

ISSN 1000-0933

CN 11-2031/Q

生态学报

Acta Ecologica Sinica



第31卷 第12期 Vol.31 No.12 2011

中国生态学学会

中国科学院生态环境研究中心

科学出版社

主办

出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报 (SHENTAI XUEBAO)

第31卷 第12期 2011年6月 (半月刊)

目 次

基于植被遥感的西南喀斯特退耕还林工程效果评价——以贵州省毕节地区为例.....	李昊,蔡运龙,陈睿山,等 (3255)
扩散对破碎化景观上宿主-寄生种群动态的影响	苏敏 (3265)
湿地功能评价的尺度效应——以盐城滨海湿地为例	欧维新,叶丽芳,孙小祥,等 (3270)
模拟氮沉降对杉木幼苗养分平衡的影响.....	樊后保,廖迎春,刘文飞,等 (3277)
中国东部森林样带典型森林水源涵养功能.....	贺淑霞,李叙勇,莫菲,等 (3285)
山西太岳山油松群落对采伐干扰的生态响应.....	郭东罡,上官铁梁,白中科,等 (3296)
长期施用有机无机肥对潮土微生物群落的影响	张焕军,郁红艳,丁维新 (3308)
云南元江干热河谷五种优势植物的内生真菌多样性.....	何彩梅,魏大巧,李海燕,等 (3315)
塔里木河中游洪水漫溢区荒漠河岸林实生苗更新.....	赵振勇,张科,卢磊,等 (3322)
基于8hm ² 样地的天山云杉林蒸腾耗水从单株到林分的转换	张毓涛,梁凤超,常顺利,等 (3330)
古尔班通古特沙漠土壤酶活性和微生物量氮对模拟氮沉降的响应.....	周晓兵,张元明,陶冶,等 (3340)
Pb污染对马蔺生长、体内重金属元素积累以及叶绿体超微结构的影响	原海燕,郭智,黄苏珍 (3350)
春、秋季节树干温度和液流速度对东北3树种树干表面CO ₂ 释放通量的影响	王秀伟,毛子军,孙涛,等 (3358)
云南南部和中部地区公路旁紫茎泽兰土壤种子库分布格局.....	唐樱殷,沈有信 (3368)
利用半球图像法提取植被冠层结构特征参数.....	彭焕华,赵传燕,冯兆东,等 (3376)
黑河上游蝗虫与植被关系的CCA分析	赵成章,周伟,王科明,等 (3384)
额尔古纳河流域秋季浮游植物群落结构特征.....	庞科,姚锦仙,王昊,等 (3391)
九龙江河口浮游植物的时空变动及主要影响因素.....	王雨,林茂,陈兴群,等 (3399)
东苕溪中下游河岸类型对鱼类多样性的影响.....	黄亮亮,李建华,邹丽敏,等 (3415)
基于RS/GIS公路路域水土流失动态变化的研究——以渝昆高速公路为例	陈爱侠,李敏,苏智先,等 (3424)
流域景观结构的城市化影响与生态风险评价.....	胡和兵,刘红玉,郝敬峰,等 (3432)
基于景观格局的锦州湾沿海经济开发区生态风险分析.....	高宾,李小玉,李志刚,等 (3441)
若尔盖高原土地利用变化对生态系统服务价值的影响.....	李晋昌,王文丽,胡光印,等 (3451)
施用鸡粪对土壤与小白菜中Cu和Zn累积的影响	张妍,罗维,崔晓勇,等 (3460)
基于GIS的宁夏灌区农田污染源结构特征解析.....	曹艳春,冯永忠,杨引禄,等 (3468)
底墒和种植方式对夏大豆光合特性及产量的影响.....	刘岩,周勋波,陈雨海,等 (3478)
不同施肥模式调控沿湖农田无机氮流失的原位研究——以南四湖过水区粮田为例	谭德水,江丽华,张骞,等 (3488)
丛枝菌根真菌对低温下黄瓜幼苗光合生理和抗氧化酶活性的影响	刘爱荣,陈双臣,刘燕英,等 (3497)
外源半胱氨酸对铜胁迫下小麦幼苗生长、铜积累量及抗氧化系统的影响	彭向永,宋敏 (3504)
专论与综述	
水平扫描技术及其在生态学中的应用前景.....	胡自民,李晶晶,李伟,等 (3512)
研究简报	
昆仑山北坡4种优势灌木的气体交换特征.....	朱军涛,李向义,张希明,等 (3522)
不同比例尺DEM数据对森林生态类型划分精度的影响	唐立娜,黄聚聪,代力民 (3531)
苏南丘陵区毛竹林冠截留降雨分布格局	贾永正,胡海波,张家洋 (3537)
外来种湿地松凋落物对土壤微生物群落结构和功能的影响	陈法霖,郑华,阳柏苏,等 (3543)
深圳地铁碳排放量	谢鸿宇,王习祥,杨木壮,等 (3551)

期刊基本参数:CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 304 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 35 * 2011-06



封面图说:自然奇观红海滩·辽宁省盘锦市——在辽河入海口生长着大片的潮间带植物碱蓬草,举目望去,如霞似火,蔚为壮观,人们习惯地称之为红海滩。粗壮的根系加快着海滩土壤的脱盐过程,掉下的茎叶腐质后肥化了土壤,它是大海的生态屏障。

彩图提供:段文科先生 中国鸟网 <http://www.birdnet.cn> E-mail:dwk9911@126.com

昆仑山北坡 4 种优势灌木的气体交换特征

朱军涛^{1,2,3}, 李向义^{1,2,3,*}, 张希明^{1,2,3}, 林丽莎^{1,2,3}, 杨尚功^{1,2,3}

(1. 中国科学院新疆生态与地理研究所, 乌鲁木齐 830011; 2. 荒漠与绿洲生态国家重点实验室, 乌鲁木齐 830011;
3. 中国科学院策勒荒漠草地生态系统国家野外科学观测研究站, 策勒 848300)

摘要: 在自然条件下对昆仑山北坡 4 种灌木塔里木沙拐枣 (*Calligonum roborowskii*)、驼绒藜 (*Ceratoides latens*)、合头草 (*Sympetrum regelii*) 和昆仑绢蒿 (*Seriphidium korovinii*) 的气体交换、水势的季节变化特征及生长季末 $\delta^{13}\text{C}$ 值进行了比较研究。结果表明: 驼绒藜、塔里木沙拐枣和合头草气体交换日变化为单峰曲线, 昆仑绢蒿为双峰曲线; 其中塔里木沙拐枣属高光合、高蒸腾型, 水分利用效率最高; 合头草属低光合、低蒸腾型; 驼绒藜属高光合、低蒸腾型; 昆仑绢蒿属低光合、高蒸腾, 水分利用效率最低。驼绒藜光合速率 8 月日变化, 10:00—12:00, 16:00—20:00 两个时段, P_n 下降, 主要决定因素均为非气孔因素。沙拐枣 6 月光合速率日变化, 12:00—14:00 时, P_n 下降, 主要受气孔导度因素影响; 16:00—20:00 时, P_n 下降, 可能是同时受气孔和非气孔因素的影响。从耐旱机理可以将 4 种灌木归类: 塔里木沙拐枣和昆仑绢蒿属于高水势延迟脱水耐旱机理; 驼绒藜和合头草属于低水势忍耐脱水机理。用 $\delta^{13}\text{C}$ 表征植物水分利用效率时, 只有部分物种有很好的一致性。

关键词: 灌木; 气体交换参数; 水势; $\delta^{13}\text{C}$; 昆仑山

The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain

ZHU Juntao^{1,2,3}, LI Xiangyi^{1,2,3,*}, ZHANG Ximing^{1,2,3}, LIN Lisha^{1,2,3}, YANG Shanggong^{1,2,3}

1 Xinjiang Institute of Ecology and Geography, Chinese Academy of Sciences, Urumqi 830011, China

2 State Key Laboratory of Desert and Oasis Ecology, Urumqi 830011, China

3 Cele National Station of Observation & Research For Desert-grass Land Ecosystem in Xinjiang, Cele 848300, China

Abstract: The northern slope of the Kunlun Mountains is next to the Taklamakan Desert, which is the most arid center of the Asian continent belonging to the Xinjiang-Uighur Autonomous Region, NW China. The main plant types in the desert grassland at an altitude between 2100 and 2600 m are *Calligonum roborowskii*, *Ceratoides latens*, *Sympetrum regelii*, and *Seriphidium korovinii* Poljak which are the very important source of livestock food in winter. The plant conserves water, prevents wind erosion, and maintains ecological stability. Desertification in this area became a serious problem recently and caused sandstorms, erosion as well as sand deposition. Researches on protection and recovery of the vegetation on the northern slope of the Kunlun Mountains are of great importance. *C. roborowskii*, *C. latens*, *S. regelii* and *S. korovinii*, are very important four species on the northern slope of Kunlun Mountain. The gas exchange of these plants is closely related to the ecological conditions. It is an effective way to reveal the mechanism of plant adaptation to environmental conditions. Water potential is the most sensitive degree of water condition in plant. Low water potential indicates good water condition of the plant. Accordingly, high water potential reflects that the plant lies in drought stress. Water use efficiency is an important index to distinguish the ability of the plants adapt to drought environment. It can be divided into instantaneous water use efficiency and long-term water use efficiency. Long-term water use efficiency is difficult to be acquired. Many studies suggested that stable carbon isotopic content and long-term water use efficiency are closely related. The content of

基金项目: 新疆维吾尔自治区科技支撑计划项目(200933125); 国家科技支撑项目(2009BAC54B03); 国家重点基础研究发展计划(2009CB421303); 新疆科技重大专项和科技攻关项目(200733144-2)

收稿日期: 2010-04-27; 修订日期: 2010-07-15

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: lixy@ms.xjb.ac.cn

carbon isotopes in plant leaves is used as an indicator for long-term water use efficiency. The technology has been widely used in plant physiology ecological research. In this study, gas exchange, water potential characteristics in seasonal courses and $\delta^{13}\text{C}$ values of these plants were studied. The results showed that the gas exchange diurnal courses of *C. latens*, *C. roborowasikii* and *S. regelii* displayed a single peak pattern with double peak pattern of *S. korovinii*. Within the four species, *C. roborowasikii* displayed a high P_n , T_r and the highest WUE; While those of *S. regelii* were low P_n and T_r ; *C. latens* was high P_n and low T_r ; *S. korovinii* displayed a low P_n , high T_r and the lowest WUE. The two decline of *C. latens* in P_n was due to the low carboxylation capacity of the leaf mesophyll; the effect of G_s contributed to the first decline of *C. roborowasikii* in 12:00–14:00, while the second decline might be due to the two factors. Different species had different mechanisms to adapt to drought stress. *C. roborowasikii* and *S. korovinii* maintained higher water potential to delay dehydration. Comparatively, *C. latens* and *S. regelii* maintained lower water potential to endure dehydration. When trying to establish the relationships of WUE and $\delta^{13}\text{C}$, only some species were found to have a good consistency.

Key Words: shrubs; gas exchange parameters; water potential; $\delta^{13}\text{C}$ values; Kunlun Mountains

昆仑山北坡前山带濒临最干旱的亚洲大陆中心,属暖温带塔里木荒漠和柴达木荒漠。在海拔2100—2600m间由塔里木沙拐枣(*Calligonum roborowasikii*)、驼绒藜(*Ceratoides latens*)、合头草(*Sympogma regelii*)和昆仑绢蒿(*Seriphidium korovinii*)共同组成荒漠草地优势群落^[1]。前山带荒漠草地是该地区重要的冬季牧场,目前沙漠化日趋严重,就地起沙、风沙侵蚀和风沙堆积现象十分严重。因此,对该地区荒漠草地的植被保护和恢复的研究刻不容缓。

水势是反映植物缺水程度最敏感的指标之一,水势高反映植物的水分条件较好,水势低反映植物受到干旱胁迫,并且随干旱胁迫的加剧,水势逐渐降低^[2-3]。植物对水分的利用效率是植物能否适应干旱环境的一个重要指标,可分为瞬时水分利用效率(光合作用与蒸腾作用的比值)和长期水分利用效率(一段时间干物质的积累与水分消耗的比值)。由于长期水分利用效率的直接测定比较困难,很多研究表明稳定碳同位素含量与长期水分利用效率密切相关,Farquhar等^[4]认为,植物组织的稳定碳同位素组成 $\delta^{13}\text{C}$ 与植物的长期水分利用效率(WUE_L)具有很强的相关性,可以作为植物 WUE_L 的间接测定指标,因此通过测定叶片的碳同位素含量来间接反映植物的长期水分利用效率^[5-6]。

本研究测定和分析昆仑山北坡荒漠草地4种优势灌木的水分和光合特性及其季节性动态,从以下几方面进行探讨:(1)不同时期4种优势灌木的气体交换日进程的特征;(2)4种优势灌木对环境因子尤其是水分胁迫的反应机制及其抗旱特性;(3)不同光合途径(C_3 和 C_4)植物的水分利用效率及其稳定性同位素 $\delta^{13}\text{C}$ 的关系。通过以上几个问题的研究,为保护现有植被和抗逆物种的筛选提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域概况

研究区位于新疆和田市策勒县,塔克拉玛干沙漠南缘,昆仑山中段北坡的前山带地区,海拔高度为2100—2400m,地理坐标为 $36^{\circ}23'46''$ — $36^{\circ}27'57''\text{N}$, $80^{\circ}43'25''$ — $80^{\circ}42'59''\text{E}$ 。该区域全年平均气温为4.7℃,极端最高温度为30.4—34.0℃,极端最低温度为-25℃。年降水量127.5—201.2mm,夏季短暂,冬季漫长,属于温带或寒温带气候。前山带在塔南地貌单元中属于低山带,海拔为2200—3000m,山势平缓,大量堆积着昆仑黄土^[7],土壤类型为砾质荒漠土和棕漠土。海拔高度自北向南逐渐升高,植被景观也随之改变,植物种类和郁闭度都有所增加。2500m以下主要的植物种类有塔里木沙拐枣、驼绒藜、河西苣(*Hexinia polydichotoma*)、琵琶柴(*Scorzonera muriculata*)、昆仑蒿(*Compositae Artemisia nanschanica*)、昆仑绢蒿、盐生草(*Halogeton glomeratus*)等^[8]。

1.2 试验材料

塔里木沙拐枣属蓼科(*Polygonaceae*)沙拐枣属(*Calligonum* L.)灌木^[1];驼绒藜,藜科(*Chenopodiaceae*)驼

绒藜属(*Ceratoides* G.)多年生灌木^[9];合头草,藜科(*Chenopodiaceae*)合头草属(*Sympetrum* Bge.)多年生小灌木^[9];昆仑绢蒿,菊科(*Compositae*)绢蒿属(*Seriphidium* L.)多年生小灌木^[10],均为昆仑山中段北坡前山带地区典型的荒漠植物。

1.3 试验方法

(1) 在4种优势灌木集中分布区,选取3个典型样地(20m×20m)。气体交换参数的测定:分别在2008年6、7、8月中旬进行。所用仪器LI-6400便携式光合作用测定仪(Li-cor USA),选择标准叶室,在当地时间08:00—20:00每隔1h观测1次,每次测定均随机或固定选取6个叶片或同化枝作为重复。试验结束后,将固定观测的同化枝或叶片剪下,利用扫描仪扫描的面积是测定部分的投影面积,后经面积分析软件Delta-T Scan(Cambridge, UK)计算实际的叶表面积,最后按照实际光合有效面积回算得出实际的各项气体交换指标参数。

(2) 水势的测定 与气体交换参数测定同步进行,利用Scholander压力室(PMS; Corvallis, OR, Model 1000, USA),分别测定植物当年生嫩枝的水势日变化,每种植物重复5次。

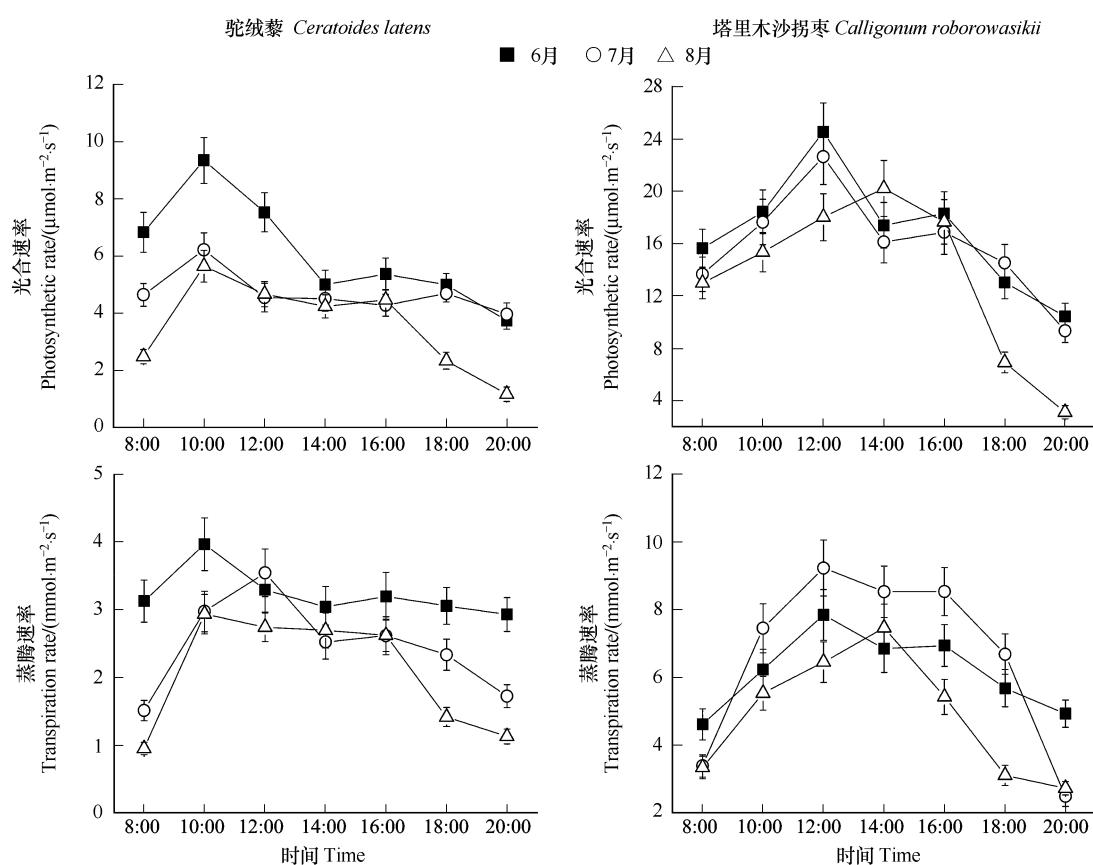
(3) 稳定性碳同位素的测定 在植物生长季末,采集叶片或同化枝样品,洗净烘干后,细细研磨制成干粉,以备进行稳定性同位素分析处理。分析植物样品是在中国科学院西安黄土与第四纪地质国家重点实验室完成的,分析和计算方法参照Farquhar和林植芳^[11,12]。

2 结果与分析

2.1 4种优势灌木气体交换参数日变化的季节动态

4种灌木的气体交换参数随环境中光照强度(*PPFD*)、气温(*T_a*)、湿度(*RH*)等外界因子的变化而发生规律性变化,但是不同植物在不同季节表现出各自不同的特征(图1)。

(1) 驼绒藜 光合速率日变化3个月均为单峰曲线,峰值均出现在10:00;下午曲线略有上升趋势,但不明显,下午光合速率升高,6月出现在16:00时,7月出现在18:00时,8月出现在16:00时。3个月的日平均光合速率依次为6月>7月>8月(表1)。3个月的日平均蒸腾速率依次为6月>7月>8月(表1),日变化趋势



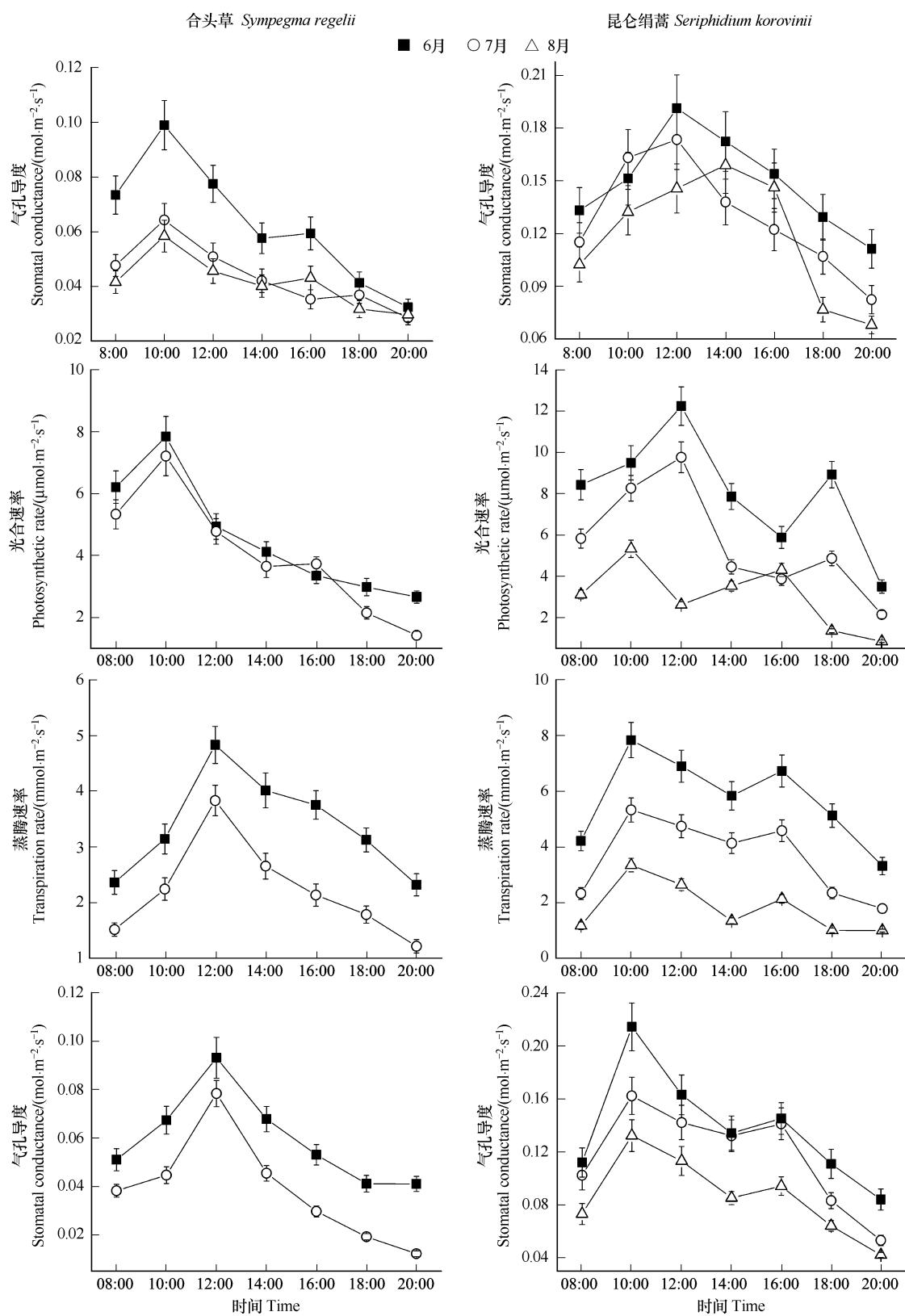


图1 4种植物光合速率、蒸腾速率和气孔导度日进程的季节变化

Fig. 1 The seasonal changes of photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal conductance of the four species

亦为单峰曲线,3个月峰值分别出现在10:00,12:00和10:00时。3个月气孔导度日变化为单峰曲线,峰值出

现时间同光合速率。

表1 4种植物光合速率(P_n)、蒸腾速率(T_r)及其水分利用效率(WUE)日变化平均值

Table 1 The average values of P_n , T_r and WUE in daily courses of the four species

植物种类 Species	月份 Month	光合日均值 Daily average of P_n	光合月均值 Monthly average of P_n	蒸腾日均值 Daily average of T_r	蒸腾月均值 Monthly average of T_r	水分利用率 日均值 Daily average of WUE	水分利用率 月均值 Monthly average of WUE
		/($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	/($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	/($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	/($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\text{s}^{-1}$)	/($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)	/($\mu\text{mol}/\text{mmol}$)
	6	6.28		3.20		1.96	
驼绒藜	7	4.95	5.04	2.47	2.54	2.14	2.01
<i>C. latens</i>	8	3.89		1.94		1.92	
	6	17.15		5.92		2.97	
沙拐枣	7	16.69	15.96	6.54	5.98	2.78	2.75
<i>C. roborowasikii</i>	8	14.04		5.47		2.51	
	6	4.71		3.62		1.45	
合头草	7	3.85	4.28	1.24	2.43	3.37	2.41
<i>S. regelii</i>	8						
	6	8.05		6.36		1.28	
绢蒿	7	4.63	4.89	2.16	3.19	1.91	1.69
<i>S. korovinii</i>	8	2.00		1.06		1.88	

(2) 塔里木沙拐枣 光合日变化趋势均为单峰曲线,下午略有升高,但不明显。峰值6、7、8月分别出现在12:00,12:00和14:00时,6月和7月下午光合速率升高,均出现在16:00时。3个月的日平均光合速率依次为6月>7月>8月(表1)。蒸腾速率日变化趋势同光合速率,6、7、8月均为单峰曲线,3个月的日平均蒸腾速率依次为7月>6月>8月(表1)。气孔导度变化趋势同蒸腾速率。

(3) 合头草 8月叶片脱落严重无法测定。光合速率变化趋势6月和7月为单峰曲线,峰值出现在10:00时。日平均光合速率6月>7月(表1)。蒸腾速率变化6月和7月均为单峰曲线,峰值出现在12:00时。日平均蒸腾速率6月>7月(表1)。气孔导度变化趋势6月和7月同蒸腾速率。

(4) 昆仑绢蒿 光合速率变化曲线6、7和8月均为双峰曲线,6月和7月第1个峰值出现在12:00时,第2个峰值出现在18:00时;8月第1峰值出现在10:00时,第2个峰值出现在16:00时。3个月的日平均光合速率依次为6月>7月>8月(表1)。蒸腾速率日变化6、7、8月均为双峰曲线,第1个峰值均出现在10:00,第2个峰值均出现在16:00。日平均蒸腾速率6月>7月>8月(表1)。气孔导度日变化同蒸腾速率。

2.2 4种优势灌木清晨和午后水势的季节动态

4种植物清晨和午后水势的季节动态如图2所示。驼绒藜、合头草和昆仑绢蒿从6—8月清晨和午后水势一直在减小,塔里木沙拐枣的清晨和午后水势从6—8月,先减小后增大。3个月清晨和午后水势均为塔里木沙拐枣>昆仑绢蒿>驼绒藜>合头草。

2.3 4种优势灌木水分利用效率和稳定性碳同位素

4种植物水分利用效率和稳定性碳同位素如图3所示。3个月水分利用效率(WUE)的均值为塔里木沙拐枣>合头草>驼绒藜>昆仑绢蒿;生长季末 $\delta^{13}\text{C}$ 值为塔里木沙拐枣>合头草>昆仑绢蒿>驼绒藜。从图3可以看出塔里木沙拐枣、合头草的瞬时和长期水分利用效率排序基本一致,而驼绒藜和昆仑绢蒿的WUE大小存在差异。

3 讨论

3.1 4种优势灌木的气体交换特征

4种植物光合和蒸腾速率日变化曲线特征:可以分为两类:(1)单峰型,包括驼绒藜、塔里木沙拐枣、合头草;(2)双峰型,为昆仑绢蒿。按照光合和蒸腾的相对强弱划分可以分为4类:(1)高光合、高蒸腾型,为塔里

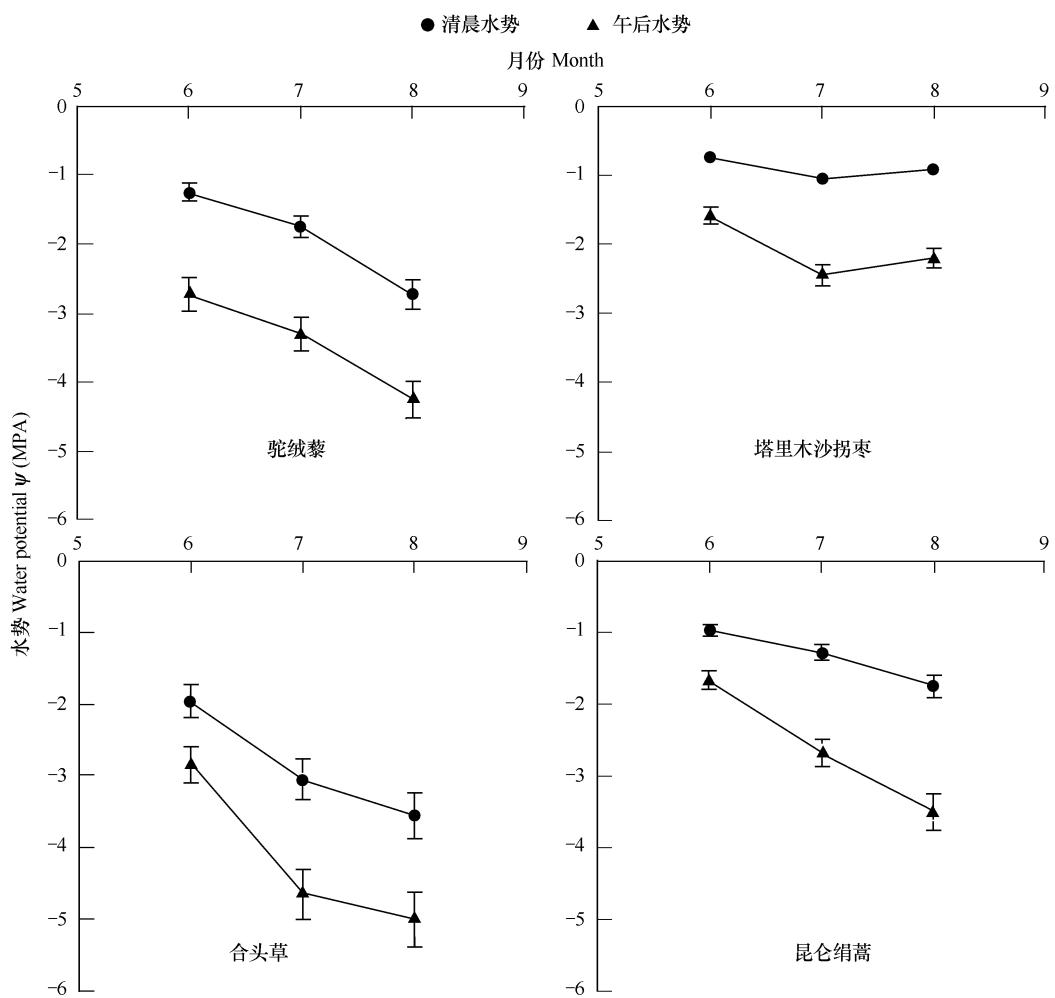


图2 4种植物清晨和午后水势的季节动态

Fig. 2 The seasonal changes of the predawn water potential and the afternoon water potential of the four species

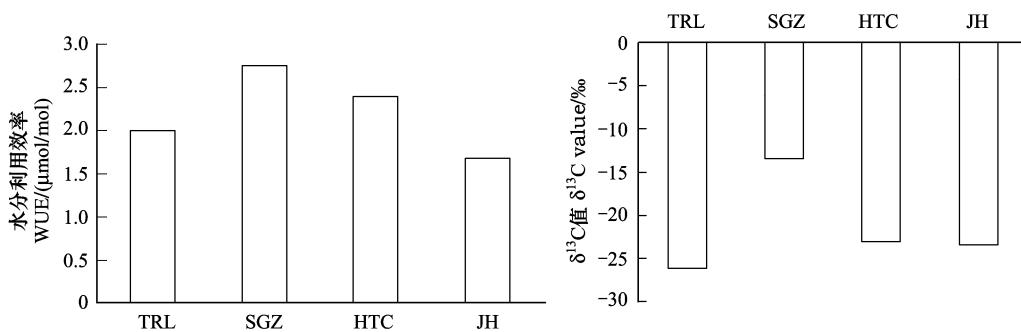


图3 4种植物水分利用效率和稳定性碳同位素

Fig. 3 The water use efficiency and stable carbon isotope rate ($\delta^{13}\text{C}$) of the four species

TRL 驼绒藜; SGZ 塔里木沙拐枣; HTC 合头草; JH 昆仑绢蒿

木沙拐枣;(2)低光合、低蒸腾型,为合头草;(3)低光合、高蒸腾型,为昆仑绢蒿;(4)高光合、低蒸腾,为驼绒藜。塔里木沙拐枣类型的划分与邓雄等^[13]的研究结果不一致,可能是种间差异或者不同环境因子的影响。

植物光合作用是对环境变化很敏感的生理过程,植物对环境的适应性沿着有利于光合作用的方向发展^[14-15],植物光合作用受到许多环境因素的影响,如光照强度、温度、水分等^[16-17]。在昆仑山北坡,植物除了

受上述环境因子影响外,还有干热风带来的大气干旱,不同季节干热风出现的时间不同,多重因子共同影响植物的生理功能和生长发育^[18]。植物消耗的水分主要是通过蒸腾散失的,因此,水分亏缺时光合作用的降低,并不是由于水分供应不足,而是由于水分亏缺所引起的气孔或非气孔因素限制,严重水分亏缺也会使光合机构受到破坏,Rubisco活性降低,CO₂与RuPB的羧化反应速率下降^[19-20]。在本研究中,4种植物的光合和蒸腾速率一般在10:00或12:00时达到最大值,之后逐渐下降,到16:00时左右部分植物有微弱的回升(图1)。这是植物在应对环境变化时所采取的一种适应策略。

根据Farquhar和Sharkey的观点^[21],只有当光合速率(P_n)和胞间CO₂浓度(C_i)变化方向相同,两者同时减小,且气孔限制值(L_s)增大时,才可以认为光合速率的下降主要是由气孔导度引起的,否则光合速率的下降要归因于叶肉细胞羧化能力的降低。按Berry和Downton的方法^[22],求得气孔限制值($L_s = 1 - C_i/C_a$)(图4和5)。以8月驼绒藜、昆仑绢蒿和6月塔里木沙拐枣、合头草气体交换参数的变化为例,驼绒藜光合速率日变化,10:00—12:00,16:00—20:002个时段, P_n 下降,分别对应 C_i 的上升和 L_s 的下降,说明主要决定因素均为非气孔因素;昆仑绢蒿光合速率日变化,10:00—12:00, P_n 下降,分别对应 C_i 的下降和 L_s 的上升,说明主要决定因素为气孔因素;16:00—20:00, P_n 下降,分别对应 C_i 的上升和 L_s 的下降,说明主要决定因素为非气孔因素。沙拐枣光合速率日变化,12:00—14:00时, P_n 下降, C_i 下降, L_s 上升,说明主要受气孔导度因素的影响;16:00—20:00时, P_n 下降, C_i 和 L_s 升降趋势不稳定,无规律性,可能是同时受气孔和非气孔因素的影响;合头草光合速率日变化,10:00—20:00时, P_n 下降, C_i 先上升后下降再上升, L_s 先下降后上升再下降,无规律性,可能是同时受气孔和非气孔因素的影响。

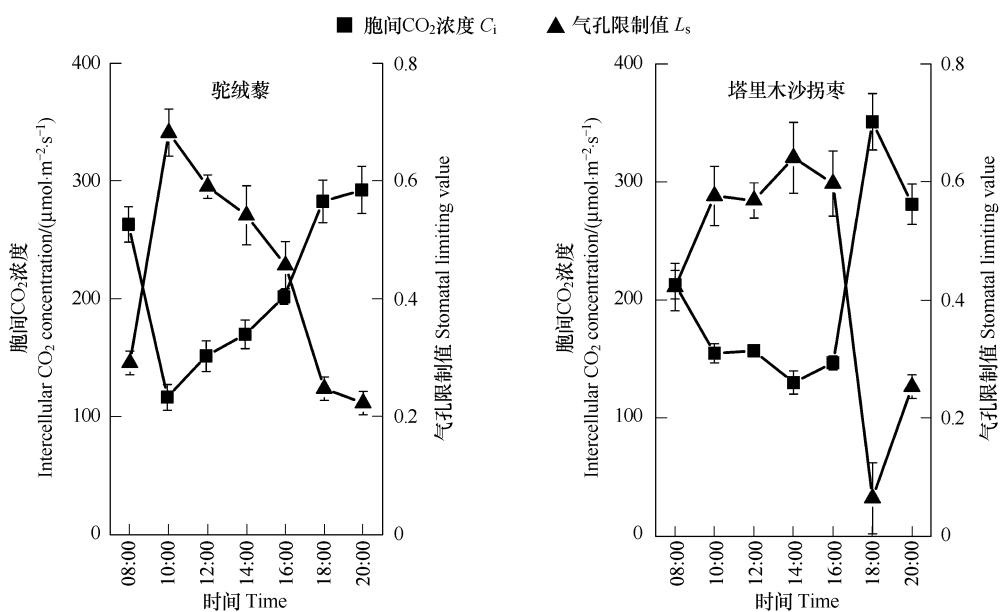


图4 8月驼绒藜和6月沙拐枣日变化光合速率的下降与细胞间隙及气孔限制值的关系

Fig. 4 The relationship of C_i and L_s to P_n decline in the diurnal courses of *C. latens* and *C. roborowasikii*

■胞间CO₂浓度 (C_i); ▲气孔限制值 (L_s)

3.2 4种优势灌木的水分利用效率

单叶水平水分利用效率(WUE),指单位水量通过叶片蒸腾散失时光合作用所形成的有机物的量,即为叶片光合和蒸腾速率的比值,只能表征植物的瞬时水分利用。1982年Farquhar发现植物叶片δ¹³C与植物水分利用效率呈很好的相关性,稳定性同位素(δ¹³C)方法成为定量研究植物长期水分利用效率的最新方法^[4]。本研究中4种植物3个月WUE的均值为塔里木沙拐枣>合头草>驼绒藜>昆仑绢蒿;测得生长季末δ¹³C值为塔里木沙拐枣>合头草>昆仑绢蒿>驼绒藜。从排序结果看仅有塔里木沙拐枣和合头草的WUE和δ¹³C之间有很好的一致性,但考虑到驼绒藜和昆仑绢蒿的WUE相差很小(图3),环境因子的微小波动都可能造成结果的

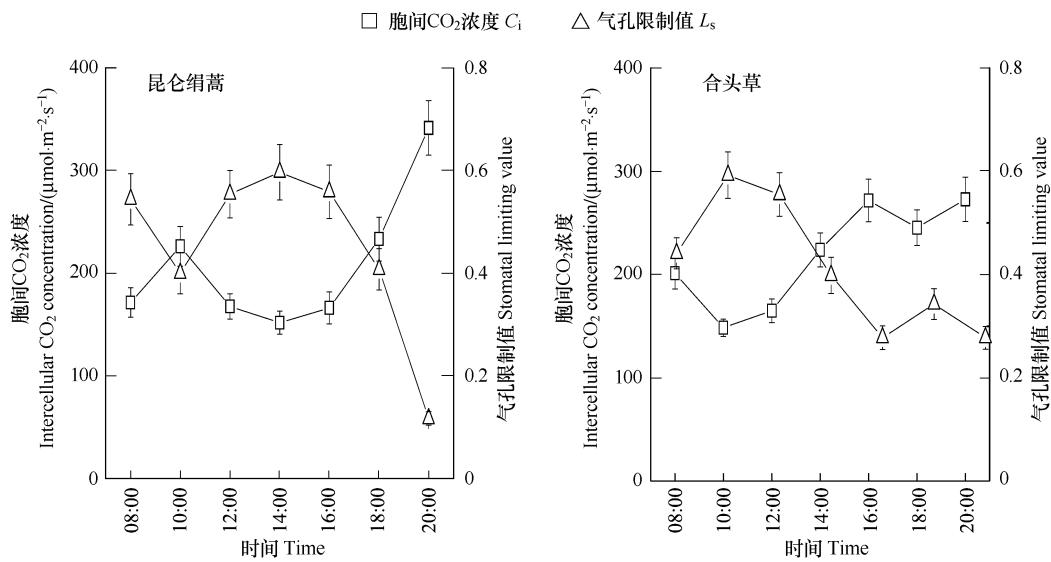


图5 8月昆仑绢蒿和6月合头草日变化光合速率的下降与细胞间隙及气孔限制值的关系

Fig. 5 The relationship of C_i and L_s to P_n decline in the diurnal courses of *S. korovinii* and *S. regelii*

□胞间 CO_2 浓度 (C_i)；△气孔限制值 (L_s)

差异,从长期考虑,昆仑绢蒿的 WUE 应大于驼绒藜。

3.3 4种优势灌木的耐旱适应性机理

在土壤-植物-大气连续系统(SPAC)中,大气水势永远低于植物水势,致使叶片水分不断向四周散失,由此形成 SPAC 系统的水势下降梯度^[23]。李吉跃等^[2]指出影响植物水分状况的因素,不外乎 SPAC 系统中的土壤和大气水分,但两者对植物水分状况的影响最终都要反映到植物水势上。本研究中,驼绒藜、合头草和昆仑绢蒿从6—8月清晨和午后水势一直在减小,塔里木沙拐枣的清晨和午后水势从6—8月,先减小后增大。3个月清晨和午后水势均为沙拐枣>昆仑绢蒿>驼绒藜>合头草。说明前3种植物叶片水分状况随着季节推进越来越差,而塔里木沙拐枣的叶片水分状况到8月有所好转,且日平均水势一直稳居4种植物之首。结合4种植物的气孔导度和蒸腾速率,发现塔里木沙拐枣的日平均气孔导度和蒸腾速率也是4种植物中最高的。因此,可以看出不同植物适应环境各自采取了不同的适应对策。根据李吉跃等^[2]对植物耐旱适应性机理的划分为两类:(1)高水势延迟脱水耐旱机理,这类植物通过水分吸收或者限制水分丧失来延迟脱水发生;(2)低水势忍耐脱水机理,这类植物不但有很强的水分吸收和减少水分丧失的能力,更重要的是具有很强的忍耐脱水的能力。基于这种机理,可以将4种灌木的耐旱机理归类:塔里木沙拐枣和昆仑绢蒿属于高水势延迟脱水耐旱机理;驼绒藜和合头草属于低水势忍耐脱水机理。

References:

- [1] Commissione Redactorum Floraes Xinjiangensis. Floraes Xinjiangensis (Tomus1). Urumqi: Xinjiang Science and Technology and Hygiene Publishing House, 1992: 267-274.
- [2] Li J Y, Zhang J G. Studies on classification models and mechanisms of drought tolerance of chief afforestation species in the northern part of China (I). Journal of Beijing Forestry University, 1993, 15(3): 1-11.
- [3] Liu H Y, Li J Y, Zhao Y, Huang K K. Influence of drought stress on gas exchange and water use efficiency of *salix psammophila* growing in five places. Arid Zone Research, 2007, 24(6): 815-820.
- [4] Farquhar G D, O'Leary M H, Berry J A. On the relationship between carbon isotope discrimination and the intercellular carbon dioxide concentration in leaves. Australian Journal of Plant Physiology, 1982, 9: 121-137.
- [5] Li C Y, Wang K Y. Differences in drought responses of three contrasting *Eucalyptus microtheca* F. Muell. populations. Forest Ecology and Management, 2003, 179(1/3): 377-385.
- [6] Li C Y. Population differences in water-use efficiency of *Eucalyptus microtheca* seedlings under different watering regimes. Physiologia Plantarum, 2000, 108(2): 134-139.

- [7] Han Y X, Yang S L, Fang X M, Song L C. Atmospheric circulation in Tarim Basin and loess accumulation in north slope of Kunlun Mountain. *Journal of Desert Research*, 2006, 26(3) : 351-355.
- [8] Tan Y, Zhang Q, Pan B R, Kang X S. Coupling relationship between *Calligonum* L. community specie diversity and soil factors in China. *Arid Land Goography*, 2008, 31(1) : 88-96.
- [9] Commissione Redactorum Florae Xinjiangensis. *Florae Xinjiangensis* (Tomus 3). Urumqi: Xinjiang Science and Technology and Hygiene Publishing House, 1992: 214-219.
- [10] Commissione Redactorum Florae Xinjiangensis. *Florae Xinjiangensis* (Tomus 6). Urumqi: Xinjiang Science and Technology and Hygiene Publishing House, 1996: 132-138.
- [11] Farquhar G D, Ehleringer J R, Hubick K T. Carbon isotope discrimination and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology and Molecular Biology*, 1989, 40: 503-537.
- [12] Lin Z F, Liang C, Peng C L, Lin G Z, Kong G H. Effect of human activity on $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ratios in tree rings of *Pinus massoniana* on Dinghushan. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17(2) : 124-132.
- [13] Deng X, Li X M, Zhang X M, Ye W H. A study of the gas exchange characteristics of four desert plants. *Acta Phytoecologica Sinica*, 2002, 26 (5) : 605-612.
- [14] Jones M D, Hutchinson T C. Nickel toxicity in mycorrhizal birch seedlings infected with *Lactarius rufus* or *Sclero-derma flavidum* I. Effects on growth, photosynthesis, respiration and transpiration. *New Phytologist*, 1988, 108(4) : 451-459.
- [15] Anselmi S, Chiesi M, Giannini M, Manes F, Maselli F. Estimation of mediterranean forest transpiration and photosynthesis through the use of an ecosystem simulation model driven by remotely sensed date. *Global Ecology and Biogeography*, 2004, 13(4) : 371-380.
- [16] Zhu J T, Li X Y, Zhang X M, Zeng F J, Yan H L, Yang S G. Effects of irrigation on photosynthesis physiological characteristics and osmolytes of *Alhagi sparsifolia*. *Journal of Desert Research*, 2009, 29(4) : 697-702.
- [17] Yan H L, Zhang X M, Xu H, Yao S J. Responses of *Calligonum arborescens* photosynthesis to water stress in Tarim Highway Shelterbelt. *Journal of Desert Research*, 2007, 27(3) : 460-465.
- [18] Zhu J T, Li X Y, Zhang X M, Zeng F J, Lin L S, Yang S G, Gui D W, Wang H, Liu B. Ecophysiological response of *Calligonum roborowskii* to the habitats in different altitudes in north slope of Kunlun Mountain. *Acta Ecologica Sinica*, 2010, 30(3) : 602-609.
- [19] Zhou H Y, Zhang J G, Zhao L, Wang G. Gas exchange characteristics and regulation mechanism of several caragana shrubs under wet condition. *Journal of Desert Research*, 2002, 22(4) : 316-320.
- [20] Tan H J, Zhou H Y, Li X R, Zhang Z S. Primary studies on daily photosynthetic changes of rare and endangered plant *Helianthemum soongoricum*. *Journal of Desert Research*, 2005, 25(2) : 262-267.
- [21] Farquhar G D, Sharkey T D. Stomatal conductance and photosynthesis. *Annual Review of Plant Physiology*, 1982, 33: 317-345.
- [22] Berry J A, Downton W J S. Environmental regulation of photosynthesis// Govind J, ed. *Photosynthesis* (Vol III). New York: Academic Press, 1982: 263-343.
- [23] Feng J Z, Zhou Y J, Zhou H Y, Zhang J G. Physiological reponses of *Ammopiptanthus mongolicus* (Maxim) to change of soil moisture. *Journal of Desert Research*, 2001, 21(3) : 223-226.

参考文献:

- [1] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志 (第一卷). 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992: 267-274.
- [2] 李吉跃, 张建国. 北方主要造林树种耐旱机理及其分类模型的研究 (I). *北京林业大学学报*, 1993, 15(3) : 1-11.
- [3] 刘海燕, 李吉跃, 赵燕, 黄看看. 干旱胁迫对5个种源沙柳 (*Salix psammophila*) 气体交换及水分利用效率的影响. *干旱区研究*, 2007, 24(6) : 815-820.
- [7] 韩永翔, 杨胜利, 方小敏, 宋连春. 塔里木盆地中的大气环流及昆仑山北坡的黄土堆积. *中国沙漠*, 2006, 26(3) : 351-355.
- [8] 谭勇, 张强, 潘伯荣, 康晓珊. 我国沙拐枣属 (*Calligonum* L.) 天然群落物种多样性与土壤因子的耦合关系. *干旱区地理*, 2008, 31 (1) : 88-96.
- [9] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志 (第三卷). 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1992: 214-219.
- [10] 新疆植物志编辑委员会. 新疆植物志 (第六卷). 乌鲁木齐: 新疆科技卫生出版社, 1996: 132-138.
- [12] 林植芳, 梁春, 彭长连, 林桂珠, 孔国辉. 鼎湖山地区人类活动对马尾松年轮 $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 的影响. *生态学报*, 1997, 17(2) : 124-132.
- [13] 邓雄, 李小明, 张希明, 叶万辉. 4种荒漠植物气体交换特征的研究. *植物生态学报*, 2002, 26(5) : 605-612.
- [16] 朱军涛, 李向义, 张希明, 曾凡江, 闫海龙, 杨尚功. 灌溉对疏叶骆驼刺 (*Alhagi sparsifolia*) 幼苗光合生理指标及渗透物质的影响. *中国沙漠*, 2009, 29(4) : 697-702.
- [17] 闫海龙, 张希明, 许浩, 姚世军. 塔里木沙漠公路防护林植物沙拐枣气体交换特性对干旱胁迫的响应. *中国沙漠*, 2007, 27 (3) : 460-465.
- [18] 朱军涛, 李向义, 张希明, 曾凡江, 林丽莎, 杨尚功, 桂东伟, 王辉, 刘波. 昆仑山北坡前山带塔里木沙拐枣对不同海拔生境的生理生态响应. *生态学报*, 2010, 30(3) : 602-609.
- [19] 周海燕, 张景光, 赵亮, 王刚. 湿润条件下几种锦鸡儿属灌木的气体交换特征及调节机制. *中国沙漠*, 2002, 22(4) : 316-320.
- [20] 谭会娟, 周海燕, 李新荣, 张志山. 珍稀濒危植物半日花光合作用日动态变化的初步研究. *中国沙漠*, 2005, 25(2) : 262-267.
- [23] 冯今朝, 周宜军, 周海燕, 张景光. 沙冬青对土壤水分变化的生理响应. *中国沙漠*, 2001, 21(3) : 223-226.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol. 31 ,No. 12 June ,2011 (Semimonthly)

CONTENTS

Effect assessment of the project of grain for green in the karst region in Southwestern China: a case study of Bijie Prefecture	LI Hao, CAI Yunlong, CHEN Ruishan, et al (3255)
The effect of dispersal on the population dynamics of a host-parasite system in fragmented landscape	SU Min (3265)
The effect of spatial scales on wetland functions evaluation: a case study for coastal wetlands in Yancheng, Jiangsu Province	OU Weixin, YE Lifang, SUN Xiaoxiang, et al (3270)
Effects of simulated nitrogen deposition on nutrient balance of Chinese fir (<i>Cunninghamia lanceolata</i>) seedlings	FAN Houbao, LIAO Yingchun, LIU Wenfei, et al (3277)
The water conservation study of typical forest ecosystems in the forest transect of eastern China	HE Shuxia, LI Xuyong, MO Fei, et al (3285)
The ecological responses of <i>Pinus tabulaeformis</i> forests in Taiyue Mountains of Shanxi to artificial Harvesting	GUO Donggang, SHANGGUAN Tieliang, BAI Zhongke, et al (3296)
The influence of the long-term application of organic manure and mineral fertilizer on microbial community in calcareous fluvo-aquic soil	ZHANG Huanjun, YU Hongyan, DING Weixin (3308)
Endophytic fungal diversity of five dominant plant species in the dry-hot valley of Yuanjiang, Yunnan Province, China	HE Caimei, WEI Daqiao, LI Haiyan, et al (3315)
Seedling recruitment in desert riparian forest following river flooding in the middle reaches of the Tarim River	ZHAO Zhenyong, ZHANG Ke, LU Lei, et al (3322)
Scaling up for transpiration of <i>Pinaceae schrenkiana</i> stands based on 8hm permanent plots in Tianshan Mountains	ZHANG Yutao, LIANG Fengchao, CHANG Shunli, et al (3330)
Responses of soil enzyme activities and microbial biomass N to simulated N deposition in Gurbantunggut Desert	ZHOU Xiaobing, ZHANG Yuanning, TAO Ye, et al (3340)
Effects of Pb on growth, heavy metals accumulation and chloroplast ultrastructure of <i>Iris lactea</i> var. <i>Chinensis</i>	YUAN Haiyan, GUO Zhi, HUANG Suzhen (3350)
Effects of temperature and sap flow velocity on CO ₂ efflux from stems of three tree species in spring and autumn in Northeast China	WANG Xiuwei, MAO Zijun, SUN Tao, et al (3358)
The soil seed bank of <i>Eupatorium adenophorum</i> along roadsides in the south and middle area of Yunnan, China	TANG Yingyin, SHEN Youxin (3368)
Extracting the canopy structure parameters using hemispherical photography method	PENG Huanhua, ZHAO Chuanyan, FENG Zhaodong, et al (3376)
The CCA analysis between grasshopper and plant community in upper reaches of Heihe River	ZHAO Chengzhang, ZHOU Wei, WANG Keming, et al (3384)
Community structure characteristics of phytoplankton in argun River Drainage Area in autumn	PANG Ke, YAO Jinxian, WANG Hao, et al (3391)
Spatial and temporal variation of phytoplankton and impacting factors in Jiulongjiang Estuary of Xiamen, China	WANG Yu, LIN Mao, CHEN Xingqun, et al (3399)
Effect of bank type on fish biodiversity in the middle-lower reaches of East Tiaoxi River, China	HUANG Liangliang, LI Jianhua, ZOU Limin, et al (3415)
Study on dynamic changes of soil and water loss along highway based on RS/GIS: an example of Yujing expressway	CHEN Aixia, LI Min, SU Zhixian, et al (3424)
The urbanization effects on watershed landscape structure and their ecological risk assessment	HU Hebing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (3432)
Assessment of ecological risk of coastal economic developing zone in Jinzhou Bay based on landscape pattern	GAO Bin, LI Xiaoyu, LI Zhigang, et al (3441)
Impacts of land use and cover changes on ecosystem service value in Zoige Plateau	LI Jinchang, WANG Wenli, HU Guangyin, et al (3451)
Effect of chicken manure application on Cu and Zn accumulation in soil and <i>Brassica sinensis</i> L.	ZHANG Yan, LUO Wei, CUI Xiaoyong, et al (3460)
GIS analysis of structural characteristics of pollution sources in irrigable farmland in Ningxia China	CAO Yanchun, FENG Yongzhong, YANG Yinlu, et al (3468)
Effects of pre-sowing soil moisture and planting patterns on photosynthetic characteristics and yield of summer soybean	LIU Yan, ZHOU Xunbo, CHEN Yuhai, et al (3478)
<i>In situ</i> study on influences of different fertilization patterns on inorganic nitrogen losses through leaching and runoff: a case of field in Nansi Lake Basin	TAN Deshui, JIANG Lihua, ZHANG Qian, et al (3488)
Effects of AM fungi on leaf photosynthetic physiological parameters and antioxidant enzyme activities under low temperature	LIU Airong, CHEN Shuangchen, LIU Yanying, et al (3497)
Effects of exogenous cysteine on growth, copper accumulation and antioxidative systems in wheat seedlings under Cu stress	PENG Xiangyong, SONG Min (3504)
Review and Monograph	
The horizon scanning technology and its application prospect in Ecology	HU Zimin, LI Jingjing, LI Wei, et al (3512)
Scientific Note	
The gas exchange characteristics of four shrubs on the northern slope of Kunlun Mountain	ZHU Juntao, LI Xiangyi, ZHANG Ximing, et al (3522)
Effect of DEM data at different scales on the accuracy of forest Ecological Classification system	TANG Lina, HUANG Juecong, DAI Limin (3531)
Canopy interception of rainfall by Bamboo plantations growing in the Hill Areas of Southern Jiangsu Province	JIA Yongzheng, HU Haibo, ZHANG Jiayang (3537)
Effects of exotic species slash pine (<i>Pinus elliottii</i>) litter on the structure and function of the soil microbial community	CHEN Falin, ZHENG Hua, YANG Bosu, et al (3543)
The carbon emission analysis of Shenzhen Metro	XIE Hongyu, WANG Xixiang, YANG Muzhuang, et al (3551)

2009 年度生物学科总被引频次和影响因子前 10 名期刊*

(源于 2010 年版 CSTPCD 数据库)

排序 Order	期刊 Journal	总被引频次 Total citation	排序 Order	期刊 Journal	影响因子 Impact factor
1	生态学报	11764	1	生态学报	1.812
2	应用生态学报	9430	2	植物生态学报	1.771
3	植物生态学报	4384	3	应用生态学报	1.733
4	西北植物学报	4177	4	生物多样性	1.553
5	生态学杂志	4048	5	生态学杂志	1.396
6	植物生理学通讯	3362	6	西北植物学报	0.986
7	JOURNAL OF INTEGRATIVE PLANT BIOLOGY	3327	7	兽类学报	0.894
8	MOLECULAR PLANT	1788	8	CELL RESEARCH	0.873
9	水生生物学报	1773	9	植物学报	0.841
10	遗传学报	1667	10	植物研究	0.809

*《生态学报》2009 年在核心版的 1964 种科技期刊排序中总被引频次 11764 次, 全国排名第 1; 影响因子 1.812, 全国排名第 14; 第 1—9 届连续 9 年入围中国百种杰出学术期刊; 中国精品科技期刊

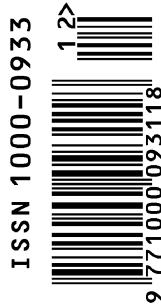
编辑部主任 孔红梅

执行编辑 刘天星 段 靖

生态学报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 31 卷 第 12 期 (2011 年 6 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 31 No. 12 2011

编 辑	《生态学报》编辑部 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085 电话: (010) 62941099 www. ecologica. cn shengtaixuebao@ rcees. ac. cn	Edited by Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel: (010) 62941099 www. ecologica. cn Shengtaixuebao@ rcees. ac. cn
主 编	冯宗炜	Editor-in-chief FENG Zong-Wei
主 管	中国科学技术协会	Supervised by China Association for Science and Technology
主 办	中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址: 北京海淀区双清路 18 号 邮政编码: 100085	Sponsored by Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add: 18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China
出 版	科学出版社 地址: 北京东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717	Published by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China
印 刷	北京北林印刷厂	Printed by Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China
发 行	科学出版社 地址: 东黄城根北街 16 号 邮政编码: 100717 电话: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net	Distributed by Science Press Add: 16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel: (010) 64034563 E-mail: journal@ cspg. net
订 购	全国各地邮局	Domestic All Local Post Offices in China
国外发行	中国国际图书贸易总公司 地址: 北京 399 信箱 邮政编码: 100044	Foreign China International Book Trading Corporation Add: P. O. Box 399 Beijing 100044, China
广告经营 许 可 证	京海工商广字第 8013 号	



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元