

不同浓度叶面肥处理对核桃瞬时水分利用效率的影响

曹晓霞¹, 郭建斌¹, 杨晓菲¹, 秦 宁², 蒋坤云¹, 李文斌¹

(1. 北京林业大学 水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083; 2. 陕西科技大学 资源与环境学院, 陕西 西安 712081)

摘 要:以核桃为试验材料, 采用盆栽试验, 运用 LI-6200 便携式光合仪、美制 LI-1600 稳态气孔计分别测定核桃苗木叶片净光合速率、蒸腾速率等水分生理指标, 并计算树种的瞬时水分利用效率。初步分析了不同浓度叶面肥处理下核桃净光合速率、蒸腾速率的日变化以及水分利用效率的变化。结果表明: 不同浓度处理下, 核桃净光合速率、蒸腾速率日变化均呈“双峰”曲线, 净光合速率日变化存在光合“午休”现象。核桃的瞬时水分利用效率在 8:00 左右最大, 18:00 达到一天中的最低水平。方差分析表明, 叶面肥浓度稀释 1 200 倍时, 核桃的瞬时水分利用效率最大, 清水(对照)的瞬时水分利用效率最小。

关键词:叶面肥; 核桃; 净光合速率; 蒸腾速率; 瞬时水分利用效率

中图分类号: S664. 101 文献标志码: A 文章编号: 1001-7461(2011)03-0026-04

Water Use Efficiency of the *Juglans regia* Seedlings Treated by Different Levels of Foliar Fertilizer

CAO Xiao-xia¹, GUO Jian-bin¹, YANG Xiao-fei¹, QIN Ning², JIANG Kun-yun¹, LI Wen-bin¹

(1. Key Laboratory of Soil and Water Conservation & Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. School of Environmental Science & Engineering, Shaanxi University of Science and Technology, Xi'an, Shaanxi 712081, China)

Abstract: Water physiological indices of potted walnut seedlings with different levels of foliar fertilizer application were measured, such as net photosynthetic rate (P_n) and transpiration rate (Tr), and instant water use efficiency (WUE_i) was further calculated upon the measurement. Diurnal variation curves of P_n and Tr were obtained, and the changes of WUE_i were preliminarily analyzed. The results showed that both diurnal changes of P_n and Tr showed double-peak curves in the plants treated by different fertilizer levels. The phenomena of midday depression of photosynthesis was observed in P_n . The value of WUE_i was the highest at 8:00 and the lowest at 18:00. The analysis of variance showed that WUE_i was the highest in the treatment of 1 200 times dilution of the fertilizaer, and lowest in the control (pure water).

Key words: foliar fertilizer; *Juglans regia*; net photosynthesis rate; transpiration rate; instant water use efficiency

干旱是影响造林成效的限制性因子, 就世界范围来说, 由于水分不足导致树木和作物的减产, 超过了其他环境胁迫的总和^[1]。我国干旱与半干旱地区面积大, 约占国土面积的半数以上, 这些地区降水量小, 蒸发量大, 水资源严重短缺。如何提高干旱地区的水资源利用效率, 提高林木成活率, 已经成为亟待

解决的重要问题。国内外学者在林木水分利用效率方面做过很多研究。紫藤的光合速率、蒸腾速率及水分利用效率对土壤湿度和光照强度的变化具有明显的阈值, 在体积含水量为 15.3%~26.5% 时, 紫藤具有较高的净光合速率和水分利用效率^[2]; 相对湿度、温度和土壤湿度对胡桃和枣树的水分利用效

率影响较大,胡桃的水分利用效率随着温度的升高而增大,而枣树相反^[3];高水分利用效率与干旱忍耐力的增加有关,而且在对于干旱区树木的研究中验证了此结果^[4];随着土壤含水量的下降,刺槐的光合速率及单叶水分利用效率显著下降^[5];对黄土高原主要造林树种油松、侧柏、刺槐的研究结果表明,在一定的供水量下,土壤水分条件得到改善,苗木水分利用效率提高,但当供水量过多时,苗木的生产能力已接近最大,多余的水分只提高了苗木的耗水量,因而水分利用效率降低^[6]。对北京山区 6 种木本植物的研究表明,落叶阔叶林优势种的水分利用效率与其所在地的气候条件有关,特别是大气相对湿度、太阳辐射强度、饱和水汽压亏缺和温度^[7];水分胁迫条件下,随胁迫程度的加重和时间延长,元宝枫幼苗水分利用效率逐渐降低^[8]。目前,关于叶面肥对苗木水分利用效率方面的研究较少,以北方干旱地区经济树种核桃(*Juglans regia*)为研究对象,分析在土壤干旱条件下,不同浓度叶面肥对核桃水分利用效率的影响,以期为干旱条件下合理施用新型叶面肥,提高水分利用效率,增加苗木成活率提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在北京鹫峰国家森林公园温室内进行。鹫峰国家森林公园位于北京市海淀区北安河境内,年平均温度 12.2℃,7 月份温度最高,为 28.0℃,1 月份温度最低,为-3.6℃。年均降水量 630 mm,7—8 月份降水占全年降水量的 70%以上,冬春降水占全年的 10%左右。年蒸发量很大,5 月份最高,达 259 mm。

1.2 材料

试验采用盆栽的方法,试材为 2 a 生核桃实生幼苗。选择高度、长势基本一致的苗木,于 2009 年 3 月 15 日植入上口口径 29 cm、下口径 26 cm、高 30 cm 的塑料盆栽容器中。盆栽所用土均来自鹫峰国家森林公园当地的黄绵土并配以 10%腐殖土,栽前进行过筛处理,使其均匀。试验期间栽培基质保持自然肥力,不施肥。

试验所用肥料为自制新型抗蒸腾叶面肥。肥料中包括 N、P、K、Ca、Mg 等 10 多种植物生长所需的无机离子以及一些增加苗木抗逆性的物质等,所用肥料的复配参照了各种物质适宜的浓度范围,能满足植物的正常生理需要。

1.3 试验设计

采用单因素试验,叶面肥的喷施浓度设置 4 水平,每个水平重复 5 次。4 个水平分别为叶面肥喷

施浓度稀释 900、1 200、1 500 倍,以清水作为对照,分别以处理 1、处理 2、处理 3 和 CK 表示。

1.4 试验方法

试验在 2009 年 5—7 月进行。试验期间,用土壤含水量测定仪隔周测定盆栽的土壤含水量,使其保持在 10%水平,以达到黄土高原干旱半干旱地区的平均供水水平。从 5 月份开始,选择无风的天气,在 16:00 以后对苗木喷施不同浓度的自制叶面肥,正反面均匀喷洒,若喷后 3 h 遇雨,待晴天时补喷 1 次,对照喷施清水。每隔半个月喷施 1 次,连续喷施 5 次,待药效稳定后,在苗木生长旺盛的 7 月份,选择晴朗无风的天气,采用 LI-6400 光合作用系统以及美制 LI-1600 稳态气孔计分别对苗木叶片净光合速率、蒸腾速率进行测定,观测时间 8:00—18:00,每隔 2 h 测定 1 次。选择株高 2/3 处完全展开的健康完整叶片,每个叶片重复测定 3 次,连续测定 7 d,测定结果取平均值。

叶片瞬时水分利用效率^[9]用净光合速率与蒸腾速率的比值表示。

2 结果与分析

2.1 核桃净光合速率的日变化特征

由不同叶面肥浓度处理下核桃叶片的净光合速率(图 1)可以看出,在叶面肥喷施浓度为稀释 900 倍的条件下,核桃在 9:00—17:00 都保持较高的光合速率,并在 10:00 左右光合速率达到一天中的最大值,为 $16.289 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$;其次是稀释 1 200 倍条件下,核桃在一天中也有较高的光合速率,在 8:00 和 18:00 左右,光合速率较其他喷施浓度的高。喷施浓度为稀释 1 500 倍时,核桃在 12:00 和 18:00 左右光合速率较其他浓度处理的小。对照的光合速率在一天中基本保持最低,其光合速率最大值与喷施浓度 1 200 倍处理下的接近,为 $13.358 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

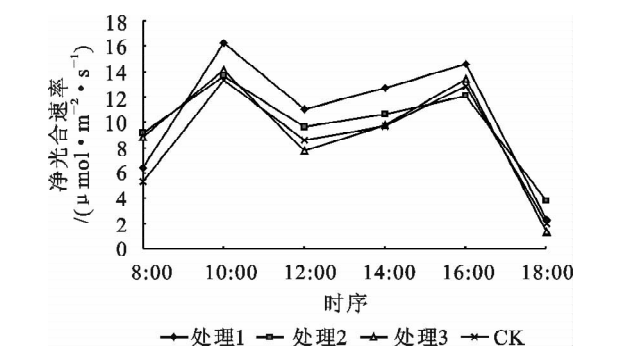


图 1 不同叶面肥浓度下核桃净光合速率日变化
Fig. 1 The diurnal variation of net photosynthesis rate of *J. regia* seedlings under different foliar fertilization levels

4 种不同叶面肥浓度处理下,净光合速率日变化趋势基本相同,都呈现“双峰”曲线。净光合速率在早上随光照增强而不断增大,在 10:00 左右达到第一峰值,之后逐渐下降,在 12:00 左右达到最低,即出现光合“午休”现象^[10-11]。之后,净光合速率又开始缓慢上升,到 16:00 左右达到第二个高峰,随着光照的减弱,净光合速率迅速下降,到 18:00 左右降到最低值。不同处理下,净光合速率均表现为上午高于下午。

2.2 核桃蒸腾速率的日变化特征

不同叶面肥浓度处理下,核桃叶片的蒸腾速率日变化都呈“双峰”曲线(图 2)。对照的蒸腾速率除在 12:00 左右低于叶面肥浓度稀释 900 倍的处理外,其他时段均高于其他处理。叶面肥浓度稀释 1 500 倍的处理,核桃幼苗的蒸腾速率在一天中均维持在较低的水平。蒸腾速率从早上开始逐渐增大,在 12:00 左右达到最高水平,稀释 900 倍的处理在这个时段蒸腾速率最高。之后随着光照强度的增大,气温升高,蒸腾速率迅速降低,稀释 1 500 倍的处理在这个时段蒸腾速率较其他处理低。此后,蒸腾速率继续缓慢增大,在 16:00 左右达到一天中的第二个峰值,其后蒸腾速率迅速下降,18:00 左右降到较低的水平,但此时蒸腾速率高于 8:00,这可能是由于此时叶温较早晨高,呼吸作用较强的原因^[12]。

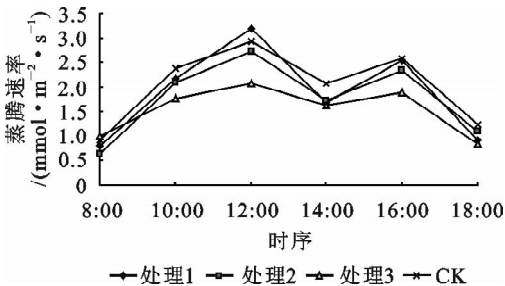


图 2 不同叶面肥浓度下核桃蒸腾速率日变化

Fig. 2 The diurnal variation of transpiration rate of *J. regia* seedlings under different foliar fertilization levels

表 1 不同处理下水分利用效率^①

Table 1 Water use efficiency under different treatments						
处理	水分利用效率					平均
	I	II	III	IV	V	
1	5.937	5.698	6.084	5.621	5.540	5.776bB
2	6.326	6.651	6.732	6.283	6.743	6.547aA
3	5.762	6.021	5.829	5.976	5.872	5.892bB
CK	3.986	4.362	4.513	4.156	4.263	4.256cC
						5.618

①表中同列不同大写字母表示差异极显著($p<0.01$)。

3 结论与讨论

核桃在不同浓度新型抗蒸腾叶面肥处理下,其

2.3 核桃瞬时水分利用效率的日变化特征

由图 3 可以看出,不同浓度处理下,核桃幼苗的瞬时水分利用效率为 1.58~16.00 $\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$ 。8:00 叶片的瞬时水分利用效率最大,主要是因为清晨随着太阳辐射的增加,净光合速率增加较快,而空气湿度较高,蒸腾速率较低,所以瞬时水分利用效率最大^[10]。浓度为稀释 1 200 倍的处理在这一时段水分利用效率较大,达到了 14.57 $\mu\text{mol}\cdot\text{mmol}^{-1}$ 。之后不同处理的叶片瞬时水分利用效率之间差异不大,在 12:00 左右出现一个低谷,而且都比较接近,说明这个时段苗木叶片的瞬时水分效率都不高。随着时间的推移,叶片的瞬时水分利用效率逐渐升高,在 14:00—16:00 出现第二个高峰,其后叶片瞬时水分利用效率缓慢降低,在 18:00 左右达到一天中所有观测时段的最低值。

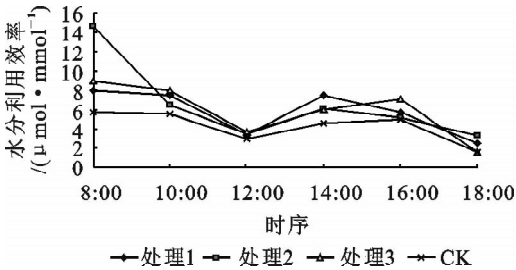


图 3 不同叶面肥浓度下核桃叶片瞬时水分利用效率

Fig. 3 The diurnal variation of instant water use efficiency of *J. regia* seedlings under different foliar fertilization levels

2.4 不同处理下核桃瞬时水分利用效率比较

单因素方差分析结果表明,不同叶面肥浓度处理下,核桃叶片的水分利用效率差异极显著。可以看出,新型抗蒸腾叶面肥喷施浓度为稀释 1 200 倍的处理与其他 3 种处理间差异极显著,稀释 900 倍和 1 500 倍的处理之间差异不显著,但它们与对照差异极显著(表 1)。肥料浓度稀释 1 200 倍的处理苗木水分利用效率最高,其次是 1 500 倍和 900 倍的处理,对照的水分利用效率最低。

净光合速率和蒸腾速率的日变化都呈现“双峰”曲线。净光合速率的两个峰值分别出现在 10:00 和 16:00 左右;蒸腾速率的两个峰值分别出现在 12:00

和 16:00 左右;水分利用效率在 8:00 左右最大, 18:00最小。

日均净光合速率能反应苗木的光合能力,蒸腾速率也是苗木水分状况的一个生理指标,但是它们并不能准确地反应苗木的水分利用情况。而水分利用效率是净光合速率与蒸腾速率的比值,能反应出树木叶片的瞬间反应能力以及树木对水分的利用情况^[13]。同时它也是显示植物耐旱性的指标,即在相同条件下,水分利用效率高的植物的抗旱能力强^[14-15]。新型抗蒸腾叶面肥处理对核桃叶片瞬时水分利用效率影响显著。不同叶面肥浓度处理下核桃叶片的瞬时水分利用效率日均值从大到小依次为叶面肥浓度稀释 1 200 倍、1 500 倍、900 倍、对照。因此,在干旱地区,为了提高经济树种核桃的幼苗成活率,可以在幼苗生长期选择喷施浓度为稀释 1 200 倍的新型抗蒸腾叶面肥。

参考文献:

[1] 李华桢,姚保强,杨传强,等. 4 种经济树木水分生理及抗旱特性研究[J]. 山东林业科技, 2006(2): 6-10.
LI H Z, YAO B Q, YANG C Q, *et al.* Research on the water relations and drought-resistance of 4 kind economical trees [J]. Shandong Forestry Science and Technology, 2006(2): 6-10.

[2] ZHANG S Y, XIA J B, ZHOU Z F, *et al.* Photosynthesis responses to various soil moisture in leaves of *Wisteria sinensis* [J]. Journal of Forestry Research, 2007, 18(3): 217-220.

[3] YANG H B, AN S Q, SUN J X, *et al.* Seasonal variation and correlation with environmental factors of photosynthesis and water use efficiency of *Juglans regia* and *Ziziphus jujuba* [J]. Journa of Integrative Plant Biology, 2008, 50(2): 210-220.

[4] 曹生奎,冯起,司建华,等. 植物叶片水分利用效率综述[J]. 生态学报, 2009, 29(7): 3882-3892.
CAO S K, FENG Q, SI J H, *et al.* Summary on the plant water use efficiency at leaf level[J]. Acta Ecologica Sinica, 2009, 29(7): 3882-3892.

[5] 杨建伟,梁宗锁,韩蕊莲,等. 不同土壤水分状况对刺槐的生长及水分利用特征的影响[J], 林业科学, 2004, 40(5): 93-98.
YANG J W, LIANG Z S, HAN R L, *et al.* Characteristics of growth and water use of *Robinia pseudoacacia* under different soil water condition[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40(5): 93-98.

[6] 刘淑明,孙丙寅,孙长忠. 供水对黄土高原主要造林树种水分利用效率的影响[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(2): 15-17.
LIU S M, SUN B Y, SUN C Z. Effect of irrigation on water use efficiency on the Loess Plateau [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2004, 19(2): 15-17.

[7] 严昌荣,韩兴国,陈林芝. 六种木本植物水分利用效率和其小

生境关系研究[J]. 生态学报, 2001, 21(11): 1952-1955.
YAN C R, HAN X G CHEN L Z. Water use efficiency of six woody species in relation to micro-environmental factors of different habitats [J]. Acta Ecologica Sinica, 2001, 21(11): 1952-1955.

[8] 文建雷,刘志龙,王姝清. 水分胁迫条件下元宝枫的光合特征及水分水分利用效率的研究[J]. 西北林学院学报, 2003, 18(2): 1-3.
WEN J L, LIU Z L, WANG S Q. Photosynthetic characters and water utilization efficiency in *Acer truncatum* under water stress[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2003, 18(2): 1-3.

[9] 苏梦云. 杉木幼苗在渗透胁迫下脯氨酸积累及 Ca 的调节作用研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(3): 335-338.
SU M Y. The role of calcium in praline accumulation under osmotic stress in leaves of Chinese fir seeding [J]. Forest Research, 2003, 16(3): 335-338.

[10] 熊伟,王彦辉,于澎涛. 树木水分利用效率研究综述[J]. 生态学杂志, 2005, 24(4): 417-421.
XIONG W, WANG Y H, YU P T. A review on the study of water use efficiency of terr species [J]. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(4): 417-421.

[11] 张慕黎,王进鑫,李继文,等. 充分供水下刺槐和侧柏苗木光合特性及水分利用效率的研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(3): 27-32.
ZHANG M L, WANG J X, LI J W, *et al.* Characteristics of photosynthesis and water use efficiency of *Robinia pseudoacacia* and *Platycladus orientalis* seedlings under sufficient soil moisture[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(3): 27-32.

[12] 冷平生,杨晓红,胡悦,等. 5 种园林树木的光合和整体特性的研究[J]. 北京农学院学报, 2000, 15(4): 13-18.
LENG P S, YANG X H, HU Y, *et al.* Studies on the characteristic of photosynthesis and transpiration of five gardening trees [J]. Journal of Beijing Agricultural College, 2000, 15(4): 13-18.

[13] 靳新红,王百田,吴瑞菊,等. 土壤水分对核桃幼树蒸腾特性的影响[J]. 山西林业科技, 2007(2): 5-8.
JIN X H, WANG B T, WU R J, *et al.* The impact of different soil water content on *Juglans regia* trees' transpiration [J]. Shanxi Forestry Science and Technology, 2007(2): 5-8.

[14] 董智,马宇飞,李丽红,等. 4 个紫花苜蓿品种分枝期光合速率,蒸腾速率日变化及其影响因子分析[J]. 中国草地学报, 2009, 31(3): 68-71.
DONG Z, MA Y F, LI H L, *et al.* Analysis on diurnal changes of photosynthesis and transpiration rate and effecting factors of four alfalfa at branching stage [J]. Chinese Journal of Grassland, 2009, 31(3): 68-71.

[15] SOBRADO M A. Relation of water transport to leaf gas exchange properties in three mangrove species [J]. Trees, 2000, 14: 258-262.