

Effect of Soil Water Content on Photosynthetic Parameters of *Jatropha curcas* L.

Ke Chen¹, Qi Jiang², Jun He¹

¹School of Life Science and Engineering, Southwest University of Science and Technology, Mianyang, China, 621000

²Panzhihua of Sichuan Provincial Academy of Agroforestry Sciences, Panzhihua, China, 617061

Email: chenke@swust.edu.cn

Abstract: A field experiment was conducted to study the changes of stomatal parameters, gas exchange parameters and chlorophyll fluorescence parameters in the leaves of 1-year-old *J. curcas* L. which grew in different soil water content intensities (80%, 50% and 30%FC) for three months. The results showed that the stomata length(Sl), stomata width(Sw) and stomata area(Sa) were increased evidently while the stomatal density(Sd), stomatal conductance(Gs), intercellular CO₂ concentration(Ci) and transpiration rate (Tr) decrease with the decreasing of soil water content. In addition, net photosynthesis rate (Pn), maximal fluorescence (Fm), optimal/maximal photochemical efficiency of PSII(Fv/Fm), quantum yield of photosynthesis(Yield) and the parameter of photochemical quenching(qP) had the trend of decrease -increase -decrease with the decreasing of soil water content, they had the highest values under 50%FC, while the change trend of minimal fluorescen(Fo) is opposite, with the minimum observation number at 50%FC. The ratio of the width to the length of stomata(Sr) didn't change much. It was concluded that low soil water regime(50%FC) is preferable to cultivate *J. curcas* L.

Keywords: *Jatropha curcas* L.; Water Stress; Photosynthesis

土壤含水量对小桐子幼苗光合作用的影响

陈珂¹, 蒋祺², 何君¹

¹西南科技大学生命科学与工程学院, 绵阳, 中国, 621000

²四川省攀枝花农林科学院, 攀枝花, 中国, 617061

Email: chenke@swust.edu.cn

摘要:以小桐子一年生盆栽幼苗为材料, 设置三个水分梯度, 分别为田间持水量(FC)的 80%、50%和 30%, 分析不同土壤含水量对小桐子幼苗气孔参数, 气体交换参数和叶绿素荧光参数等的影响。结果表明:随着土壤水分的减少, 气孔器长(Sl)、宽(Sw)、气孔器面积(Sa)均显著增大, 而气孔器密度(Sd)、气孔导度(Gs)、胞间 CO₂ 浓度(Ci)和蒸腾速率(Tr)则减小。净光合速率(Pn)、最大荧光(Fm)、PSII 的最大光化学效率(Fv/Fm)、量子产量(Yield)以及光化学淬灭参数(qP)在 50%FC 时显著大于 80%和 30%的测量值。而初始荧光值(Fo)则相反, 在 50%FC 时, 有最小测量值。气孔器长宽比变化与水分关系不明显。表明在水分条件为 50%FC 时, 小桐子有最佳的光合作用能力, 最适宜其生长发育。

关键词: 小桐子; 含水量; 光合作用

1 引言

小桐子 (*Jatropha curcas* L.) 又名麻疯树, 属大戟

科 (Euphorbiaceae) 麻疯树属 (*Jatropha*)^[1], 为落叶灌木或小乔木, 在我国的云南、四川等地有大量分布。国内外研究表明, 小桐子可用于开发“生物柴油”, 其茎叶、种子所含毒蛋白、麻疯酮等成分, 具有抗病毒、

资助: 西南科技大学实验室开放基金 2010 年项目

抗 AIDS、抗肿瘤等作用,同时小桐子是水土保持的优良树种,具有广阔的开发利用前景^[2]。但是目前,人们对小桐子的生物学特性了解还有限,特别是有关小桐子和水分关系的研究很少,对小桐子生长所需的水分要求认识还不充分,这严重限制了小桐子的大规模栽培和干旱贫瘠地区生态修复方面的应用。本文主要研究了小桐子幼苗在不同土壤水分含量下的部分光合作用指标的变化,分析小桐子幼苗对土壤含水量的适应,旨在为小桐子用于干旱贫瘠地区的生态修复,以及大面积推广和栽培管理提供科学依据。

2 材料与方 法

2.1 材料

种子采自凉山州雷波县上田坝镇,萌发后盆栽于温室塑料棚中,待其缓苗后进行水分处理。试验采用单因子(水分)完全随机设计,设置三个水分梯度,即田间持水量(field capacity, FC)的 80%、50%、30%,每个处理 25 盆。试验期间用称重法保持各处理的土壤水分,每两天称重并浇水一次。用小桐子幼苗鲜重(Y,g)和小桐子幼苗高度(X,cm)之间的经验关系式: $Y = 3.061 X - 13.533$, ($R^2 = 0.874$, $P < 0.001$)来校正每个处理的实际含水量。

2.2 方法

2.2.1 气孔器参数的测定

水分处理三个月后,采用印记法制叶片气孔切片,用 Axiovision 4 AC 软件测定气孔器长、宽和密度,计算气孔器面积和长宽比。每个参数观察 5 个视野,取平均值。气孔器面积计算公式为^[3]:

$$Sa = \frac{3.14}{4} \times Sl \times Sw$$

其中 Sa 表示气孔器面积,Sl 表示气孔器长,Sw 表示气孔器宽。

2.2.2 气体交换参数的测定

采用 Li-6400 光合分析仪测定不同水分条件下的气体交换参数。测定指标为: Pn、Gs、Tr、Ci。每个处理 5 个重复。

2.2.3 叶绿素荧光参数的测定

采用便携式脉冲调制荧光仪 PAM-2100 (Walz-Effeltich, Germany) 测定叶绿素荧光参数,荧光参数

主要包括: Fo、Fm、Fv/Fm、Yield 和 qP。每个处理 3 个重复。

2.3 数据处理

采用 SPSS 11.5 软件进行方差分析(One-way ANOVA),平均数之间的多重比较采用新复极差法检验。

3 实验结果

3.1 土壤含水量对小桐子气孔器参数的影响

随土壤含水量的减少,气孔器长、宽、面积均呈增大趋势,不同水分处理差异显著(表1);但气孔器长宽比则变化不大;气孔器密度随着土壤水分量的减少而减小,在50%和30%FC之间的差异显著。30%FC条件下的气孔密度相对于50%FC条件下下降了44.8%,80%FC条件下气孔密度相对于50%FC条件下增加了20.7% (表1,图1A,B,C)。

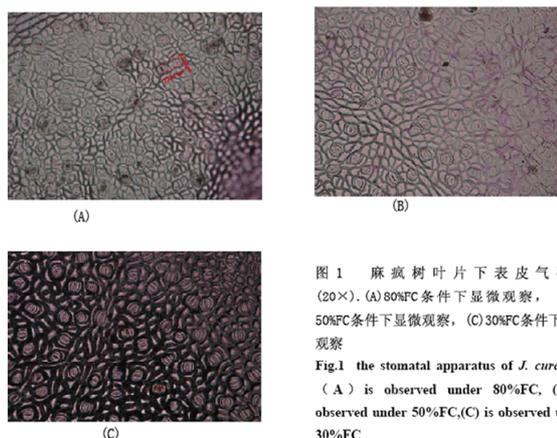


图1 麻疯树叶片下表皮气孔器(20×)。 (A) 80%FC条件下显微观察, (B) 50%FC条件下显微观察, (C) 30%FC条件下显微观察
Fig.1 the stomatal apparatus of *J. curcas* L. (A) is observed under 80%FC, (B) is observed under 50%FC, (C) is observed under 30%FC

3.2 不同土壤含水量对叶绿素荧光参数的影响

由表2可知随土壤水分含量的减少,Fo先减小后增大,在50%FC出现最小值,30%FC出现最大值,并且差异显著;Fm、Fv/Fm、Yield和qP随土壤水分含量的增加而先增大后减小,且不同水分处理间差异显著。

3 讨论

综合以上分析可以看出,在50%FC时,气体交换参数和叶绿素荧光参数出现最优观测值,即水分条件为50%FC时,小桐子有最佳的光合作用能力,最适宜其生长发育。

Table 1 Stomatal parameters(mean±s.e) of *J. curcas* under different water conditions

表1. 不同水分处理下小桐子气孔参数 (均数±标准误差)

Ws	Sl	Sw	Sa	Sr	Sd
(%FC)	(μm)	(μm)	(μm^2)		(\uparrow/mm^2)
80%	32.62±1.29b	22.90±0.93c	595.82±44.10c	1.44±0.05ab	185.37±17.24a
50%	38.62±2.46a	26.74±2.27b	836.13±110.81b	1.48±0.09a	153.59±15.17ab
30%	38.79±3.09a	31.28±2.14a	962.31±111.23a	1.26±0.11b	84.74±10.59 c
P>Fw	0.038	0.004	0.005	0.169	0.001

注: 同列不同小写字母表示水分梯度之间的差异显著。

Note: Different letters within a row indicate significant differences across water supplies (n=2,p≤0.05)

气孔对环境水分状况的反映是长期以来人们比较感兴趣的问题^[4]。费松林等^[5]对亮叶水青冈(*Fagus lucida*)以及*Bosabalidis*^[6]等对橄榄树(*Olea europea*)的研究表明,随着水分减少气孔密度增大、面积减小,但也有研究结果表明,气孔密度随着水分的减少而先上升,后下降^[7]。本文的实验表明,随着土壤含水量的减少,气孔器密度减小而面积增加,土壤水分含量对气孔大小和分布影响显著。这与贺金生^[8]的观点一致,即气孔较小可使气孔开度的调节更为灵活,因而小而密的气孔可以有效调节蒸腾速率,将植物内过多的水分散失出去,有利于维持植物正常的生理代谢。由此本文认为随着土壤含水量的减少,麻疯树气孔密度减小而气孔长、宽、面积增大,其蒸腾速率下降,这可能是麻疯树对水分低的适应性反应。

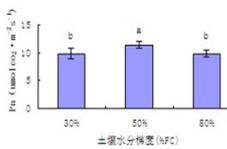


Fig.2 Effect of soil water content on Pn of *J. curcas* L.

图2 土壤含水量对小桐子净光合速率的影响

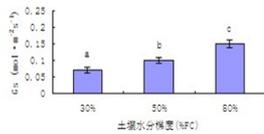


Fig.3 Effect of soil water content on Gs of *J. curcas* L.

图3 土壤含水量对小桐子气孔导度的影响

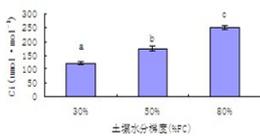


Fig.4 The effect of soil water content on Ci of *J. curcas* L.

图4 土壤含水量对小桐子胞间CO₂浓度的影响

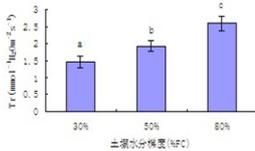


Fig.5 The effect of soil water content on Tr of *J. curcas* L.

图5 土壤含水量对小桐子蒸腾速率的影响

当水分胁迫达到一定程度以后,植物的光合体系能量的传递和光捕获复合体受到抑制,PSII的活性开

始降低,这主要体现在Fo和Fv/Fm等叶绿素荧光参数的显著变化上。一般来说,随着水分量的减少,Fo增加可

Table2 Chlorophyll fluorescence(mean±s.e)of *J. curcas* under different soil water conditions

表2 不同土壤水分条件下小桐子叶绿素荧光参数 (均数±标准误差)

Ws	Fo	Fm	Fv/Fm	Yield	qP
(%FC)					
80%	305.00 ± 8.46 b	1484.60 ± 62.96 b	0.745 ± 0.05b	0.720 ± 0.015 b	0.892±0.021b
50%	260.40 ±12.16 c	1578.20 ± 57.26 a	0.814 ±0.003 a	0.765 ± 0.005 a	0.987±0.005 a
30%	382.80 ±46.34 a	1462.80 ± 60.48 b	0.718 ± 0.046 c	0.737 ± 0.009 b	0.856±0.006 c
P>Fw	0.004	0.042	0.003	0.033	0.001

注: 同列不同小写字母表示水分梯度之间的差异显著。

Note: Different letters within a row indicate significant differences across water supplies(n=2,p≤0.05)

致,即气孔较小可使气孔开度的调节更为灵活,因而小而密的气孔可以有效调节蒸腾速率,将植物内过多的水分散失出去,有利于维持植物正常的生理代谢。由此本文认为随着土壤含水量的减少,小桐子气孔密度减小而气孔长、宽、面积增大,其蒸腾速率下降,这可能是小桐子对水分低的适应性反应。

当水分胁迫达到一定程度以后,植物的光合体系能量的传递和光捕获复合体受到抑制,PSII的活性开始降低,这主要体现在Fo和Fv/Fm等叶绿素荧光参数的显著变化上。一般来说,随着水分量的减少,Fo增加可能是由于植物叶片PSII反应中心出现可逆的失活或出现不易逆转的破坏或者是由于叶片类囊体膜受到损伤,且Fo增加越多,说明类囊体膜受到损伤程度越严重。Fv/Fm对植物光抑制现象具有重要的指示意义,Fv/Fm降低说明植物的PSII原初光能转换效率以及潜在活性降低,进而影响光合电子传递的正常进行^[9]。在本研究中,Gs、Ci、Tr随土壤含水量的下降而下降,说明气孔限制因素在Pn的下降方面起了作用,同时,Fv/Fm随土壤含水量的减少先增加后减少,Fo先减小后增大,且三个水分梯度之间差异显著,这说明长期的水分或干旱胁迫、可能已经造成小桐子PSII的损伤。

References (参考文献)

[1] 林娟,周选围,唐克轩等.麻疯树植物资源研究概况[J].热带亚热带植物学报,2004,2(3):285-290.
 [2] Mattaquin A,Lanco JA. Clinical trial of common warts [J]. Fi-

- toterapia, 1997,68(2): 160-162.
- [3] Pukacki, Kaminska-Rozek. Flavonoids as developmental regulators [J]. *Current Opinion in Plant Biology*, 2005, 8: 317-323.
- [4] Dong X.J.,Zhang X.S.some observations of the adaptions of sandy shrubs to the arid environment in the Wu Us sandland leaf water relations and anatomic feature[J]. *Arid Environment* , 2001, 48: 41-48.
- [5] 费松林,方精云,樊拥军,赵坤,刘雪皎,崔克明.贵州梵净山亮叶水青冈叶片和木材的解剖学特征及其与生态因子的关系. *植物学报*, 1999, 41(9): 1002-1009.
- [6] Bosabalidis A.M.,Kofdis G..comparative effects of water stress on leaf anatomy of two olive cultitvars. *Plant Science.*, 2002,163: 375-379.
- [7] 张晓艳,杨惠敏,侯宗成,王根轩.土壤水分和种植密度对春小麦叶片气孔的影响. *植物生态学报*, 2003, 27: 133-136.
- [8] 贺金生,陈伟列,王勋陵.高山栎叶的形态结构及其与生态环境的关系. *植物生态学报*, 1994. 18: 219-227.
- [9] 张守仁.叶绿素荧光动力学参数的意义及讨论. *植物学通报*, 1999, 6(4): 444 -448.