

文章编号: 1000-5692(2004)03-0254-04

氮磷肥配施效应对杜仲光合与蒸腾特性的影响

高建社, 符军, 刘永红, 陈竹君

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 测定了经氮磷肥配施处理和对照的杜仲 *Eucommia ulmoides* 叶片的净光合速率、蒸腾速率等生理指标, 并进行方差分析。结果表明: ①杜仲光合最佳温度为 28 °C。②净光合速率的日变化呈“午休”型的双峰曲线, 最高峰出现在 9:00 前后, 次峰出现在 12:00 左右。③蒸腾速率日变化呈单峰曲线, 峰值出现在 11:00 左右。④处理 N_1P_2 ($m_N:m_{P_2O_5}=1.0:1.2$) 的日平均光合速率为对照的 174.3%, 是试验中最优的氮磷配比, 建议推广应用该配方。表 1 参 8

关键词: 树木生理学; 杜仲; 氮肥; 磷肥; 光合作用; 蒸腾速率

中图分类号: S718.43 **文献标识码:** A

杜仲 *Eucommia ulmoides* 是我国特有的经济树种, 集经济效益、生态效益和社会效益于一身, 是陕西省秦巴山区的主要栽培树种, 现有栽培面积约 5.0 万 hm^2 , 主要分布在秦岭山地以南, 大巴山以北的汉中和安康两地区的洛阳、宁强和西乡等县^[1,2]。但是, 随着杜仲营林的迅猛发展, 原来粗放经营的问题也表现得愈来愈突出^[3]。为此, 我们于 1998 年进行了盆栽条件下杜仲不同肥料配比对其光合、蒸腾特性影响的试验, 结合田间施肥试验, 以期获得杜仲最佳施肥配比, 为杜仲林合理施肥提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

选取根系发育良好, 平均苗高和地径分别为 100 cm 和 0.80 cm, 长势基本一致的 1 年生杜仲实生苗作供试苗木。盆栽用土为母土与少量表土, 经粉碎混匀过筛装盆。盆钵为黄泥瓦盆, 每盆装土 50 kg。土壤 pH 为 8.32, 有机质 $8.46 g \cdot kg^{-1}$, 全氮 $0.60 g \cdot kg^{-1}$, 全磷 $0.72 g \cdot kg^{-1}$, 全钾 $20.52 g \cdot kg^{-1}$, 碱解氮 $47.04 mg \cdot kg^{-1}$, 速效磷 $16.10 mg \cdot kg^{-1}$, 速效钾 $109.80 mg \cdot kg^{-1}$ 。

1.2 实验设计

为了排除气候因素的影响, 盆栽试验安排在塑料大棚内。试验所用氮肥为尿素, 磷肥为过磷酸钙。试验采用二因素三水平完全实施方案^[4]。施氮肥量设 9.2, 23.0, 36.8 $g \cdot 株^{-1}$ 3 个水平, 分别用 N_1 , N_2 , N_3 表示; 施磷肥量 (以 P_2O_5 计) 设 5.25, 11.25, 16.50 $g \cdot 株^{-1}$ 3 个水平, 分别用 P_1 , P_2 , P_3 表示。另设一个不施肥处理, 共计 10 个处理, 分别用 N_1P_1 , N_1P_2 , N_1P_3 , N_2P_1 , N_2P_2 , N_2P_3 , N_3P_1 ,

收稿日期: 2003-09-05; 修回日期: 2004-04-05

基金项目: “九五”国家林业局重点中试推广项目(1996 中字 19 号)

作者简介: 高建社(1963—), 男, 陕西武功人, 工程师, 从事林木育种研究。E-mail: yuzh@nwsuaf.edu.cn

N_3P_2 , N_3P_3 , N_0P_0 表示。每个处理设 5 个重复。3 月 12 日栽植试验苗木, 一次性将配肥施入盆内, 并适量定量浇水, 常锄草, 以保证苗木生长所需水分和正常生长。

1.3 测定方法及项目

试验于 1998 年 6 月中上旬和 7 月中上旬进行, 从 7:00~18:00, 分别在 7:00, 8:00, 9:00, 11:00, 12:00, 14:00, 16:00, 18:00 时各测 1 次。2 次测定生理指标时, 以上各个处理植株的平均高和地径的净增长量依次为 55.0 cm 和 0.254 cm, 69.9 cm 和 0.387 cm, 69.7 cm 和 0.269 cm, 47.0 cm 和 0.228 cm, 48.8 cm 和 0.201 cm, 49.5 cm 和 0.222 cm, 33.5 cm 和 0.175 cm, 36.8 cm 和 0.130 cm, 37.0 cm 和 0.145 cm, 33.2 cm 和 0.120 cm。测定时选取树冠外围向南 1 年生枝上的功能叶测量, 重复 3 次。净光合速率 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 和蒸腾速率 ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 用 Li-Cor 6200 便携式光合测定仪测定, 仪器同时测量并记录了气温 ($^{\circ}\text{C}$)、光照强度 ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) 和空气相对湿度 (%) 等数值。随机抽取 N_1P_3 , N_2P_1 和 N_3P_2 并测定其光合、蒸腾等生理指标, 同时进行对照的光合、蒸腾等生理指标测定, 3 次重复测定的结果表明。3 个处理及对照的净光合速率、蒸腾速率等的日变化趋势基本一致。因此, 本文仅用处理 N_3P_2 的有关测定数据绘出了杜仲叶片生理指标的日变化曲线。

2 结果与分析

2.1 光照强度和气温对光合作用的影响

根据多次重复测定结果, 一般气温在 27°C 以下时, 随温度升高, 净光合速率随之增加, 当气温增加到 28°C 时, 杜仲净光合速率达到最高点。当气温超过 28°C 时, 随温度的增加, 净光合速率逐渐下降。说明气温高低直接影响到杜仲叶片净光合速率的大小, 也反映出杜仲的光合作用对温度变化的敏感性。这与银杏光合与蒸腾特性所得的结论相似^[5]。杜仲净光合速率、蒸腾效率随光照强度、温湿度的日变化如表 1 所示。

表 1 环境因子与杜仲光合和蒸腾特性的关系

Table 1 The relationships between environment factors and photosynthesis and transpiration of *Eucommia ulmoides*

时间	光照强度/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气温/ $^{\circ}\text{C}$	相对湿度/ %	净光合速率/ ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	气孔阻力/ ($\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$)	蒸腾速率/ ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	蒸腾效率 $\times 10^{-3}$
07:00	720	23.7	44.5	10.3	0.7188	7.7	1.337
08:00	1160	27.0	40.0	11.5	0.7330	9.3	1.260
09:00	1470	29.0	38.5	13.0	0.8800	9.7	1.349
11:00	1660	35.0	30.7	9.6	0.9500	15.1	0.634
12:00	1100	33.0	31.0	10.0	0.9518	12.3	0.823
14:00	1218	34.0	27.0	8.0	1.3825	10.3	0.712
16:00	899	33.6	28.0	6.7	1.7515	8.6	0.780
18:00	153	31.0	25.0	4.0	2.0285	6.3	0.640

2.2 杜仲净光合速率的日变化特征

在晴朗的天气条件下, 对处理 N_3P_2 进行重复测定表明, 杜仲叶片净光合速率随着各种环境因素的变化而变化, 但其净光合速率的日变化有一定的规律性, 即呈双峰曲线 (表 1)。第 1 次高峰出现在 9:00 前后, 这时的净光合速率达到一天中的最大值; 第 2 次高峰出现在 12:00 左右, 此时的净光合速率比第 1 次峰值小, 为次峰值。从 12:00 到 15:00 之间, 随着温度的不断升高, 杜仲叶片净光合速率呈逐渐下降趋势。杜仲和其他植物一样进行光合“午休”现象。这与气温达一定值时, 导致气孔关闭有关^[6]。气孔阻力的日变化如表 1 所示。测定结果还表明气孔导度的日变化特征与蒸腾速率的日变化特征基本一致。从 15:00 至 18:00, 气温逐渐下降, 杜仲叶片净光合速率也随之下降, 在 18:00 达到一天中测定的最低值。对照测定表明, 其光合日变化特征与此相似, 只是 2 次峰值较低, 在此不详述。

2.3 杜仲蒸腾速率和蒸腾效率的日变化特征

蒸腾速率是树木重要的水分生理指标, 主要携带着耗水信息^[7]。研究杜仲叶片的蒸腾速率有助于为它适地适树合理造林提供依据, 而蒸腾速率是植物净光合速率与蒸腾速率的比值, 其值的大小在一定程度上反应植物积累有机物的能力。表1中最后2列数据分别表示施肥处理 N_3P_3 杜仲蒸腾速率和蒸腾效率的日变化特点。可以看出, 由于气温等各种环境因素的变化, 杜仲蒸腾速率呈现单峰。在 11:00 前后达到峰值; 而蒸腾效率日间呈双峰值, 其峰值分别在 9:00 和 12:00 前后, 在 18:00 左右, 蒸腾效率最低, 未处理(对照)的杜仲叶片的测定表明蒸腾速率和蒸腾效率的变化趋势与此基本一致, 只是峰值较小而已。

2.4 不同施肥处理对杜仲光合特性的影响

在大约 1 h 之内对每个处理和对照的杜仲叶片净光合速率测定 3 次, 各处理的净光合速率的平均值依次为 10.7, 12.2, 11.7, 10.5, 9.7, 9.5, 9.1, 9.9, 8.8 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 分别为对照 7.0 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 的 152.9%, 174.3%, 167.1%, 150.0%, 138.6%, 135.7%, 130.0%, 141.4% 和 125.8%。方差分析的结果表明各处理间及各处理与对照间差异均达显著水平。又将各处理及对照的净光合速率值按大小排序并进行多重比较的结果, 可知处理 N_1P_2 与 N_3P_1 , N_3P_3 间差异达显著水平, 与 N_0P_0 差异达极显著水平; 处理 N_1P_3 与 N_3P_3 间差异达显著水平, 与 N_0P_0 差异达极显著水平; 处理 N_1P_1 , N_2P_1 与 N_0P_0 间差异达显著水平, 其余各处理间与对照间差异均不显著。从实测结果知各个处理的日平均净光合速率均大于对照的日平均净光合速率, 这说明氮磷配施的肥料效应为正效应。上述结果还表明处理 N_1P_2 显著的增强了杜仲的叶片光合作用能力, 其日平均净光合速率是对照(不施肥)的 174.3%, 是最佳肥料配比 ($m_N:m_{P_2O_5}=1:2$)。众所周知, 光合作用是植物积累有机物和增加自身生物量的最根本途径, 而光合能力的增加肯定会在植物的产量上表现出来。西北农林科技大学“杜仲氮磷肥配施效应研究”项目得出的处理 N_1P_2 为促进杜仲高生长和地径生长的最优配比的结论也正好说明了这一点。

3 结论

试验研究结果表明, 经氮磷配施处理的杜仲叶片的净光合速率的日变化呈“午休”型的双峰曲线, 蒸腾速率的日变化呈单峰曲线。

正常情况下, 氮磷配施杜仲的光合作用的最佳气温为 28 $^{\circ}\text{C}$, 在晴朗天气的 11:00 以后, 出现较为严重的“午休”现象。这说明温湿度也是影响杜仲光合作用的主要因素。

杜仲合理的氮磷配施可以显著地增强其光合作用, 增加生物量。光合作用的测定结果表明, N_1P_2 处理的作用最显著, 与其他处理相比, 光合作用增幅最大, 为对照的 179.3%, 是最优配比方案。

光合、蒸腾等生理活动对环境变化的反应模式是受遗传控制的^[8]。从蒸腾曲线看出, 在 11:00 之后, 气温和光照强度的增大, 光合速率下降, 蒸腾速率必然进入谷区。但在 9:00 左右, 出现了蒸腾速率和净光合速率的最高峰值, 说明此时的光照强度、气温、湿度等对杜仲进行光合作用的各种生理条件较为适宜。

参考文献:

- [1] 崔克明. 杜仲研究的历史、现状与展望[J]. 西北林学院学报, 1994, 9(4): 51-52.
- [2] 张康健. 杜仲综合开发的进展与前景[J]. 西北林学院学报, 1996, 11(2): 75-78.
- [3] 李群学, 何景峰, 陈竹君. 施肥对杜仲叶胶量与生长量的影响[J]. 陕西林业科技, 1999, (4): 27-30.
- [4] 西北农学院, 华南农学院. 农业化学研究法[M]. 北京: 农业出版社, 1980.
- [5] 郭俊荣, 杨培华, 谢斌, 等. 银杏光合与蒸腾特性的研究[J]. 西北植物学报, 1997, 17(4): 505-510.
- [6] 张幼松, 孟平, 尹昌君. 杜仲蒸腾强度和气孔行为的初步研究[J]. 林业科学, 2002, 38(3): 34-37.
- [7] 刘奉觉. 杨树几个水分关系指标的主分量分析[J]. 植物生理学通讯, 1986, (3): 13-16.
- [8] 坎内尔 M G R, 拉斯特 F T. 树木生理与遗传改良[M]. 熊文愈, 译. 北京: 中国林业出版社, 1981, 5-177.

Effects of N and P fertilizers on photosynthesis and transpiration of *Eucommia ulmoides*

GAO Jian-she, FU Jun, LIU Yong-hong, CHEN Zhu-jun

(College of Forestry, Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: The rates of photosynthesis and transpiration of leaves of *Eucommia ulmoides* applied with nitrogenous and phosphatic fertilizers were measured for the analysis of variance. The findings showed that (1) the optimum temperature for the photosynthesis of *Eucommia ulmoides* was 28 °C. (2) The daily changes in the net photosynthesis rate took a shape of dual-peak curve; the high peak appeared around 9 :00 am and the secondary peak appeared around 12 :00 am. (3) The daily changes in the transpiration took the shape of single-peak curve; the peak value appeared around 11: 00 am. (4) The average rate of daily photosynthesis of *Eucommia ulmoides* treated with N and P fertilizers ($m_N : m_{P_2O_5} = 1.0 : 1.2$) was 174.3% higher than that in the control group. Therefore, this formula of N and P fertilizers was worth recommending. [Ch, 1 tab, 8 ref.]

Key words: tree physiology; *Eucommia ulmoides*; nitrogenous fertilizers; phosphatic fertilizers; photosynthesis; transpiration rate

《浙江林学院学报》2005 年征订启事

《浙江林学院学报》是全国综合性农业科学类和林业类核心期刊之一, 荣获第二届国家期刊奖百种重点期刊奖, 首届浙江省优秀科技期刊二等奖, 第二届浙江省优秀科技期刊一等奖, 首届和第二届全国优秀科技期刊三等奖, 全国高校优秀自然科学学报一等奖, 已被国内外 20 多种重要数据库和文摘刊物收录。

《浙江林学院学报》主要刊登林学、经济林、园林、生态、林产加工、森林病虫害防治、林木遗传育种、林业经济、林业机械、木材加工、水土保持、森林动物等方面的学术论文、研究报告和研究简报等, 供农林科技工作者、园林绿化和规划设计人员、大专院校师生、基层干部、农林科技专业户及科技信息人员参阅。季刊。季末月出版。A4 开本, 每期 112 页。公开发行。附英文目次和英文摘要。2005 年定价, 每期 5.00 元, 全年 20.00 元/份。欢迎订阅, 欢迎投稿。

国内订户请向全国非邮发报刊联合发行部订阅。地址: 天津市大寺泉集北里别墅 17 号; 邮政编码: 300381; 电话: 022-23973378; E-mail: LHZD@public.tpt.tj.cn。也可直接向浙江林学院学报编辑部汇款订购。征订单可在 <http://www.kjc.zjfc.edu.cn> 下载。邮局汇款: 浙江省临安市环城北路浙江林学院学报编辑部。邮政编码 311300; 电话: 0571-63732749; E-mail: zxb@zjfc.edu.cn。银行汇款: 建行临安市支行营业部; 账号: 85622304266; 户名: 浙江林学院。

国外读者请向中国出版对外贸易总公司办理订阅手续, 北京 782 信箱, 邮政编码 100011。