

doi:10.3969/j.issn.1674-8530.16.0023



灌水对滴灌红枣产量、品质及水分利用的影响

胡家帅, 王振华, 郑旭荣

(石河子大学水利建筑工程学院, 新疆 石河子 832000)



胡家帅

摘要: 为了获得南疆沙区红枣适宜的滴灌灌溉制度,以新疆第一师沙区骏枣为试验材料,考虑灌水量(W_1 :900 mm, W_2 :1 050 mm, W_3 :1 200 mm)和灌水次数(F_1 :10次、 F_2 :14次、 F_3 :18次)2个因素,设置9个滴灌处理和一个漫灌(CK:1 500 mm)处理进行大田试验,结果表明,灌水量和灌水次数对沙区红枣产量、品质、水分利用效率、土壤水分分布和土壤贮水量均具有一定的影响.灌水量对土层深度100 cm以下土壤贮水量相对100 cm以上影响更加显著,灌水次数主要影响土层深度100 cm以上的土壤贮水量,土壤贮水量垂直变化整体上随着灌水量、灌水次数的增加而增加.红枣耗水量、产量和水分利用效率受灌水量和灌水次数影响均呈规律性变化,1 050 mm灌水量各处理产量、水分利用效率显著高于其他滴灌处理;相似产量和品质条件下,滴灌比漫灌节约灌水量30%,有效提高水分利用效率43%.

关键词: 红枣;灌水量;灌水次数;土壤贮水量;产量;品质;水分利用效率

中图分类号: S274.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-8530(2016)12-1086-07

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):1086-1092.

HU Jiashuai, WANG Zhenhua, ZHENG Xurong. Effects of different irrigation treatments on drip irrigation red jujube's yield, quality and water use efficiency[J]. Journal of drainage and irrigation machinery engineering (JDIME), 2016, 34(12):1086-1092. (in Chinese)

Effects of different irrigation treatments on drip irrigation red jujube's yield, quality and water use efficiency

HU Jiashuai, WANG Zhenhua, ZHENG Xurong

(College of Water Conservancy and Architecture Engineering, Shihezi University, Shihezi, Xinjiang 832000, China)

Abstract: In order to obtain the suitable drip irrigation system of red jujube in Southern Xinjiang, taking the desert area Jun jujube in Xinjiang First Division as the testing material and taking the two factors: irrigation amount (W_1 :900 mm, W_2 :1 050 mm, W_3 :1 200 mm) and irrigation frequency (F_1 :10 times, F_2 :14 times, F_3 :18 times) into consideration. Nine drip irrigation treatments and a flood irrigation treatment were used for field testing. The results show that the irrigation amount and irrigation frequency have a certain influence on the yield, quality, water use efficiency, soil moisture distribution and soil water storage capacity of desert area red jujube. The irrigation amount mainly affects the soil water storage below soil depth of 100 cm, while the irrigation frequency mainly affects the soil water storage above soil depth of 100 cm. The increase of soil water storage capacity is accompanied with the increasing of irrigation amount and irrigation frequency. The water consumption, yield and water use efficiency of red jujube are regularly changed due to the effects of irrigation amount and irrigation frequency.

收稿日期: 2016-01-24; 网络出版时间: 2016-12-09

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1814.TH.20161209.1004.004.html>

基金项目: “十二五”国家科技支撑计划项目(2014BAC14B01)

作者简介: 胡家帅(1991—),男,新疆昌吉人,硕士研究生(515497576@qq.com),主要从事节水灌溉理论与技术研究。

王振华(1979—),男,河南扶沟人,教授(通信作者, wzh2002027@163.com),主要从事干旱区节水灌溉理论与技术研究。

quency. The yield and water use efficiency treated by the irrigation amount of 1 050 mm were significantly higher than those by other treatments. Similar to the yield and quality, drip irrigation saves 30% irrigation amount compared with flood irrigation, which effectively improves 43% water use efficiency.

Key words: red jujubes; irrigation amount; irrigation frequency; soil water storage capacity; yield; quality; water use efficiency

枣(学名:*Ziziphus jujube* Mill),别称中华大枣.鼠李科枣属植物,果实味甜,营养丰富,更有广泛的药用价值,是人民喜爱的药食兼用果品之一.同时它也是中国重要的经济林树种之一,具有悠久的种植历史^[1-2].新疆红枣产业自2008年进入迅猛发展阶段,资料显示,截至2014年年底,新疆红枣种植面积已达 $4.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$,跃居全国第一,占全国总面积的近1/3;其中,新疆第一师地区最多,种植面积达 $1.4 \times 10^5 \text{ hm}^2$.但是,新疆林果业灌溉水利用率普遍低下,红枣的灌溉管理基本停留在农民凭经验灌溉阶段,随意灌溉现象较普遍^[3-4],第一师地区 $1.3 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 红枣都是传统漫灌灌溉方式,枣树滴灌应用普及率只有5%.传统漫灌方式不但造成水资源严重浪费,而且难以对水肥精准调控,导致果品品质差,极大限制了新疆红枣产业的发展^[5-6],同时漫灌方式对土壤生态环境也造成了很大的影响.传统漫灌方式早已不适用于缺水形势日益严重的新疆,提高红枣灌溉水利用率迫在眉睫^[7-8].

近年来,基于红枣节水措施,开展了一系列节水灌溉技术研究.郑强卿等^[9]在干旱沙漠区灌水量对沙地滴灌骏枣产量和耗水的影响研究中发现,在沙区骏枣灌溉后保持土壤含水量占田间持水量65%时,既能保证骏枣生长发育过程中对水分的需求,又能使水分生产效率达到最大、骏枣的品质达到最佳.叶含春等^[10]对于干旱沙区不同灌溉制度对矮化密植红枣根区土壤水分分布和红枣产量的影响研究发现,在合理灌溉定额下,采用高频灌溉较低频灌溉能够增加产量.游磊等^[11]通过研究不同灌水处理对灰枣产量、水分利用效率及品质的影响得出在大滴头流量3.75 L/h下的各处理的灰枣果实中各品质指标呈现显著的规律性.何建斌等^[12]在极干旱哈密地区通过对不同灌水量处理下的土壤含水率和大枣生长指标进行观测和分析,得出大枣在整个生育期内各处理耗水呈现由低到高再降低的变化趋势,耗水高峰期是白熟期;当灌水量为1 000 mm时,灌水生产效率和产量最大.尽管有了一些研究成果,但新疆滴灌红枣普及工作依然没有进展,根本原因是已有对滴灌红枣的研究多是基于常年

连续滴灌红枣,而新疆多是常年漫灌成龄枣树,已有研究成果并不适用实际情况.因此,文中根据实情将研究重心转移到成龄红枣漫灌改滴灌的技术上,研究不同灌水处理对南疆沙区漫灌改滴灌成龄红枣产量、品质、含水率、贮水量和水分利用效率等的影响,确定出改滴灌后红枣产量、品质和水分利用效率等综合水平较优的灌水组合方式.这是开展新疆地区滴灌红枣普及工作的有效途径,对新疆红枣产业的可持续发展、沙区生态环境的修复、沙区水资源的合理配置及解决新疆水资源短缺等问题具有重要意义.

1 试验材料与方法

1.1 试验概况

试验于2015年6—11月在新疆阿拉尔市第一师灌溉试验站内进行,地理坐标为 $81^{\circ}1'E$, $40^{\circ}37'N$,平均海拔1 100 m,为典型极端大陆性干旱荒漠气候区,光照充足,昼夜温差大,无霜期较长,极端最高气温 $40^{\circ}C$,极端最低气温 $-33.2^{\circ}C$.垦区太阳辐射年均 $133.7 \sim 146.3 \text{ kcal/cm}^2$,年均日照时数 $2 556.3 \sim 2 991.8 \text{ h}$.垦区雨水稀少,冬季少雪,地表蒸发强烈,年均降水量为 $40.2 \sim 82.5 \text{ mm}$,年均蒸发量 $1 878.6 \sim 2 558.7 \text{ mm}$.试验区土壤平均干体质量为 1.37 g/m^3 ,地下水埋深大于3.5 m,灌溉水源采用地下水.

1.2 试验材料

以第一师灌溉试验站内7 a生矮化密植骏枣为试验材料,2008年种植,2009年嫁接,常年连续漫灌.株行距 $l_1 \times l_2$ 为 $0.8 \text{ m} \times 2.0 \text{ m}$,枣树经修剪均高 h 约1.2 m.整个观测期肥料均随水滴施,其他管理均与当地农户漫灌枣树管理措施相同.

1.3 试验设计

枣树的灌溉方式由漫灌改为滴灌,均1行2管,即在树行两侧20 cm处各布置1根滴灌管,在枣树根部处开孔安装滴头,滴头流量为4 L/h.试验考虑灌水量和灌水次数两因素,灌水量 W 设置3个水平:900 mm($W1$),1 050 mm($W2$)和1 200 mm

(W3);灌水次数 F 设置 3 个水平:10($F1$),14($F2$)和 18 次($F3$),另设置一个漫灌对照处理 CK,灌水

量为 1 500 mm,共 10 个试验处理,每个处理设置 3 个重复,具体试验设置如表 1 所示.

表 1 试验设置
Tab.1 Experimental treatment

处理	萌芽期		新稍期		花期		膨大期		白熟期		完熟期		$W_{总}/mm$	$F_{总}$
	W/mm	F												
W1F1	83	1	83	1	180	2	180	2	300	3	75	1	900	10
W2F1	90	1	90	1	225	2	225	2	330	3	90	1	1 050	10
W3F1	105	1	105	1	255	2	255	2	360	3	120	1	1 200	10
W1F2	83	1	83	2	180	3	180	3	300	4	75	1	900	14
W2F2	90	1	90	2	225	3	225	3	330	4	90	1	1 050	14
W3F2	105	1	105	2	255	3	255	3	360	4	120	1	1 200	14
W1F3	83	1	83	2	180	4	180	4	300	5	75	2	900	18
W2F3	90	1	90	2	225	4	225	4	330	5	90	2	1 050	18
W3F3	105	1	105	2	255	4	255	4	360	5	120	2	1 200	18

1.4 测定项目与方法

1) 灌水量:每个处理每次灌水量根据安装的高精度水表实际测定.

2) 土壤含水率:采用 CPW-503DR 中子仪测定土壤含水率,每个处理布设 6 根中子管,分别布置在枣树东西方向和南北方向各 3 根,距树 20,40 cm 处,具体布设见图 1. 每根中子管埋设深度为 1.5 m,测量土层(10,20,30,40,50,70,90,110,130,150 cm)的含水率. 试验前,为寻找土壤含水率与仪器显示值之间的关系,用 CPW-503DR 中子仪说明书内所叙述的方法对仪器进行实地标定,所得标定曲线方程结果为

$$y = 18.580x - 3.304, \quad (1)$$

式中: y 为土壤实际体积含水率,%; x 为仪器测得计数比,%.

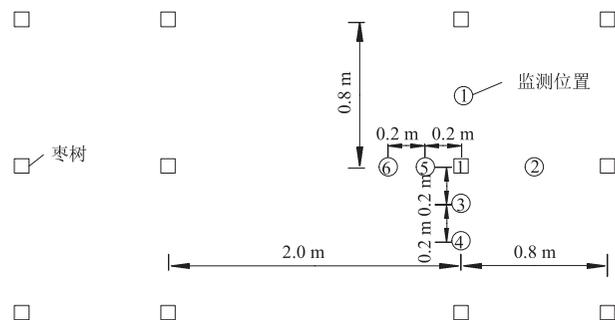


图 1 取样位置示意图

Fig.1 Scheme of sampling location

3) 气象数据:用第一师灌溉试验站内自动气象站进行温度、太阳辐射及降雨量等数据的采集工作.

4) 土壤贮水量:这是影响作物灌溉的重要因素之一,其计算公式为

$$E = 10C\rho H, \quad (2)$$

式中: E 为贮水量,mm; C 为土壤水分质量分数,%;

ρ 为土壤体积质量, g/cm^3 ; H 为土层深度,cm.

5) 骏枣田间耗水量:根据水量平衡原理计算枣树各观测期的田间耗水量^[13],计算公式为

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) + M + P + K - C, \quad (3)$$

式中: ET_{1-2} 为阶段生育期田间耗水量,mm; i 为土层层数; n 为土壤总层数; γ_i 为第 i 层土壤容重, g/cm^3 ; H_i 为第 i 层土壤厚度,cm; W_{i1} 为第 i 层土壤初始时段含水率; W_{i2} 为第 i 层土壤末时段含水率; M 为观测期内灌水量,mm; P 为观测期内降水量,mm; K 为观测期内地下水补给量,mm; C 为观测期内排水量,mm. 文中试验地下水无补给量和排水量,因此 $K=0, C=0$. 所以,式(3)可以简化为

$$ET_{1-2} = 10 \sum_{i=1}^n \gamma_i H_i (W_{i1} - W_{i2}) + M + P. \quad (4)$$

6) 骏枣产量:每个处理的每个重复在骏枣收获时随机挑选 3 株枣树进行产量测定,最终求得平均产量值 Y 即为该处理的产量值.

7) 骏枣品质:商品率 R 为产品商品量与产品总量的比值,本试验中红枣分级标准采用第一师市场红枣分级标准进行商品量的确定,即纵径大于 3.2 cm 的骏枣均为商品果;特级果 r_* 为纵径大于 4.7 cm,平均单果重量在 17.3 g 左右;一级果 r_1 为纵径在 4.3 ~ 4.6 cm,平均单果重量在 15.2 g 左右;二级果 r_2 为纵径在 3.6 ~ 4.2 cm,平均单果重量在 14.7 g 左右;三级果 r_3 为纵径在 3.2 ~ 3.5 cm,平均单果重量在 5.7 g 左右. 每个灌水处理的每个重复在骏枣收获时随机选取 3 株枣树,收获其全部红枣,并按照红枣分级标准用游标卡尺和天平进行等级划分,最后计算出各个处理骏枣的商品率.

2 结果与分析

2.1 土壤贮水量的动态变化

土壤贮水量是影响作物灌溉的重要因素之一,以改滴灌后天数 T (30 ~ 60 d) 的数据为例 (见表 2),说明不同灌水处理对土层深度 Z_1 和 Z_2 土壤贮水量动态变化的影响. 表 2 表明,改滴灌后随着时间的推移,各处理 20 - 110 cm 土层土壤贮水量均维持在各自稳定的水平范围内,略有波动. 灌水次数为 14 和 18 次时,土壤贮水量随灌水量的增加而增加;灌水次数为 10 次时,土壤贮水量随灌水量的增加反

而减小,60 - 110 cm 土层贮水量变化值超过 - 50 mm,差异具有统计学意义. 改滴灌后 40 d,处理 $W1F1$, $W2F1$ 和 $W3F1$ 在 20 - 110 cm 土层土壤贮水量显著低于其他时间点,但随着灌水次数的增加,这种差异越来越小,处理 $W2F3$ 在 60 - 110 cm 土层各时间点土壤贮水量基本一致. 所有处理中,20 - 50 cm 土层范围内土壤贮水量效果较好的是 $W3F3$, $W1F1$, $W3F2$, 60 - 110 cm 土层范围内土壤贮水量效果较好的是 $W3F2$, $W3F3$ 和 $W2F3$, 20 - 110 cm 土层范围内土壤贮水量效果较好的是处理 $W3F3$, $W3F2$ 和 $W2F3$, 增加灌水次数可以有效提高土壤贮水量.

表 2 不同灌水处理土壤贮水量动态变化
Tab. 2 Dynamical changes of soil water storage in 20 - 110 cm profile

处理	E							
	Z_1 (20 - 50 cm)				Z_2 (60 - 110 cm)			
	$T = 30$ d	$T = 40$ d	$T = 50$ d	$T = 60$ d	$T = 30$ d	$T = 40$ d	$T = 50$ d	$T = 60$ d
$W1F1$	81.568	74.427	87.856	86.483	130.139	125.024	136.647	137.616
$W2F1$	66.932	48.965	62.585	64.783	119.161	115.090	118.750	123.452
$W3F1$	66.108	55.738	69.136	68.068	98.314	78.741	83.191	89.896
$W1F2$	55.203	62.607	57.110	63.777	106.550	119.022	115.489	122.686
$W2F2$	62.869	58.383	52.305	60.312	138.696	120.735	110.717	115.178
$W3F2$	78.594	72.819	76.179	72.404	159.991	148.822	147.404	145.799
$W1F3$	54.783	63.356	77.014	69.494	104.747	114.475	123.765	128.801
$W2F3$	58.663	63.212	72.895	66.291	124.382	126.407	132.257	131.732
$W3F3$	85.581	78.555	90.708	81.284	151.511	142.346	147.143	142.290

2.2 土壤贮水量的垂直变化

灌溉水主要有土面蒸发、植株蒸腾、土壤贮水和深

层渗漏 4 个去向,灌溉制度不同,灌溉水的分配规律不同;不同灌水处理土壤贮水量垂直变化见表 3.

表 3 不同灌水处理土壤贮水量垂直变化
Tab. 3 Vertical changes of soil water storage in 20 - 150 cm profile

处理	$W1F1$	$W2F1$	$W3F1$	$W1F2$	$W2F2$	$W3F2$	$W1F3$	$W2F3$	$W3F3$
20 - 30 cm	39.108e	33.361d	28.173e	26.954d	23.967e	31.181d	25.770c	25.988f	32.653d
40 - 50 cm	42.460bc	33.571d	37.936a	28.249d	38.902d	47.413c	29.013c	32.645e	52.928a
60 - 70 cm	25.950e	29.871e	36.015ab	30.851d	37.386d	55.820ab	35.930bc	31.826e	58.081a
80 - 90 cm	45.488b	35.869d	30.001bc	42.931c	42.548d	50.644bc	33.890bc	39.357d	43.737cd
100 - 110 cm	58.700a	53.422c	32.298b	32.768d	58.762c	53.527bc	34.927bc	53.199c	49.693bc
120 - 130 cm	35.199cd	71.017b	33.316b	48.651b	72.950b	59.247a	47.349a	72.298b	58.436a
140 - 150 cm	25.832e	76.820a	34.959b	63.960a	79.627a	59.932a	38.857b	79.060a	54.094ab

注:同列数据相同字母表示差异不具有统计学意义 ($\alpha = 0.05$).

改滴灌后各处理各土层土壤贮水量差异具有统计学意义 ($\alpha < 0.05$),以 $W1F1$ 和 $W2F3$ 为例, $W1F1$ 土壤贮水量随着土层深度的增加,呈现先增后减的规律; $W2F3$ 土壤贮水量随着土层深度的增加而增加. 受灌水量和灌水次数的影响,各土层各处理土壤贮水量也有显著变化,以灌水次数 10 次为例, $W1F1$ 土壤贮水量在 80 - 110 cm 内最大,约 52 mm; $W2F1$ 土壤贮水量在 120 - 150 cm 内最大,约 74 mm; $W3F1$ 土壤贮水量较稳定,均约 33 mm;随着灌水量的增加,土壤贮水量下移,更多贮存在 100

cm 以下深土层, $W3F1$ 由于灌水量过多导致大部分灌溉水以深层渗漏的方式流失,土壤贮水量反而减少. 以灌水量 1 050 mm 为例,灌水次数由 10 次增至 14 次,100 cm 以上土层土壤贮水量相应增加约 17%,100 cm 以下土层土壤贮水量相应增加 3.2%,增加幅度降低;灌水次数继续增加至 18 次时,100 cm 以上土层土壤贮水量相应减少约 12%,100 cm 以下土层土壤贮水量相应减少 0.9%,各土层土壤贮水量没有增加反而减少,但 100 cm 以下深土层变化不大;灌水次数主要影响 100 cm 以上土层土壤贮

水量,增加灌水次数可以增大土壤贮水量. 综合比较,处理 W2F2 和 W2F3 的土壤贮水量最好.

2.3 灌水前后土壤含水率变化

土壤含水率 W 作为农业生产中重要参数之一,是各类节水灌溉技术研究过程中监测的重要指标. 以 2015 年 8 月的数据为例(见图 2),说明灌水量和灌水次数对红枣灌水前后各土层 Z 土壤水分分布的影响. 图 2 表明,漫灌改滴灌条件下,各处理灌水前后土壤含水率分布规律基本一致,灌水次数主要

影响 100 cm 以上土层土壤水分分布,增加灌水次数可以有效减少深层渗漏;灌水量对 100 cm 以下深土层土壤水分分布影响更大,增加灌水量可有效增加深层土壤含水量,且使深层土壤灌水前和灌水后含水量产生较大变化;综合起来,高水低频处理水分入渗深度显著高于其他处理,低频灌溉和中频高水灌溉深层土壤含水率变化较大,中高频处理灌水前后土壤水分分布更匹配枣树主要根系的分布,更利于土壤水分和肥料养分的吸收.

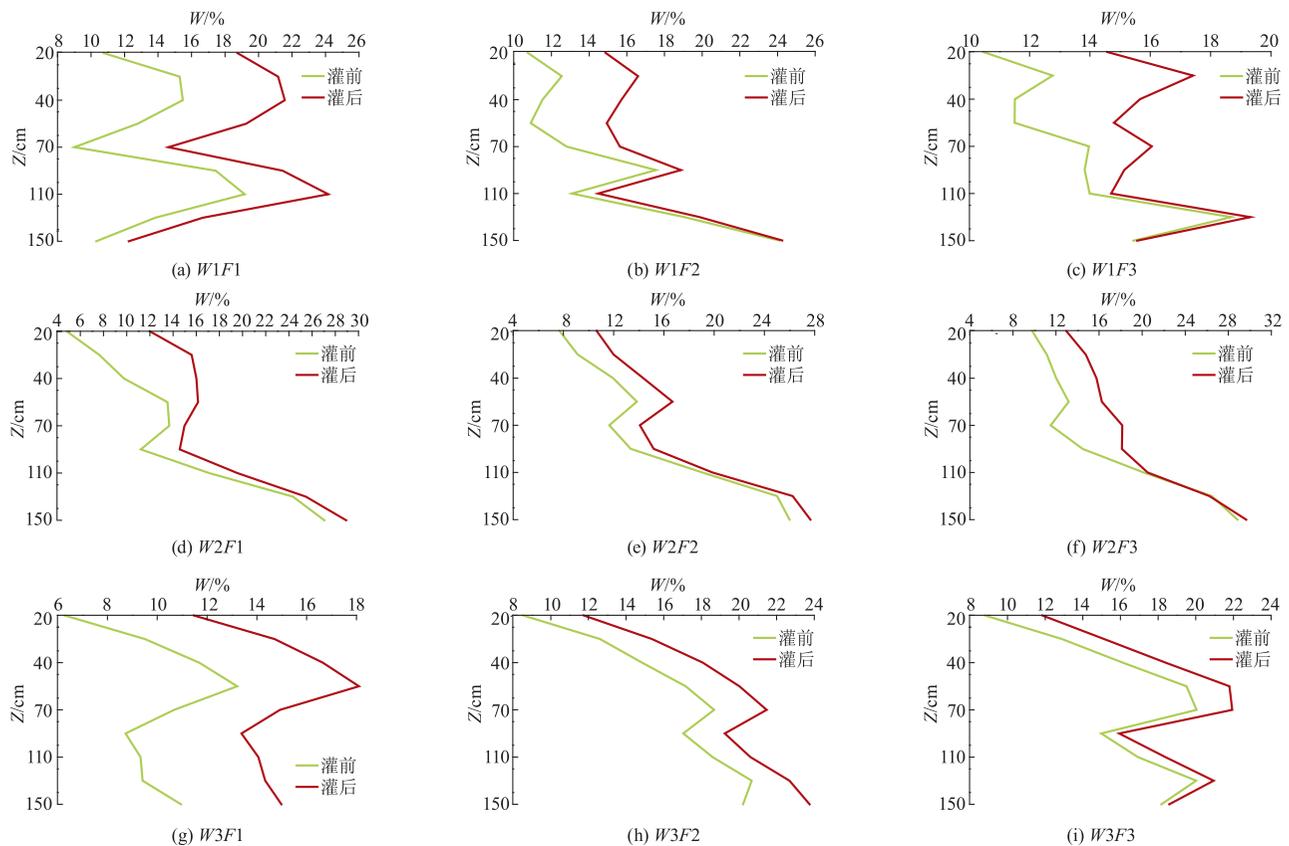


图 2 不同灌水处理灌水前后土壤含水率分布

Fig. 2 Soil water distribution on different soil depths during every irrigation period

2.4 产量和水分利用效率影响研究

为说明灌水量和灌水次数对红枣生长的影响,以耗水量、产量和水分利用效率等数据进行说明(见表 4). 由表可知,不同灌水处理间,枣树耗水量、均产量及水分利用效率差异具有统计学意义($\alpha < 0.05$),耗水量随着灌水量的增加而增加,随着灌水次数的增加而减少. 各处理平均产量为 3 985 ~ 7 148 kg/hm², W2F3 处理产量最大为 7 148 kg/hm²,相比漫灌处理 CK(产量为 6 648 kg/hm²)有效节水 30%. 灌水量从 900 mm 增加至 1 050 mm 时,不同灌水次数条件下均产量变化分别为 +16.68%, +26.66%, +44.25%, 高频灌溉相比低频灌溉产量

变化更显著. 随着灌水量继续增加至 1 200 mm,低频、中频和高频的各处理枣的产量均没有增加,反而下降,说明一味盲目地增加灌水量并不是作物增产的有效途径. 在灌水量为 1 050 mm 时,均产量随着灌水次数的增加而平稳增加,这与叶含春等^[10]在干旱沙区不同灌溉制度对矮化密植红枣根区土壤水分分布和红枣产量的影响研究所得结论一致,在合理灌溉定额下,采用高频滴灌较低频滴灌能够有效增加产量. 水分利用效率随着灌水量的增加呈现先增加后减小的变化规律,以 W2F3 最高,红枣仅需灌水 1.72 m³/kg,漫灌 CK 最低,红枣需灌水 3.02 m³/kg,滴灌有效提高水分利用效率 43%.

表4 各处理的红枣产量及水分利用效率
Tab.4 Red jujube's yield and water use efficiency

处理名称	ET/(m ³ ·hm ⁻²)	Y/(kg·hm ⁻²)	WUE/(kg·m ⁻³)
W1F1	11 961h	5 278e	0.441e
W2F1	13 338e	6 335c	0.475c
W3F1	15 543b	6 146d	0.395f
W1F2	10 514i	4 811g	0.458d
W2F2	12 806f	6 560b	0.512b
W3F2	14 383c	5 254e	0.365g
W1F3	10 244j	3 985h	0.389f
W2F3	12 294g	7 148a	0.581a
W3F3	13 956d	5 036f	0.361g
CK	19 809a	6 548b	0.331h

注:同列数据相同字母表示差异不具有统计学意义($\alpha=0.05$)。

2.5 红枣等级品质影响研究

不同灌水处理对漫灌改滴灌成龄红枣等级品质影响见表5。从表中可看出,红枣商品率受灌水量和灌水次数的影响,随着灌水量的增加商品率 R 略有降低,且降低幅度随着灌水次数的增加逐渐减少。红枣各等级率随着灌水量和灌水次数的增加呈波动性变化,优果率(特级果 r_* 、一级果 r_1 和二级果 r_2 比例之和)最大是处理W2F3,为95.6%;红枣等级比例和产量与CK漫灌处理最相似的是处理W2F2,但比漫灌节水30%。

表5 各处理红枣的等级
Tab.5 Red jujube's quality of different treatments %

处理名称	R	r_*	r_1	r_2	r_3
W1F1	100.0	17.8	31.2	42.5	8.5
W2F1	92.6	0	18.7	42.8	31.1
W3F1	94.9	5.4	38.8	34.8	15.9
W1F2	100.0	20.8	43.1	28.9	7.2
W2F2	97.6	10.9	34.8	36.7	15.2
W3F2	97.0	12.2	36.5	29.3	19.0
W1F3	100.0	8.1	29.1	37.1	25.7
W2F3	98.7	15.0	43.6	37.0	3.1
W3F3	98.8	11.1	29.8	36.3	21.6
CK	97.1	11.6	31.2	36.5	17.8

3 讨论

有关土壤贮水量的研究较少,且多是关于种植模式、覆盖方式等方面的研究。文中试验表明灌水量和灌水次数对同深度段土层土壤贮水量动态变化有一定影响,增加灌水次数可以减小影响程度。

文中研究表明灌水量和灌水次数对红枣耗水量、产量品质和水分利用效率有显著影响,耗水量随着灌水量的增加而增加,随着灌水次数的增加而减少,水分利用效率随着灌水量的增加呈先增加后减小的趋势,与有关文献[6,11]研究结论基本一致。采用高频灌溉较低频灌溉能够增加产量,这与叶含春等^[10]研究所得结论一致,但本试验红枣的产

量与文献[11-12]研究的产量相比偏低,最大产量平均为7 148 kg/hm²,主要是因为本试验地区5月18日下午8点30分遭受了暴雨天气并伴有时常约6 min冰雹,使得枣树的生长在新梢生长阶段受到较大影响,最终导致产量较往年有所减少。灌水量和灌水次数对红枣的商品率和优果率有一定的影响,但规律并不显著。

文中试验灌水次数设置最高水平为18次,文献[14-15]研究表明,当灌水次数设计达23,30次,试验也得到了较好的结果,因此对于文中漫灌改滴灌设计灌水次数在超过18次的情况下还需要继续开展试验研究。

4 结论

综上所述,通过对比分析改滴灌后不同灌水处理对枣林土壤贮水量、耗水量、水分利用效率、产量与品质等方面的影响,主要得到以下结论:

1) 灌水量和灌水次数对土层土壤贮水量垂直变化影响显著,整体上随着灌水量、灌水次数的增加而增加,灌水量对100 cm以下的土层土壤贮水量影响更大,灌水次数主要影响100 cm以上土层土壤贮水量。

2) 红枣耗水量随着灌水量的增加而增加,随着灌水次数的增加而减少;水分利用效率随着灌水量的增加呈先增加后减小的趋势。

3) 合理灌溉定额下,采用高频灌溉较低频灌溉能够增加产量;滴灌W2F3产量最大为7 148 kg/hm²,相比漫灌CK产量为6 648 kg/hm²节约灌水量30%,有效提高水分利用效率43%。

参考文献(References)

- [1] 初乐,吴茂玉,朱风涛,等.新疆地区红枣产业现状及发展建议[J].农产品加工·学刊,2012,32(4):110-113.
CHU Le, WU Maoyu, ZHU Fengtao, et al. Industry status and development proposal of jujube in Xinjiang [J]. Agricultural products processing, 2012, 32(4): 110-113. (in Chinese)
- [2] 漆联全.新疆红枣产业的现状、要求及其发展趋势[J].新疆农业科学,2010,47(S2):8-12.
QI Lianquan. The present situation, requirements and development trends of Xinjiang red date industry [J]. Journal of Xinjiang agricultural science, 2010, 47(S2): 8-12. (in Chinese)

- [3] 刘国宏,谢香文,将岑. 干旱区不同水分指标下限对成熟红枣生长和产量的影响[J]. 新疆农业科学, 2011, 48(1): 94-98.
LIU Guohong, XIE Xiangwen, JIANG Cen. Influence of different water index lower limit on the mature growth and yield of jujube in the arid areas [J]. Journal of Xinjiang agricultural science, 2011, 48 (1): 94-98. (in Chinese)
- [4] 玉苏甫·买买提,阿娜尔古丽·拜克热,阿丝叶·阿布都力米提. 新疆红枣产业发展现状及问题对策[J]. 安徽农学通报, 2015(14): 11-13.
YUSUPU Maimaiti, ANAERGULI Baikere, ASIYE Abudulimiti. The industry status, problems and countermeasures of red jujube in XinJiang [J]. Journal of Anhui agricultural science bulletin, 2015 (14): 11-13. (in Chinese)
- [5] 李振华. 阿克苏地区灰枣滴灌灌溉制度试验研究[D]. 西安:西北农林科技大学, 2013.
- [6] 胡安焱,魏光辉,董新光,等. 干旱区幼龄红枣节水灌溉方式优选研究[J]. 节水灌溉, 2010(11): 28-30.
HU Anyan, WEI Guanghui, DONG Xinguang, et al. Study on optimal choice of saving-water irrigation mode for infancy Chinese jujube in arid area [J]. Water saving irrigation, 2010(11): 28-30. (in Chinese)
- [7] 王见月,刘庆花,李俊良,等. 胶东果园土壤酸化特征及酸化原因分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(16): 164-169.
WANG Jianyue, LIU Qinghua, LI Junliang, et al. Analysis on the characteristic and cause of orchard soil acidification in the area of Shandong Peninsula [J]. Chinese agricultural science bulletin, 2010, 26 (16): 164-169. (in Chinese)
- [8] 周和平,翟超,孙志锋,等. 新疆水资源综合利用效果及发展变化分析[J]. 干旱区资源与环境, 2016, 30(1): 95-100.
ZHOU Heping, ZHAI Chao, SUN Zhifeng, et al. Utilization and the development of water resources in arid area of Xinjiang [J]. Journal of arid land resources and environment, 2016, 30(1): 95-100. (in Chinese)
- [9] 郑强卿,陈奇凌,李铭,等. 滴灌骏枣需水规律及灌溉制度[J]. 江苏农业科学, 2013(11): 187-189.
ZHENG Qiangqing, CHEN Qiling, LI Ming, et al. The water demand regulation and drip irrigation system of Jun jujube [J]. Jiangsu agricultural science, 2013 (11): 187-189. (in Chinese)
- [10] 叶含春,姚宝林,王兴鹏,等. 不同灌溉制度对矮化密植红枣土壤水盐分布的影响研究[J]. 灌溉排水学报, 2012, 31(5): 118-122.
YE Hanchun, YAO Baolin, WANG Xingpeng, et al. Transportation law of soil water and salt under different irrigation frequencies and quota for dwarf close planting red jujube [J]. Journal of irrigation and drainage, 2012, 31 (5): 118-122. (in Chinese)
- [11] 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, 25.
YOU Lei, MA Yingjie, HONG Ming, et al. Effect of different irrigation treatments on yield, water use efficiency and quality of gray jujube [J]. Water saving irrigation, 2015 (6): 18-21, 25. (in Chinese)
- [12] 何建斌,何新林,王振华,等. 滴灌哈密大枣耗水规律初步研究[J]. 中国农村水利水电, 2012(9): 9-12.
HE Jianbin, HE Xinlin, WANG Zhenhua, et al. Experimental research on water consumption characteristics of Hami jujube under drip irrigation [J]. China rural water and hydropower, 2012 (9): 9-12. (in Chinese)
- [13] SL13—2004 灌溉试验规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2015.
- [14] 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): 66-70.
HONG Ming, ZHAO Jinghua, JIN Kaiyan, et al. Investigation of red jujube trees irrigation status in traim basin [J]. Water saving irrigation, 2013 (2): 66-70. (in Chinese)
- [15] 任玉忠,王水献,谢蕾,等. 干旱区不同灌溉方式对枣树水分利用效率和果实品质的影响[J]. 农业工程学报, 2012, 28(22): 95-102.
REN Yuzhong, WANG Shuixian, XIE Lei, et al. Effects of irrigation methods on water use efficiency and fruit quality of jujube in arid area [J]. Transactions of the CSAE, 2012, 28(22): 95-102. (in Chinese)

(责任编辑 徐云峰)