

# 不同栽植模式下枣树叶片蒸腾速率 与环境因子的相关性研究

王晶晶<sup>1</sup>, 李 铭<sup>1</sup>, 陈奇凌<sup>1</sup>, 郑强卿<sup>1</sup>, 高疆生<sup>2</sup>

(1. 新疆农垦科学院, 新疆 石河子 832000; 2. 塔里木大学, 新疆 阿拉尔 843300)

**摘 要:** 为了解不同栽植模式下枣树叶片蒸腾速率与环境因子的关系, 以 3 a 生灰枣 (*Zizyphus jujube* cv. Huizao) 为试材, 选取种植模式分别为 1 185 株/667 m<sup>2</sup> (0.5 m×0.75 m×1.5 m)、888 株/667 m<sup>2</sup> (0.5 m×1.5 m)、333 株/667 m<sup>2</sup> (1 m×2 m)、111 株/667 m<sup>2</sup> (1.5 m×4 m) 的枣园, 在红枣幼果发育期, 用 CID-340 光合分析仪测定枣树的蒸腾速率 (Tr) 以及光合有效辐射 (PAR)、气温 (AT)、大气相对湿度 (RH) 并进行相关性分析。结果表明: 不同栽植模式下枣树蒸腾速率 (Tr) 日变化不同, 模式 3 的蒸腾速率最高, 为 4.87 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 各模式之间差异显著 ( $P<0.05$ ); 蒸腾速率 (Tr) 与光合有效辐射 (PAR)、气温 (AT) 显著正相关, 与大气相对湿度 (RH) 无显著相关性, 111 株/667 m<sup>2</sup> (1.5 m×4 m) 模式下, 蒸腾速率随温度的变化影响较大; 枣树不同栽植模式对枣树树体蒸腾速率有很大的影响, 333 株/667 m<sup>2</sup> (1 m×2 m) 模式下树体蒸腾速率强于其它各模式, 有利于树体对光能的利用, 增加“源”的强度。

**关键词:** 枣树; 栽植模式; 蒸腾速率; 环境因子; 相关性

**中图分类号:** S 665.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2011)20-0001-04

枣树 (*Zizyphus jujube* Mill) 为鼠李科 (Rhamnaceae) 枣属 (*Zizyphus spinosa* Hu.) 植物, 原产我国, 栽培历史悠久, 由于枣果丰富的营养价值和药用价值, 被人们亲切的誉为“木本粮食”、“维生素丸”<sup>[1-2]</sup>, 其产量和品质的提高一直是红枣生产和科学研究的重点。光合作用是决定红枣生物产量和经济产量的主要因素之一, 新疆地处亚欧大陆腹地, 昼夜温差大, 日照时间长, 栽植红枣有其得天独厚的自然优势, 如何更好的利用光合作用提高红枣产量和品质就显得尤为重要, 而蒸腾速率的快慢又是光合作用中影响较大的因素之一。

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<sup>[3]</sup>。蒸腾作用是一个十分复杂的现象, 它受植物本身特性和环境因子的综合影响<sup>[4]</sup>。土壤-植物-大气连续体系 (SAPC) 中的水流是植物与环境间的联结物。因此, 研究植物的蒸腾作用必然与植物水势及与土壤和大气的环

况有关。

枣树矮化密植栽培技术是目前红枣种植的主要栽培模式之一。前人做了大量的研究<sup>[5-7]</sup>, 但在栽培密度上的选择上仍然存在随意性、盲目性, 特别是在新疆南疆光照极其充足的环境下, 对栽植密度和蒸腾速率的关系之间缺乏理论支撑。为了探讨不同栽培模式下红枣叶片蒸腾作用的特性差异, 及其与环境因子的相关性, 在研究了 4 种不同栽植密度红枣叶片光合特性的基础上, 对幼树在不同环境因子作用下, 其蒸腾速率与环境因子作用的关系进行了研究。为栽植密度对红枣树体“库-源”关系的影响研究提供一定的理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验于 2010 年 5 月 10 日至 2010 年 10 月 10 日在新疆兵团农一师十团 (40°34'00"N, 81°17'15"E) 进行, 农一师十团地处亚欧大陆腹地的塔里木河畔, 海拔 1 012.62 m, 受塔克拉玛干沙漠的影响, 属典型的大陆性极端干旱荒漠气候类型, 平均年降水量 42.4 mm 左右, 年蒸发量 2 110.5 mm, 相对空气湿度 50%, 年均总辐射 9 733 MJ/m<sup>2</sup>, 年均气温 10.7℃, ≥10℃ 活动积温约为 4 113.1℃, 极端最低气温 -28.4℃, 无霜期约为 197 d。

### 1.2 试验材料

试材为 3 a 生灰枣 (*Zizyphus jujube* Mill), 采用小冠疏层形整形方式。植株生长健壮, 正常管理。

**第一作者简介:** 王晶晶 (1983-), 女, 甘肃武威人, 硕士, 助理研究员, 现主要从事果树栽培生理研究工作。E-mail: xwangjj530@163.com。

**责任作者:** 陈奇凌 (1970-), 男, 本科, 副研究员, 硕士生导师, 现主要从事果树生理方面研究工作。

**基金项目:** 国家“973 计划”前期预研专项资助项目 (2010CB134406); 新疆农垦科学院青年基金资助项目 (YQJ201104); 兵团产学研专项资助项目 (2010ZX02)。

**收稿日期:** 2011-07-18

## 1.3 试验设计

试验设 4 个模式,模式 1:1 185 株/667m<sup>2</sup> (0.5 m×0.75 m×1.5 m);模式 2:888 株/667m<sup>2</sup> (0.5 m×1.5 m);模式 3:333 株/667m<sup>2</sup> (1 m×2 m);模式 4:111 株/667m<sup>2</sup> (1.5 m×4 m)。在枣树发育的幼果期,每个模式选取 3 棵植株,并取树体中部或中、上部的二次结果枝为观测对象,对枣吊上第 4~7 片叶做好标记,活体测定各个光合指标及环境因子,取各参数平均值做比较分析。

## 1.4 测定方法

蒸腾速率及环境因子的测定:于 8 月 2、3、5 日连续测定 3 d(晴天无风),日变化从上午 10:00(北京时间)开始到下午 18:00 结束。利用 CID-340 便携式光合作用测定仪对不同栽植密度下的红枣叶片蒸腾速率(Tr)进行测定,同时得到光合有效辐射(PAR)、气温(AT)、大气相对湿度(RH)等环境因子。每隔 2 h 观测 1 次,3 次重复。

## 1.5 数据处理

采用 Microsoft Excel 和 Spss16.0 软件进行数据处理,并对差异显著指标进行 Duncan's 多重比较。

## 2 结果与分析

## 2.1 不同栽培模式下枣树蒸腾速率的日变化

由图 1 可看出,在不同的栽植密度下,蒸腾速率的日变化不同。10:00 时,由于栽植密度小,模式 4 的蒸腾速率为 2.98 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,高于其它模式;12:00 时光照强度大,蒸腾作用加强,模式 3 在此时 Tr 表现为峰值,为 6.52 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>;12:00~14:00,各模式的 Tr 只有小幅度变化,之后模式 3 Tr 下降,其余各模式均有上升趋势,16:00 以后再持续下降。

模式 3 的 Tr 在 12:00~14:00 时明显高于其它栽植模式。14:00 变化最为明显,模式 3 的 Tr 分别比模

式 1、2、4 增加了 113.3%、24.9%、127.4%,各模式之间差异显著( $P<0.05$ )。

由图 2 可看出,随着栽植密度的减小,蒸腾速率先增加,模式 3 的蒸腾速率最高,为 4.87 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,然后在模式 4 时由于密度太小,温度高,湿度低,Tr 降低。模式 3 的 Tr 日均值分别比模式 1、2、4 增加了 32.1%、9.7%、25.7%,各模式之间差异显著( $P<0.05$ )。

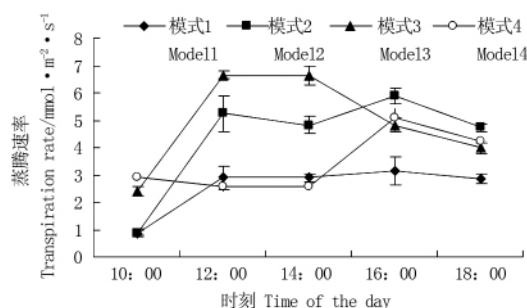


图 1 不同栽植模式下枣树叶片 Tr 的日变化

Fig. 1 The diurnal variation of leaf Tr of planting jujube trees in different modes

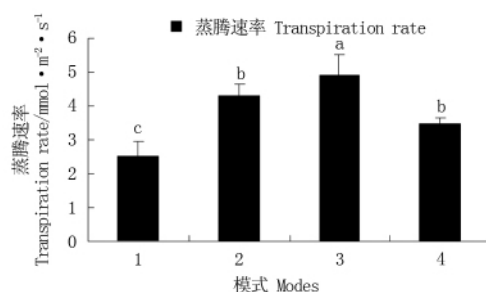


图 2 不同栽植模式下枣树叶片 Tr 的均值变化

Fig. 2 The mean change in jujube leaves Tr in different planting mode

表 1 不同栽植模式下枣树环境因子日变化情况分析

Table 1 Analysis on diurnal variation of environmental factors under different planting patterns of jujube tree

环境因子		测定时间 Time/h				
Environmental factors		10:00	12:00	14:00	16:00	18:00
气温(AT)	模式 1	21.5d	24.4d	28.4c	28.9b	24.3c
	模式 2	23.7c	26.7c	30.1b	28.6b	24.2c
	模式 3	24.0b	28.0b	33.0a	30.5a	25.0b
	模式 4	26.1a	29.9a	32.4a	31.8a	26.3a
大气相对湿度(RH)	模式 1	61.3a	52.7a	47.8a	47.6a	51.0a
	模式 2	53.5b	46.7b	45.7b	40.7b	43.9b
	模式 3	44.5c	41.9c	30.8c	27.8c	26.8c
	模式 4	34.3d	24.3d	20.4d	19.6d	14.4d
有效光辐射(PAR)	模式 1	588.3b	1 154.3cC	1 076.6cC	457.8d	404.7c
	模式 2	696.9a	1 395.2aA	1 364.5bB	698.6b	572.1b
	模式 3	695.0a	1 337.7bB	1 387.5aA	765.3a	676.3a
	模式 4	724.4a	987.3dD	958.1dD	566.4c	565.1b

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

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.

## 2.2 不同栽培模式下枣树环境因子的日变化

由表 1 可知,在枣树幼果期,日平均气温(AT)在

21℃以上,最大值出现在 14:00 左右;除模式 1 外,各个模式都在 10:00~14:00 时气温(AT)持续上升到

最大值,14:00 之后随着光照强度的下降,温度缓慢下降。在日变化测定的各个时刻,气温(AT)都随栽植密度的减小而增高。

空气湿度(RH)变化情况为,模式 1 和 2 的大气湿度从上午 10:00 下降至 16:00 的最小值 40.7%左右,然后略有回升,到 18:00 时上升到 51%左右;模式 3 和 4 大气湿度从上午 10:00 开始持续下降,到 18:00 时达到最小值 14.4%~26.8%。

枣树叶片光合有效辐射(PAR)的变化趋势为先上升,至 12:00 时表现为峰值,PAR 分别为 1 154.3、1 395.2、1 337.7 和 987.3 mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>,之后随着时间的推移持续下降。在日变化过程中模式 3 都表现较强的光合有效辐射值,且与其它各模式之间差异显著( $P<0.05$ ),利于光合作用的进行。

表 2 4 种栽植模式枣树叶片外界环境因子的差异

Table 2 Differences in environmental factors of jujube leaves in four planting partterns

环境因子 Environmental factors	模式 1 Model 1		模式 2 Model 2		模式 3 Model 3		模式 4 Model 4	
	平均值 Mean/%	差异比较 Differences	平均值 Mean/%	差异比较 Differences	平均值 Mean/%	差异比较 Differences	平均值 Mean/%	差异比较 Differences
光强(PAR)Photosynthesis active radiation	1 176	c	1 359.3	a	1 345.3	a	1 261.3	b
气温(AT)Air temperature	28.5	c	30.7	b	32.4	a	31.5	a
相对湿度(RH)Relative humidity	68.9	a	46.1	b	44.3	b	21.1	c

注:数据为平均值。同行不同小写字母分别表示 LSD 差异达显著水平( $P<0.05$ )。

Note: Values are the means. The same small letter indicate the significant difference sat( $P<0.05$ ) by LSD test.

2.4 枣树蒸腾速率与环境因子的关系

由表 3 可知,植物的蒸腾速率受自身的生物学特性及周围环境因子的影响。对蒸腾速率( $T_r$ )与光合有效辐射(PAR)、气温(AT)、空气相对湿度(RH)等因子进行相关性分析得出,4 种模式的蒸腾速率均与光合有效辐射、气温、空气相对湿度等因子呈显著相关;与光合有效辐射(PAR)极显著相关( $r=0.839^{**}$ ),与气温(AT)显著相关,而与空气相对湿度(RH)没有显著相关性。气温与光合有效辐射显著相关( $r=0.675^{*}$ ),与空气湿度之间不存在相关性。蒸腾速率与影响因子关系的紧密程度依次为 PAR、AT、RH。

表 3 枣树叶片蒸腾速率( $T_r$ )和环境因子日均值之间的相关系数

Table 3 The correlation coefficients between ranspiration rate( $T_r$ )and environmental factors of jujube tree

环境因子 Environmental factors	有效光辐射(PAR) Photosynthesis active radiation	气温(AT) Air temperature	大气相对湿度(RH) Relative humidity
蒸腾速率( $T_r$ ) Transpiration rate	0.839**	0.627*	-0.313
有效光辐射(PAR) Photosynthesis active radiation	—	0.575*	0.196
气温(AT) Air temperature	0.675*	—	-0.298
大气相对湿度(RH) Relative humidity	0.196	-0.298	—

注:\*\*表示相关性达 0.01 显著。

Note:\*\* Correlation is significant at the 0.01 level(2-tailed).

3 结论与讨论

蒸腾作用是植物体内水分以气体状态向外界散失

2.3 不同栽培模式下枣树环境因子的差异比较

由表 2 可知,在南疆充足的光照条件下,各种模式都表现强的光合有效辐射值,日均值在 1 100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  以上,在果实幼果发育期,气温在 29℃以上,保证了果实生长发育的光温条件。

空气湿度随各栽植模式密度的减小而下降,密度大,通透性小,空气湿度大;密度小,通透性大,蒸散快,空气湿度小。在各个环境因子变化过程中,模式 1 和 2 由于密度较大,空气温、湿度变化缓慢;模式 4 密度小,空气温、湿度会出现骤变,都不能充分满足枣树光合作用所需要的环境状况。模式 3 始终表现较高温度,较强的光照强度,适度的空气湿度,特别是在枣树花期、幼果期,利于坐果及果实生长发育。

的过程,枣树吸收的水分绝大部分消耗在蒸腾作用过程中。蒸腾速率是反映植物蒸腾作用的一个重要指标,它能调节植物体的生理机制,使植物适应环境变化<sup>[8]</sup>。蒸腾强度影响着植物的水分状况,在一定程度上反映了植物调节水分损失的能力,蒸腾强度的高低,从一个侧面反映植物适应环境能力的大小,蒸腾速率不仅受植物体自身的生物学特性(气孔构造、叶片形态和组织结构等)的影响,也受外界环境因子(光合有效辐射、大气温度、叶面温度、CO<sub>2</sub> 浓度、空气相对湿度和土壤含水量等)的制约<sup>[9-10]</sup>。

对蒸腾速率( $T_r$ )与光合有效辐射(PAR)、大气温度(AT)和空气相对湿度(RH)进行相关性分析得出,4 种栽植模式的蒸腾速率与光合有效辐射呈显著性正相关,这是因为光合有效辐射是蒸腾作用的动力,强烈的光照可以使叶温高于气温,使叶内外蒸汽压差变大,促进水分的蒸发,提高蒸腾速率(表 3)。该研究发现,在正常水分条件下,气温(AT)是影响枣树蒸腾速率( $T_r$ )的主要环境因子之一,且各模式的蒸腾速率与气温呈极显著性正相关( $r=0.627$ ),主要是由于气温的升高,增大了叶内外的水汽压梯度,水汽压差加大,蒸腾速率增大,这与前人的研究结果基本一致<sup>[11-12]</sup>。4 种模式的蒸腾速率与空气相对湿度(RH)呈负相关(相关系数  $r=-0.313$ ),但不显著,这与前人的研究不符<sup>[13]</sup>,在温度相同时,大气相对湿度越大,其蒸汽压就越大,叶内外蒸汽压差就变小,气孔下腔的水蒸气不易扩散,蒸腾减弱,反之大气湿度较低,则蒸腾速度加快<sup>[14]</sup>。

该研究结果表明,枣树叶片的蒸腾速率与外界环

境因子之间存在密切联系。可得出对枣树叶片蒸腾速率影响极显著的因子是气温,影响显著的为相对湿度、光合有效辐射,且作用的大小也按此顺序排列,也就是说,在枣树栽植区域诸多因子中,叶温、气温是影响蒸腾速率的主导因子;对蒸腾速率影响极显著的为光强,影响显著的为相对湿度,而气温未达到显著水平。综合以上各因素认为模式 3:333 株/667m<sup>2</sup> (1 m×2 m) 效果最佳。在实际栽培管理中,要结合整形修剪技术,确保通风透光,提高树体同化能力,从而达到高产。

#### 参考文献

- [1] 张玉星. 果树栽培学各论[M]. 北京: 中国农业出版社, 2003: 216-219.
- [2] 邓小云. 植物多糖药理作用研究进展[J]. 中医药导报, 2006, 12(9): 86-88.
- [3] 鲍玉海, 杨吉华, 李红云, 等. 不同灌木树种蒸腾速率时空变异特征及其影响因子的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 184-187.
- [4] 郑阿宝, 钟育谦, 阮宏华, 等. 次生栎林蒸腾强度与生态因子的关系[J]. 植物资源与环境学报, 2000, 9(2): 27-29.
- [5] 李景先, 刘学增. 枣矮化密植园早期丰产栽培技术[J]. 河北果树, 2008(6): 52-53.
- [6] 宋宪军, 马国林, 许春玲. 新郑枣树矮化密植丰产栽培技术[J]. 中国林业, 2008(6): 54-55.
- [7] 秦淑琴. 塔里木盆地红枣矮化高密度早期丰产栽培技术[J]. 北方果树, 2009(2): 17-18.
- [8] 郑淑霞, 上官周平. 8 种阔叶树种叶片气体交换特征和叶绿素荧光特性比较[J]. 生态学报, 2006, 26(4): 1080-1087.
- [9] 王润元, 杨兴国, 赵鸿, 等. 半干旱雨养区小麦叶片光合生理生态特征及其对环境的响应[J]. 生态学杂志, 2006, 25(10): 1161-1166.
- [10] 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.
- [11] 李海梅, 何兴元, 陈玮. 沈阳城市森林主要绿化树种丁香的光合特性研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(12): 2245-2249.
- [12] 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.
- [13] 刘康, 陈一鹤. 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.
- [14] 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.

## Study on Correlation between Transpiration Rate and Environmental Factors for Chinese Jujube in Different Modes of Planting

WANG Jing-jing<sup>1</sup>, LI Ming<sup>1</sup>, CHEN Qi-lin<sup>1</sup>, ZHENG Qiang-qing<sup>1</sup>, GAO Jiang-sheng<sup>2</sup>

(1. Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Shihezi, Xinjiang 832000; 2. Tarim University, Alar, Xinjiang 843300)

**Abstract:** To understand the relationship between the transpiration rate of jujube leaves and environmental factors under different planting patterns, 3-year-old *Zizyphus jujube* cv. Huizao trees were used as test material, the planting density were 1 185 plants/acre (0.5 m×0.75 m×1.5 m), 888 plants/acre (0.5 m×1.5 m), 333 plants/acre (1 m×2 m) and 111 plants/acre (1.5 m×4 m), transpiration rate (Tr) and photosynthetic active radiation (PAR), air temperature (AT), relative humidity (RH) and other environmental factors by CID-340 photosynthesis analyzer in the young fruit period of jujube were determined, and analyzed correlation between transpiration rate and environmental factors. The results showed that under different planting densities jujube transpiration rate (Tr) at the different changes, 333 plants/acre (1 m×2 m) mode maximum transpiration rate, 4.87 mmol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, significant differences between each mode. Transpiration rate (Tr) and photosynthetic active radiation (PAR), air temperature (AT) was a significant positive correlation, and no significant correlation with relative humidity (RH), 111 plants/acre (1.5 m×4 m) mode, the transpiration rate of change with temperature higher. Different planting densities on the jujube tree transpiration rate had great influence, 333 plants/acre (1 m×2 m) mode, the tree transpiration rate was stronger than the other models, it will help light the tree energy use, increase the strength of 'source'.

**Key words:** jujube tree; planting pattern; transpiration rate; environmental factors; correlation