日均蒸腾速率 ($\text{mg H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)
	日/月				
油蒿	14/8	0.718	0.414	205.41	155.86
	29/8	0.639	0.318	132.88	98.97
中间锦鸡儿	17/9	0.468	0.214	65.34	45.11
	14/8	0.511	0.231	122.72	79.45
	29/8	0.452	0.202	73.95	54.02
旱柳	17/9	0.325	0.103	52.76	32.01
	14/8	0.661	0.402	231.33	154.77
	29/8	0.602	0.388	144.06	102.04
	17/9	0.483	0.291	111.53	70.92

锦鸡儿则一直为低蒸腾、低光合,其光合、蒸腾值仅为前二者的50%左右;到8月29日和9月17日,油蒿和旱柳仍表现为高蒸腾、高光合,中间锦鸡儿为低蒸腾、低光合。就同一天内的测定分析,3种植物是在同一自然环境条件下进行光合、蒸腾的,由此可以认为,3种植物之间光合、蒸腾量差异的原因在于植物本身对环境条件的反应不同。

3.2 内外因子对光合及蒸腾速率的影响

3.2.1 有效光辐射: (PAR)(Q_u)

由图(1~9)b可见,3个测定日的PAR日进程曲线相似。比较3种植物8月14日PAR日进程曲线和光合、蒸腾速率日进程曲线可知,从早晨日出后光合速率皆随有效光辐射的增加而增加,在光合速率两峰值间低谷的这段时间里,有效光辐射几乎一直处在最高值而没有多大变动;光合速率第二峰过后,光合速率随有效光辐射的减弱而变小;有人研究,光合的午间降低可能是由于强光造成了光合作用的光抑制(许大全等,1990);也可能是由于高光辐射使气温升高、空气湿度降低,从而使光合速率降低(许大全等,1984;1985;唐鸿寿等,1986;杜占池等,1989;姜恕等,1984);对于本文所测定的3种植物,作者未做具体限制条件的研究。至于蒸腾速率的午间降低,PAR只起间接作用。

3.2.2 气温和叶温(CT 、 LT)

由图(1~9)c可见,不同季节的3种植物 CT 和 LT 日变化曲线类似于PAR的日变化曲线,就8月14日的测定结果来看,在光合、蒸腾速率两峰之间的这段时间内, CT 虽高,光合和蒸腾速率反而下降,分析一日内的最高气温(33℃)与黄子琛等(黄子琛等,1984)测定的荒漠植物最适温度范围(22℃~28℃)相比,此时可能造成高温对午间光合的直接影响,但温度还有着间接影响,同时亦不能排除由于温度升高而引起的叶肉阻力,暗呼吸速率、光呼吸速率的增加而导致的净光合速率的下降。由图(1~9)c还可以明显地看出,油蒿在午间这段时间内, CT 与 LT 的差值要明显地大于中间锦鸡儿和旱柳,这是由于此时的土壤水分状况满足不了植物的蒸腾耗水,而这种不满足尤以油蒿为大,但其中叶片本身的形态结构特性也是造成3种植物 CT 与 LT 差值不同的原因。

3.2.3 空气相对湿度(RH)

由图(1~9)b可见, RH 的日变化与PAR的日变化相反,早晨 RH 最大,可达80%,然后下降达最低值,在午间(12~16时)这段时间里, RH 非常低,平均只有30%,可见,午间

表2 3种植物光合速率、蒸腾速率与环境因子的相关系数

Table 2 The correlation coefficients between photosynthesis rate, transpiration rate and environmental factors for *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana*

生理特性	油 蒿		中间锦鸡儿		旱 柳	
	光合速率	蒸腾速率	光合速率	蒸腾速率	光合速率	蒸腾速率
有效光辐射	0.6411**	0.6784**	0.7128**	0.8834**	0.8780**	0.9182**
空气温度	0.4379*	0.7386**	0.3602*	0.7937**	0.7025*	0.8742**
空气相对湿度	-0.4122*	-0.8475**	-0.5986*	-0.4131**	-0.6293*	-0.6535**

$r_{0.05} = 0.404$ $r_{0.01} = 0.515$ * 相关显著 ** 相关极显著

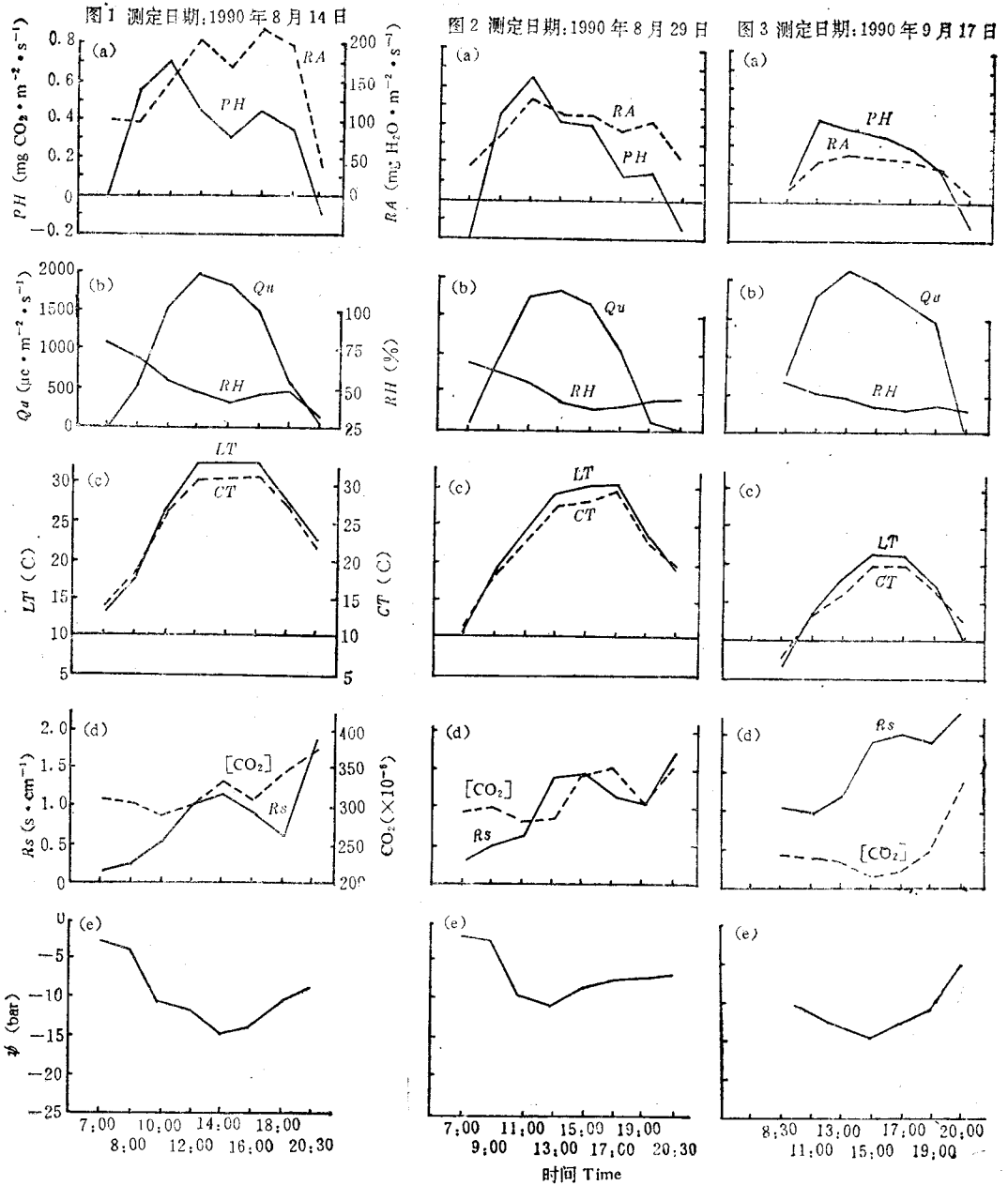


图1~图3 油蒿(*Artemisia ordosica*)光合作用、蒸腾作用及其影响因子的日进程
 Fig. 1~Fig. 3 The diurnal changes of photosynthesis, transpiration and other factors of *Artemisia ordosica* and environmental factors

PH, 光合速率 Photosynthesis rate RA, 蒸腾速率 Transpiration rate Qu, 有效光辐射 Photosynthesis active radiation RH, 空气相对湿度 Relative humidity LT, 叶温 Leaf temperature CT, 气温 Air temperature Rs, 气孔阻力 Stomatal resistance CO₂, 胞间 CO₂ 浓度 Intercellular CO₂ concentration ψ, 叶水势 Leaf water potential (图4~图9同此 Fig. 4~Fig. 9 are the same as Fig. 1~Fig. 3)

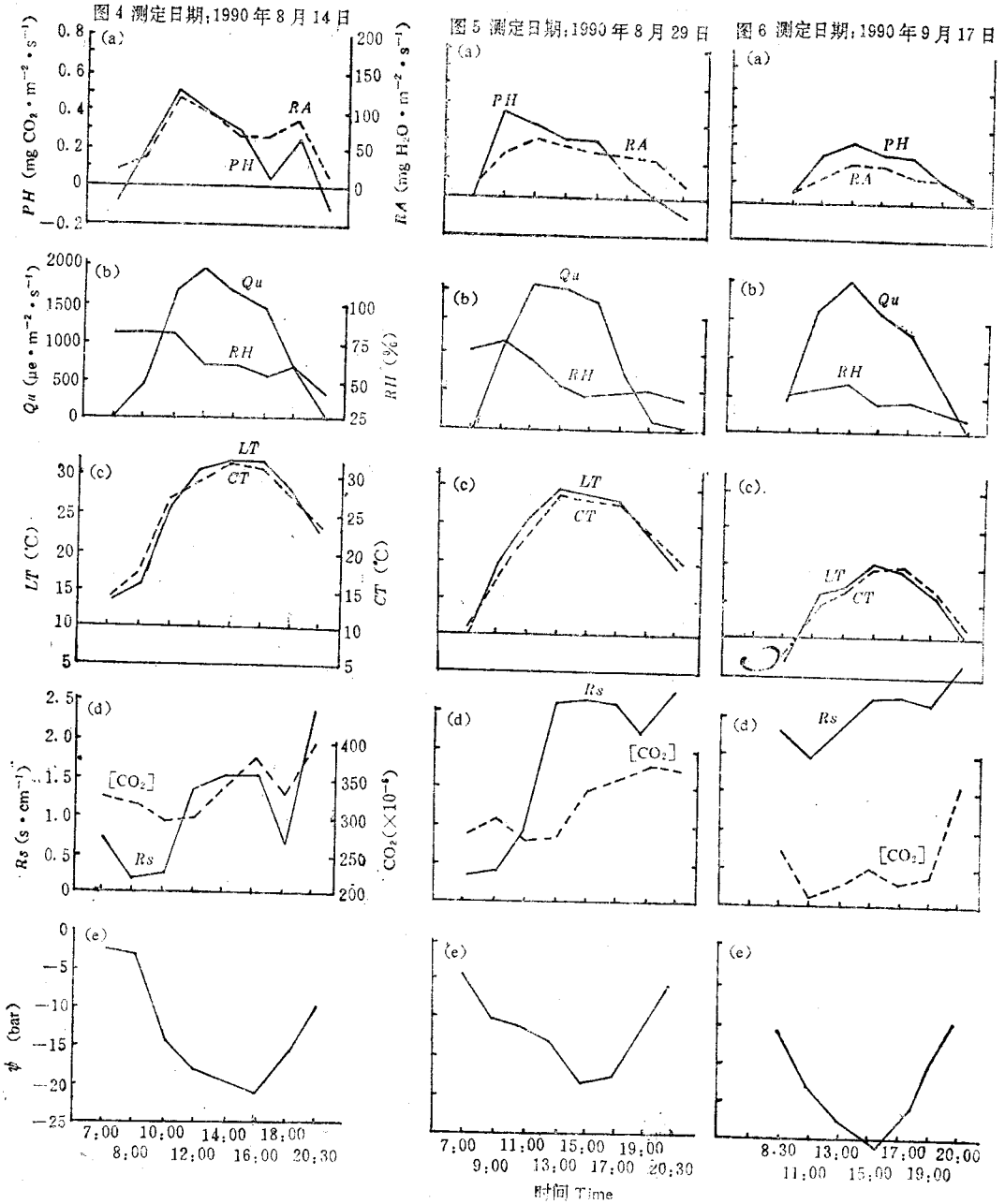


图4~图6 中间锦鸡儿(*Caragana intermedia*)光合作用、蒸腾作用及其影响因子的日进程
 Fig. 4~Fig. 6 The diurnal changes of photosynthesis, transpiration and other factors of *Caragana intermedia* and environmental factors

图7 测定日期:1990年8月14日

图8 测定日期:1990年8月29日

图9 测定日期:1990年9月17日

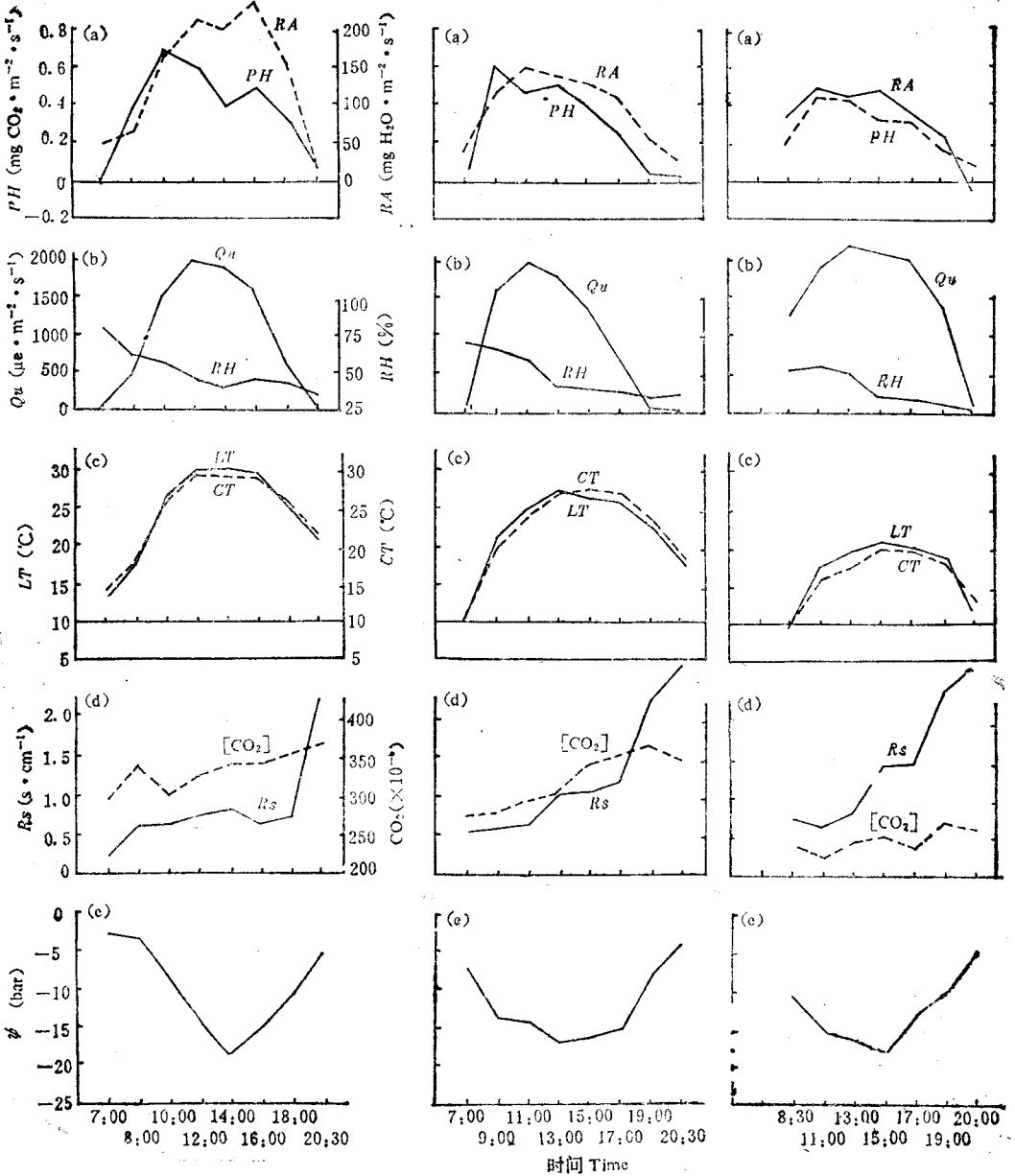


图7~图9 旱柳(*Salix matsudana*)光合作用、蒸腾作用及其影响因子的日进程
Fig. 7~Fig. 9 The diurnal changes of photosynthesis, transpiration and other factors of *Salix matsudana* and environmental factors

的高光辐射、高温是和低湿相联系的；就 8 月 14 日的测定来看，午间较低的 RH 增大了叶片与大气之间的水势差，使蒸腾速率提高，而此时的土壤水分满足不了植物的高蒸腾耗水，植物水势降低，气孔阻力增大，从而导致光合的降低。

统计分析表明，PAR、CT、RH 与光合、蒸腾速率不同程度的相关，相关系数见表 2。

3.2.4 土壤水势

图 10 为同期测定的土壤含水量，可见 8 月 29 日(0~70cm)的土壤含水量较前后两期

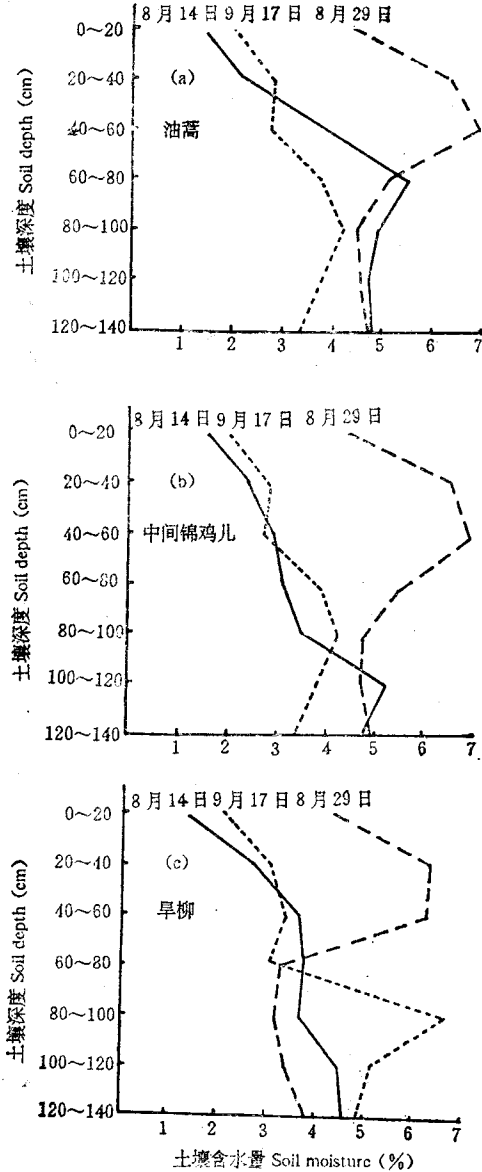


图 10 不同深度沙层土壤水分变化状况
Fig. 10 Soil moisture at different depth in different stands

提高了近 3 倍(该期有 41.4mm 的降雨)，70~140cm 深度的土壤含水量没有变化；从 3 种植物根系在土壤中的分布来看，油蒿根系多密集于 30~60cm 层内，旱柳根系多在 100cm 深度以内，中间锦鸡儿为深根系植物，根深可达 3~4m，所以如果说土壤含水量对光合速率、蒸腾速率有影响，那么此时土壤水分的增加只能对油蒿和旱柳起作用；在午间高光辐射、高温和低空气湿度情况下，植物根系可补充大量水分用于蒸腾，同时气孔阻力减小，净光合速率升高。但就实测结果来看，虽然 3 种植物 8 月 29 日的叶水势较前后两期均有明显提高，但蒸腾速率却较前期大幅度降低，气孔阻力增加，同时光合速率下降，这就使人们难以相信此时土壤含水量的增加会影响蒸腾速率、气孔阻力、进而影响光合速率；对于 8 月 29 日的光合、蒸腾速率日进程曲线来说，造成光合和蒸腾速率的降低和单峰型曲线的影响因素可能是土壤含水量，也可能是植物发育期和环境的季节变化，那么究竟是哪一因素起的主导作用，下面再从土壤水势方面，利用土壤-植物-大气连续体系(简称 SPAC) 的水分运行理论做进一步探讨。

表 3 列出的是 SPAC 系统中各部分的水势状况，从大气水势的测定结果看，8 月 29 日的大气水势要低于 8 月 14 日的大气水势，亦即蒸腾拉力提高了，土壤

水势和植物叶水势也均有提高，而 3 种植物应升高的蒸腾速率却反而下降，这说明，3 种植物在 8 月 29 日的蒸腾单峰型曲线和蒸腾速率的降低只能归结于气孔阻力的增加；当

表3 3种植物在 SPAC 中各部分的水势值(单位 bar)
Table 3 Water potentials of *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana* in Soil-Plant-Atmosphere Continuum

项目	植物种 日期	油 蒿			中间锦鸡儿			旱 柳		
		8月14日	8月29日	9月17日	8月14日	8月29日	9月17日	8月14日	8月29日	9月17日
土水势		-0.53	-0.10	-1.0	-1.62	-0.10	-1.0	-0.80	-0.16	-0.6
叶水势		-9.35	-6.49	-10.05	-12.75	-11.76	-16.75	-9.96	-8.63	-11.67
大气水势		-1006	-1012	-940	-1006	-1012	-940	-1006	-1012	-940

然, 土壤水势及植物体水势的增加亦可能引起气孔阻力的降低和蒸腾、光合速率的增加, 但此时这种作用要远远小于植物本身发育时期而造成气孔阻力的增加。

3.2.5 胞间 CO_2 浓度

由3种植物8月14日和8月29日胞间 CO_2 浓度日进程曲线可以看出(图(1~9)d), 其变化趋势与光合速率日进程变化趋势呈明显的负相关关系, 而与气孔阻力变化基本同步; 显然, 如果考虑气态的 CO_2 在液相的胞间或胞内的扩散阻力, 那么光合作用强, 消耗的 CO_2 就多, 胞内 CO_2 浓度得不到迅速补足, 其胞内 CO_2 浓度就会下降, 反之, 若光合强度小, 则胞间 CO_2 浓度就会增加; 3种植物胞间 CO_2 浓度与光合速率均呈极显著的负相关, 其相关系数分别是: 油蒿为 -0.6870 , 中间锦鸡儿为 -0.6224 , 旱柳为 -0.6614 。到了9月17日, 3种植物的胞间 CO_2 浓度均大幅度下降, 且变化趋势与光合速率变化趋势不同, 但与气孔阻力的变化仍呈正相关关系, 说明此时的胞间 CO_2 浓度仍受着气孔阻力的调控; 而胞间 CO_2 浓度的大幅度下降则说明, 此时的气孔阻力已严重影响了光合 CO_2 的吸收, 进而使光合速率下降。

3.2.6 气孔阻力(R_s)

由图(1~9)d可以看出, 3种植物在8月14日的 R_s 日变化曲线的形状基本上与光合和蒸腾速率日进程曲线呈负相关关系, 其中油蒿 R_s 与光合和蒸腾速率的相关系数分别为 -0.7613 和 -0.5293 , 中间锦鸡儿的相关系数分别为 -0.7475 和 -0.7597 , 旱柳的相关系数分别为 -0.9265 和 -0.7551 ; 到8月29日和9月17日, R_s 则大幅度提高(油蒿在8月14日, 8月29日和9月17日 R_s 分别为 0.6573 、 0.9043 、 1.5446 , 中间锦鸡儿 R_s 分别为 0.8909 、 1.6856 、 2.2420 , 旱柳 R_s 分别为 0.6005 、 1.0461 、 1.2527), 由此还可以看到, 油蒿和旱柳在3个时期内均表现为较低的 R_s (相对中间锦鸡儿来说), 这是与其高蒸腾、高光合速率相对应的。

关于光合作用由于环境因子限制通过气孔运动调节的限制程度, 可以用 Farquhar *et al.* (1982) 的计算方法进行估算, 该方法的具体内容是: 如在无气孔限制(即外界条件为最适)时同化速率为 A_0 (A_0 也可由将胞内 CO_2 浓度外推到 340×10^{-6} 而得到), 在某条件下测得的同化速率为 A , 那么由于该条件而引起的气孔对光合作用的相对限制可以通过下式计算: $\text{Limit} = (A_0 - A)/A_0$ 。表4为3种植物不同时期的气孔限制值; 可以看

出,环境条件造成的气孔限制,中间锦鸡儿要明显高于另二者;就8月14日午间(12时~14时)气孔限制值来看(中间锦鸡儿为0.524、旱柳为0.354、油蒿为0.439),光合作用午休期间中间锦鸡儿的气孔限制最大,其次为油蒿。可见,在午间高光辐射、高温、低湿情况下,中间锦鸡儿的气孔能迅速作出反应,以降低蒸腾、保持体内水分,这是对沙区干旱环境的一种适应;而油蒿则以体内贮存的大量水分进行高蒸腾、高光合以保证高的生长速率,Whiteman和Koller(1967)(王天铎,1988)主张,良好的旱生植物有利的叶阻力特点应包括叶肉阻力值低和气孔阻力值既比较高而反应又比较灵敏,因而相对于水分损失的 CO_2 收入最大,看来,中间锦鸡儿的气孔反应符合了上述说法。

3.2.7 叶水势和相对水分亏缺

表4 油蒿、中间锦鸡儿、旱柳不同时期气孔限制值

Table 4 Stomatal limitation values of *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana* in different periods

树种	日/月	项 目		A_i (mg $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	A (mg $CO_2 \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)	L_s (Limit)
		数 值				
油蒿	14/8	0.7180			0.414	0.4234
	29/8				0.318	0.5571
	17/9				0.314	0.5627
中间锦鸡儿	14/8	0.5109			0.231	0.5479
	29/8				0.202	0.6046
	17/9				0.203	0.6027
旱柳	14/8	0.6614			0.402	0.3922
	29/8				0.388	0.4134
	17/9				0.391	0.4088

由8月14日水势日变化曲线(图1e、4e、7e)可明显看出,一日内叶水势达最低值时间与光合、蒸腾速率最低值时间相吻合,与高气孔阻力相对应;这说明,中午的高光辐射、高温和低空气湿度所造成的叶水势的降低,是导致气孔阻力增大,光合速率午间降低的原因之一。8月29日的水势日进程曲线(图2e、5e、8e)除与8月14日的相似外,日变幅均明显减小,其原因可能是该期降雨使叶水势升高及由于植物发育期造成的气孔阻力的增加使蒸腾降低的缘故。到了9月17日(图3e、6e、9e),水势日变幅并未因蒸腾的变缓而变小,这可能是由于土壤水分满足不了植物的蒸腾耗水,尽管该期蒸腾速率很低。

从表5可以看出,3种植物在同一时期叶水势相差很大,其中油蒿最高,中间锦鸡儿最低;而一日内相对水分亏缺及水势日变幅以中间锦鸡儿最大;可见,这些是与其较大的气孔阻力值及反应的灵敏程度相联系的。

植物叶水势与光合速率、蒸腾速率均呈显著相关,其中油蒿、中间锦鸡儿、旱柳与光合

表 5 3种植物的水势、水分相对亏缺及变化幅度

Table 5 Water potential water relative deficits and their changeable ranges for *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana*

树种	项目	水势最低值 (bar)	水势日均值 (bar)	水势日变幅 (bar)	水势季变幅 (bar)	水分亏缺 最大值	水分亏缺 日均值
	日/月						
油 蒿	14/8	-14.5	-9.35	12.0	2.85	12.43	9.89
	29/8	-10.7	-6.5	9.2			
中 间 锦 鸡 儿	17/9	-13.5	-11.02	11.2	-4.7		
	14/8	-20.0	-12.75	17.6	0.99	18	14.40
	29/8	-18.9	-11.76	14.4	-5.99		
旱 柳	17/9	-26.0	-17.75	20.7			
	14/8	-19.2	-9.96	16.5	1.33	8.2	4.98
柳	29/8	-16.5	-8.63	9.7	-4.05		
	17/9	-18.3	-12.68	15.4			

速率的相关系数分别为 0.9258、0.9121 和 0.9259, 与蒸腾速率的相关系数分别为 0.9428、0.9509 和 0.9593, 可见, 3 种植物叶水势与蒸腾速率的相关系数大于与光合速率的相关系数。

3.3 植物的水分利用效率(WUE)

由表 6 可见, 在土壤含水量较低的 8 月 14 日和 9 月 17 日, 中间锦鸡儿的 WUE 最高, 一日内波动幅度最大, 这与一日内较大的气孔阻力平均值及其反应的灵敏度相对应; 尽管它的光合速率及生长量低, 但却能更经济的利用水分, 这说明, 在干旱的沙漠环境下, 它具有更好的适应性。油蒿则不同, 在土壤水分条件较好的 8 月 29 日, 它的叶水势大为提高, WUE 值最大, 而一旦土壤水分不足时, 随着叶水势大幅度降低, 光合速率也急剧降低了, WUE 随之降低; 可见油蒿的光合受土壤水分的影响较大。而旱柳则无论土壤含水量高低, 其 WUE 值均低于油蒿和中间锦鸡儿。

表 6 不同时期水分利用效率的日均值及日变幅 ($\text{mg CO}_2/\text{g H}_2\text{O}$)Table 6 The daily mean values and their changeable ranges of water use efficiency of *Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana* in different periods

项目	树种 日/月	油 蒿			中 间 锦 鸡 儿			旱 柳		
		14/8	29/8	17/9	14/8	29/8	17/9	14/8	29/8	17/9
日均值		2.77	3.80	5.17	3.23	2.57	6.60	2.67	2.09	5.04
日变幅		3.71	3.12	3.44	4.82	6.45	4.21	3.69	4.13	2.67

4 初步结论

1) 随着植物发育时期的不同,3种植物的光合和蒸腾速率日进程曲线分别呈双峰型、单峰型和平缓型,其原因主要是由于气孔阻力及其对环境条件灵敏程度的不同。

2) 植物的光合、蒸腾受多种环境因子的影响,而且各环境因子之间相互制约,同时也受植物体内多种因素的影响;就我们的测定结果来看,3种沙生植物的光合与蒸腾也遵循这种规律。

3) 油蒿、旱柳和中间锦鸡儿在生理特性方面存在着显著差异,说明3者对恶劣的环境有着不同的适应方式。油蒿、旱柳为浅根系半灌木和乔木,2者光合速率高,生长迅速,但伴随的是较大的蒸腾失水,这对在缺水的沙区生长的植物来说似乎不是最好的适应方式,然而它们可以吸取浅层土壤贮水,截流阻止降水向土壤深层渗漏。中间锦鸡儿为深根系灌木,光合速率、蒸腾速率、生长速率均明显地低于油蒿和旱柳,但其气孔反应灵敏,水分利用效率高;在水分条件是植物生长和植物造林主要限制因子的沙区,应大力提倡低耗水量的中间锦鸡儿。旱柳需水量大,应选取低平沙地水分条件好的地方营造旱柳防风固沙林。在坡地可用中间锦鸡儿与油蒿混播,以更好地利用水资源。

参 考 文 献

- 王天铎(陈兰荪主编),1988: 数量植物生理学,生物数学引论,科学出版社,177。
 许大全等,1990: C₃植物光合效率的日变化,植物生理学报,16(1)1~5。
 许大全,1985: 甘薯叶光合作用“午睡”现象初探,植物生理学报,11(4)423~426。
 许大全等,1984: 田间小麦叶片光合作用“午睡”现象的研究,植物生理学报,10(3)269~275。
 杜占池等,1989: 土壤水充足条件下羊草和大针茅光合速率午间降低的原因,植物生态学与地植物学学报,13(2)106~113。
 姜恕等,1984: 内蒙古锡盟地区大针茅草原群落光合速率日变化的比较研究,植物学报,26(6)644~652。
 唐鸿寿等,1986: 小麦光合作用“午休”的生态因子研究,生态学报,6(2)128~132。
 黄子聚等,1984: 民勤和沙坡头地区荒漠植物的净光合速率及CO₂补偿点,中国沙漠,4(1)19~22。
 Farquhar, G. D. and Sharkey, T. D.,1982: Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* 33: 317~345。

CHANGES IN PHOTOSYNTHESIS AND TRANSPIRATION OF MAIN CONSTRUCTIVE PLANTS IN MU US DESERT

Zhou Hai-yan Huang Zi-chen

(Institute of Desert Research, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000)

Abstract

Photosynthesis and transpiration of main constructive plants (*Artemisia ordosica*, *Caragana intermedia* and *Salix matsudana*) in Mu US Desert were measured with model LI 6000 photosynthesis system in different periods. In addition, the photosynthesis active radiation, relative humidity, leaf temperature, air temperature, intercellular CO₂ concentration, stomatal resistance, leaf water potential, soil moisture and so on were also measured. The results showed that photosynthesis and transpiration for different species at different periods were different and closely related to environmental conditions and plant internal factors. Photosynthesis active radiation was the dominant factor, and leaf stomatal resistance also played an important role in plant photosynthesis and transpiration. Different plant species had different responses to natural conditions, among them, *Caragana intermedia* was more sensitive than the other two species. The effect of soil moisture condition on leaf water potential of *Artemisia ordosica* was most noticeable. Water use efficiency of *Caragana intermedia* was also higher as compared with the other two species.

Key words Photosynthesis, Transpiration, Stomatal resistance, Water use efficiency