

水分对杜仲截干萌条光合特性及生长的影响

刘淑明^a,梁宗锁^b,董娟娥^c

(1 西北农林科技大学 a. 理学院, b. 生命科学学院, c. 林学院, 陕西 杨凌 712100)

【摘要】 **【目的】**确定杜仲截干萌条林的适宜供水量,为杜仲人工林的经营提供理论依据。**【方法】**通过对 6 年生杜仲进行截干处理,研究了生长季单株供水量分别为 0.14(Ⅰ级)、0.28(Ⅱ级)、0.42(Ⅲ级)、0.56(Ⅳ级)m³ 条件下杜仲萌条的生理及生长指标。**【结果】**不同水分处理时,杜仲净光合速率日变化曲线不同,自然条件及供水不足(处理Ⅰ、Ⅱ)条件下,杜仲净光合速率日变化呈“双峰”曲线,表现出明显的光合“午休”现象;充足供水(处理Ⅲ、Ⅳ)时,杜仲净光合速率日变化呈“单峰”曲线,“午休”现象消失,且净光合速率提高,6 月份是杜仲净光合速率最大的时期。人工供水能增加杜仲萌条的生长,6~9 月份,处理Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ的杜仲萌条枝长总生长量分别较对照增加 8.6%,33.9%,70.7%和 41.6%,新枝基径总生长量分别较对照增加 5.7%,51.4%,114.2%和 108.6%。人工供水可以显著增加杜仲二次分枝的数量,处理Ⅲ二次单株分枝数、平均枝条长度、叶干重分别达到 21 个,18.3 cm,8.4 g/株。**【结论】**单株供水量为 0.42 m³ 最有利于杜仲萌条生长,二次分枝数最多,平均枝条长度最长,单株叶干重最大。

【关键词】 杜仲;水分试验;生理效应;生长特性

【中图分类号】 S753.53⁺3 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-9387(2008)04-0089-05

Photosynthetic characteristics and growth of sprout of *Eucommia ulmoides* under different water conditions

LIU Shu-ming^a, LIANG Zong-suo^b, DONG Juan-e^c

(a. College of Science, b. College of Life Science, c. College of Forestry,
Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: **【Objective】** The study confirmed the optimum irrigation norms of the stump plant of *Eucommia ulmoides*, and provided theory basis for the management of the man-made *E. ulmoides* forest. **【Method】** 6-yeay-old *E. ulmoides* were cut off, the photosynthetic and growth indexes of stump plant were detemined when the supply water was 0.14(treatmentⅠ), 0.28(treatmentⅡ), 0.42(treatmentⅢ), 0.56(treatmentⅣ)m³ in growing season. **【Result】** The result showed that the diurnal courses of the photosynthesis rate were double peak in normal or supply little water condition. While the photosynthesis rate diurnal courses were single peak in the condition of plenteous water which the supply water was 0.42—0.56 m³ per tree from May to August, and the photosynthesis rate increased. Artificial watering could increase the growth of sprout. Form June to September, the length and diameter of new branch in the treatments ofⅠ,Ⅱ,Ⅲ andⅣ increased by 8.6%,33.9%,70.7%,41.6% and 5.7%,51.4%,114.2%,108.6% respectively compared with that of the control. **【Conclusion】** The optimum irrigation norms were 0.42 m³ per tree, and the number and length of second ramification were the most, and the dry weight of the leaves were bigger.

* [收稿日期] 2007-09-17
[基金项目] 中国科学院“西部之光”人才培养计划项目(005DF02);陕西省“十五”科技攻关项目(2001KG01-G15-03)
[作者简介] 刘淑明(1964—),女,陕西渭南人,副教授,硕士,主要从事农林气象学研究。E-mail:liusm99@sina.com
[通讯作者] 董娟娥(1968—),女,陕西蒲城人,副教授,博士,主要从事药用植物次生代谢研究。E-mail:dzsys@nwsuaf.edu.cn

Key words: *Eucommia ulmoides* Oliv. ;water test;photosynthetic effect;growth characteristics

土壤水分是土壤—植物—大气连续体的一个关键因子,是土壤系统养分循环和流动的载体,其不但直接影响植物的生长发育,而且间接影响植物的分布和生态系统小气候的变化^[1]。20 世纪 70 年代以来,水分利用效率理论的形成^[2],使农业用水研究从单一的灌溉农业扩展到普性的农业生产,灌溉农业在节约大量用水的同时实现了高产^[3-7]。

杜仲(*Eucommia ulmoides* Oliv.)为我国特有经济树种,在退耕还林(草)工程实施中,杜仲作为生态经济林,栽培面积进一步扩大,目前已发展到 3 万 hm²^[8]。有关杜仲的研究主要集中于其化学成分^[9-11]、药理作用^[12-13]、栽培管理^[14]等方面。在杜仲人工林生产中,供水能够促进杜仲再生皮的生长速度,缩短生长周期^[15],但如何有效利用水分,提高叶用杜仲林的产量,成为当前生产中亟待解决的问题。本研究采用人工供水的方法,研究了不同水分条件下叶用杜仲林截干萌条的生理及生长特性,以期为杜仲人工林的经营提供理论依据。

1 研究区自然概况

试验在陕西省汉中地区略阳县经家河杜仲示范基地进行。试验地坡向东北,坡度 30°,海拔 1 100

m。该地位于秦岭南坡,属于北亚热带湿润季风气候,年平均气温 13.3℃,极端最高气温 37.7℃,极端最低气温-11.2℃,年降水量 825.9 mm,无霜期 213 d,≥10℃活动积温 4 093.7℃,冬、春多干旱,夏、秋多雨,土壤为黄棕壤,田间最大持水量为 196.0 g/kg,土层深度 50~60 cm。

2 材料与方法

2.1 材 料

试验材料为自然生长的 6 年生杜仲纯林,属于生态经济林,平均胸径 3.2 cm,平均高 4.2 m。栽植密度为 2 m×2 m,生长良好。

2.2 方 法

2.2.1 截干处理 2005-04,对杜仲进行截干处理,截干高度距地面 1.5 m,截口直径 3.1 cm。

2.2.2 土壤供水处理 在大田条件下,对处于生长季(5~8 月)的杜仲分别设置单株总供水量为 0.14, 0.28,0.42,0.56 m³ 4 个水平,即处理Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ、Ⅳ,各月供水量见表 1,以不供水作为对照(仅有自然降水)。供水采用单株灌水,即在树干周围,以树干为中心划定区域,单株灌水面积为 2 m×2 m。每处理 3 株,重复 3 次。表 2 为该年生长季降水量。

表 1 不同处理杜仲生长季的供水量

Table 1 Irrigation quantum during growing season						m ³
处理 Treatment	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	合计 Totle	
Ⅰ	0.04	0.04	0.02	0.04	0.14	
Ⅱ	0.08	0.08	0.04	0.08	0.28	
Ⅲ	0.12	0.12	0.06	0.12	0.42	
Ⅳ	0.16	0.16	0.08	0.16	0.56	

表 2 试验期杜仲生长季的降水量

Table 2 Precipitation quantum during growing season						mm
月份 Month	5 月 May	6 月 June	7 月 July	8 月 August	合计 Totle	
降水量 Precipitation quantum	76.5	76.9	96.2	91.2	340.8	

2.2.3 净光合速率的测定 在杜仲树冠中南部,选择无病虫害和机械损伤的叶片,使用 Li-6400 便携式光合作用测定系统测定叶片的净光合速率(P_n),并记录光合有效辐射(PAR)和气温(T_a)的日变化。

在 5~10 月的晴天 8:00~18:00,每小时测定 1 次,每次 3 个重复,每重复记录 3 个观测值,取其平均值作为该时刻的测定值。

2.2.4 新枝生长量的测定 5 月初,杜仲截口下的芽萌发出枝条,每株树留 3 个生长健壮的枝条,每月测定 1 次新生枝的长度和基径。生长季结束时

(10 月下旬),测定二次枝的数量和长度。

2.2.5 叶量的测定 10 月下旬,逐株采摘叶片,在 85℃下烘 8 h,统计单株平均叶片干重。

3 结果与分析

3.1 不同供水处理对杜仲光合特性的影响

3.1.1 净光合速率(P_n)的日变化 图 1 表明(06-28),在不同供水处理下,杜仲叶片 P_n 日变化曲线不同,其中在充足供水(处理Ⅲ、Ⅳ)条件下, P_n 日变化呈单峰曲线,最高值出现在 11:00 左右,且在

10:00~15:00 可保持较高的净光合速率,平均达到 15.82和 15.95 $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$;在不供水(CK)及供水较少(处理 I、II)条件下,杜仲 P_n 日变化呈“双峰”曲线,具有光合“午休”现象,第 1 个峰值出现在 11:00 左右,第 2 个峰值出现在 15:00 左右,这主要

是由于 11:00~15:00 光照强烈、气温高(图 2,06-28),因此叶片蒸腾强烈,但由于供水相对较少,杜仲缘于自身的保护功能而适度关闭气孔,使进入叶肉细胞的 CO_2 含量减少,从而使 P_n 下降,出现光合“午休”现象。

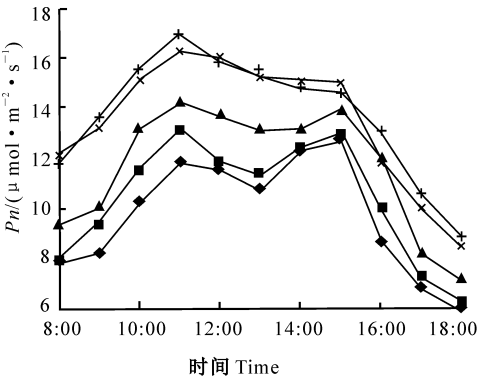


图 1 不同供水处理下杜仲叶片净光合速率的日变化
—◆—,对照;—■—,处理 I;—▲—,处理 II;
—×—,处理 III;—+—,处理 IV

Fig. 1 Daily changes of net photosynthetic rate of *E. ulmoides* leaf in different treatments
—◆—, CK; —■—, Treatment I; —▲—, Treatment II;
—×—, Treatment III; —+—, Treatment IV

3.1.2 净光合速率(P_n)的季节变化 图 3 表明,在生长季中,不同供水条件下杜仲叶片 P_n 的季节变化趋势相同,呈单峰曲线,其中 6 月份是净光合速率最高的时期。

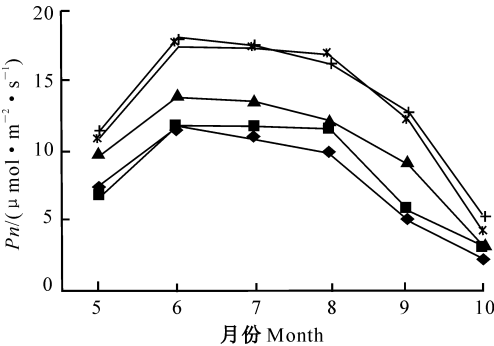


图 3 不同供水处理下杜仲叶片 P_n 的季节变化
—◆—,对照;—■—,处理 I;—▲—,处理 II;
—×—,处理 III;—+—,处理 IV

Fig. 3 The season changes of net photosynthetic rate of *E. ulmoides* leaf in different treatments
—◆—, CK; —■—, Treatment I; —▲—, Treatment II;
—×—, Treatment III; —+—, Treatment IV

图 3 还表明,供水能显著提高杜仲的 P_n ,随着供水量的增加, P_n 增大。其中,处理 II、III、IV 的平

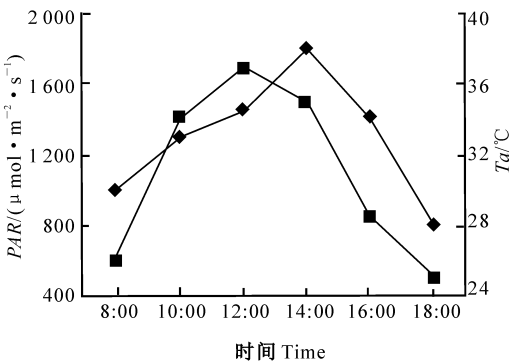


图 2 测定杜仲 P_n 时光合有效辐射与气温的日变化
—■—, PAR; —◆—, T_a

Fig. 2 Daily change of PAR and temperature at determining P_n

均 P_n 显著高于对照($P<0.05$),处理 I 与对照差异不显著($P>0.05$),说明少量的灌水仅消耗于土壤表面的蒸发,不能渗入土壤下层供杜仲吸收利用,因而对 P_n 的促进作用不显著;各供水处理之间,处理 II、III、IV 显著高于处理 I ($P<0.05$),处理 III 与处理 IV 差异不显著($P>0.05$)。

进入 9 月份,光合有效辐射和气温降低,杜仲叶片开始衰老,生理活性降低,其净光合速率减小,10 月份达到生长季的最小值。此外,杜仲在生长季初期的净光合速率均明显高于生长季末期,这是因为生长季初期叶片生理活性高,但随着叶片的衰老以及环境因子的变化,叶片的生理活性降低,光合效率下降,同化 CO_2 的能力也随之下降低,表现为净光合速率降低。

3.2 不同供水处理对杜仲萌条生长的影响

3.2.1 枝长生长 表 3 表明,供水对杜仲萌条枝长生长具有促进作用,处理 I、II、III、IV 的枝长总生长量分别较对照增加 11.4%, 30.0%, 70.7% 和 41.6%,表明处理 III 有利于新枝生长。在杜仲生长季中,7 月份枝长生长最快,处理 I、II、III、IV 和对照的枝长生长量分别占总生长量的 48.2%, 49.6%, 64.7%, 61.1% 和 50.3%。

表 3 不同供水处理下杜仲萌条枝长的生长量					
Table 3 Growth of the <i>E. ulmiodes</i> sprout in different irrigating levels					cm
处理 Treatment	月份 Month				总生长量 Total growth
	6	7	8	9	
I	23.5 a	11.2 a	12.0 a	2.0 a	48.7 a
II	28.2 ab	12.7 b	12.6 b	3.3 a	56.8 b
III	41.1 c	16.5 c	13.4 bc	3.6 a	74.6 c
IV	37.8 d	9.8 ad	11.3 c	3.0 a	61.9 b
CK	22.0 af	8.3 a	11.5 d	1.9 a	43.7 ad

注:同一列不同小写字母表示差异显著($P<0.05$)。下表同。
Note: Different letter within column means difference is significant($P<0.05$). The same below.

3.2.2 基径生长 表 4 表明,不同供水量均可促进 108.6%,其中,处理Ⅲ 萌条基径生长最快。杜仲萌条基径总生长量大小排序为处理Ⅲ>处理Ⅳ>处理Ⅱ>处理Ⅰ>对照。

表 4 不同供水处理下杜仲萌条基径的生长量					
Table 4 Increment of diameter of the sprout in different irrigating levels					mm
处理 Treatment	月份 Month				总生长量 Total growth
	6	7	8	9	
I	2.1 a	1.1 a	0.3 a	0.2 a	3.7 a
II	2.5 ab	1.6 ab	0.9 b	0.3 a	5.3 b
III	3.4 c	2.2 c	1.6 c	0.3 a	7.5 c
IV	3.5 c	2.0 c	1.5 c	0.2 a	7.3 c
CK	1.9 ad	1.0 ad	0.4 a	0.2 a	3.5 a

3.2.3 二次分枝数及叶量 由表 5 可以看出,人工供水可以显著增加杜仲二次分枝的数量,其中,处理Ⅲ 二次分枝数最多,单株分枝数达到 21 个,平均枝条长度最长,为 18.3 cm,且与处理Ⅰ、处理Ⅱ 及对照之间差异显著。处理Ⅱ 与处理Ⅳ 的二次分枝数无

表 5 不同供水处理下杜仲二次分枝数及叶量			
Table 5 Number and leaves of second ramification in different irrigating levels			
处理 Treatment	二次分枝 Second ramification		叶干重/(g·株 ⁻¹) Dry weight of leaves
	数量 Number	平均长度/cm Average length	
I	6 a	6.3 a	5.5 ab
II	14 b	16.6 b	6.1 b
III	21 c	18.3 c	8.4 c
IV	16 b	17.0 c	7.3 bc
CK	2 d	4.2 d	4.0 d

4 结论与讨论

增加土壤水分是提高杜仲净光合速率的有效途径。秦岭南坡中段,自然条件下杜仲净光合速率日变化呈“双峰”曲线,表现出明显的光合“午休”现象;充足供水时,即 5~8 月份单株供水 0.42~0.56 m³,杜仲净光合速率日变化呈“单峰”曲线,“午休”现象消失,且净光合速率提高。6 月份是杜仲净光合速率最大的时期,应加强水分管理。

人工供水能促进杜仲萌条的生长,其中,处理Ⅲ (单株供水 0.42 m³)最有利于萌条的生长,二次分

枝数最多,平均枝条长度最长,叶干重最大。

本研究是在秦岭南坡中段杜仲主要分布区进行的,由于不同海拔高度的气候条件,如温度、降水量等存在差异,因此,还应对不同海拔的杜仲开展研究,才能全面评价水分条件对杜仲截干萌条的影响。

[参考文献]

[1] 何其华,何永华,包维楷. 干旱半干旱区山地土壤水分动态变化[J]. 山地学报,2003,21(2):149-156.
He Q H, He Y H, Bao W K. Research on dynamics of soil moisture in arid and semiarid mountainous areas [J]. Journal of Mountain Sciences,2003,21(2):149-156. (in Chinese)

- [2] 陈洪松,邵明安.黄土区坡地土壤水分运动与转化机理研究进展[J].水科学进展,2003,14(7):513-520.
Chen H S, Shao M A. Review on hillslope soil water movement and transformation mechanism on the loess plateau[J]. Advances in Water Science, 2003, 14(7): 513-520. (in Chinese)
- [3] 张卿,杜国强.根系分区灌溉对果树生长发育的影响研究[J].华北农学报,2007,22(增刊):86-89.
Zhang Q, Du G Q. Research advance of partial root zone irrigation on growth and development of fruit trees[J]. Acta Agriculturae Boreali-Sinica, 2007, 22(Sup.): 86-89. (in Chinese)
- [4] 房全孝,陈雨海.冬小麦节水灌溉的生理生态基础研究进展[J].干旱地区农业研究,2003,21(1):21-26.
Fang Q X, Chen Y H. Research progress of physiological and ecological basis of water-saving irrigation of winter wheat[J]. Agricultural Research in the Arid Areas, 2003, 21(1): 21-26. (in Chinese)
- [5] 樊金拴,陈原国,赵鹏祥.不同土壤水分条件下核桃的生理生态特性研究[J].应用生态学报,2006,17(2):171-176.
Fan J S, Chen Y G, Zhao P X. Physioecological characteristics of walnut under different soil water conditions[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2006, 17(2): 171-176. (in Chinese)
- [6] 张保军,袁彦云,徐福利,等.保墒灌溉对渠灌类型区冬小麦产量构成及生理特性的影响[J].西北植物学报,2006,26(11):2367-2371.
Zhang B J, Yuan Y Y, Xu F L, et al. Effect of moisture-retaining irrigation on yield composition and physiological characters of winter white in canal irrigation region[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2006, 26(11): 2367-2371. (in Chinese)
- [7] 韩玉国,杨培岭,刘洪禄,等.抗旱节水剂对果树生长及灌溉制度的研究[J].水土保持学报,2005,19(3):178-183.
Han Y G, Yang P L, Liu H L, et al. Study on growth and irrigation schedule of fruit tree by using drought resistant and water saving agents[J]. Journal of Soil and Water Conservation, 2005, 19(3): 178-183. (in Chinese)
- [8] 杜红岩,赵戈,卢绪奎.论我国杜仲产业化与培育技术的发展[J].林业科学研究,2000,13(5):554-556.
Du H Y, Zhao G, Lu X K. The development tendency of the industrialization and culture techniques of *Eucommia ulmoides* in China[J]. Forest Research, 2000, 13(5): 554-556. (in Chinese)
- [9] 王文明,庞晓辉,成军,等.杜仲化学成分研究概况(II)[J].西北植物学报,1998,13(2):60-62.
Wang W M, Pang X H, Cheng J, et al. Brief research introduction about chemical constituents in *Eucommia ulmoides* Oliv. (II)[J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 1998, 13(2): 60-62. (in Chinese)
- [10] 蔚芹,马希汉,张康健.杜仲化学成分研究[J].西北林学院学报,1995,10(5):88-93.
Wei Q, Ma X H, Zhang K J. Chemical constituents of *Eucommia ulmoides* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 1995, 10(5): 88-93. (in Chinese)
- [11] 成军,赵玉英,崔育新.杜仲叶黄酮类化合物的研究[J].中国中药杂志,2005,25(5):284-286.
Cheng J, Zhao Y Y, Cui Y X. Studies on flavonoids from leave of *Eucommia ulmoides* Oliv [J]. China Journal of Chinese Materia Medica, 2005, 25(5): 284-286. (in Chinese)
- [12] 李武明,何玉香,谭元生.复方杜仲降压片治疗高血压病45例分析[J].中医学,2004(2):136-137.
Li W M, He Y X, Tan Y S. Forty five hypertension cases treated with compound duzhong anti-hypertension tablets [J]. Chinese Archives of Traditional Chinese Medicine, 2004(2): 136-137. (in Chinese)
- [13] 赵晖.杜仲叶药理作用研究(II)——抗疲劳及愈伤作用[J].国外医学:中医中药分册,2000,22(4):21-25.
Zhao H. Study on the pharmacological effects of *Eucommia ulmoides* leaves (II)-anti-aging function[J]. Abroad Medicine-the Fascicule of Chinese Medicine and Chinese Herbal Medicine, 2000, 22(4): 21-25. (in Chinese)
- [14] 彭少兵,董娟娥,赵辉,等.秦仲(1~4号)繁殖技术研究[J].林业科学,2007,43(5):120-124.
Peng S B, Dong J E, Zhao H, et al. Study on the reproductive technique for Qinzhong No. 1-4 of *Eucommia ulmoides* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2007, 43(5): 120-124. (in Chinese)
- [15] 刘淑明,梁宗锁,董娟娥.土壤水分对杜仲剥皮再生的影响[J].林业科学,2006,42(9):44-48.
Liu S M, Liang Z S, Dong J E. Effects of soil water on the growth of callus and bark regeneration in *Eucommia ulmoides* [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2006, 42(9): 44-48. (in Chinese)