

旱田几种禾本科杂草结实期光合特性的研究

包和平¹, 王晓波¹, 陈光²

(1 吉林农业大学 农学院, 吉林 长春 130118; 2 吉林农业大学 生物技术学院, 吉林 长春 130118)

摘要:通过对稗草 *Echinochloa colonum*、虎尾草 *Chloris virgata*、金狗尾草 *Setaria glauca*、马唐 *Digitaria sanguinalis* 等4种禾本科杂草结实期的光合作用指标及微气象条件的测定分析, 得出其在光能利用和水分利用上的差异. 4种杂草的净光合速率日变化均呈现出双峰曲线, 第1个高峰都出现在10:00; 第2个高峰除稗草出现在13:00外, 其他3种杂草均出现在15:00. 稗草的净光合速率受微气象条件的影响最小, 其峰值最高, 上午最高时的净光合速率比虎尾草、马唐、金狗尾草分别高16.6%、41.3%、53.4%; 虎尾草下午的净光合速率最高, 受温光的影响最大, 下午最高时光合速率分别比马唐、金狗尾草、稗草高31.8%、9.8%和31.2%. 在水分利用上, 稗草的水分利用效率最高.

关键词: 稗草; 虎尾草; 金狗尾草; 马唐; 结实期; 光合特性

中图分类号: S451.01

文献标识码: A

文章编号: 1001-411X(2007)01-0082-04

Photosynthetic Characteristics of Several Gramineous Weeds During Fructification Period in Dry Farmland

BAO He-ping¹, WANG Xiao-bo¹, CHEN Guang²

(1 College of Agronomy, Jilin Agric. Univ., Changchun 130118, China;

2 College of Biotechnology, Jilin Agric. Univ., Changchun 130118, China)

Abstract: Photosynthetic indexes and micrometeorologic conditions of four weed species *Echinochloa colonum* (L.) Link, *Chloris virgata* Swartz, *Setaria glauca* (L.) Beauv., *Digitaria sanguinalis* (Linn) Scop. were detected during their fructification period. The differences of photic utilization and water utilization were concluded respectively. The daily change of net photosynthetic rate (Pn) of four weed species followed double apex curve. The first apex all appeared at 10:00, and the second one emerged at 15:00 except *Echinochloa colonum* whose apex all appeared at 13:00. The Pn of *Echinochloa colonum* whose apex value is the highest had the weakest influence of micrometeorologic conditions. The highest Pn of *Echinochloa colonum* exceeded *Chloris virgata*, *Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca* 16.6%, 41.3%, 53.4% respectively during morning. However *Chloris virgata* whose Pn was the highest in the afternoon was extremely influenced by temperature and light. The highest Pn of *Chloris virgata* exceeded *Digitaria sanguinalis*, *Setaria glauca*, *Echinochloa colonum*, 31.8%, 9.8%, 31.2% respectively during afternoon. *Echinochloa colonum* had the highest water utilization efficiency.

Key words: *Echinochloa colonum*; *Chloris virgata*; *Setaria glauca*; *Digitaria sanguinalis*; fructification period; photosynthetic characteristics

金狗尾草 *Setaria glauca* (L.) Beauv.、虎尾草 Link、马唐 *Digitaria sanguinalis* (Linn.) Scop. 为 C₄ *Chloris virgata* Swartz、稗草 *Echinochloa colonum* (L.) 植物^[1-2], 均为一年生禾本科杂草. 多生于耕地、田

收稿日期: 2006-03-02

作者简介: 包和平 (1964—), 男, 副教授, 博士研究生; 通讯作者: 王晓波 (1965—), 女, 副教授, 博士, E-mail: wangxb@mail.neigae.ac.cn

基金项目: 中国科学院知识创新工程重大项目 (KZCX-SW-19)

边、路旁和村屯,分布于全球温带和热带,是危害旱田作物玉米、大豆、高粱等的主要杂草。其繁殖力强、生长快、强烈地消耗地力和遮光,严重抑制作物生长,造成产量降低,其种子混入谷物中不易清除,大大降低作物品质。同时这些杂草又是多种害虫和病原菌的寄主,能诱发多种病害和虫害。种子撒落田间,造成第2年草荒,是旱田中很难清除的恶性杂草。许多研究表明植物间的光合作用存在较大的差异^[3-5],有关旱田的主要禾本科杂草金狗尾草、虎尾草、稗草、马唐的光合特性比较鲜见报道。本文试图从光合作用方面探讨4种禾本科杂草在光能利用上的差异,以此揭示4种禾本科杂草的光合特性、蒸腾特性及水分利用效率,为田间杂草的防除提供理论依据。

1 研究地区的自然概况

本试验于2004年7月30日在吉林农业大学试验基地进行。该地位于吉林省中部地区的长春市净月潭附近。地理位置是北纬43°53',东经125°13'。春季干燥,夏季温热多雨,秋季少雨凉爽。生育期间日照辐射量230.27~251.21 kJ/cm²,日照时数900~1400 h,生育期间年平均降水量为650 mm。全年平均温度2~6℃,7月份为最热月份,平均温度24℃。

2 材料与方法

在同一地块选取有代表性的结实期金狗尾草、虎尾草、稗草、马唐各5株,每株均测定穗位叶,每叶片选不同点测定3次。用Li-6400P型便携式光合测定系统,从8:00—18:00,每个整点测定净光合速率(Pn)、气孔导度(Gs)、胞间CO₂浓度(Ci)、光量子通量密度(光照强度,PAR)、蒸腾速率(Tr)、叶面饱和水气压亏损(Vpdl)等指标。其中水分利用效率是由公式:水分利用效率(WUE)=Pn/Tr计算得出,单位:μmol·mmol⁻¹[6-7]。测量过程中大气的温度是(28.9±2.25)℃;大气湿度是(14.83±2.53)%。测定时的光量子通量密度依次是835、1568、1623、1668、1561、1364、1186、1006、508、25 μmol·m⁻²·s⁻¹(9:00未测定)。

3 结果与分析

3.1 净光合速率(Pn)日变化

4种杂草的Pn均为双峰曲线,达到峰值的时间及光合午休时间有所不同。其中,虎尾草、金狗尾草及马唐的2个峰值为10:00和15:00,14:00虎尾草及马唐Pn降低到谷,而11:00金狗尾草的Pn就降

到低谷;稗草的2个峰值出现在10:00和13:00,12:00出现“光合午休”现象。8:00后随着光照强度的增强,4种杂草的Pn迅速升高,达到第1个峰值时,稗草的Pn最高为24.7 μmol·m⁻²·s⁻¹,分别比虎尾草、马唐、金狗尾草高出16.6%、41.3%和53.4%。第2个高峰Pn最高的是虎尾草为17.3 μmol·m⁻²·s⁻¹,分别比金狗尾草、马唐、稗草高9.8%、31.8%和31.2%。表明稗草上午的光合作用最强,最大Pn持续的时间长,午后Pn下降较快,尤其是15:00后光合作用明显低于其他3种杂草;虎尾草下午的Pn最高,光合午休时也能保持较平稳的Pn,说明其光饱和点较高,高于其他3种杂草;马唐的光合作用总体上比较平稳;金狗尾草午后的光合作用较强(图1a)。

3.2 气孔导度(Gs)日变化

4种杂草的Gs日变化的表现是:8:00以后随光照强度的逐渐增强,4种杂草的Gs缓慢增强,表明植物需要较多的胞间CO₂来满足其光合作用。11:00后随光照强度的进一步提高,Gs呈现下降趋势,此反应是为了防止植物体内水分过分蒸发。

图1b表明稗草的Gs日变化幅度较大,10:00—18:00的Gs相差0.161 mol·m⁻²·s⁻¹,在8:00—11:00明显高于其他3种杂草。虎尾草、马唐的Gs变化相对平稳,金狗尾草则有2个Gs较高的时段,分别在8:00—10:00、13:00—15:00。

Gs的大小受光照强度和温度的影响较大,且4种杂草的表现不同。虎尾草的Gs与叶温的相关系数(0.448)大于与光照强度的相关系数(0.178);马唐的Gs与叶温的相关系数为0.054,与光照强度的相关系数为-0.136;金狗尾草的Gs与叶温的相关系数为-0.056,与光照强度的相关系数为-0.287;稗草的Gs与叶温的相关系数为-0.040,与光照强度的相关系数为0.031。

3.3 胞间CO₂浓度(Ci)日变化

图1c表明金狗尾草和马唐的Ci分别在11:00、12:00有各自较为明显的峰值。在11:00,金狗尾草的Ci比虎尾草高93.7%,比马唐高88%,比稗草高78.2%。在12:00,马唐的Ci比稗草高93.3%,比虎尾草高90.6%,比金狗尾草高79.4%。虎尾草、稗草的Ci变化较为平稳。

4种杂草的Ci与叶温的相关系数依次为马唐-0.700*,稗草-0.487,虎尾草-0.335,金狗尾草-0.085($R_{0.01}=0.732$, $R_{0.05}=0.602$);Ci与光照强度的相关系数依次为马唐-0.516,金狗尾草-0.269,虎尾草-0.149,稗草-0.137。说明马唐的Ci受温度和光照的影响最大,影响最小的是金狗尾

草.随着光照强度的增加、温度的升高, P_n 迅速提高, CO_2 消耗量大,导致 C_i 减少.

3.4 蒸腾速率(Tr)日变化

从4种杂草的 Tr 日变化来看,总的趋势是随光照强度的增强, Tr 逐渐增大,当光照强度超过一定值时随光照强度的减小 Tr 迅速下降.虎尾草、马唐的 Tr 最高值出现在10:00,稗草出现在11:00,金狗尾草出现在15:00(图1d).

虎尾草、马唐、金狗尾草、稗草的 G_s 与 Tr 的相关系数分别为0.906**、0.889**、0.951**、0.904**.由此可见,金狗尾草的 G_s 和 Tr 关系最密切,而马唐的 G_s 和 Tr 的相关性最低.除 G_s 对 Tr 有明显的影响外,环境的温度变化对 Tr 也有影响.4种杂草的 Tr 与叶温均呈正相关,其相关系数依次为虎尾草0.766**,马唐0.435,稗草0.335,金狗尾草0.183;说明虎尾草的 Tr 受温度的影响最大,这与虎尾草的 G_s 与叶温和光照强度的相关性最大相一致.4种杂草的 Tr 与 G_s 的相关系数大于 Tr 与叶温的.

4种杂草的 Tr 与光照强度的相关系数依次为虎尾草0.433,稗草0.313,马唐0.173,金狗尾草-0.137,其中金狗尾草的 Tr 与光照强度呈负相关,这与金狗尾草的 G_s 与光照强度呈负相关相一致;其他3种杂草的 Tr 与光照强度均呈正相关.

3.5 叶面饱和和水气压亏损(V_{pdl})日变化

V_{pdl} 是水蒸气从叶片蒸散到空气的动力.在初始阶段随着光照强度的增加, P_n 提高,使 C_i 迅速减

少,促使 G_s 增大以增加 CO_2 的进入量,而 G_s 增大又使得通过气孔散失的水分增加,即 C_i 减少, G_s 增大, Tr 逐渐增大,叶面附近水蒸气压升高,导致 V_{pdl} 的增大;当光照强度达到一定值时, G_s 变小, Tr 下降,导致 V_{pdl} 降低,出现低谷;12:00随着最大光照强度的离去, G_s 开始增大, Tr 逐渐升高, V_{pdl} 又出现了第2个高峰.4种杂草的 V_{pdl} 变化曲线均为双峰曲线,与 Tr 曲线相一致,除稗草的第1个高峰出现在14:00外,其余杂草的第1个高峰均出现在11:00,金狗尾草、虎尾草、马唐的第2个高峰出现在14:00,而稗草的第2个高峰出现在16:00.稗草的 V_{pdl} 的2个高峰之间差值较大,为0.62 MPa.总体来说除稗草外,其他3种杂草表现出一致的 V_{pdl} 日变化(图1e).

4种杂草的 V_{pdl} 与叶温均呈正相关,其相关系数依次为虎尾草0.981**,金狗尾草0.918**,稗草0.827**,马唐0.660*.4种杂草的 V_{pdl} 与光照强度也呈正相关,其相关系数依次为虎尾草0.696*,金狗尾草0.642*,稗草0.587,马唐0.407.上述结果说明:温度对 V_{pdl} 的正效应大于光照强度对 V_{pdl} 的正效应,而且虎尾草的 V_{pdl} 受温度和光照强度的影响最大.

3.6 水分利用率(WUE)日变化

WUE 由 P_n 和 Tr 决定,光照强度增加的初期阶段,植物叶片 P_n 的增幅大于 Tr 的增幅,因此4种杂草的 WUE 随光照强度的增强而呈上升趋势,在

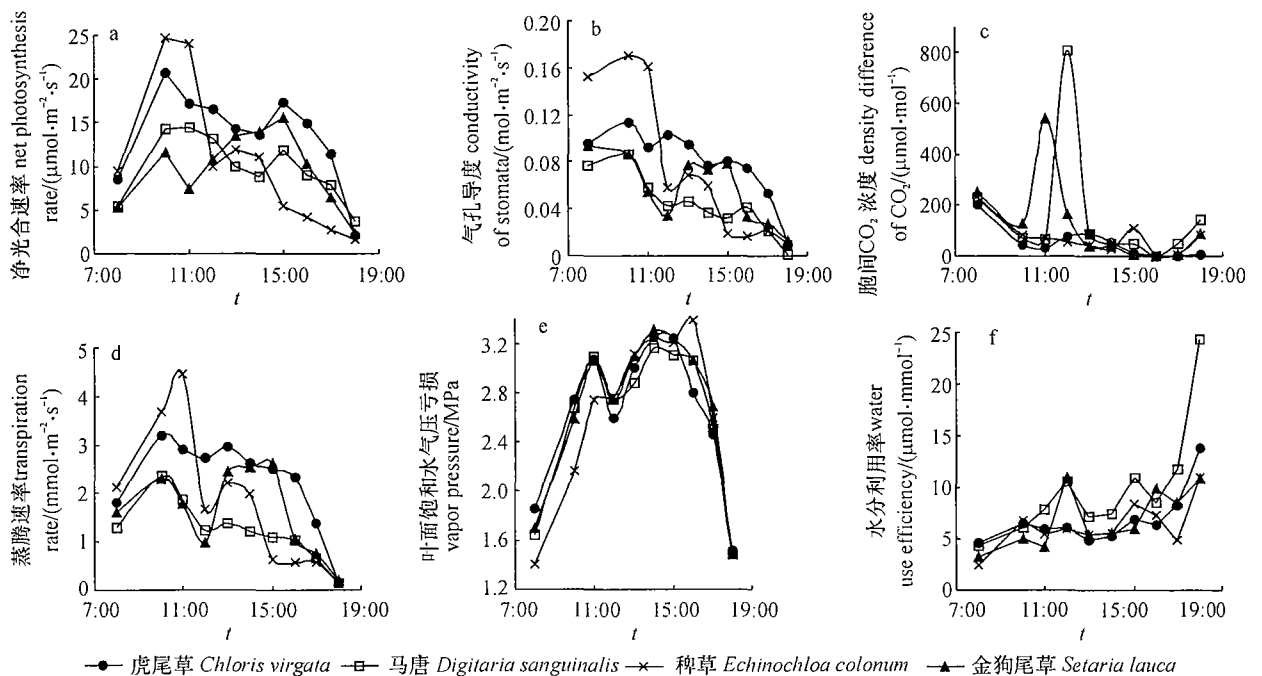


图1 4种杂草的光合指标日变化

Fig. 1 Diurnal change of photosynthetic indexes of four weeds

12:00达到1个高峰值,12:00后,当光照强度继续增强超过一定值后,植物叶片 Pn 的增幅小于 Tr 的增幅,导致 WUE 出现下降趋势.对于禾本科植物来说,在弱光条件下光能利用率仍较高,其 Pn 的增幅较大,而 Tr 的增幅较小,所以在光照强度下降的 15:00 又开始上升,18:00 达到 WUE 的最高值,此时马唐的 WUE 最高为 $24.29 \mu\text{mol} \cdot \text{mmol}^{-1}$,比虎尾草、稗草、金狗尾草分别高 43.15%、55.04% 和 55.62%.

4 种杂草水分利用率的日变化总体上呈波动增大趋势,其中马唐的 WUE 高于其他 3 种杂草.从叶温和光照强度与 WUE 的相关性分析来看,除马唐呈正相关外,其他指标均呈负相关.其中,叶温和 WUE 的相关系数依次为马唐 0.645*,金狗尾草 -0.273,稗草 -0.492,虎尾草 -0.552,只有马唐达到了显著水平;光照强度与 WUE 的相关系数依次为马唐 0.432,金狗尾草 -0.503,虎尾草 -0.504,稗草 -0.528.说明马唐在温度较高的晴天水分利用最经济,而虎尾草、稗草、金狗尾草的 WUE 均随光照强度的增加及温度的提高而降低,且虎尾草降低的幅度最大.

4 讨论

气孔是植物叶片进行气体交换的通道,其闭合程度直接影响光合作用和蒸腾作用,间接影响水分利用率^[8].气孔的开关程度影响植物叶片水分散失的多少,两者之间存在极显著正相关关系^[9-10].4 种杂草的 Gs 日变化与 Pn 及 Tr 的日变化曲线相似,说明其气孔的开关程度直接影响光合作用的大小和水分蒸腾的多少,从而决定 WUE 的变化.Gs 的大小受光照强度和温度的影响较大,且 4 种杂草的表现不同.虎尾草的 Gs 大小与温度更密切;马唐的 Gs 受温度的影响极小,且随着光照强度的增强而减小;金狗尾草的 Gs 受温度的负作用小于光照强度的负作用,这对防止水分散失有利;稗草的 Gs 大小受温度和光照强度的影响较小,这与稗草的 Pn 受温度和光照强度的影响较小相一致,都与 Vpdl 的相关性较大.

4 种杂草的 Pn 均为双峰曲线,但达到峰值的时间有所不同.稗草的 Pn 总体来说最高,其次是虎尾草、马唐,最低的是金狗尾草,且虎尾草的 Pn、Gs、Tr 的日变化表现得最为平缓,与前人的研究结果^[6]相一致.影响 Pn 的条件很多,如叶温、光照强度、胞间 CO₂ 浓度和水气压亏损等.4 种杂草的 Pn 和叶温的相关系数依次为虎尾草 0.739**,金狗尾草 0.700*,马唐 0.523,稗草 0.253.4 种杂草的 Pn 和光照强度的相关系数依次为虎尾草 0.326,金狗尾草 0.227,马

唐 0.223,稗草 0.050.4 种杂草的 Pn 和叶面饱和水汽压亏损的相关系数依次为金狗尾草 0.831**,虎尾草 0.809**,马唐 0.727*,稗草 0.008.4 种杂草的 Pn 和胞间 CO₂ 浓度的相关系数依次为金狗尾草 -0.352,马唐 -0.168,虎尾草 -0.121,稗草 -0.109.相关分析结果说明:环境条件对稗草 Pn 的影响要小于其他 3 种杂草,且叶温对稗草 Pn 的影响较大;虎尾草和金狗尾草的 Pn 受环境条件影响较大.虎尾草、金狗尾草和马唐需在无遮荫的情况下才能生长良好,当作物封垄后生长受到明显抑制;而稗草受叶温和光照强度的影响小,在荫蔽的情况下也能较好的生长,所以在田间不能通过作物的荫蔽来达到完全抑制其生长的作用,这可能是稗草难防除的原因之一.有关结实期稗草 Pn 较高且受环境条件的影响较小,是否与生育时期、叶片结构及代谢功能有关,还有待于今后作更进一步的研究.

参考文献:

- [1] 李合生.植物生理学[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [2] 武维华.植物生理学[M].北京:科学出版社,2003.
- [3] 赵秀琴,赵明,陆军,等.热带远缘杂交水稻高光效后代在温带的光合特性观察[J].中国农业大学学报,2002,7(3):1-6.
- [4] 杜红梅,王德利,孙伟.松嫩草地全叶马兰夏季与秋季光合及蒸腾作用的比较[J].应用生态学报,2002,13(12):1600-1604.
- [5] 邓雄,李小明,张希明,等.多枝桧柳气体交换特性研究[J].生态学报,2003,23(1):180-187.
- [6] 孙伟,王德利,王立,等.模拟光条件下禾本科植物和藜科植物蒸腾特性与水分利用率比较[J].生态学报,2003,23(4):814-819.
- [7] 于强,王天铎.光合作用-蒸腾作用-气孔导度的耦合模型及 C₃ 植物叶片对环境因子的生理响应[J].植物学报,1998,40(8):740-754.
- [8] 孙伟,王德利,王立,等.狗尾草蒸腾特性与水分利用率对模拟光辐射增强和 CO₂ 浓度升高的响应[J].植物生态学报,2003,27(4):448-453.
- [9] ZUPA Y G. Gas exchange and water use efficiency of *Adenophora lobophylla* at different altitudes on the east boundary of the Qing-Zang plateau[J]. Acta Botanica Sinica, 1998,40:947-954.
- [10] KNAPP A K. Gas exchange dynamics in C₃ and C₄ grasses consequences of differences in stomatal[J]. Ecology, 1993,74:113-123.

【责任编辑 周志红】