

# 半固定与固定沙地油蒿枝条水势及气体交换特征

夏静芳<sup>1,2</sup>, 王玉杰<sup>1</sup>, 张友焱<sup>3</sup>, 范军波<sup>2</sup>

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 水利部水土保持植物

开发管理中心, 北京 100038; 3. 中国林业科学研究院 荒漠化研究所, 北京 100091)

**摘要:**为揭示半固定沙地和固定沙地油蒿生长差异的原因,测定了毛乌素沙地自然生长在半固定与固定沙地油蒿的气体交换参数、枝条水势及土壤含水量,分析了油蒿气体交换参数、枝条水势日变化特征及土壤水分对其的影响。结果表明:半固定沙地与固定沙地油蒿枝条水势与气体交换参数日变化趋势相同,半固定沙地油蒿日均净光合速率是固定沙地的1.3倍,蒸腾速率是固定沙地的1.23倍,其枝条水势也高于固定沙地,两种立地条件下油蒿枝条水势和气体交换参数的不同主要是由于沙地中土壤水分含量不同所引起。

**关键词:**半固定与固定沙地; 土壤含水量; 净光合速率; 蒸腾速率; 枝条水势

中图分类号:Q948.11

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)01-0239-04

## Water Potential of Branch and Gas Exchange Characteristics of *Artemisia Ordosica* in Semi-fixed and Fixed Sand Dunes

XIA Jing-fang<sup>1,2</sup>, WANG Yu-jie<sup>1</sup>, ZHANG You-yan<sup>3</sup>, FAN Jun-bo<sup>2</sup>

(1. School of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing

100083, China; 2. China Administration Centre for Seabuckthorn Development, the Ministry of Water

Resources, Beijing, 100038, China; 3. Institute of Desertification Studies, CAF, Beijing 100091, China)

**Abstract:** *Artemisia ordosica* was one of the main sand-binding plants in Mu Us Sandland. The water potential of branch and parameter of gas exchange of *Artemisia ordosica* were measured under natural condition in semi-fixed and fixed sand dunes in Mu Us Sandland in July, the effect of soil water content on them and the character of diurnal change of them were studied. The results indicated that the diurnal courses of water potential of branch and gas exchange were the same in semi-fixed and fixed sand dunes, but the values were different, the average of diurnal photosynthetic rate in semi-fixed sand dunes was 1.3 times of the fixed sand dunes and the average of diurnal transpiration rate was 1.23 times, and water potential of branch was bigger than fixed sand dunes, so the growth situation were different in semi-fixed and fixed sand dunes, the different water potential of branch and gas exchange character were caused by soil water content, improving character of water-holding and hydraulic conductivity could improve the growth situation of *Artemisia ordosica*.

**Key words:** soil water content; photosynthetic rate; transpiration rate; gas exchange; water potential of branch

油蒿(*Artemisia ordosica* Krasch.)是一种沙生半灌木,具有耐沙埋、抗风蚀、耐旱、耐土壤贫瘠等特性,其固沙能力强,是毛乌素沙地最主要的固沙植物之一,同时又是重要的牧草<sup>[1-2]</sup>。油蒿分布在内蒙古、宁夏、陕西和甘肃等温带沙地,分布中心在鄂尔多斯高原<sup>[3]</sup>。油蒿在不同立地条件下生长差异显著,在流

动沙地或半固定沙地上长势良好,活力强,植株高达70~100 cm,而固定沙地的油蒿生长明显不如半固定沙地,生活力弱,长势差,灌丛矮小,常常表现出衰败的迹象。据杨宝珍<sup>[4]</sup>研究,半固定沙地上油蒿具有较高的地上生物量,其绿色鲜重为固定沙地的4~5倍。许多学者对其生物学特性<sup>[5]</sup>、生长规律<sup>[6]</sup>及生理生态

特性<sup>[7-8]</sup>等进行了研究,但对半固定与固定沙地油蒿水分生理生态特征对比研究较少。本文主要研究半固定沙地和固定沙地油蒿的水分生理特征,以揭示两种立地条件下油蒿生长的差异的原因,为油蒿更好发挥固沙作用提供依据。

## 1 研究区概况

试验地位于内蒙古乌审旗毛乌素沙地腹地,北纬  $38^{\circ}57'$ ,东经  $109^{\circ}17'$ ,属北温带极端大陆性季风气候,干旱少雨,风大沙多,多年平均降水量为 347.5 mm,年平均蒸发量为 2 591.9 mm;年平均气温  $21.8 \sim 22.6^{\circ}\text{C}$ ,年日照时数 2 886 h,无霜期 120~135 d。土壤类型以沙土为主,乔木树种以合作杨(*Populus × xiaozhuanica*)、旱柳(*Salix matsudana*)、榆树(*Ulmus pumila*)为主;灌木树种以沙柳(*Salix psammophila*)、柠条(*Caragana intemedia*)、杨柴(*Hedysarum mongolicum*)、油蒿(*Artemisia ordosica*)为主;草本主要有沙打旺(*Astragalus adsurgens*)、草木樨(*Melilotus alba*)、苜蓿(*Medicago sativa*)等。

## 2 材料和方法

### 2.1 试验材料

试验材料选取自然生长在半固定与固定沙地的油蒿,为多年生丛生半灌木,半固定沙地油蒿株高 80 cm 左右,固定沙地油蒿株高 50 cm 左右,其坡度坡向一致。

### 2.2 气体交换参数测定

选取油蒿生育期中段,于 2005 年 7 月晴天 6:00—18:00,用便携式光合仪(Li-6400P, Licor, 美国)每 2 h 测定 1 次油蒿中部 3 个方向单叶片净光合速率、蒸腾速率等生理指标,空气温度、湿度等环境因子变化用光合仪同步记录,然后取其平均值,得到各指标的数值,从中选取能代表当月特征的 1 天数据进行比较分析。叶面积用叶面积仪测定(Li-3000A, Licor, 美国)。

### 2.3 枝条水势测定

枝条水势采用压力室(PMS1000, PMS, 美国),与光合仪测定同步进行,每 2 h 一次,每次测定同一株油蒿 3 条 2 年生枝条的水势,然后取其平均值,得到枝条水势。

### 2.4 土壤含水量测定

土壤含水量采用土钻取样烘干方法,在测定当日取土,呈三角形布置 3 个重复,从表层到 1 m 深,每隔 10 cm 取一土样,每层土壤含水量取 3 个数平均值。

### 2.5 水分利用效率及日均值计算

日平均净光合速率和日平均蒸腾速率为日测定 7 个整点时刻数据的平均值,水分利用效率为净光合速率与蒸腾速率的比值。

## 3 结果与分析

### 3.1 半固定与固定沙地油蒿净光合速率与蒸腾速率

图 1 显示的是 7 月同时测定的半固定与固定沙地油蒿净光合速率日变化曲线,从图中可以看出,二者的叶片净光合速率变化趋势相同,都呈双峰型变化,峰值出现在 10:00 时和 14:00 时,半固定沙地峰值分别为  $15.79, 15.54 \mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,固定沙地峰值分别为  $12.36, 11.61 \mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ 。谷值均出现在 12:00 时,半固定沙地和固定沙地油蒿分别为  $8.42, 6.31 \mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,有明显的午休现象,与许多学者对油蒿的研究一致<sup>[9-10]</sup>。两种立地条件下峰值和谷值出现的时间相同,但半固定沙地的峰值和谷值都大于固定沙地,半固定沙地与固定沙地日平均净光合速率为  $12.22, 9.31 \mu\text{molCO}_2/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,半固定沙地是固定沙地的 1.3 倍,其日变幅也不相同,半固定沙地是固定沙地的 1.25 倍。净光合速率的大小反映了植物干物质积累的能力,从净光合速率的角度来看,因为半固定沙地的净光合速率明显大于固定沙地,在同等的时间内积累的干物质多,所以其生长量大,在一定程度上解释了为什么固定沙地的油蒿长势比半固定沙地的差。

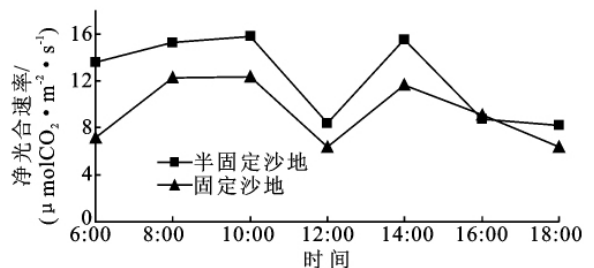


图 1 半固定与固定沙地油蒿净光合速率日变化

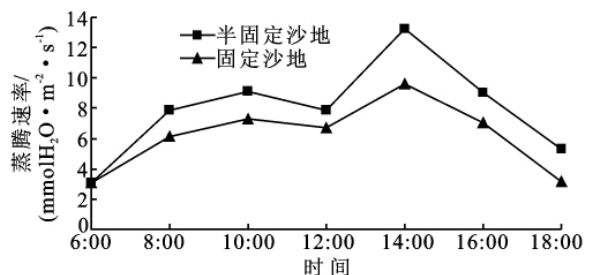


图 2 半固定与固定沙地油蒿蒸腾速率日变化

固定沙地和半固定沙地油蒿蒸腾速率日变化都呈双峰型(图 2),从 6:00 时开始逐渐上升,在 10:00 时出现第一峰值,12:00 时略有下降,出现谷值,然后

上升,在 14:00 时达到第 2 峰值。半固定沙地峰值分别为 9.11, 11.02  $\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 固定沙地峰值分别为 7.25, 8.88  $\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 谷值分别为 7.84, 6.68  $\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 第 2 峰值大于第 1 峰值。虽然两者的日变幅不一样, 固定沙地与半固定沙地分别为 6.5, 10.19  $\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 相差 3.69  $\text{mmolH}_2\text{O}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ , 但其变化趋势基本一致。日平均蒸腾速率半固定沙地大于固定沙地, 半固定沙地为固定沙地的 1.23 倍。

### 3.2 半固定与固定沙地油蒿水分利用效率

两种立地条件下的油蒿水分利用效率变化趋势基本一致, 呈早晚高、中间低, 一天中早上水分利用效率最高, 这是油蒿适应沙区气候的结果, 7 月沙区早上的气候最适宜植物水分利用。虽然两种立地条件下水分利用效率日变化趋势一致, 但各时段的水分利用效率不一样, 6:00 时半固定沙地水分利用效率明显大于固定沙地(图 3), 16:00 时和 18:00 时固定沙地的水分利用效率略大于半固定沙地, 8:00—16:00 时基本重叠, 变化趋势也一致。半固定沙地和固定沙地水分利用效率日平均值分别为 1.8, 1.6 ( $\mu\text{molCO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ )。

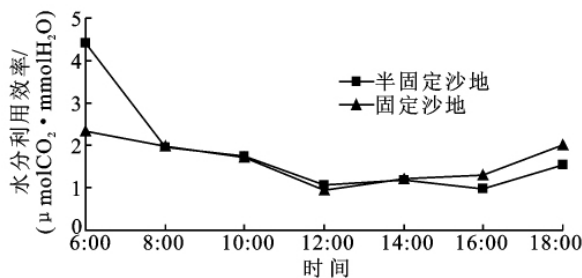


图3 半固定与固定沙地油蒿水分利用效率日变化

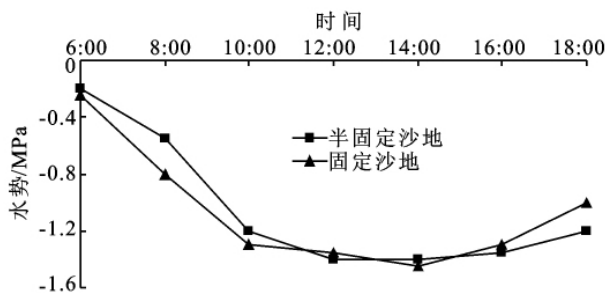


图4 半固定与固定沙地油蒿枝条水势日变化

### 3.3 半固定与固定沙地油蒿枝条水势

水势是植物水分状况的反映, 当蒸腾失水超过根系吸水时, 植物就会发生不同程度的水分亏缺, 从而导致水势降低。从整个日进程来看, 固定沙地和半固定沙地的枝条水势具有明显的日变化, 变化趋势一致, 以 14:00 时最低, 固定沙地油蒿枝条水势小于半固定沙地, 与王庆锁等<sup>[11]</sup>对油蒿叶水势的研究结果相似。半固定沙地与固定沙地水势的变化差异主要在 8:00 和 18:00。低谷前水势固定沙地低于半固

定沙地, 低谷后水势固定沙地高于半固定沙地。比较水势变化曲线和蒸腾速率变化曲线, 半固定沙地的蒸腾速率大于固定沙地, 但其水势高于固定沙地, 丧失的水分多并且水势值高, 表明其受到的水分胁迫小, 这也能从黎明前的水势看出, 固定沙地黎明前水势小于半固定沙地。

## 4 结论与讨论

半固定沙地与固定沙地油蒿气体交换参数与枝条水势日变化趋势相同, 但各值不尽相同, 枝条水势的变化差异主要在 8:00 和 18:00, 半固定沙地油蒿日均净光合速率是固定沙地的 1.3 倍, 蒸腾速率是固定沙地的 1.23 倍。半固定沙地与固定沙地油蒿水分生理因子有着相同的日变化趋势, 这是由植物本身的遗传因子所决定, 但在不同的立地条件下各水分生理因子值差异明显, 其外在表现为固定沙地油蒿的生长不如半固定沙地, 这主要是生长环境不同所引起。本文所测定的固定沙地和半固定沙地油蒿相距不远, 地形条件相同, 微气候变化不大, 只有土壤含水量差异较大。同一时段两种立地条件下地表至 1 m 深的土壤含水量测定结果显示, 土壤各层含水量不尽相同(图 5), 从 4.68% 到 7.74% 不等, 半固定沙地 1 m 深土壤平均含水量大于固定沙地, 其各层的土壤含水量多大于固定沙地, 特别是在 20~60 cm 的土壤中, 半固定沙地的土壤含水量都高于固定沙地, 而这一土层正是油蒿根系的主要分布区<sup>[3,11]</sup>, 土壤中水分供给的程度对植物生长影响明显, 通常根系在水分充足的土壤中生长, 土壤水能满足植物对水的需求, 但是在土壤相当干旱时, 水分供应经常落后于需求, 从而影响植物生长。肖春旺<sup>[12]</sup>对油蒿幼苗研究表明: 当减少施水量时, 油蒿幼苗硬叶指数和肉质化程度增加, 肉质化程度的加强限制了对大气  $\text{CO}_2$  的吸收, 进而降低光合作用。当施水量增多时, 能显著减少幼苗叶片肉质化程度, 有助于叶片提高对大气  $\text{CO}_2$  的吸收。半固定沙地土壤水分供给好于固定沙地, 有助于半固定沙地油蒿叶片提高大气  $\text{CO}_2$  的吸收, 消耗更多的水来加速物质固定, 积累更多的干物质, 表现为生长旺盛, 这也从半固定沙地与固定沙地油蒿的净光合速率和蒸腾速率日变化得到印证, 半固定沙地油蒿日均净光合速率和蒸腾速率都要大于固定沙地。半固定沙地水分供给相对充足, 对其上生长的油蒿制约相对较小, 也是半固定沙地油蒿枝条水势大于固定沙地的原因, 进一步表明土壤水分对两种立地条件的油蒿水分生理因子的变化起主导作用, 是固定沙地与半固定沙地油蒿生长状况不同的主因。

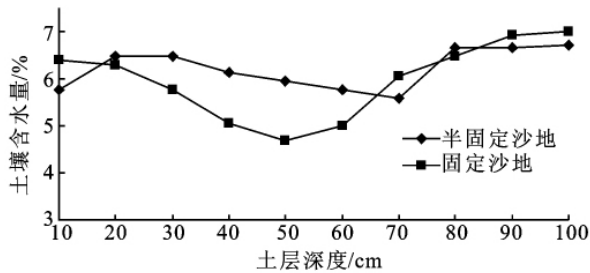


图 5 两种立地下油蒿 7 月土壤含水量

半固定沙地和固定沙地土壤水分的差异主要是因为两种立地土壤质地不同而引起,半固定沙地土壤含水量多大于固定沙地,特别是在 20~60 cm 的土壤中。半固定沙地和固定沙地土壤水分的差异主要是因为两种立地土壤质地不同而引起,半固定沙地土壤容重小于固定沙地(半固定沙地为  $1.55 \text{ g/cm}^3$ ,固定沙地为  $1.63 \text{ g/cm}^3$ )。小林达明<sup>[13]</sup>等在毛乌素沙地的研究发现,流动沙地的土壤质地较粗,矿质颗粒的粒径集中于  $105\sim 420 \mu\text{m}$ ;而在被油蒿群落固定的沙地上,土壤质地很细,粒径小于  $105 \mu\text{m}$  的矿质颗粒较多。半固定沙地地表植被稀疏,地表易受风蚀,沙土常有移动,因而,土层的质地和结构比较均匀且疏松,渗透性好。固定沙地的植被覆盖度一般比较大,地表也较为稳定,并且常有从空气中降落的尘土等细粒物质的积累。地表积累的细土与上述风沙土在性质上有较大的差异,表现在粉粒和黏粒的含量较高,结构较为密实,渗透性减小。这些直接影响土壤水分运动规律的因素显然会对土壤含水量有一定的影响,进而影响植物的生长。另外,沙地结皮影响了两种立地土壤含水量,在试验地的固定沙地有 2 mm 左右的结皮,而半固定沙地没有,沙地结皮减少了降水的入渗,据研究,流沙条件下渗透 10 cm 的沙层,需要 6.5 mm 降水,而要渗透相同厚度的结皮层至少需要 26 mm 降水<sup>[14]</sup>。通常 3~5 mm 的降水才可能渗透 1 mm 的生物结皮,对 3~5 mm 厚的生物结皮而言。固定沙地的结皮拦截了降水,加速了土壤水分的蒸发,使得其土壤含水量少于半固定沙地,导致油蒿根系层土壤水分匮乏,影响到油蒿的生活力,进而影响固定沙地油蒿的生长。

由此看来,油蒿的生长状况与土壤水分状况有密切关系,土壤水分可利用性差是油蒿衰退的一个重要因素<sup>[15]</sup>,改善油蒿的土壤水分状况能改善油蒿的生长状况,郭柯研究表明<sup>[1]</sup>适度放牧能破坏地表结

皮,能改善土壤导水特性,这些加强降水入渗和改善土壤特性能改善土壤的水分状况,从而改善油蒿的生长。

#### 参考文献:

- [1] 郭柯. 毛乌素沙地油蒿群落的循环演替[J]. 植物生态学报, 2000, 24(2): 243-247.
- [2] 向志民, 何敏. 蒿类半灌木牧草质量分析[J]. 草业科学, 2000, 17(1): 13-15, 20.
- [3] 杨洪晓, 张金屯, 吴波, 等. 油蒿对半干旱区沙地生境的适应及其生态作用[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2004, 40(5): 684-690.
- [4] 杨宝珍, 董学军, 高琼, 等. 油蒿的蒸腾作用及其群落的水分状况[J]. 植物生态学报, 1994, 18(2): 161-170.
- [5] 张国盛, 吴国玺, 王林和, 等. 毛乌素沙地臭柏和油蒿群落的细根分布特征[J]. 生态学报, 2009, 29(1): 18-27.
- [6] 王海涛, 何兴东, 高玉葆. 油蒿演替群落密度对土壤湿度和有机质空间异质性的响应[J]. 植物生态学报, 2007, 31(6): 1145-1153.
- [7] 龚吉蕊, 张立新, 赵爱芬, 等. 油蒿抗旱生理生化特性研究初报[J]. 中国沙漠, 2002, 22(4): 388-392.
- [8] 高素华, 郭建平. 毛乌素沙地优势种在高  $\text{CO}_2$  浓度条件下对土壤干旱胁迫的响应[J]. 水土保持学报, 2002, 16(6): 116-118.
- [9] 高清竹, 杨劼, 乌力吉, 等. 库布齐沙地油蒿光合作用特性与环境因子的关系[J]. 中国沙漠, 1999, 19(3): 276-279.
- [10] 张利平, 王新平, 刘立超, 等. 沙坡头主要建群植物油蒿和柠条的气体交换特征研究[J]. 生态学报, 1998, 18(2): 133-137.
- [11] 王庆锁, 董学军, 陈旭东, 等. 油蒿群落不同演替阶段某些群落特征的研究[J]. 植物生态学报, 1997, 21(6): 531-538.
- [12] 肖春旺, 周广胜, 赵景柱. 不同水分条件对毛乌素沙地油蒿幼苗生长和形态的影响[J]. 生态学报, 2001, 21(12): 2136-2140.
- [13] 小林达明, 李树青, 金常元, 等. 油蒿群落的结构和生境[C]//毛乌素沙地开发整治研究中心文集. 呼和浩特: 内蒙古大学出版社, 1992: 80-83.
- [14] 肖洪浪, 李新荣, 段争虎, 等. 流沙固定过程中土壤-植被系统演变对水环境的影响[J]. 土壤学报, 2003, 40(6): 809-814.
- [15] 于云江, 林庆功, 石庆辉, 等. 包兰铁路沙坡头段人工植被区生境与植被变化研究[J]. 生态学报, 2002, 22(3): 433-439.