

桶栽条件下干旱区幼龄红枣树耗水规律试验研究

盛统民, 马英杰, 洪明, 赵经华

(新疆农业大学 水利与土木工程学院, 乌鲁木齐 830052)

摘要:以阿克苏地区3 a生桶栽灰枣树为试材,用称质量法对不同灌水定额下耗水量变化规律进行研究。试验设20 mm(C1处理)、25 mm(C2处理)、30 mm(C3处理)、35 mm(C4处理)和40 mm(C5处理)5个灌水定额处理,各处理灌水周期相同。结果表明,各处理单株日耗水量分别在1.09~3.45 mm(C1处理)、1.40~4.00 mm(C2处理)、1.56~4.50 mm(C3处理)、1.87~5.21 mm(C4处理)、2.01~5.59 mm(C5处理)之间变化,随灌水定额增加而增大,全生育期耗水量累计值为368.6~635.1 mm,各灌水处理花期的耗水模数明显高于其他生育期,耗水模数在36.6%~38.1%之间变化。当灌水定额为20~35 mm时,红枣的产量、水分利用效率均随灌水定额的增大而增加,当灌水定额为40 mm时,红枣的产量、水分利用效率减小,各处理产量在 $P=0.05$ 水平下差异显著。综合考虑当灌水定额达35 mm时,红枣产量、水分利用效率达到最优。

关键词:红枣;耗水规律;灌水定额;水分利用效率

中图分类号:S275.1

文献标志码:A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.12.002

盛统民,马英杰,洪明,等.桶栽条件下干旱区幼龄红枣树耗水规律试验研究[J].灌溉排水学报,2017,36(12):8-13.

0 引言

枣(*Zizyphus jujube* Mill)为鼠李科(*Rhamnaceae*)枣属(*Zizyphus* Mill)植物,其含有丰富的维生素C、P及多种氨基酸等营养元素,是药食和果品的最佳选择,素有“木本粮食,滋补佳品”的美誉。同时也是一种经济效益非常高的树种,在我国具有悠久的发展历史^[1]。红枣树适应性强,具有耐旱、耐涝的特性。

阿克苏地区地处塔克拉玛干沙漠北缘,沙尘暴灾害频繁,枣树因其防风、固沙、调节气温、防止和减轻干热风等作用,同时经济效益高、对其他农作物影响小等特点使其成为阿克苏地区理想的农田防护型树种,也是林粮间作发展立体农业的优良树种^[2]。截止2014年底,该地区红枣种植面积已达 $2.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 。但由于传统灌溉管理模式相对守旧,一方面使该地区农业灌溉用水量不断增大,另一方面也使红枣产量偏低,品质下降。因此,迫切需要对红枣的耗水规律、水分生产效率等开展研究,并提出适宜的高效灌溉制度。

近年来,一些学者对果树耗水规律、水分利用效率等方面展开了研究。对干旱区不同水分下限对成龄红枣生长和产量的影响进行了研究^[3-4],结果表明,采用田间持水率的75%作为灌水下限进行灌溉,可以有效提高红枣的产量。但由于田间试验的不可控因素较多,土壤空间变异较大,一定程度上影响了研究的精度,因此有学者采用固定边界的方法对果树进行研究。如曹瑞芳等^[5]对盆栽枣树萌芽展叶期需水规律进行了研究,结果表明,枣树萌芽展叶期在适宜的水分条件下($50\% \theta_r \sim 65\% \theta_r$)才能维持幼树的正常生长;程福厚等^[6]对盆栽梨树耗水规律进行了研究,结果表明,在适宜水分条件下($70\% \theta_r$)梨树的耗水量显著大于中度亏缺($55\% \theta_r$)和重度亏缺条件下($40\% \theta_r$)的耗水量。由于桶栽称质量法不可控因素相对较少,且试验结果也与实际具有可比性,已成为树木耗水研究的常用方法^[7-9]。因此,在前人研究的基础上,采用桶栽称质量法对幼龄红枣树在整个生育期内设计不同灌水定额,研究其耗水规律,并分析其水分利用效率,对科学制定灌溉制度

收稿日期:2016-09-19

基金项目:国家自然科学基金项目(51369029);国家科技支撑计划项目(2011Bad29B05);新疆自治区科技重大专项项目(201130103-1)

作者简介:盛统民(1989-),男,硕士研究生,主要从事节水灌溉新技术理论与研究。E-mail: xjxndstm@163.com

通信作者:马英杰(1969-),男,教授,主要从事节水灌溉研究。E-mail: xj-myj@163.com

和采用高效灌溉技术均具有重要的现实意义。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验于2015年5—10月在新疆阿克苏市红旗坡农场新疆农业大学试验基地进行,该基地位于塔里木盆地北缘,属于典型的暖温带大陆性气候,地理位置为北纬41°16′,东经80°20′,海拔1 131 m。根据在试验站所设的气象站(watchdog)和蒸发皿(E-601型)观测资料分析,2015年5—10月日平均气温为17.9℃,降雨量45.2 mm,蒸发量1 543 mm。桶栽土壤取自附近枣树地耕层土壤,质地为沙壤土,干体积质量为1.49 g/cm³,田间持水率(体积含水率)为31.6%。土壤pH值为7.51、全盐量为0.7 g/kg、全氮质量分数为0.886 g/kg、速效氮质量分数为95.325 mg/kg、速效磷质量分数为114.925 mg/kg、速效钾质量分数为214.5 mg/kg、全磷质量分数为0.703 g/kg、有机质质量分数为15.056 g/kg。

1.2 供试材料与试验设计

供试枣树品种为灰枣,树龄3 a。砧木于2012年4月栽植,2013年春季从砧木根部嫁接灰枣枝,2014年春季移植入木桶中。木桶放置于地面,高80 cm,底部直径65 cm,上口直径73 cm,每个桶内种植1棵枣树。为方便起重机运输,共布置了3排木桶,前2排各6个木桶,第3排7个木桶。对枣树进行正常田间管理。枣树平均高1.0 m左右,平均径级在2~3 cm之间,树体长势均匀。

试验采用定周期变定额法,根据灌水定额的不同共设置5个处理,刘国宏等^[4]研究成果确定灌水定额,分别为20、25、30、35、40 mm;各处理均在同1天灌水,灌水周期为7~9 d。从花期(5月13日)—成熟期(10月15日)共153 d,累计灌水17次(表1),累积灌水量为340 mm(C1)、425 mm(C2)、510 mm(C3)、595 mm(C4)、680 mm(C5)。共有19桶试验枣树,其中C1处理—C4处理各有4桶,C5处理有3桶,各桶栽试验枣树随机放置。

表1 各处理灌溉制度

处理	mm						累积量
	萌芽期 0409—0512	花期 0513—0708	幼果期 0709—0801	果实发育期 0802—0905	成熟期 0906—1015	休眠期 1016—0408	
C1	-	140	60	80	60	-	340
C2	-	175	75	100	75	-	425
C3	-	210	90	120	90	-	510
C4	-	255	105	140	105	-	595
C5	-	280	120	160	120	-	680
灌水次数	-	7	3	4	3	-	17

桶栽施肥量参考当地管理水平较高的枣农施肥方案,与大田种植的红枣施肥量保持一致,试验中施红枣专用滴灌肥2次,第1次在花期施0.2 kg/桶,第2次在幼果期施0.3 kg/桶,2次施肥均随水浇施。

采用称质量法确定各处理枣树的阶段耗水量。每次在灌水前称各桶栽枣树质量(XK3190-A12+):先用起重机把待称质量的木桶举起,然后轻放到秤上称质量,并记录称量结果,称量结束后,再用起重机把木桶轻放到原位,依次进行。采用下式计算各处理各阶段耗水量:

$$ET_t = (\Delta W + I) / S + P, \quad (1)$$

式中: ET_t 为时段 t 内作物的平均耗水量(mm); ΔW 为时段 t 内前后2次桶质量之差(kg); I 为时段 t 内灌水量(kg); P 为时段 t 内降雨量(mm); S 为桶的上表面积(m²)。

对各桶栽红枣灌水时,先按照设计要求,把待灌的水量称好,为防止水流外溢和深层渗漏,缓慢向桶内灌水。如出现深层渗漏,通过木桶下的容器将渗漏水接住再缓慢倒入木桶中,以确保各次灌水按设计要求进行。

1.3 气象参数测定

利用设立在距离试验点约100 m的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数据。每隔0.5 h记录1次。

利用Penman-Monteith公式计算参考作物腾发量 ET_0 。作物系数(K_c)是用各个生育期实际耗水量与参考作物腾发量的比值计算。

1.4 产量测定及方法

待红枣成熟后,将每个处理木桶枣树的果实全部打下分别测产,取平均值得到每个处理单株红枣树的产量,根据当地实际调查幼龄枣树普遍采用的种植模式来折算单位面积产量。

2 结果与分析

2.1 试验区日平均太阳辐射强度和日参考作物腾发量变化

图1为试验区2015年生育期内(5—10月)日平均太阳辐射强度(S)和日参考作物腾发量(ET_0)变化过程。从图1中可以看出,从生育期初期开始至生育末期随着太阳辐射的变化参考作物腾发量也随之变化,二者的关系为: $ET_0 = -5.0355S^2 + 72.975S + 0.6775$ ($R^2 = 0.82, n=150$), 相关系数 $R^2 = 0.82$, 可知日平均太阳辐射强度是影响参考作物腾发量主要因子之一。

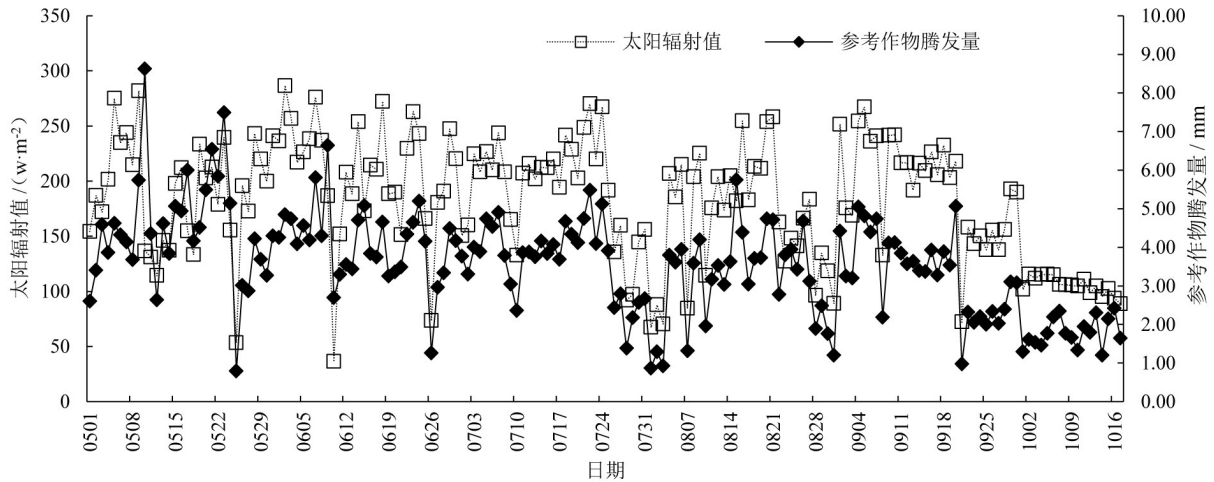


图1 2015年5—10月太阳辐射强度-参考作物腾发量

2.2 不同灌水处理下红枣日均耗水量

不同灌水定额下红枣树在生育期内平均日耗水强度和参考作物腾发量变化过程如图2所示。不同灌水处理的日均耗水强度随着灌水量的变化而变化,在不同生育阶段,灌水量越大的处理其耗水量也大。如C1处理红枣树日均耗水量在1.09~3.45 mm之间变化;C2、C3、C4、C5处理红枣日均耗水量分别在1.40~4.00、1.56~4.50、1.87~5.21、2.01~5.59 mm之间变化。最大日均耗水强度发生在8月12—17日,9月上旬后,枣树进入成熟落叶期需要控水,耗水强度逐渐减小并趋于稳定。

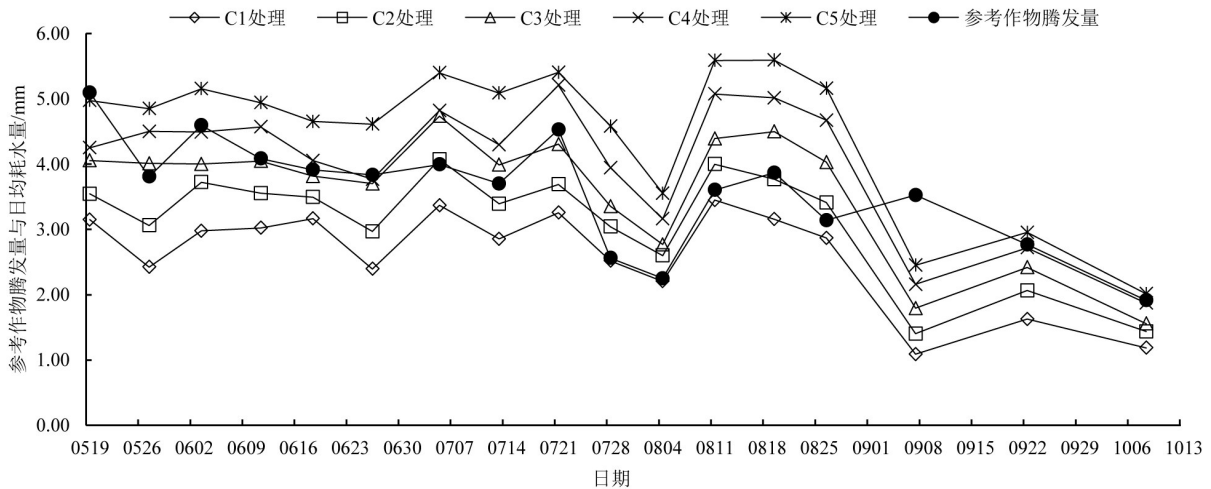


图2 不同灌水处理下红枣树全生育期日均耗水量与参考作物腾发量变化

不同灌水处理的日均耗水强度变化与参考作物腾发量变化基本一致。如在7月1—9日、7月15—22日和8月12—17日有3次耗水强度峰值, ET_0 在同期也达到了最大值;而在5月20—27日、6月22—30日、7月25

日—8月7日、9月2—16日和9月30日—10月14日有5次耗水强度低值,同期的 ET_0 也基本都处于低值区间,尤其是在7月25日—8月7日,二者基本保持相同的变化趋势,7月28—8月4日、9月2—16日除外。同时通过分析, ET_0 值多落在由灌水定额为25 mm和35 mm二个处理的日均耗水强度曲线所围成的区间内;在5月13日—10月15日共153 d生育期内,共有98 d的 ET_0 值在这个日均耗水强度曲线所围成的区间内。

2.3 不同灌水处理下红枣各生育期作物系数

利用式(1)计算各不同灌水处理红枣树的耗水量, ET_0 、降雨量如表2所示,不同处理耗水量、耗水模数、作物系数如表3所示。

表2 各生育期 ET_0 及降雨量

生育期	萌芽展叶期	花期	幼果期	果实膨大期	成熟期	休眠期	累积量
ET_0	-	208.7	116.9	117.8	105.8	-	549.2
降雨量	-	20.0	5.1	13.3	6.8	-	45.2

表3 各生育期耗水量、耗水模数及作物系数 K_c

处理	萌芽展叶期	花期	幼果期	果实膨大期	成熟期	休眠期	累积量
C1	耗水量/mm	-	139.6	84.5	92.3	52.2	368.6
	耗水模数/%	-	37.9	22.9	25.1	14.1	-
	K_c	-	0.67	0.72	0.78	0.49	-
C2	耗水量/mm	-	165.7	98.1	109.7	65.2	438.7
	耗水模数/%	-	37.8	22.4	25.0	14.8	-
	K_c	-	0.79	0.84	0.93	0.62	-
C3	耗水量/mm	-	193.0	112.2	126.2	75.8	507.2
	耗水模数/%	-	38.1	22.1	24.9	14.9	-
	K_c	-	0.92	0.96	1.07	0.72	-
C4	耗水量/mm	-	208.7	128.6	145.0	88.7	571.0
	耗水模数/%	-	36.6	22.5	25.4	15.5	-
	K_c	-	1.00	1.10	1.23	0.84	-
C5	耗水量/mm	-	229.7	147.1	161.2	97.1	635.1
	耗水模数/%	-	36.2	23.1	25.4	15.3	-
	K_c	-	1.10	1.26	1.37	0.92	-

由表3可知,当灌水定额从20 mm增加到25 mm,红枣树的耗水量从368.6 mm增加至438.7 mm,灌溉量增加25%,耗水量增加19%;当灌水定额从25 mm增加至30 mm时,红枣树的耗水量从438.7 mm增加至507.2 mm,灌溉量增加20%,耗水量增加15%;当灌水定额从30 mm增加至35 mm时,红枣树的耗水量从507.2 mm增加至571.0 mm,灌溉量增加17%,耗水量增加12%;当灌水定额从35 mm增加至40 mm时,红枣树的耗水量从571 mm增加至635.1 mm,灌溉量增加14%,耗水量增加11%。由此可以得出,随着灌水量增幅的逐渐减小,耗水量的增幅也随之而减小。

由表3还可以看出,各灌水处理花期的耗水模数在36.2%~38.1%之间,明显高于其他生育期,这主要是由于花期时间较长造成的。2015年6月和7月的 ET_0 基本相等且处于全年较高时期,因此使花期的耗水模数大于其他生育阶段;果实膨大期的耗水模数为24.9%~25.4%,比幼果期耗水模数稍大(22.1%~23.1%),此时,是阿克苏地区的高温、低湿期,而且随着枣树新枝的生长,冠幅不断增大,植株蒸腾是主要的水分消耗方式,在该阶段的作物系数也达到最大,如C5处理, $K_c=1.37$,因此是枣树的敏感发育阶段,对水分的亏缺较敏感。成熟期枣树的耗水模数迅速下降,仅为14.1%~15.5%,主要是由于气温的降低及枣树逐渐进入休眠状态,耗水量逐渐降低。此结果与洪明等^[10]在同一地区对11 a树龄滴灌红枣耗水规律研究的结果一致。

由表3和表4可以看出,在枣树的幼果—果实膨大期,C1处理的 K_c 为0.72~0.78,表明水分供应严重不足;C2处理的 K_c 为0.84~0.93,产量是所有处理产量的次低值,表明水分供应不足;C3处理的 K_c 为0.96~1.07,C4处理的 K_c 为1.10~1.23,二者产量是最高值和次高值;C5处理的 K_c 为1.26~1.37,但产量却不是最高,出现过量灌溉的现象。

2.4 不同灌水处理下红枣水分利用效率

不同灌水处理的灌溉水分利用效率(WUE)和耗水水分利用效率($IWUE$)表4所示。

表4 不同灌水定额下红枣的产量及 WUE 和 $IWUE$

处理	灌溉量/mm	耗水量/mm	平均产量/($\text{kg}\cdot\text{hm}^2$)	$IWUE$ /($\text{kg}\cdot\text{m}^3$)	WUE /($\text{kg}\cdot\text{m}^3$)
C1	340	368.6	0d	0c	0c
C2	425	438.8	1 332c	0.31b	0.30b
C3	510	507.2	2 264.4b	0.44a	0.45a
C4	595	571.0	2 664a	0.45a	0.47a
C5	680	635.1	2 131.2b	0.31b	0.34b

注 同列不同字母表示在 $P=0.05$ 水平差异显著。

由表4可知,方差分析表明,各处理产量之间均差异性显著。C1处理红枣树没有产量,在重度水分亏缺下,水分供应不足落花落果严重,导致产量为0, WUE 为0,其他4种灌水定额下红枣单位面积产量在1 332~2 664 kg/hm^2 之间,红枣的灌溉 WUE 为0.31~0.45 kg/m^3 , $IWUE$ 为0.30~0.47 kg/m^3 ,其中C4处理的 WUE 最高,C2处理的 WUE 最低,可能是由于轻度水分亏缺造成的。

3 结论与讨论

试验结果表明,不同灌水处理随着灌水量的增大耗水量也增大,日均耗水强度与灌水量呈显著正相关关系。8月中下旬,枣树正处于果实膨大期,果树耗水量最大,各处理日耗水强度也在同期达到峰值;9月上旬以后,受气象因素影响以及枣树已进入成熟期需要控水,所以各处理日耗水量逐渐下降,并长期保持在一个相对较低的水平。各处理耗水强度变化与参考作物腾发量变化呈现同步一致性,此结论与胡家帅等^[11]的研究结果基本一致。增加灌水量,能显著提高红枣的产量,但继续增加灌水量产量反而降低,灌水定额为35 mm的C4处理,其红枣产量最高,为2 664 kg/hm^2 ,这与魏光辉^[12]的研究结果基本相同,说明过量灌溉并不一定能增加产量。随着灌水量的增大,红枣的 WUE 呈现先增大后减小趋势,这与游磊等^[13]研究结果基本一致。本试验的红枣 WUE 偏低,主要是因为树龄的不同,试验果树尚处在幼龄期,其产量偏低,导致 WUE 偏低。

试验采用的是灌水量梯度试验,灌水量为35 mm时产量和 WUE 最高,但这仅为1 a的试验结果。由于研究时间较短,后期还需要进一步对此开展研究。

参考文献:

- [1] 梁鸿. 中国红枣及红枣产业的发展现状、存在问题和对策的研究[D]. 西安:陕西师范大学, 2006.
- [2] 洪明, 赵经华, 靳开颜, 等. 环塔里木盆地红枣灌溉现状调查研究[J]. 节水灌溉, 2013(2):34-38.
- [3] 蒋岑, 刘国宏, 谢香文, 等. 干旱区成龄红枣微灌技术研究[J]. 新疆农业科学, 2009, 42(2):332-337.
- [4] 刘国宏, 谢香文. 干旱区不同水分指标下限对成龄红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(1):94-98.
- [5] 曹瑞芳, 李援农, 吴伟. 盆栽枣树萌芽展叶期需水规律研究[J]. 节水灌溉, 2010(12):10-13.
- [6] 程福厚, 赵岩丽, 张纪英, 等. 盆栽梨树耗水特性的研究[C]// 梨科研与生产进展, 2011.
- [7] 李吉跃, 周平, 招礼军. 干旱胁迫对苗木蒸腾耗水的影响[J]. 生态学报, 2002, 22(9): 1 380-1 386.
- [8] 周平, 李吉跃, 招礼军. 北方主要造林树种苗木蒸腾耗水特性研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(5/6):50-55.
- [9] 朱妍. 北京六个绿化树种盆栽蒸腾耗水量的比较研究[J]. 北京林业大学学报, 2006, 28(1):65-70.
- [10] 洪明, 朱航威, 穆哈西. 不同滴头流量及灌水定额下红枣树耗水规律[J]. 干旱区农业研究, 2014(1):72-77.
- [11] 胡家帅, 王振华, 郑旭荣. 灌水对滴灌红枣产量品质及水分利用的影响[J]. 排灌机械工程学报, 2016,34(12):1 086-1 092.
- [12] 魏光辉. 干旱区成龄枣树不同灌溉方式下耗水特性研究[D]. 乌鲁木齐:新疆农业大学, 2011.
- [13] 游磊, 马英杰, 洪明, 等. 不同灌水处理对灰枣产量、水分利用效率及品质的影响研究[J]. 节水灌溉, 2015(6):18-21.

Water Consumption of Jujube Trees in Arid Area Investigated Using Pot Experiments

SHENG Tongmin, MA Yingjie, HONG Ming, ZHAO Jinghua

(College of Hydraulic and Civil Engineering of Xinjiang Agricultural University, Urumqi 830052, China)

Abstract: Water consumption of three-year old young jujube trees were investigated using pot experiment in Akesu, Xinjiang. The trees were irrigated with the same irrigation schedules under five treatments: 20 mm(C1), 25 mm(C2), 30 mm(C3), 35 mm(C4), 40 mm(C5). The results showed that the daily water consumption of each plant under different treatments was 1.09~3.45 mm in C1, 1.40~4.00 mm in C2, 1.56~4.50 mm in C3, 1.87~5.21 mm in C4 and 2.01~5.59 mm in C5, and the water consumption increased with the irrigation amount; the cumulative water consumption during the whole growth period was 368.6~635.1 mm. Water consumption modulus at the flowering stage was significantly higher than that at other stages, changing between 36.6% to 38.1 %. The jujube fruit yield and water use efficiency increased with the irrigation amount when the irrigation was between 20 mm and 35 mm. With the irrigation increasing from 35 mm to 40 mm, the jujube fruit yield and water use efficiency decreased. The jujube fruit yield of each treatment showed significant difference at 0.05 level, and the highest yield and water use efficiency was when irrigation was 35 mm.

Key words: red jujube; water consumption rule; irrigation quota; water use efficiency

责任编辑:陆红飞