

干旱绿洲区枣园冠层微环境调控效应

洪明^{1,2}, 赵经华¹, 马英杰¹, 穆哈西¹, 游磊¹, 王治国³

(1. 新疆农业大学水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 河海大学水利水电学院, 江苏 南京 210098;
3. 新疆农业科学院土壤肥料与农业节水研究所, 新疆 乌鲁木齐 830091)

摘要: 在新疆干旱绿洲区, 枣树花期常遇高温干旱天气, 易造成坐果率低而导致红枣产量下降, 增加灌水和人工弥雾等现有微环境调控技术易出现灌溉水利用效率低, 农业面源污染严重, 劳动强度大等问题。将盛花期微喷弥雾技术与微灌技术一体化, 在两树行中间增加弥雾, 架设高度 0.5 m 的雾化喷头, 设置了弥雾 30 min(T1), 60 min(T2), 90 min(T3) 及滴水处理(T4), 以常规滴灌处理(CK)为对照, 通过大田试验研究了微喷弥雾对枣园冠层微环境的调控效应。结果表明: 干旱绿洲区红枣园冠层中部在盛花期时的高温天气每日会出现低温高湿和高温低湿两段共计约 14 h 左右的不适于红枣开花坐果的时段, 微环境调控空间很大; 处理 T1~T4 冠层中部温度较周围环境和 CK 分别低 11.0%, 10.5%, 12.5%, 14.0% 和 2.3%, 0.4%, 2.6%, 3.8%, 湿度较周围环境及 CK 分别高 23.7%, 20.0%, 21.2%, 17.2% 和 5.3%, 2.2%, 3.2%, -0.1%, 产量较对照分别高 9.4%, 6.8%, 6.7%, 10.2%, 表明微喷弥雾具有一定的改善冠层微环境和增产的作用; 干旱绿洲区枣园冠层中部的空气温度与相对湿度呈较好的负线性关系; 微喷弥雾对红枣树坐果率和果实品质的影响不尽相同, 综合考虑产量和果实品质, 微喷弥雾 30 min 的处理最佳, 建议微喷弥雾应在 12:00 和 16:00 分两个时段进行。

关键词: 红枣树; 微环境调控; 微喷弥雾; 空气温度; 相对湿度

中图分类号: S162.4; S665.1 **文献标志码:** A

Micro environmental regulation effect of red jujube trees' canopy in arid oasis region

HONG Ming^{1,2}, ZHAO Jing-hua¹, MA Ying-jie¹, MU Ha-xi¹, YOU Lei¹, WANG Zhi-guo³

(1. College of Hydraulic and Civil Engineering of Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China;
2. College of water Conservancy and Hydropower Engineering of HoHai University, Nanjing, Jiangsu 210098, China; 3. Research Institute of Soil & Fertilizer and Agricultural Water Conservation, Xinjiang Academy of Agricultural Sciences, Urumqi, Xinjiang 830091, China)

Abstract: Flowering stage of red jujube trees always encounters with hot dry weather in arid oasis region in Xinjiang, which leads to lower setting rate and follows decreasing of red jujube yield easily. Increasing irrigation and artificial atomization are existed microenvironment regulation technology, which resulted some problems such as lower water use efficiency (WUE), serious agricultural nonpoint source pollution, high labor intensity and lacking of scientific foundation. In order to supply theoretical foundation to red jujube production in this area. After integrated atomization with micro spray technology (AWMS) with micro-irrigation, a line of micro sprinkler at 50 cm above the ground was installed and five treatments were created. The treatments were: T1, T2, T3 in which atomized for 30 min, 60 min and 90 min, respectively, T4 in which drip water volume equal to T2, control (CK) that was normal drip irrigation. Field experiment was carried out to study the effect of micro environmental regulation of red jujube trees canopy in arid oasis region. It turned out that there were two times a day—high atmosphere temperature(AT) with low relative humidity(RH) and low AT with high RH in central canopy of red jujube trees during the flowering stage when encounter with hot dry weather, in totally come up to about 14 hours, which showed great potential of micro environmental regulation of red jujube trees; canopy. AT of T1~T4 were 11.0%, 10.5%, 12.5%, 14.0% and 2.3%, 0.4%, 2.6%, 3.8% lower than those

收稿日期: 2015-01-03

基金项目: 新疆自治区科技重大专项(201130103-1); 国家科技支撑计划项目(2011Bad29B05); 新疆水利科技专项(2014T16); 新疆高校科研计划项目(20140627141513538); 新疆地方公派留学项目(XJDF201307); 新疆水利水电工程重点学科基金资助项目(XJZDXK-2002-10-05)

作者简介: 洪明(1980—), 男, 新疆玛纳斯人, 副教授, 博士研究生, 主要从事节水灌溉理论与新技术的研究。E-mail: hongming1109@163.com。

of surrounding and control, RH of T1 ~ T4 were 23.7%, 20.0%, 21.2%, 17.2% and 5.3%, 2.2%, 3.2%, -0.1%, higher than those of surrounding and control, fruit yield were 9.4%, 6.8%, 6.7%, 10.2% higher than that control, which showed that AWMS have certain effect on improving AT and RH of central canopy and increasing fruit yield. There is an obvious negative linear relationship between AT and RH of central red jujube trees' canopy. AWMS' effect on fruit setting rate and fruit qualities were not the same, the best treatments was T1, as far as fruit yield quality were concerned. It's recommended that AWMS should be carried out in two times a day, 12 Am in the morning and 4Pm in the afternoon.

Keywords: red jujube trees; micro environmental regulation; atomization with micro spay; atmosphere temperature; relative humidity

地处内陆干旱区的新疆,由于降雨稀少,蒸发量极大,严重的水资源危机已成为限制本地区农业经济发展和生态环境改善的最大障碍。近年来随着人口的增加,灌溉面积剧增,导致水资源短缺问题日益加重,部分河道断流、水域面积减小,植被锐减,土地荒漠化及水土流失严重,建设节水型现代农业是实现新疆农业和生态可持续发展的根本措施^[1-2]。在充分发挥新疆优势的光热资源前提下通过节水型特色林果产业来协调工农业发展,推进农业经济结构升级,保护绿洲生态环境,促进农民增收显得尤为重要。

红枣 (*Zizyphus jujuba mill*) 属于鼠李科 (*Rhamnaceae*)^[3], 原产于中国、蒙古及中亚等国家^[4]。红枣营养丰富,富含糖类、蛋白质、脂肪、多种维生素及矿物质^[5],被广泛地应用于制药,具有抗菌、抗病毒的功效^[6],能够缓解神经衰弱症状,还具有抗癌,调节人体免疫功能等作用^[7],被认为是功能性食物^[8-9]。新疆环塔里木盆地光热资源非常丰富,气候条件适宜红枣栽培,因此红枣成为近年来该地区大力发展的特色林果之一。至 2012 年底,全疆红枣种植面积已达 $4.5 \times 10^5 \text{ hm}^2$, 占全国红枣总种植面积的 1/4, 是新疆目前发展最快的特色林果,不仅起到防风固沙的作用,而且为农民致富奔小康提供了新的途径^[10]。

微环境调控技术是利用某种设施或方法对作物生长环境(光照、温度、湿度、CO₂ 浓度等)进行调控,为作物生长提供适宜的生长环境,使其在最适宜的生长环境里,获得最高的产量、品质和经济效益的一种高效农业栽培技术,多用于设施农业^[11]。

枣树花粉的发芽分化需要较高的空气相对湿度,开花坐果也需要充足的水分供应。在北方枣区,枣树花期常遇高温、干旱天气,易出现“焦花”造成坐果率下降从而影响红枣产量^[12]。枣农在长期的生产实践中总结出了花期喷水的保花保果技术,即利用弥雾机械在红枣盛花期喷清水,从而达到提高坐果率的目的;目前,该技术已成为我国北方枣区枣园

微环境调控的主要方式之一。在新疆主要红枣种植区,常年干旱少雨,空气相对湿度小,花期与高温天气重合,加之枣树盛花期长达 35 天左右;人工弥雾,劳动强度大,适宜于一家一户的小规模种植,与当前红枣产业规模化、现代化生产不相适应;因而多采用花期大水漫灌来增加空气相对湿度,提高坐果率,进而导致灌溉水利用效率低,同时引发的农田面源污染问题日益突出。在对口援疆、跨越式发展的大背景下,该地区城镇化和工业化步伐逐渐加快,更加剧了当地水资源的供需矛盾,环境污染风险增大,该地区特色林果产业可持续发展面临严峻挑战。

本研究将枣园微灌技术与花期微喷弥雾技术一体化,集合现有的枣园微灌技术,利用已有的枣园滴灌系统,在红枣花期增加一套专门用于冠层微环境调控的微喷弥雾系统,改变传统枣园地面灌或灌溉、花期喷水分开实施的方式,在此基础上,探索枣树冠层微环境调控效应机制,丰富该地区枣园微环境调控理论,以期于干旱区红枣生产提供一定的理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

微环境调控试验于 2013 年 4—10 月在新疆阿克苏市郊区的阿克苏地区农业科技示范园内的枣园开展,距离阿克苏市约 11 km,地理坐标为北纬 41°16' ~ 41°17',东经 80°20' ~ 80°21',海拔 1 100 m,属于典型的暖温带大陆性气候,光照充足,无霜期较长,多年平均气温 10.7℃,昼夜温差大, > 10℃ 的年有效积温为 3 902.9℃ 左右,年日照时数 2 750 ~ 3 078 h,多年平均太阳总辐射量 546 ~ 592 KJ·cm⁻²,多年平均降水量 74.4 mm,多年平均蒸发量 1 868 mm,全年无霜期约 212 d。试验区土壤为沙壤土,0 ~ 120 cm 平均干容重 1.42 g·cm⁻³,田间持水率为 34.2%(体积含水率),土壤 pH 值 7.51,总含盐量 0.7 g·kg⁻¹、全氮 0.446 g·kg⁻¹、全磷 0.703 g·kg⁻¹、

有机质 $9.548 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效氮 $57.23 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效磷 $4.4 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 、速效钾 $179 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ ，地下水埋深大于 6 m，灌溉水源采用地下水。

1.2 供试材料

供试的红枣树为灰枣，属于干鲜兼用类品种，2003 年栽植酸枣苗，2004 年春季嫁接，树高 3 m 左右，平均地径 10 cm 左右，株行距 $2 \text{ m}\times 3 \text{ m}$ ，树势均匀。

1.3 试验方法

1.3.1 灌溉方法 红枣树采用滴灌灌溉，即在树行

两侧 50 cm 处各布置一根滴灌管，滴灌管外径 16 mm，壁厚 1.2 mm，滴头流量为 $q = 3.75 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ ，为管上补偿式滴头，滴头间距 50 cm（北京绿源塑料有限责任公司生产）。供测试的红枣树均采用统一的灌溉制度（表 1）。试验中基肥采用穴施（施肥穴平行于树行，在滴头正下方）外，其他追肥采用滴施，滴施肥量按照地面灌施肥量中氮磷钾净含量的 70% 施入，追肥次数与地面灌相同；其他田间管理措施均参照当地高产地块的管理方法。

表 1 试验采用的灌溉制度

Table 1 Irrigation schedule

项目 Items	萌芽期 Forming stage 04 - 15— 05 - 24	花期 Flowering stage 05 - 25— 07 - 15	幼果期 Young fruit period 07 - 16— 08 - 15	果实发育期 Fruit development 08 - 16— 09 - 15	成熟期 Mature period 09 - 16— 11 - 05	休眠期 Rest period 11 - 06— 04 - 14	全生育期 Whole growth stage 510
灌水定额 Irrigation quota/mm	30	30	30	30	30	—	510
灌水次数 Irrigation frequency	2	6	4	4	1	—	17

1.3.2 试验设置 参考已有的研究经验^[13]，在已有的滴灌系统上增加一套专门用于花期弥雾的微喷系统，即增加一条供水支管，两行树中间增加一条用于微喷的支管，微喷头架设在两行树的中间，每两行树为一个试验小区。试验共设置 5 个处理：其中 3 个微喷弥雾处理，微喷头架设高度均为 0.5 m，弥雾时间不同，T1 弥雾 30 min，T2 弥雾 60 min，T3 弥雾 90 min；T4 为滴水处理即用滴灌将 T2 处理喷水量用滴灌滴下去；以常规滴灌作为对照处理（CK）。在盛花期时的高温天气，每日 19:30 开始喷水。

试验用微喷头的具体技术参数如下：

微喷头工作压力 0.3 MPa（30 m 水头），额定流量 $20 \sim 30 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ ，理论喷洒半径 1.5 m，经过实测在试验地条件下微喷头的流量约为 $25 \text{ L}\cdot\text{h}^{-1}$ ，喷洒半径 1.0 m。微喷头架设高度 0.5 m，间距 2 m，试验小区长 25 m，控制宽度 3 m，控制面积 75 m^2 ，为防止各处理之间受风的影响，各处理之间架设了 1.5 m 高的塑料薄膜进行隔离，微喷头及其布置形式如图 1 所示。为减少试验误差，各处理设 3 个重复，试验小区随机布置。



(a) 研究选用的微喷头
Adopted micro sprinklers



(b) 微喷头的布置方式
Lay out of micro sprinklers

图 1 试验选用的微喷头及微喷头布置方式

Fig.1 Adopted micro sprinklers and lay out in this experiment

1.4 参数测定及方法

冠层微环境：在冠层中部安置百叶箱，内置 HC-2 温湿度自动记录仪，对各处理在微环境调控试验期间的冠层中部的温湿度每 1 h 自动记录一次。

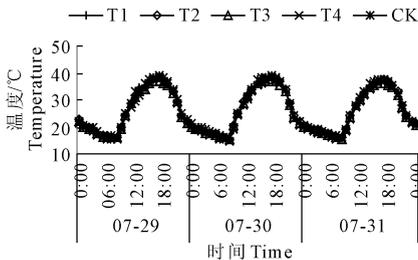
气象资料：利用 Watchdog 自动气象站观测太阳

辐射、气温、相对湿度、风速及降雨量等气象资料，每 1h 记录一次数据。

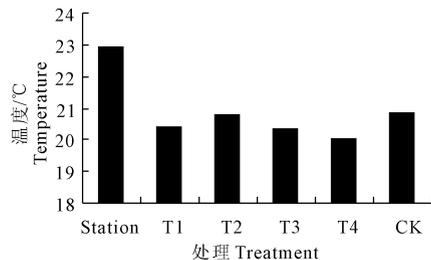
枣树花、果指标：主要指枣树的花果量调查，自盛花期，在试验树上的 4 个方向，1.0~1.5 m 处找两年生的枝上枣吊，每树 8 个枣吊作标记，统计枣吊上

所有花与花苞的数量,每十天调查一次,在幼果期统计标记枣吊上的幼果数量,用幼果期的枣果数与盛花期的花数之比作为坐果率。

红枣产量及果实指标:主要包括产量、单果重、总糖、可滴定酸、Vc含量。其中产量是在果实成熟后对每个处理的3棵试验树产量进行分开称量,平均后得到;单果重是在红枣测产后将每个处理的3棵试验树产量混合,称量1 kg计算平均单果重;可溶性总糖含量用蒽酮比色法测定^[14];可滴定酸含量(以苹果酸计)依照 GB/T 12293-1990 测定^[15];红枣果实的Vc含量采用2,6-二氯酚酚滴定法测定^[16]。



(a) 红枣树冠层空气温度日变化
Atmosphere temperature diurnal variation
of red jujube trees canopy



(b) 弥雾后红枣树冠层空气温度时段均值
Average atmosphere temperature of
red jujube trees canopy after atomizing

注:图(b)中的 Station 表示气象站监测的数据。下同。

Note: Station in the figure represents the data of the weather station monitoring. The same below.

图2 不同处理下红枣树冠层空气温度变化

Fig.2 Temperature variations in red jujube trees canopy by different treatments

由图2(a)中可以发现,各处理枣树冠层温度的逐日变化规律基本一致,在观测时段内各处理最低温度出现在08:00前后,观测时段内的平均最低温度在15.6°C左右变化;然后温度逐渐升高,在17:00前后达到当日的最高温度,最高温度在36.82°C~38.54°C之间变化。枣树冠层温度的日温差达22°C左右。根据已有的研究表明^[17],当5日滑动平均气温在20°C时,枣树进入始花期,22°C~25°C进入盛花期。随着温度升高,开花时间提前,如果平均气温高于30°C,则缩短开花期;当气温低于20°C时,影响开花,不利于坐果,花期尤其是初盛花期高温和干旱严重影响坐果,甚至不坐果。由图2(a)可以看出,试验枣园02:00—09:00,试验各处理的枣树处于不利于开花的低温阶段,历时约为7 h,12:00—20:00则处于不利于开花的高温阶段,历时约8 h,两段时长达15 h,从调控温度角度出发,仍然具有较大的调控空间。从图2(b)可以发现所有微喷处理的枣树冠层中部的温度均较气象站的监测气温(在枣树冠层上方1 m处)低10.5%~14.0%,较CK低0.4%~3.8%,表明微喷弥雾措施具有降低枣树冠层温度的作用。

2 结果与分析

2.1 不同处理下红枣树冠层温度、湿度的变化

2.1.1 不同处理下红枣树冠层温度的变化 在盛花期(7月20日—8月10日)进行了微喷弥雾试验,此处仅以7月29日—7月30日的数据为例进行分析,其中7月30日下午19:30进行微喷弥雾,各处理红枣树冠层温度逐日变化如图2(a)所示,为了进一步探讨不同处理对枣树冠层温度的影响,将7月30日下午弥雾后,20:00至7月31日08:00的枣树冠层的温度取均值后来分析,如图2(b)所示。

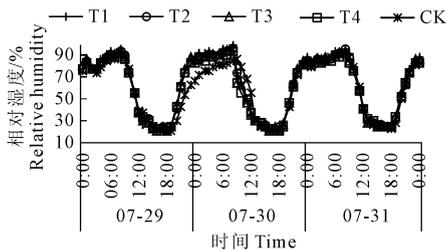
2.1.2 不同处理下红枣树冠层相对湿度的变化

各处理红枣树冠层湿度逐日变化如图3(a)所示,7月30日下午弥雾后,20:00至7月31日08:00时的枣树冠层的空气相对湿度取均值如图3(b)所示。由图3(a)可以看出,各处理枣树冠层的相对湿度变化规律相似,各处理枣树冠层的相对湿度均在08:00前后出现最大值,此时各处理相对湿度在92.4%~97.1%之间变化,各处理枣树冠层相对湿度在18:00前后达到最小值,在20.2%~24.5%之间变化,枣树冠层相对湿度的日变幅巨大。据相关研究表明枣树盛花期较为适宜的相对湿度为75%~85%^[18],由图3(a)可以发现,10:00—22:00这一时间段,试验各处理红枣冠层相对湿度均较相对湿度的“适宜值”偏低。05:00—09:00这一时段,试验各处理红枣冠层相对湿度又均较相对湿度“适宜值”偏高,再加之低湿高温、高温低湿时段多重重合在一起,时长达14 h。周围环境的温湿度会同时影响作物的蒸腾与光合作用以及植物花芽分化、发育和授粉。对杏花的研究表明^[19],高温会加速植物雄花的发育过程,但雌蕊的发育要滞后于雄花,高温会导致“焦花”,即雌蕊还未授粉,雄蕊就已经枯萎凋谢,其结果会导致坐果率

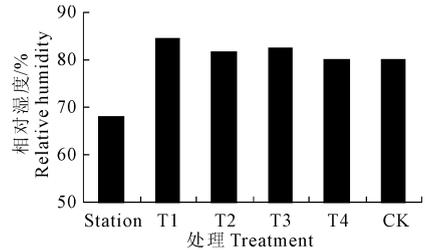
降低,最终引起减产。低湿度会通过减小植物气孔开度来减少叶片水分的蒸腾,同时也降低作物的光合作用强度,干物质累积少,花粉萌发率低,花粉管生长速度慢,授粉受精不良,坐果率低^[20-21]。各处理枣树冠层相对湿度较气象站监测的高 17.2%~23.7%,较 CK 的高 -0.1%~5.3%,其中 T1 的增湿

效果最好。

2.1.3 不同处理下枣树冠层温、湿度的关系 将试验获得的不同处理枣树冠层空气温、湿度数据进行回归分析,由于各处理规律相似,在此仅以 T1 和 CK 处理二者关系图为例说明(图 4)。将各处理枣树冠层空气温度和相对湿度回归后的函数关系列于表 2。



(a) 红枣树冠层相对湿度日变化
Relative humidity diurnal variation
of red jujube trees canopy



(b) 弥雾后红枣树冠层相对湿度时段均值
Average relative humidity of red jujube trees
canopy after atomizing

图 3 不同处理下红枣树冠层空气相对湿度变化

Fig.3 Atmosphere relative humidity variations in canopy of jujube tree by different treatments

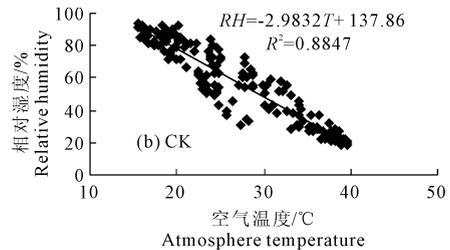
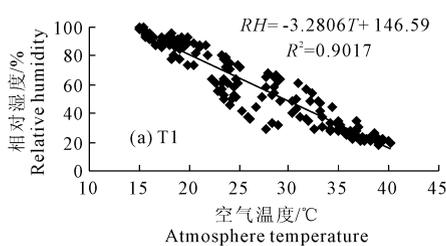


图 4 T1 与 CK 处理枣树冠层空气温湿度之间的关系

Fig.4 Relationships between atmosphere temperature and relative humidity of canopy in T1 and CK

表 2 不同处理下枣树冠层空气温度与相对湿度的回归关系

Table 2 Regressions between atmosphere temperature and relative humidity of canopy by different treatments

处理 Treatments	函数关系 Function relationship	函数关系中参数值 Parameter value in function		R^2	备注 Notes
		k	b		
T1		-3.2806	146.59	0.9017	
T2		-3.1961	147.38	0.9019	
T3	$RH = kT + b$	-3.1187	145.90	0.8883	RH—相对湿/%; T—空气温度/°C
T4		-3.2389	138.39	0.8961	
CK		-2.9832	137.86	0.8847	RH—relative humidity/%; T—atmosphere temperature/°C

通过图 4 及表 2 可以发现,试验条件下枣树冠层空气温度及相对湿度之间呈负的线性关系,相关系数 R^2 接近 0.9,表明二者之间具有较好的相关性。此外,各处理枣树冠层空气湿度与相对湿度的回归函数中,斜率 k 与截距 b 的变幅分别在 10% 和 6% 以内,相对比较稳定,与试验条件相似的花期枣园冠层空气温湿度关系可以用表 2 中的函数关系近似表示。观察 T1、T2、T3 的回归方程可以发现,随弥雾时间的增加,斜率的绝对值逐渐减小,表明随弥雾

时间的增加,枣树冠层空气相对湿度随温度的变化逐渐小。

2.2 不同处理下红枣的坐果率、产量及品质

2.2.1 不同处理下红枣的坐果率 分别在盛花期(7月11日)、幼果期(8月10日)调查了各处理红枣的枣花及枣果数量,经分析整理后得到各处理红枣树的平均坐果率见表 3。各处理的坐果率在 12.6%~25.38% 之间变化,除了 T3、T4 的坐果率较 CK 的略低,T1、T2 的坐果率均较对照高,但是在 $\alpha = 0.05$

的水平下,差异不显著。随着弥雾时长从 T1 的 30 min 增加至 T3 的 90 min,枣树的坐果率逐渐从 25.38% 降至 12.6%,变化规律与文献[13]的研究结果相似,坐果率与文献[22]中的坐果率比较接近,但

较文献[13]中的高出很多,分析认为是由于调查起始时间的不同造成了坐果率数值上的差异。从提高红枣坐果率的角度出发,T1 处理最佳。

表 3 不同处理下红枣的坐果率、产量和品质

Table 3 Fruit setting rate, red jujube yield and quality by different treatments

处理 Treatments	坐果率 Setting rate /%	产量 Yield /(kg·hm ⁻²)	单果重 Single fruit weight/g	Vc 含量 Vc content /(mg·100g ⁻¹)	总糖含量 Total sugar content/%	总酸含量 Total acid content/%	糖酸比 Sugar acid ratio
T1	25.38a	7909.5	4.17	10.1	55.1	0.42	137.6
T2	24.86a	7723.3	4.70	8.2	50.1	0.49	102.5
T3	12.60c	7711.2	4.26	7.9	51.3	0.47	110.5
T4	13.58abc	7965.2	4.39	7.9	52.4	0.56	94.4
CK	18.00ab	7230.1	4.61	8.2	53.1	0.40	120.8

注:同一列不同字母表示在 $P < 0.05$ 水平下差异显著。

Note: Different letters in same column represent significant difference at $P < 0.05$ level.

2.2.2 不同处理下红枣树的产量 试验各处理红枣树的产量在 7 230.1 ~ 7 909.5 kg·hm⁻² 之间变化, T1 ~ T4 的红枣产量较 CK 的高 6.7% ~ 10.2%,说明微喷弥雾具有一定的增产作用,研究结果与文献[13]的研究结果相似。随着弥雾时长从 T1 的 30 min 增加至 T3 的 90 min,红枣产量逐渐从 7 909.5 kg·hm⁻² 降至 7 711.2 kg·hm⁻²。值得注意的是获得最高产量的处理并不是坐果率最高的 T1,而是坐果率相对较低的 T4。一方面,本研究统计的坐果率是在幼果期,距离成熟期还有近 60 天的时间,后期的水肥及园艺管理措施对红枣的产量影响很大。另外也说明一味地追求高的坐果率不但达不到最高的产量,有时甚至会适得其反,在实际生产当中如果对坐果率调控不当,就会出现枣树“累死”和明显的“大小年”现象。从提高产量红枣产量的角度出发,T4 处理最佳。

2.2.3 不同处理下红枣的品质 试验各处理红枣的单果重在 4.17 ~ 4.70 g 之间变化,微喷弥雾处理的红枣平均单果重为 4.38 g,与 T4 的 4.39 g 相近,但均小于 CK 的红枣平均单果重,且对微喷弥雾处理而言,随弥雾时间的增加,红枣的单果重先增大后减小,其中 T2 的红枣单果重最大。

试验各处理红枣的 Vc 含量在 7.9 ~ 10.1 mg·100g⁻¹ 之间变化,微喷弥雾处理的 Vc 含量均值为 8.74 mg·100g⁻¹,均较 T4 和 CK 的高,说明微喷弥雾措施具有提高红枣 Vc 含量的效果。随喷水时间的增加,红枣 Vc 含量逐渐减小,其中 T1 红枣 Vc 含量最高。

试验各处理的红枣总糖含量在 50.1% ~ 55.1%

之间变化,各处理之间无明显差异,除 T1 的总糖含量较 CK 的略高外,其余各处理均较 CK 的略低。就总糖含量来讲,T1 处理最高。

试验各处理的总酸含量在 0.40% ~ 0.56% 之间变化,各处理红枣的总酸含量均较对照处理高,说明微喷弥雾和滴水措施均会提高红枣总酸的含量,对微喷处理,随喷水时间的增加,红枣总酸含量先增大后减小再增大,T4 处理红枣总酸含量最高。

试验各处理的糖酸比在 94.4 ~ 137.6 之间变化,除 T1 的红枣糖酸比较 CK 高外,其余各处理的均较 CK 的低,就糖酸比来讲,T1 处理最高。

综合红枣产量与品质可以发现,在盛花期适当应用微喷弥雾措施,在提高产量的同时,红枣的品质也有一定提高,其中 T1 的效果最好,即在红枣盛花期遇高温天气时,于傍晚微喷弥雾 30 min,具有一定的增产和改善品质的效果。

3 结 论

1) 干旱绿洲区枣园中部在红枣盛花期时枣树冠层分别在 05:00—09:00 时会出现低温高湿,12:00—20:00 出现高温低湿的两个不利于红枣坐果的时段,总时长达 14 h 左右,表明对于干旱绿洲区枣园,冠层微环境调控还有很大的调控空间。

2) 本试验条件下,枣树冠层的空气湿度与相对湿度具有较好的负线性关系,与试验条件相似的盛花期枣园冠层空气温湿度关系可用 $RH = kT + b$ 函数关系近似表示。

3) 就坐果率、产量和品质而言,微喷弥雾处理除单果重、总酸含量较对照处理略低外,坐果率、产

量、Vc 含量、总糖含量等指标均高于对照处理,综合产量和品质指标,T1,即微喷弥雾 30 min 处理最佳,上述 4 个指标较对照处理分别高 41.0%、9.4%、23.2%和 3.8%,表明微喷弥雾技术具有一定的增产提高品质的作用。

4 讨 论

在已有的研究中,多是笼统地指出花期喷水是提高红枣坐果率的有效措施之一,很少对具体的喷洒时间做相关的研究^[12-13,23]。文献[13]中指出灰枣属于夜开型,干旱区灰枣盛花期喷水时间应在傍晚进行,并进行了喷水试验,表明花期喷水具有明显的增产作用。陆婷等对灰枣的开花特性研究表明新疆的灰枣是日开型^[24],而且相关研究表明,不同枣树品种的蕾裂时间虽有很大差异,但枣花大量散粉、授粉的时间都在白天进行,空气温湿度对枣花的授粉影响巨大^[25],结合本次研究的结果,干旱区枣园在盛花期遇高温天气,会在 12:00—20:00 出现高温低湿,05:00—09:00 会出现低温高湿的情况。因此对于干旱区枣园的微环境调控技术需要在高温天气的白天做好降温增湿工作,夜间做好增温降湿工作,建议干旱区枣园微喷弥雾的时间可定在 12:00 和 16:00 分两段进行,该假设还需通过微环境调控试验进一步验证。

对于一家一户小规模的红枣种植,对于高温天气下的几天一次弥雾完全可以实现,但劳动强度相对较大。但对于大规模的红枣种植,人工弥雾已经不能适应,需要在现有微观系统上单独布设一套微喷系统用于盛花期弥雾,在具体实施过程中除了需要考虑与现有的栽培措施相配套^[26],还需要解决微喷弥雾系统的工作制度和已有的微灌系统工作制度的矛盾,这些都需要做进一步的研究。

参 考 文 献:

- [1] 张磊,高志刚.生态平衡与经济冲突——有关新疆生态经济问题的探讨[J].生态经济,2008,(8):56-61.
- [2] 中国科学院学部.新疆生态建设和可持续发展战略研究[J].中国科学院院刊,2009,(1):69-70.
- [3] 曲泽洲,王永惠.中国果树志枣卷[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [4] S. Azam - Ali, E. Bonkoungou, C. Bowe, et al. Ber and Other Jujubes, International Centre for Underutilised Crops[M]. Southampton, UK:International Centre for Underutilised Crops, 2006.
- [5] Li J W, Fan L P, Ding S D, et al. Nutritional composition of five cultivars of Chinese jujube[J]. Food Chem, 2007,(103):454-460.
- [6] Mahajan R T, Chopra M Z. Phyto-pharmacology of Ziziphus jujuba Mill. a plant review[J]. Pharmacogn. Rev, 2009,(3):320-329.
- [7] Huang X, Kojima - Yuasa A, Norikura T, et al. Mechanism of the anti-cancer activity of Ziziphus jujuba in HepG2 cells[J]. Am. J. Chin. Med, 2007,(35):517-532.
- [8] Zhao Z H, Liu M J, Tu P F. Characterization of water soluble polysaccharides from organs of Chinese Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao)[J]. Eur. Food Res. Technol, 2008,(226):985-989.
- [9] Choi S H, Ahn J B, Kozukue N, et al. Distribution of free amino acids flavonoids, total phenolics, and antioxidative activities of jujube (*Ziziphus jujuba*) fruits and seeds harvested from plants grown in Korea[J]. Agric Food Chem, 2011,(59):6594-6604.
- [10] 杜文亮.新疆若羌灰枣产业存在的问题及发展思路[J].安徽农学通报,2013,19(12):115-116.
- [11] 涂同明.设施农业工程机械化技术[J].当代农机,2007,(11):48-51.
- [12] 李占林,马元忠.灰枣高产栽培新技术[M].北京:金盾出版社,2009.
- [13] 姚鹏亮,董新光,马英杰.干旱区提高幼龄红枣保花保果试验研究[J].节水灌溉,2010,9:27-29.
- [14] 国家技术监督局.GB12293 - 90.水果、蔬菜制品可滴定酸度的测定[S].北京:中国标准出版社,1990.
- [15] 崔宁博.西北半干旱区梨枣树水分高效利用机制与最优调亏灌溉模式研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2009.
- [16] 李占文,李月琴,龙友泉,等.影响灵武长枣开花的气象因子观测研究[J].宁夏农林科技,2010,5:1-3.
- [17] 李丰,杜晓明,祁伟.枣树保花保果提高座果率技术研究[J].宁夏农林科技,1999,5:50-51.
- [18] Rodrigo J, Herrero M. Effects of pre - blossom temperatures on flower development and fruit set in apricot[J]. Scientia Horticulturae, 2002,92(3):125-135.
- [19] 蒋进.新疆沙冬青的叶片气孔行为以及对空气湿度的反应[J].干旱区研究,1991,2:31-35.
- [20] 刘建福,倪书邦,贺熙勇.空气湿度对澳洲坚果开花座果和果实生长的影响[J].热带农业科技,2003,1:1-4.
- [21] 牛真真.阿克苏地区骏枣落花规律及调控研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2013.
- [22] 高启明,卓文娟,杨丽春.哈密地区枣树落花落果原因及防治措施[J].北方园艺,2013,37(19):70-71.
- [23] 季方,李生宏,陈增和.塔里木盆地喷灌对果园生态环境影响初探[J].灌溉排水学报,2001,10(2):36-38.
- [24] 陆婷,罗淑萍,蒙敏,等.灰枣开花生物学特性研究[J].西北植物学报,2010,30(8):1589-1594.
- [25] 史彦江,宋锋惠.新疆红枣高效栽培技术讲座(二)[J].农村科技,2007,(2):36-37.
- [26] 洪明,马英杰,穆哈西,等.新疆红枣微灌技术研究及推广应用现状分析[J].节水灌溉,2014,(5):62-66,69.