土壤干旱下刺槐幼苗蒸腾速率及其与影响因子的关系°

单长卷[1,2,3], 梁宗锁[2,3]

(1 河南科技学院 生命科技学院, 河南 新乡 453003;
2 西北农林科技大学 生命科学学院, 陕西 杨凌 712100;
3 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

[摘 要] 采用盆栽试验, 对不同土壤水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率及其与影响因子的关系进行了初步研究。结果表明, 土壤水分对刺槐幼苗蒸腾速率影响显著, 且蒸腾速率随土壤水分的减少而呈降低趋势, 7～9月份蒸腾速率日均值大小顺序均为正常水分处理> 轻度干旱处理> 中度干旱处理> 严重干旱处理。气孔阻力随土壤水分的减少呈增加趋势, 7～9月份气孔阻力日均值大小顺序均为严重干旱处理> 中度干旱处理> 轻度干旱处理> 正常水分处理。通过统计分析和逐步回归, 获得了不同土壤水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率与其影响因子的最优回归模型, 并发现不同土壤水分条件下, 刺槐幼苗蒸腾速率均与光照强度和气孔阻力具有显著相关关系, 正常水分处理下幼苗蒸腾速率还与气温显著相关。

[关键词] 刺槐; 干旱; 蒸腾; 气孔阻力

[中图分类号] S792.270.2 [文献标识码] A [文章编号] 1671-9387(2006)11-0093-04

对植物蒸腾作用及其与环境因子关系的探讨, 一直是植物生理生态学研究的重要内容之一[1]。刺槐是黄土高原地区主要的造林树种, 由于受土壤干旱的威胁, 该区刺槐生长受到严重影响, 因此研究刺槐蒸腾作用具有重要意义。近年来, 人们对刺槐蒸腾特性进行了一些研究[2-12], 但主要集中在成龄刺槐的研究上, 对刺槐幼苗蒸腾速率及其与影响因子关系的研究较少。因此, 本研究采用盆栽试验, 对不同土壤水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率及其与影响因子的关系进行了初步研究, 并建立了不同水分处理下刺槐幼苗蒸腾速率与其影响因子的最优回归方程, 以期为以后的相关研究提供参考。

1 材料与方法

1.1 材 料

树种为刺槐当年扦插幼苗, 平均基径0.42 cm, 平均株高40 cm。土壤为黄绵土, 采自延安安塞县高桥乡, 田间持水量为18.4%。土壤取回后过筛, 去除杂质后备用。试验用塑料桶高50 cm, 口径35 cm; 精度为1 g的JW E-30k型电子天平。

1.2 方 法

1.2.1 试验设计 试验共设4个土壤水分处理, 土壤含水率分别为13.2%, 10.8%, 8.4%和6%, 即分别占田间持水量(θ)的71.73%(正常水分处理), 58.69%(轻度干旱处理), 45.65%(中度干旱处理)和32.60%(严重干旱处理), 每处理3个重复。植苗前1周测定土壤含水率, 每盆装烘干土9.8 kg。根据设计的土壤含水率计算出每盆重量, 作为各处理水平的标准盆重。挑选生长基本一致的苗木12株, 将其植于盆内, 每盆1株。5月植入扦插苗, 浇1次透水, 确定苗木成活后, 从6月初至9月初按设计采用称重法每天进行称重并补充水分, 以确保不同处理的土壤水分控制在上述4个水平下。每盆土壤表面覆盖塑料薄膜, 以防止土壤水分蒸发。

1.2.2 测定方法 于7～9月份每月选择1个晴朗天气, 用LI-1600型稳态气孔计对不同水分处理的刺槐苗分别测定其蒸腾速率, 测定时间为07:00～19:00, 每隔2 h测1次, 重复3次。同时, 用LI-1600型稳态气孔计测定气孔阻力、光照强度(lx)、大气相对湿度(RH, %)、气温(℃)、叶温(℃)及流量。

° [收稿日期] 2005-11-14
[基金项目] 国家自然科学基金项目(90302005)
[作者简介] 单长卷(1978-), 男, 山东巨野人, 助教, 硕士, 主要从事植物水分生理与生态研究。E-mail: shanchangjuan@sohu.com

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2.3 数据处理及回归方程的建立 所有数据均采用SPSS软件处理。以蒸腾速率为因变量,以气孔阻力、光照强度、大气相对湿度、气温、叶温及流量6个影响因子为自变量,根据前人经验,蒸腾速率与其影响因子之间呈幂函数关系,据此将所得数据取对数,得到一组新的数据,再采用逐步回归法建立蒸腾速率与主要影响因子之间的最优回归方程。

2 结果与分析

2.1 土壤水分对刺槐幼苗蒸腾速率的影响

表1为7~9月份不同土壤水分处理下刺槐全天的蒸腾速率差异显著性比较。

表1 不同土壤水分处理下刺槐幼苗7~9月全天蒸腾速率的变化

Table 1 Difference of transpiration rate of locust seedling under different soil water treatments from July to September

月份 Month	时间 Time	严重干旱处理 Serious drought treatment	中度干旱处理 Middle drought treatment	轻度干旱处理 Light drought treatment	正常水分处理 Normal soil water treatment
7月 July	07:00	0.654 Abc	0.737 Ab	1.870 Aa	2.793 Aa
	09:00	3.043 a	3.868 a	3.591 a	3.660 a
	11:00	1.27 ABb	1.627 ABb	2.801 Aa	3.152 Aa
	13:00	0.647 AaBb	0.646 AaBb	1.007 Aa	1.300 Aa
	15:00	1.118 Bb	2.648 Aa	3.401 Aa	1.680 Bb
	17:00	1.139 BCc	3.598 Aabc	3.117 ABbc	3.939 Aab
	19:00	0.619 BCc	2.601 ABb	1.393 ABb	2.227 ABb
	平均 Average	1.212 Bb	2.246 Aa	2.454 Aa	2.678 Aa
8月 August	07:00	0.672 a	0.973 a	0.897 a	0.956 a
	09:00	1.936 Cd	2.599 Bc	3.049 Bb	4.239 Aa
	11:00	3.998 Cd	4.444 Cc	6.430 Bb	8.049 Aa
	13:00	5.699 b	5.900 a	6.649 a	6.240 a
	15:00	0.907 a	0.977 a	1.115 a	1.127 a
	17:00	1.629 Ab	1.285 Bc	2.78 Aa	2.18 Aa
	19:00	0.311 b	0.566 a	0.867 a	0.997 a
	平均 Average	2.164 Ab	2.392 Ab	3.112 Aa	3.342 Aa
9月 September	07:00	0.518 a	0.626 a	0.765 a	0.882 a
	09:00	1.629 Bc	2.137 Bb	2.964 Aa	3.357 Aa
	11:00	2.367 Bb	3.412 Aa	3.694 Aa	4.069 Aa
	13:00	3.876 b	4.534 a	4.867 a	4.869 a
	15:00	0.814 a	0.856 a	0.935 a	1.006 a
	17:00	1.437 b	1.669 a	1.928 a	2.002 a
	19:00	0.556 a	0.635 a	0.729 a	0.883 a
	平均 Average	1.599 b	1.981 ab	2.268 a	2.438 a

注:同行数据后标不同大写字母者表示在$P<0.01$时的差异显著性,标不同小写字母者表示在$P<0.05$时的差异显著性。下表同。

Note: Different capital letters stand for significant difference at $P<0.01$, small letters stand for significant difference at $P<0.05$ of data in the same line. The following tables are the same.

由表1可知,土壤水分对刺槐幼苗蒸腾速率具有显著影响,其蒸腾速率基本上随土壤水分的减少呈降低趋势。就日均蒸腾速率而言,7~9月份均为正常水分处理最大,其次为轻度干旱处理和中度干旱处理,严重干旱处理最小。

2.2 土壤水分对刺槐幼苗气孔阻力的影响

图1为7~9月份不同土壤水分条件下刺槐幼苗气孔阻力的日变化曲线。从图1可以看出,7月份和8月份刺槐幼苗气孔阻力的日变化趋势基本相同。各水分处理下刺槐气孔阻力在07:00~09:00均随时间的推移而下降,09:00~13:00均随时间推移而增大,13:00~15:00再次降低,15:00后再次呈增加趋势,其中严重干旱处理增加的幅度最大,中度干旱处理次之,轻度干旱处理和正常水分处理增加的幅度较小。9月份各处理刺槐幼苗气孔阻力的日变化趋势在13:00之前与7,8月份基本相同,在13:00~19:00气孔阻力呈逐渐增大趋势,这与7,8月份有所不同,产生这种现象的原因可能与刺槐幼苗自身的生长节律有关。表4为不同水分条件下刺槐叶片7~9月份气孔阻力的日均值。由表4可知,7~9月份气孔阻力日均值均为严重干旱处理最大,其次为中度干旱处理,再次为轻度干旱处理,正常水分处理的最小。此外,通过对不同水分条件下蒸腾速率与气孔阻力的相关分析可知,各土壤水分处理下气孔阻力的变化规律与蒸腾速率的变化趋势呈负相关关系。

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

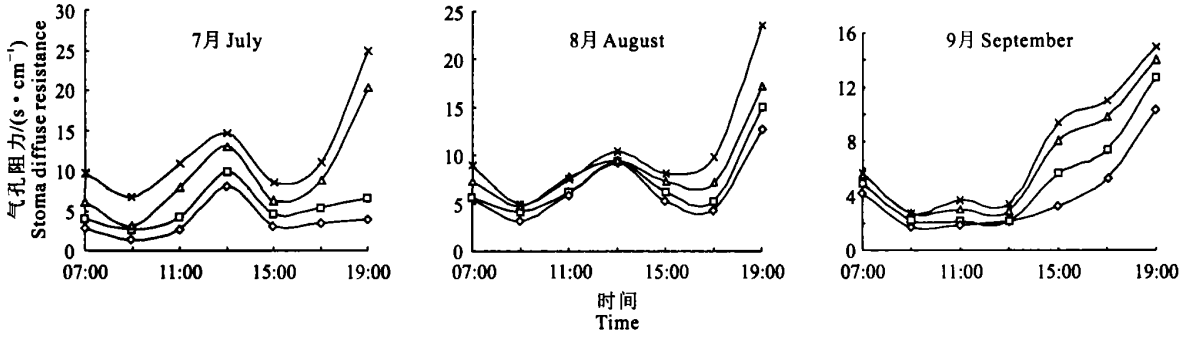

图1　土壤水分对刺槐幼苗气孔阻力的影响

-◇-. 正常水分处理; -□-. 轻度干旱处理; -△-. 中度干旱处理; -×-. 严重干旱处理

Fig. 1　Variation of stoma diffuse resistance of locust seedling

-◇-. Normal soil water; -□-. Light drought treatment; -△-. Middle drought treatment; -×-. Serious drought treatment

表4　土壤水分对刺槐幼苗气孔阻力日均值的影响

Table 4　Mean value of stoma diffuse resistance of locust seedling under different soil water conditions

时间 Time	严重干旱处理 Serious drought treatment	中度干旱处理 Middle drought treatment	轻度干旱处理 Light drought treatment	正常水分处理 Normal soil water treatment
7月 July	12.30 Aa	9.36 Ab	5.33 Bc	3.61 Bd
8月 August	10.41 Aa	8.65 Aa	7.36 Bb	6.54 Bb
9月 September	7.28 Aa	6.58 Aa	5.32 Ab	4.11 Bc

2.3　不同土壤水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率与其影响因子最优回归模型的建立

以F检验统计量的显著性概率Sig. ≤0.05为标准, 对不同水分处理的蒸腾数据进行逐步回归, 得到不同土壤水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率与其影响因子的最优回归模型, 见表5。

表5　不同水分条件下刺槐幼苗蒸腾速率与影响因子的数学回归模型

Table 5　Regression models of transpiration rate of locust seedling under different soil water conditions

处理 Treatment	回归模型 Regression model	R	df	F	Sig.
正常水分处理 Normal soil water	$y=0.826X_1^{0.799}X_2^{0.825}X_3^{0.801}$	0.991	62	127.45	0.000
轻度干旱处理 Light drought	$y=0.709X_1^{0.861}X_2^{0.794}$	0.947	62	94.83	0.000
中度干旱处理 Middle drought	$y=0.815X_1^{0.657}X_2^{0.736}$	0.952	62	107.22	0.000
严重干旱处理 Serious drought	$y=0.573X_1^{0.972}X_2^{0.889}$	0.926	62	79.36	0.000

注: X_1为气孔阻力, X_2为光照强度, X_3为气温。

Note: X_1 stands for stoma diffuse resistance, X_2 stands for light intensity, X_3 stands for atmosphere temperature.

由表5可以看出, 在轻度干旱处理、中度干旱处理和严重干旱处理条件下, 影响蒸腾速率的6个因子中均是气孔阻力和光照强度对蒸腾的影响达到显著水平, 即气孔阻力和光照强度在这3种水分处理下是影响刺槐幼苗蒸腾速率的主要因子; 在正常水分处理下, 气孔阻力、光照强度和气温是主要影响因子。此外, 对比不同水分处理下刺槐幼苗蒸腾速率与其影响因子的最优回归模型可知, 各处理的蒸腾速率均与气孔阻力和光照强度具有显著的回归关系, 且均与气孔阻力呈负相关关系, 与光照强度呈正相关关系; 在正常水分处理下, 刺槐幼苗的蒸腾速率还与气温呈显著的正相关关系。

3　讨　论

在黄土高原地区, 土壤水分是制约树木生长的主要因素之一[13-15]。因此, 研究树木与土壤水分的关系, 对黄土高原的植被建设具有重要意义。蒸腾特性的研究是林木水分关系研究的重要内容之一。本试验表明, 蒸腾速率随土壤水分的减少呈降低趋势, 这与众多学者的研究结果基本一致[4,8]; 气孔阻力随土壤水分的减少呈增加趋势, 且在不同水分处理下刺槐幼苗蒸腾速率与环境因子的回归模型中, 气孔阻力均是影响蒸腾速率最重要的因子, 这表明刺槐幼苗的蒸腾主要是通过气孔进行调节的, 这种调节能力是维持其在干旱条件下生存的一种重要方式。此

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

外,各处理的蒸腾速率均与气孔阻力和光照强度具有显著的回归关系,且均与气孔阻力呈负相关关系,与光照强度呈正相关关系。本试验还发现,在正常水分条件下,气温也是影响刺槐幼苗蒸腾速率的主要环境因子之一,且与其呈正相关关系,这与前人的研究结果基本一致[2,4],但本试验并未发现蒸腾速率与大气相对湿度之间存在显著回归关系,这与前人的研究不符[6-7],其原因有待于进一步研究。

[参考文献]

[1] 岳春雷,江 洪,朱隐湄. 短柄五加蒸腾作用及其与生理生态因子相关性的初步研究[J]. 林业科学,2003,39(2):158-161.

[2] 李洪建,王孟本,陈良富,等. 刺槐林水分生态研究[J]. 植物生态学报,1996,20(2):151-158.

[3] 李洪建,王孟本,柴宝峰. 土壤极端干旱期树种的水分关系研究[J]. 山西大学学报,2001,24(4):352-356.

[4] 贺康宁,张光灿,田 阳,等. 黄土半干旱区集水造林条件下林木生长适宜的土壤水分环境[J]. 林业科学,2003,39(1):10-16.

[5] 单长卷,梁宗锁,韩蕊莲,等. 黄土高原陕北丘陵沟壑区不同立地条件下刺槐水分生理生态特性研究[J]. 应用生态学报,2005,16(7):1205-1212.

[6] 李凯荣,王佑民,冯 汀. 黄土高原沟壑区刺槐人工林蒸腾状况的研究[J]. 陕西林业科技,1989(4):12-17.

[7] 刘 康,陈一鹗. 黄土高原沟壑区刺槐林水分动态与生产力的研究[J]. 水土保持通报,1990,10(9):67-68.

[8] 单长卷,郝文芳,梁宗锁,等. 不同土壤干旱程度对刺槐幼苗水分生理和生长指标的影响[J]. 西北农业学报,2005,14(2):44-49.

[9] 李文华,刘广权,马松涛,等. 干旱胁迫对苗木蒸腾耗水和生长的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2004,32(1):61-65.

[10] 张光灿,刘 霞,贺康宁. 黄土半干旱区刺槐和侧柏林地土壤水分有效性及生产力分级研究[J]. 应用生态学报,2003,14(6):858-862.

[11] 单长卷,梁宗锁,郝文芳,等. 黄土高原不同立地条件下刺槐生长与水分关系研究[J]. 西北林学院学报,2004,19(2):9-14.

[12] 杨文文,王洪英. 黄土丘陵区刺槐蒸腾速率及其环境影响因子[J]. 水土保持科技情报,2005(1):20-22.

[13] 李文华,吴万兴,张忠良,等. 土壤水分对仁用杏水分和生长特征的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(4):139-144.

[14] 李丽霞,梁宗锁,韩蕊莲. 土壤干旱对沙棘苗木生长及水分利用的影响[J]. 西北植物学报,2002,22(2):296-302.

[15] 杨健伟,韩蕊莲,魏宇昆,等. 不同土壤水分状况对杨树沙棘水分关系及生长的影响[J]. 西北植物学报,2002,22(3):579-586.

Study on transpiration rate of locust seedling and the relationship between transpiration rate and its influencing factors under different soil droughts

SHAN Chang-juan[1,2,3], **LIANG Zong-suo**[2,3]

(1. *Department of Life Sci-Tech, He'nan Institution of Sci-Tech, Xinxiang, He'nan* 453003, *China*;

2. *College of Life Science, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*;

3. *Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling, Shaanxi* 712100, *China*)

Abstract: This paper deals with the transpiration characteristics of locust seedling and the relationship between transpiration rate and its influencing factors under different soil droughts. The results showed that soil water had important effect on transpiration rate, and transpiration rate decreased with soil water decreasing. The daily mean value of transpiration rate from July to September was in order of normal soil water treatment > light drought treatment > middle drought treatment > serious drought treatment. Stoma diffuse resistance increased with soil water decreasing. The daily mean value of stoma diffuse resistance from July to September was in order of serious drought treatment > middle drought treatment > light drought treatment > normal soil water treatment. In the end, we got regression models of transpiration rate of locust seedling with its affecting factors, and there existed a remarkable relationship between transpiration rate and light intensity and stoma diffuse resistance under different soil water conditions. Also there existed a remarkable relationship between transpiration rate and air temperature under normal soil water treatment.

Key words: locust; drought; transpiration; stoma diffuse resistance

© 1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net