

两耳草在西双版纳雾凉季的光合、 蒸腾和光能、水分利用效率研究*

蹇洪英, 邹寿青

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 勐腊 666303)

摘要: 用 CID-301CO₂ 气体分析仪测定两耳草在西双版纳雾凉季的净光合速率 P_n 及相关因子, 并计算水分利用效率(WUE)和光能利用效率(LUE)。结果表明, 净光合速率和蒸腾速率的日变化是在 PAR 的影响下许多因子共同作用的结果, 两者都呈单峰型; 光能利用效率和水分利用效率的变化趋势一致, 13:30 前最高, 此后有所下降, 但仍维持较高水平。水分充足是两耳草在雾凉季保持旺盛生命力的根本原因, 干热季适当浇灌是保证草坪质量和延长其绿期的必要措施。

关键词: 两耳草; 雾凉季; 净光合速率; 蒸腾速率; 水分利用效率; 光能利用效率

中图分类号: Q945 文献标识码: A 文章编号: 1000-6311(2002)01-0008-05

The Diurnal Pattern of Net Photosynthesis, Transpiration, Light Use Efficiency and Water Use Efficiency of *Paspalum conjugatum* in Mist cool Season of Xishuangbanna. JIAN Hong-ying, ZOU Shou-qing (Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences): *Grassland of China*, No. 1, 2002, pp. 8~12.

Abstract: The net photosynthesis (P_n) and other related factors of *Paspalum conjugatum* with CID-301CO₂ gas analyzer in mist-cool season of Xishuangbanna were measured and light use efficiency (LUE) by P_n/PAR and water use efficiency (WUE) by P_n/Tr, were gotten. The results showed that the diurnal changes of P_n and Tr, both with a one-peak pattern, were highly related to PAR and other factors. LUE and WUE were highest at 13:30 and then went down but still with a high level. The results also indicated that abundant water was the primary factor that keeps the *P. conjugatum* turf green and it is essential to water the turf in the dry-hot season of Xishuangbanna.

Key words: *Paspalum conjugatum*; Mist-cool season; Net photosynthesis (P_n); Transpiration (Tr); Water use efficiency (WUE); Light use efficiency (LUE)

* 硕士研究生毕业论文部分内容

收稿日期: 2001-03-11; 修订日期: 2001-08-21

作者简介: 蹇洪英(1976-), 女, 重庆长寿县人, 1999年7月毕业于西南林学院, 获农学学士学位, 现为中国科学院西双版纳热带植物园园林生态方向硕士研究生。

两耳草 (*Paspalum conjugatum* Berg.) 是一种典型的暖季型草坪草, 在我国华南及云南的低海拔地区很常见, 它繁殖容易, 蔓延快, 喜荫湿, 成坪性好, 是一种优良的建坪草种^[1,2]。在西双版纳, 两耳草的绿期为 300d 左右, 其枯黄的时间在每年的“干热季”, 即 2~4 月。一般来说, 暖季型草坪草生长的限制因子是温度, 西双版纳的低温出现在每年 11 月到翌年的 1 月, 即所谓的“雾凉季”, 但在该时节两耳草却保持着旺盛的生命力。本文旨在通过对两耳草在西双版纳雾凉季的光合、蒸腾、光能和水分利用效率日进程的研究, 探求两耳草在雾凉季和干热季的不同表现的可能原因, 为暖季型草坪草在热带地区的管理提供参考。

1 研究的材料与方法

1.1 研究背景

西双版纳的“雾凉季”是指每年的 11 月至翌年的 1 月, 此时节的月平均降雨量为 35.4mm, 但由于云雾的影响, 其空气湿度为 88%, 早晚温度低, 临近中午云雾散后气温迅速升高。“干热季”是指每年的 2~4 月, 此时节的月平均降雨量仅为 43.5mm, 天气晴朗, 空气湿度为 78.6%, 白天温度最高可达 40.5°(4 月)^[3], 常有许多植物出现落叶, 大多数禾本科草坪草出现枯黄。

1.2 供试材料

供试的两耳草草坪位于中科院西双版纳热带植物园园内, 种植年限在 5 年以上, 实验地点无遮荫和干扰。

1.3 研究方法

2000 年 11 月 28 日, 随机选取 3 株两耳草的健康叶片各 1, 用 CID-301CO₂ 气体分析仪的开放系统从 8:00~18:00 每隔 1h 进行一次活体测量, 测量的参数有: 净光合速率 P_n、蒸腾速率 T_r、光合有效辐射 PAR、气温 T_a、空气相对湿度 Rh、空气 CO₂ 浓度 C_a、气

孔导度 G_s 等, 最后以 3 片叶子的平均值为每次测量的结果。

水分利用效率:

$$WUE = \text{净光合速率 } P_n / \text{蒸腾速率 } T_r^{[4]}$$

光能利用效率:

$$LUE = \text{净光合速率 } P_n / \text{光合有效辐射 } PAR^{[5]}$$

2 结果

2.1 两耳草的净光合速率 P_n 的日进程

两耳草的净光合速率在雾凉季呈“单峰型”变化, 无“午休”现象。一天中, 从开始进行光合作用到 10:30 这段时间内 P_n 持续上升, 由 8:30 的 4.51μmolm⁻²s⁻¹ 达到 10:30 的 10.85μmolm⁻²s⁻¹, 后产生突跃至 11:30 的 17.54μmolm⁻²s⁻¹, 13:30 达到全天的最高值 19.45μmolm⁻²s⁻¹, 之后虽然逐渐下降, 但 15:30 时 P_n 仍达 15.19μmolm⁻²s⁻¹ (图 1), 此后由于 PAR 大幅度下降 (图 2), P_n 也迅速下降, 16:30 当 PAR 为 441.8μmolm⁻²s⁻¹ 时, P_n 降为 9.94μmolm⁻²s⁻¹, 约在 17:30 时降为 0, 到 18:00 已为负值。

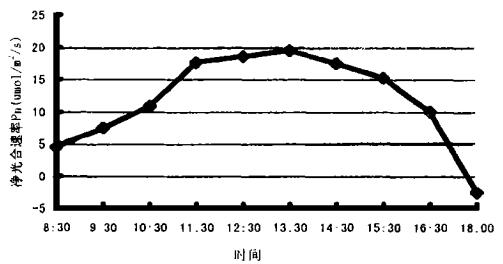


图 1 两耳草的净光合速率日变化

Fig. 1 Diurnal pattern of P_n of *Paspalum conjugatum*

2.2 两耳草蒸腾速率 T_r 的日进程

两耳草的蒸腾速率 T_r 的日变化趋势与 P_n 大致相同, 也呈单峰型 (图 3), 最大值出现在 13:30, 8:30 仅为 0.35mmolm⁻²s⁻¹, 18:00 仅为 0.27mmolm⁻²s⁻¹, 在此过程中最

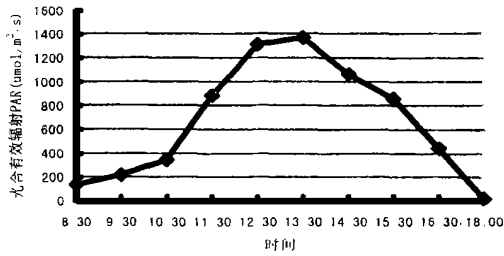


图 2 两耳草的光合有效辐射日变化

Fig. 2 Diurnal pattern of PAR of *Paspalum conjugatum*

明显的突增出现在 10:30~11:30, 由 10:30 的 $1.54 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 增为 11:30 的 $3.92 \text{ mmol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$; 13:30 后 T_r 开始下降, 可能是所测得的瞬时 PAR、空气温度 T_a 开始下降而空气相对湿度 Rh 略有升高所致(图 2、图 4、图 5)。

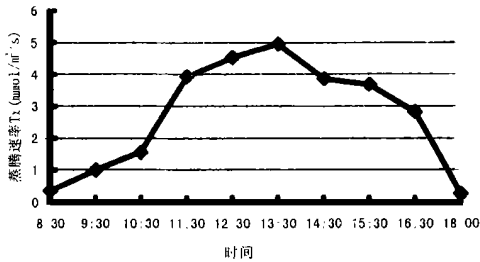


图 3 两耳草的蒸腾速率日变化

Fig. 3 Diurnal pattern of Pn of *Paspalum conjugatum*

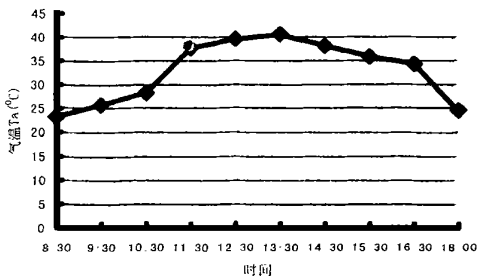


图 4 两耳草的气温日变化

Fig. 4 Diurnal pattern of T_a of *Paspalum conjugatum*

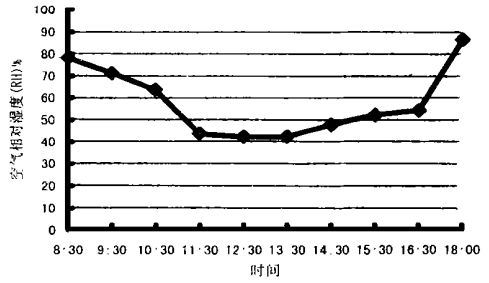


图 5 两耳草的空气相对湿度日变化

Fig. 5 Diurnal pattern of Rh of *Paspalum conjugatum*

2.3 两耳草水分利用效率(WUE)和光能利用效率(LUE)的日变化

两耳草的水分利用效率 WUE 在早上 8:30~10:30 之间虽呈下降趋势, 但仍维持着较高的水平, 由 $12.89 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 下降到 $7.05 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 。但在 10:30~13:30 下降很快, 由 $7.05 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$ 降到 $3.94 \mu\text{molCO}_2 \cdot \text{mmol}^{-1} \text{H}_2\text{O}$, 此后升降变化不大, 到 16:40 后 WUE 才又开始大幅度下降(图 6)。

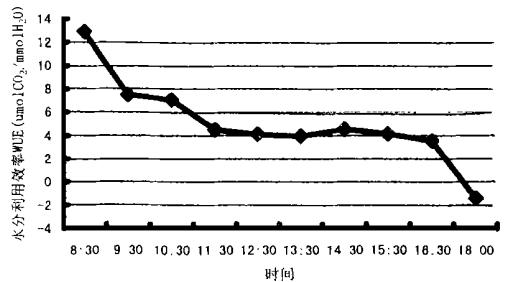


图 6 两耳草的水分利用效率日变化

Fig. 6 Diurnal pattern of WUE of *Paspalum conjugatum*

光能利用效率 LUE 在 8:30 到 10:30 之间升降不大, 一直维持在大约 $0.03 \mu\text{molCO}_2 \cdot \mu\text{mol}^{-1} \text{proton}$ 的较高水平, 之后快速下降为 12:30 的 $0.014 \mu\text{molCO}_2 \cdot \mu\text{mol}^{-1} \text{proton}$ 左右, 以后其升降一直很小, 15:30~16:30 间 LUE 略有上升后持续下降, 其整体变化趋势

与 WUE 的日进程相似(图 7)。

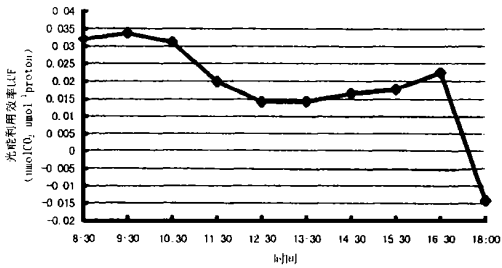


图 7 两耳草的光能利用效率日变化

Fig. 7 Diurnal pattern of LUE of *Paspalum conjugatum*

3 讨论

两耳草的净光合速率 P_n 的日变化呈单峰型,无“午休”现象,并且当 PAR 在 13 30 达 $1369.8 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 时, P_n 的值达到全天最高,并未下降且略有回升,这说明两耳草对光的生态型不仅如一般的文献介绍所说具有耐阴性外,还能忍耐暂时的强光。同时,两耳草的热带起源性^[1,2]也在一定程度上说明这一点。但是,要作出严谨的判断,还需要从其叶绿素的组成及含量(如 Chl a/Chl b 之值、光饱和点和补偿点、气孔的行为等)的准确观测来得以证明。

两耳草的蒸腾速率 T_r 的日进程与光合有效辐射 PAR 的日变化趋势一致(图 3 图 2),说明 T_r 在雾凉季的主要影响因子是 PAR 的日进程。在西双版纳的雾凉季,上午由于云和雾的影响,太阳光多为散射,PAR 值较低,随着云雾的消散 PAR 逐渐上升,一般至少到 11:00 才能直射大地,空气相对湿度也逐渐降低,气温升高,故在 10 30 前 T_r 呈缓慢上升趋势;10 30~16 30 间 T_r 的较高水平与 P_n 的较高水平一致,此后 T_r 明显下降的时候也正是 PAR 开始下降之时,由于光线不足, P_n 大幅度下降,但两耳草开始积蓄 CO_2 ,使 Ci 开始升高(图 8),说明此时气孔的主要作用不是控制水分的出入,而更多

的是最大限度地与固有的光合潜力相协调^[6]。

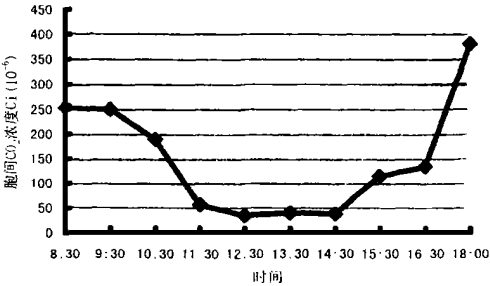


图 8 两耳草的胞间 CO_2 浓度日变化

Fig. 8 Diurnal pattern of Ci of *Paspalum conjugatum*

水分利用效率 WUE 是植物消耗单位重量的水分所固定的 CO_2 的重量,表示植物对水分的利用水平,所以净光合速率/蒸腾速率的比值在任何环境和任何水资源不丰富的条件下对植物的初级生产力非常关键,当植物的供水出现紧张和叶温越来越高时显得尤其重要^[6]。两耳草的水分利用效率在雾凉季的上午一直维持较高的水平,但呈下降趋势,因为此时 R_h 较大、 T_a 较低,虽然此时 P_n 也不高,但逐渐增大;而 T_r 较小,但其上升的趋势大于 P_n 的上升趋势。之后的规律性不大,可能是由于各种环境因素的变化在 PAR 的强烈影响下,彼此间相互作用使二者的比值的变化趋势很复杂。

光能利用效率 LUE 反映了植物对不同光强的利用能力^[5],在早上随着光照的增强和气温的升高,刺激气孔的开放,气孔导度很快从 8 30 的全天最低值突跃至全天最高值(图 9),引起光合和蒸腾的迅速上升,故此时的 LUE 维持着全天的最高水平。此后由于太阳辐射的进一步增强,使气温和空气相对湿度突降,气孔导度略有下降,虽然植物用增大蒸腾速率(在未达到水分亏损前)使净光合速率维持较高水平,但对于很高的光合有效辐射来说,

LUE 还是有所下降。另外, 16:30 时 LUE 有回升的迹象, 这可能是由于瞬时测得的 PAR 下降明显而 P_n 的下降幅度有所滞后所致。

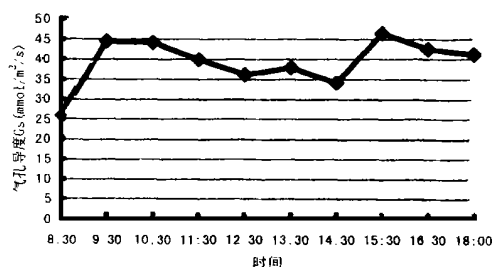


图 9 两耳草的气孔导度日变化

Fig. 9 Diurnal pattern of G_s of *Paspalum conjugatum*

从以上分析可以看出, 两耳草的光合、蒸腾、光能和水分利用效率的日变化主要是在 PAR 的间接影响下导致其它因子共同作用的结果, 同时由于雾凉季的上午基本少见太阳直射, PAR 较小, 各种环境因子均未达到极限, 特别是雨季刚过, 土壤含水量还较大, 使两耳草的生长得以正常进行; 而在西双版纳的干热季, 太阳整天直射, PAR 较高, Rh 较低, 蒸腾速率 T_r 大幅度增加, 土壤也很干

燥, 可能引起两耳草的水分亏缺, 使气孔关闭成为阻碍其进行光合作用的限制因子, 从而引起两耳草在干热季的枯黄, 减少了全年的绿期。因此, 在西双版纳的干热季, 要保持两耳草等暖季型草坪草的良好品质, 延长全年的绿期, 适当的浇灌是必要的。

参考文献:

- [1] 孙吉雄. 草坪学[M]. 第 1 版. 北京: 中国农业出版社, 1995, 68~ 69.
- [2] 韩烈保, 杨砧, 邓菊芬. 草坪草种及其品种[M]. 第 1 版. 北京: 中国林业出版社, 1999, 179~ 180.
- [3] 龚德能, 王健浩. 西双版纳自然保护区气候考察报告 [A]. 徐永椿, 姜汉桥, 全复. 西双版纳自然保护区综合考察报告集 [C]. 第 1 版. 昆明: 云南科技出版社, 1987, 44~ 57.
- [4] 陶汉之, 李展, 孟彩萍, 程荣英, 程备久, 张玉琼, 方一平, 张玉屏. 对生叶玉米叶面积分布、蒸腾和水分利用效率的研究[J]. 作物学报, 2000, 26(1): 65~ 70.
- [5] 崔骁勇, 杜占池, 王艳芬. 内蒙古半干旱草原区沙地植物群落光合特征的动态研究[J]. 植物生态学报, 2000, 24(5): 541~ 546.
- [6] 赵平, 曾小平, 彭少麟, 孙谷畴. 海南红豆 (*Ormosia pinnata*) 夏季叶片气体交换、气孔导度和水分利用效率的日变化[J]. 热带亚热带植物学报, 2000, 8(1): 35~ 42.

《中国草地饲用植物染色体研究》出版发行

由中国农业科学院草原研究所阎贵兴研究员主编的《中国草地饲用植物染色体研究》一书, 2001 年 12 月已由内蒙古人民出版社出版发行。该书以我国北方草原为重点, 比较全面地记述了 20 世纪我国科技人员在饲用植物染色体研究方面取得的成果, 是目前我国第一部比较系统地研究中国草地饲用植物染色体的专著。全书分四章, 第一章概述了植物染色体研究历史、研究方法、科学价值和已经取得的某些重大科研成果; 第二章扼要介绍了我国草地上 20 种 91 属 254 种饲用植物的染色体数目、生境和地理分布; 第三章以列表的形式介绍了 8 科 37 属 172 种饲用植物的核型特征和分析结果; 第四章以内蒙古草原为代表, 比较详细地研究了我国中温带草原重要野生饲用植物中二倍体和多倍体植物的频率及自然分布规律。书末还附有 112 幅植物染色体照片。该书提供的有关植物染色体资料, 可供从事植物学、植物遗传育种学、植物生态学、植物地理学、生物技术和草地科学等科研与教学人员参考。16 开本, 20 万字, 每册定价 36 元, 欲订阅本书的单位和个人请与作者直接联系。

地址: 内蒙古呼和浩特市乌兰察布东路 120 号 中国农业科学院草原研究所

邮编: 010010; 电话: (0471) 4902961