

两种冰草属植物光合生理特性研究

闫伟红, 徐柱, 马玉宝, 李临杭

中国农业科学院草原研究所; 农业部草地资源与生态重点开放实验室, 呼和浩特 010010

摘要 采用 Li-6400 便携式光合测定系统, 测定旱作条件下引种栽培的两种冰草属植物光合生理特性。结果表明, 净光合速率 P_n 日变化均为双峰型, 第 1 峰值均出现在 10:00 左右, 第 2 峰值均出现在 16:00。在午后 14:00, 由于气孔限制因素所致, 出现了不同程度的光合“午休”现象, PAR 是引起“午休”的间接因素。蒸腾速率 Tr 和气孔导度 G_s 日变化均为双峰曲线, 峰值时间与净光合速率一致。胞间 CO_2 浓度 C_i 日变化近似 V 字形, 14:00 左右降至最低。两种植物叶片水压亏缺 VPD 变化趋势一致, 而水分利用效率 WUE 日变化相反。上述各光合生理参数日均值大小表现为蒙古冰草高于沙生冰草。环境因子 Ca 和 Ta 对蒙古冰草的 P_n 日变化影响较大; Ca 和 RH 对沙生冰草的 P_n 日变化影响较大, 同时对两种植物的 Tr 日变化影响也较大; 两种植物的 P_n 和 Tr 的主要生理影响因子是 G_s 和 VPD 。

关键词 蒙古冰草; 沙生冰草; 净光合速率; 蒸腾速率

中图分类号 Q945.79

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)04-0042-05

Photosynthetic Physiological Characteristics of Two Species of *Agropyron*

YAN Weihong, XU Zhu, MA Yubao, LI Linhang

Grassland Resource and Ecology Laboratory of Ministry of Agriculture; Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agriculture Science, Hohhot 010010, China

Abstract The photosynthetic physiological characteristics of two species of *Agropyron* introduced and cultivated under dry conditions were measured by Li-6400 portable photosynthesis system. The results show that the diurnal variations of net photosynthetic rates have double peaks, with the first peak at 10:00, and the second at 16:00, with "noon break" at 14:00 obviously because of constraints caused by stomata, and with PAR as an indirect factor; the diurnal variations of transpiration rate and stomata conductance also have double peak, with the same peak times as the net photosynthetic rate; the diurnal variation of intercellular CO_2 concentration is roughly in a V-shape, with the minimum at 14:00; the diurnal variations of leaf's water pressure deficit of two species are in the same trend, while the diurnal variations of water use efficiency are in the opposite trends; the averages of these photosynthetic physiological parameters of *Agropyron mongolicum* are higher than those of *Agropyron desertorum*. Ca and Ta have a greater effect on the diurnal dynamics of P_n of *A. mongolicum*, Ca and RH have a greater effect on the diurnal dynamics of P_n of *Agropyron desertorum*, while Ca and RH have a greater effect on the diurnal dynamics of Tr of two species, G_s and the VPD have a greater physiological effect on the diurnal dynamics of P_n and Tr of two species.

Keywords *Agropyron mongolicum*; *Agropyron desertorum*; net photosynthetic rate; transpiration rate

0 引言

蒙古冰草 (*Agropyron mongolicum*) 是禾本科冰草属多年生草本植物。该物种具有饲用、生态和遗传育种研究等重要

价值, 是国家二级珍稀濒危植物和急需保护的农作物野生近缘种^[1-2]。在早春时节为牛、羊、马等各类牲畜所喜食, 抽穗后适口性下降, 但当秋季再生草长出后, 适口性又再度回升。冬

收稿日期: 2009-12-14

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2007CB106806)

作者简介: 闫伟红, 博士研究生, 研究方向为牧草资源评价与利用, 电子信箱: yanweihong7037@yahoo.com.cn; 徐柱(通信作者, 中国科协所属全国学会个人会员登记号: S284700121S), 研究员, 研究方向为牧草资源评价与利用, 电子信箱: yxuzhu@yahoo.com

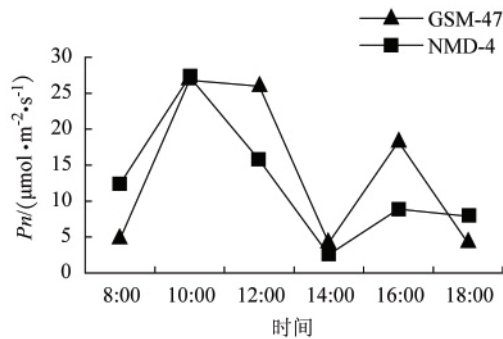
大气温度与空气相对湿度呈负相关($r=-0.541$)。光合有效辐射呈双峰变化,10:00 左右达到第 1 个峰值;12:00 左右,由于大气温度增幅较慢,光合有效辐射(PAR)稍有点下降,14:00 达到全天的最大值($3270.083\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$),然后呈下降的趋势,一天中变化幅度很大。空气中 CO_2 浓度早晨较高,10:00 左右最低,然后上升,到 14:00 达到最大值,之后略有回升。全天属于热晴朗天气。

2.2 光合作用特征参数日变化

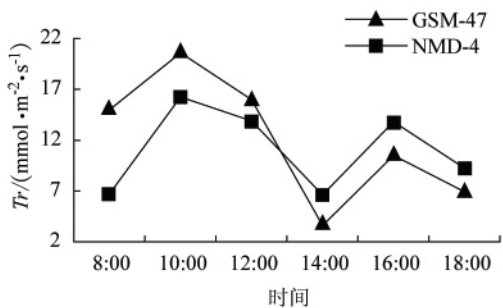
2.2.1 净光合速率与蒸腾速率日变化特征

蒙古冰草和沙生冰草的 P_n 日变化均呈“双峰”曲线,都出现了明显的光合“午休”现象(图 2(a))。第 1 峰值出现在 10:00 左右,峰值分别为 26.782 和 $27.319\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$;第 2 峰值出现在 16:00 左右,第 1 峰值均大于第 2 峰值,上午 P_n 高于下午。这可能是由于两种植物在自然环境条件下,由于过高的温度和光强,植物出于自身的保护功能而使气孔适度关闭,进入叶肉细胞的 CO_2 减少,致使其光合速率下降,这种气孔限制因素与观测到此时各植物的气孔导度最低是一致的^[8]。平均日净光合速率为蒙古冰草高于沙生冰草。

T_r 的日变化趋势(图 2(b))与 P_n 变化趋势一致,均呈“双峰”曲线。第 1 峰值出现在 10:00 左右,第 2 峰值出现在 16:00 左右,午后 14:00 时 T_r 最低。 T_r 与空气 CO_2 浓度呈显著正相



(a) 净光合速率日变化
(a) Daily dynamics of photosynthesis rate



(b) 蒸腾速率日变化
(b) Daily dynamics of transpiration rate

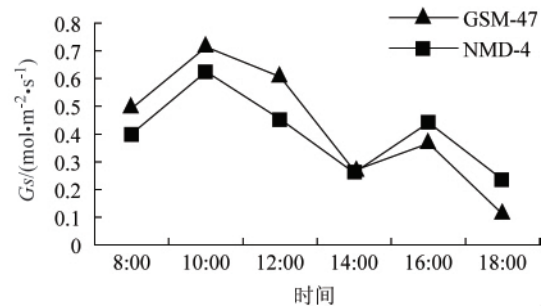
图 2 蒙古冰草和沙生冰草的净光合速率和蒸腾速率日变化
Fig. 2 Daily dynamics of photosynthesis rate and transpiration rate of *A. mongolicum* and *A. desertorum*

关。蒙古冰草平均日蒸腾速率大于沙生冰草。

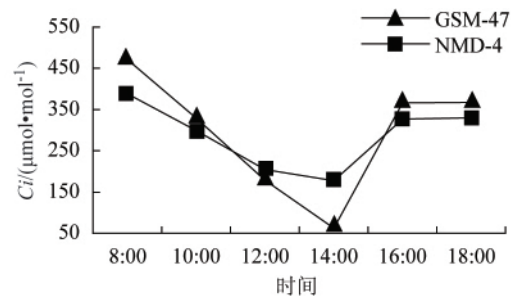
2.2.2 气孔导度与胞间 CO_2 浓度日变化

由图 3(a)可知,两种冰草属植物的 G_s 日变化均为“双峰”曲线。日出之后,PAR 的增加和 T_a 的升高使气孔导度迅速增大,10:00 左右达到最大值;之后,气温升高和湿度降低,使 G_s 迅速下降,14:00 时降到低谷,16:00 左右出现第 2 个峰值。 G_s 的日平均值大小依次为:蒙古冰草>沙生冰草。

两种冰草属植物的 C_i 变化趋势相似,见图 3(b),近似 V 字形,清晨最高,蒙古冰草和沙生冰草数值分别是 471.009 和 $388.092\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$;随着光合作用的进行, C_i 逐渐下降,14:00 左右达到低谷,分别是 62.722 和 $177.442\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$;之后逐渐回升,傍晚时达到平稳。 C_i 的日均值大小为:蒙古冰草>沙生冰草。



(a) 气孔导度日变化
(a) Diurnal variation of stomata conductance



(b) 胞间 CO_2 浓度日变化
(b) Diurnal variation of intercellular CO_2 concentration

图 3 蒙古冰草和沙生冰草的气孔导度和胞间 CO_2 浓度的日变化
Fig. 3 Diurnal variations of G_s and C_i of *A. mongolicum* and *A. desertorum*

2.2.3 叶片水压亏缺和水分利用效率的日变化

由图 4(a)可以看出 VPD 的日变化呈现同步趋势。8:00 时开始上升,10:00 时左右到达峰值,14:00 下降到全天最低值,之后慢慢回升。日平均 VPD 表现为蒙古冰草>沙生冰草。

WUE 是植物光合速率与蒸腾速率的比值,可以反映植物对逆境适应能力的强弱^[10]。从图 4(b)可以看出,蒙古冰草在中午水分利用效率比较大,而早晚比较小;沙生冰草在早晚水分利用效率比较大,而中午比较小。 WUE 日均值大小为:蒙古冰草>沙生冰草^[9-11]。

4 结论

1) 两种冰草属植物净光合速率日变化均为双峰曲线, 呈现出明显的“午休”现象, 光合“午休”的原因是气孔限制因素引起的, PAR 可能不是导致光合“午休”现象的直接因素。蒸腾速率和气孔导度日变化均为双峰型, 与净光合速率一致。胞间 CO_2 浓度日变化近似 V 字形, 变化趋势一致。水分利用效率日变化趋势相反。上述各光合生理参数日均值均为蒙古冰草 > 沙生冰草。

2) 对蒙古冰草净光合速率日变化影响较大的环境因子是空气 CO_2 浓度和大气温度, 对沙生冰草净光合速率日变化影响较大的环境因子是空气 CO_2 浓度和空气相对湿度; 蒸腾速率日变化影响较大的环境因子是空气 CO_2 浓度和空气相对湿度; 光合有效辐射对净光合速率和蒸腾速率的影响也较大。两种冰草属植物的净光合速率和蒸腾速率的主要自身影响因子是气孔导度和叶片水压亏缺。

参考文献 (References)

- [1] 郑殿升. 中国农业生物多样性保护与可持续利用现状调研报告[M]. 北京: 气象出版社, 2000.
Zheng Diansheng. Investigation report on agricultural biodiversity conservation and sustainable use in China [M]. Beijing: Meteorological Press, 2000.
- [2] 赵彦, 云锦凤, 石凤敏, 等. 蒙古冰草 Actin 基因片段的克隆及序列分析[J]. 生物技术通报, 2009(7): 86-89.
Zhao Yan, Yun Jinfeng, Shi Fengmin, et al. *Biotechnology Bulletin*, 2009 (7): 86-89.
- [3] 李立会, 董玉琛. 冰草属研究进展[J]. 遗传, 1993, 15(1): 45-48.
Li Lihui, Dong Yuchen. *Hereditas*, 1993, 15(1): 45-48.
- [4] 张众, 师文贵, 逯晓萍. 蒙古冰草研究概况 [J]. 草业科学, 2004 (增): 459-465.
Zhang Zhong, Shi Wengui, Lu Xiaoping. *Pratacultural Science*, 2004 (Suppl): 459-465.
- [5] 解继红, 云锦凤, 杨斌, 等. 2,4-D 和 BAP 对蒙古冰草幼胚愈伤组织诱导及生长的影响[J]. 中国草地学报, 2006, 28(2): 44-47.

- Xie Jihong, Yun Jinfeng, Yang Bin, et al. *Chinese Journal of Grassland*, 2006, 28(2): 44-47.
- [6] 解新明, 卢小良, 云锦凤. 蒙古冰草种质源的遗传变异[J]. 华北农业大学学报, 2004, 25(增): 68-72.
Xie Xinming, Lu Xiaoliang, Yun Jinfeng. *Journal of South China Agricultural University*, 2004, 25(Suppl): 68-72.
- [7] 殷国梅, 刘德福. 沙生冰草分蘖特性的初探[J]. 中国草地, 2004, 26(3): 75-77.
Yin Guomei, Liu Defu. *Grassland of China*, 2004, 26(3): 75-77.
- [8] 刘奇峰, 梁宗锁, 蔡靖, 等. 4 种药用植物光合特性的研究[J]. 西北林学院学报, 2007, 22(6): 10-13.
Liu Qifeng, Liang Zongsuo, Cai Jing, et al. *Journal of Northwest Forestry University*, 2007, 22(6): 10-13.
- [9] 孔蓓蓓, 刘超, 尹伟伦, 等. 沙柳、黄柳和杞柳光合作用的日变化[J]. 河南科技大学学报: 自然科学版, 2009, 30(3): 79-83.
Kong Beibei, Liu Chao, Yin Weilun, et al. *Journal of Henan University of Science and Technology: Natural Science Edition*, 2009, 30(3): 79-83.
- [10] 刘金祥, 麦嘉玲. CO_2 浓度增强对沿阶草光合特性的影响 [J]. 中国草地, 2004, 26(3): 13-18.
Liu Jinxiang, Mai Jialing. *Grassland of China*, 2004, 26(3): 13-18.
- [11] 宋庆安, 董方平, 易霏琴, 等. 刺槐光合生理生态特性日变化研究[J]. 林业科学, 2008, 24(9): 156-160.
Song Qingan, Tong Fangping, Yi Aiqin, et al. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2008, 24(9): 156-160.
- [12] Berry J A, Downton W J S. Photosynthesis. Development, carbon metabolism and plant productivity, Vol. II [M]. New York: Academic Press, 1982: 263.
- [13] 宋建民, 田纪春, 赵世杰, 等. 中午强光胁迫下高蛋白小麦旗叶的光合特性[J]. 植物生理学报, 1999, 25(3): 209-213.
Song Jianmin, Tian Jichun, Zhao Shijie, et al. *Journal of Plant Physiology*, 1999, 25(3): 209-213.
- [14] 陈建华, 毛丹, 朱凡, 等. 9 个笋用竹种的光合特性 [J]. 中南林业科技大学学报, 2008, 28(6): 9-13, 39.
Chen Jianhua, Mao Dan, Zhu Fan, et al. *Journal of Central South University of Forestry & Technology*, 2008, 28(6): 9-13, 39.

(责任编辑 李慧政)

·学术动态·

“2010年射电天文前沿与 技术研讨会”征文

中国电子学会射电天文分会、中国天文学会射电天文专业委员会和中国科学院射电天文重点实验室将于 2010 年 5 月下旬在贵州省贵阳市联合举办“2010 年射电天文前沿与技术研讨会”。

会议议题如下: 射电天文前沿和进展; 射电天文设备和技术; 信号处理和分析; FAST 等大型射电望远镜科技专题。

联系电话: 86-10-64888733

电子信箱: CRAT2010@gmail.com

