

# 滴灌条件下核桃灌溉制度研究

胡琼娟<sup>1</sup>, 陈杰<sup>2,3</sup>, 马英杰<sup>3</sup>, 曾冬梅<sup>2</sup>

(1. 新疆水利水电学校, 新疆 乌鲁木齐 830052; 2. 新疆农牧区水利规划总站, 新疆 乌鲁木齐 830000; 3. 新疆农业大学 水利与土木工程学院, 新疆 乌鲁木齐 830052)

**摘要:** 采用正交试验设计, 通过田间试验, 研究了滴灌条件下核桃的灌溉制度。研究表明, 不同水分下限处理的核桃耗水总量为 711.77~814.38 mm, 生育期内各处理各月的日耗水强度 4 月为 3.57~4.18 mm/d, 5 月为 3.78~4.87 mm/d, 6, 7 月达到最大值 5.9~7.35 mm/d, 8 月为 3.6~4.46 mm/d。综合分析产量、蛋白质含量、脂肪含量及出仁率, 结果认为, 开花期、果实膨大期及硬核期的土壤水分下限指标分别为 60%, 60% 和 50%, 全年灌水 12 次, 灌水定额为 680 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>。

**关键词:** 滴灌; 核桃; 灌溉制度; 产量; 品质

文献标识码: B

文章编号: 1000-288X(2012)05-0244-04

中图分类号: S274.1

## A Study of Irrigation Schedule for Walnut Tree Under Drip Irrigation

HU Qiong-juan<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>2,3</sup>, MA Ying-jie<sup>3</sup>, ZENG Dong-mei<sup>2</sup>

(1. Xinjiang School of Water Resources and Hydropower, Urumqi, Xinjiang 830052, China; 2. General Station of Water Resources Planning in the Agricultural and Pastoral Area of Xinjiang, Urumqi, Xinjiang 830000, China; 3. College of Water Conservancy and Civil Engineering, Xinjiang Agricultural University, Urumqi, Xinjiang 830052, China)

**Abstract:** Irrigation schedule for walnut tree under drip irrigation was studied through a field experiment with orthogonal design method. Results showed that the total water amount was between 711.77 and 814.38 mm for different lower limit treatments of soil moisture. In the growing period, daily water consumption for the treatments was 3.57~4.18 mm/d in April, 3.78~4.87 mm/d in May, 5.9~7.35 mm/d in June and July, being highest, and 3.6~4.46 mm/d in August. Comprehensive analysis of yield, protein, fat and kernel rate showed that the lower limits of soil moisture were 60%, 60% and 50% in flowering stage, fruit expanding stage and stone hardening stage, respectively. Suitable irrigation was 12 times one year and the quota of irrigation was 680 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>.

**Keywords:** drip irrigation; walnut tree; irrigation schedule; yield; quality

从 20 世纪 90 年代至今, 我国核桃、核桃仁、核桃油、核桃木等系列产品已经畅销国内外。核桃的营养价值高, 是我国的 4 大干果之王, 富含多种维生素和营养成分, 对减少胆固醇、动脉硬化、心脑血管疾病有很好的作用, 很受人们的欢迎<sup>[1]</sup>。核桃的需求量以每年 10% 的速度递增, 同时, 我国的核桃也是传统的出口商品。目前, 核桃的灌溉在新疆乃至全国都是采用地面灌溉。

滴灌技术是节水农业中最有效的措施之一, 它集灌溉施肥于一体, 能适时适量地给果树供水、施肥, 为果树的生长提供良好的空间小气候, 同时具有节水、节肥等优点, 而且有利于作物产量和水分及肥料利用

率的提高, 其优越性已被大量研究证明<sup>[2]</sup>。然而, 目前对于果树滴灌灌溉制度的探索研究还比较少, 而且很多研究也仅停留于设计不同的灌水定额对某项或某几项生长或生理指标的影响<sup>[3]</sup>。Hung 等<sup>[4]</sup>研究了控制灌水深度把滴灌效率提高到最大, 而灌水深度由滴头流速、土壤类型及根系深度来确定; Rojas 等<sup>[5]</sup>给出了西班牙南部橄榄树的蒸腾图谱, 从而为滴灌集中时间及灌溉量的确定提供了依据。在伊朗的一个石榴园中, 滴灌比地面灌溉节水 55%~66%, 而石榴产量提高 21%~24.5%<sup>[6]</sup>。我国学者在果树需水量及充分灌溉研究上也做了大量工作。邹战强等<sup>[7]</sup>、李怀有等<sup>[8-9]</sup>、李永顺等<sup>[10]</sup>分别研究了荔枝、苹

收稿日期: 2011-08-23

修回日期: 2011-11-29

资助项目: 新疆“十二五”重大专项“新疆特色果树微灌节水增效技术研究与示范”(201130103-1)

作者简介: 胡琼娟(1983—), 女(苗族), 新疆维吾尔自治区石河子市人, 硕士研究生, 讲师, 主要从事节水灌溉研究。E-mail: chc8236@163.com。

果、山楂等在滴灌条件下的灌溉制度。本文的目的是研究滴灌下核桃的灌溉制度,为新疆特色果树微灌节水增效技术提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验区位于阿克苏地区温宿县,地处天山中段的托木尔峰南麓,塔里木盆地北缘,地理位置为东经  $80^{\circ}14'$ ,北纬  $41^{\circ}16'$ ;属于典型的温带大陆性气候,昼夜温差悬殊,年平均气温  $10.1^{\circ}\text{C}$ ,极端最高气温  $40.9^{\circ}\text{C}$ ,极端最低气温  $-27.4^{\circ}\text{C}$ ,年均日照  $2\,747.7\text{ h}$ ,年均降雨量  $65.4\text{ mm}$ ,年均无霜期  $185\text{ d}$ 。

表 1 核桃园土壤容重和田间体积持水量

土层深度/cm	0—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	平均值
土壤容重/( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ )	1.71	1.58	1.54	1.69	1.63	1.58	1.62	1.62
田间持水量/%	20.50	26.29	26.39	39.60	28.90	36.70	31.60	29.73

### 1.3 试验设计

试验于 2009 年 3 月底开始至 9 月中旬结束,整个核桃的物候期可划分为萌芽期(3 月下旬到 4 月上旬)、开花坐果期(4 月中旬到 5 月上旬)、果实膨大期(5 月中旬至 6 月上旬)、硬核期(6 月中旬至 8 月)、成熟期(9 月)、落叶期(10—11 月)。核桃在 4 月初至 8 月初对水分较敏感,因此,试验采用 3 因素(不同生育期);3 水平(土壤含水量 70% 为水平 1,60% 为水平 2,50% 为水平 3)的正交试验设计研究灌溉制度。试验共设置 9 个处理,每个处理重复 3 次(表 2),每个处理有 5 株核桃树,面积  $75\text{ m}^2$ ,试验采取随机布置。灌水日期为土壤含水量达到下限的日期。每个处理的灌水定额一样,均为  $680\text{ m}^3/\text{hm}^2$ ,用水表严格控制灌溉水量。为了保证核桃正常萌芽及开花,在 3 月底春灌的时间及灌水定额完全一致。由于 9 月初核桃已经成熟,不同水分处理对核桃的生长及品质没有影响,故在 9 月初的灌水时间及灌水定额也是一致的。

### 1.4 数据观测与分析

(1) 土壤水分的观测。采用 TRIME-IPH 土壤剖面含水量测量系统监测不同深度土壤水分状况,每隔 3~5 d 测量 1 次,灌溉前后及雨后加测。测点观测层次:0—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100, 100—1 200 cm。每个处理选择一株核桃长势良好,无病虫害,无偏冠现象,长势、直径基本一致的核桃作为研究对象。

### 1.2 试验材料

本试验研究以 10 年生核桃树为研究对象,栽植于 1999 年,果树种植的行向为东西,品种为温 185。株行距为  $3\text{ m}\times 5\text{ m}$ ,密度为  $660\text{ 株}/\text{hm}^2$ ,株高  $3.5\sim 4\text{ m}$ 。采用滴灌技术灌水,在行向两侧核桃树冠层内布置 3 根滴灌管,1 根布置在核桃树干下,另外 2 根分别布置在距离树干  $1.5\text{ m}$  处;滴灌管采用北京绿源公司生产的压力补偿式滴灌管,管径  $20\text{ mm}$ ,滴头流量为  $3.75\text{ L/h}$ ,滴头间距为  $50\text{ cm}$ ;根据土壤剖面测定,滴灌管的湿润比为 60%。核桃园的地下水埋深在  $10\text{ m}$  以下,土壤质地为含砾石砂土,各层土壤容重和田间持水量如表 1 所示。

表 2 研究区灌溉制度正交实验设计

处理号	萌芽及开花坐果期(A)	果实膨大期(B)	硬核前期(C)
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	2
8	3	2	3
9	3	3	1

(2) 产量的测定。核桃成熟后在每个小区内选择 3 株核桃树测每株核桃粒数,并称去掉核桃青皮后的鲜果总重。然后随机选择 100 粒核桃,称鲜果实的重量,单独晒干后称百粒重和单粒的重量,根据晒前后的百粒重计算得出干湿系数,由此计算每株核桃树的干产量,即可得到核桃的产量。

(3) 品质的测定。粗脂肪含量测定参照 GB/T 14772—2008,蛋白质含量的测定参照 GB/T 5009.5—2003。

(4) 数据分析。试验获得的数据采用 Excel 及 SPSS 13.0 进行分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同水分下限处理核桃树的耗水规律

试验结果(表 3)表明,不同水分下限处理的总耗

水量及各月日耗水强度变化很大。由于处理 1 的供水充分,其耗水总量为 814.38 mm,处理 3 的土壤含水量较低,其耗水总量最小,为 711.77 mm,其他各处理在两者之间,说明总耗水量是随着土壤水分下限的增高而增大。从各处理各月的日耗水强度来看,4 月由于叶片没有完全展开,郁闭度不大,气温较低,日耗水强度最低,在 3.57~4.18 mm/d;5 月既是果实膨

大期,也是新梢生长旺盛的阶段,气温逐步升高,日耗水强度增大,达到 3.78~4.87 mm/d;6,7 月是核桃的硬核期及油脂转化期,也是核桃生长的关键期,气温达到全年最高,此时的日耗水强度最大,为 7.35~5.9 mm/d;8 月以后是成熟期,日耗水强度降低。在相同阶段,不同的水分下限处理日耗水强度亦不同,随着水分下限的降低而降低

表 3 生育期内各月耗水量

处理	4 月		5 月		6 月		7 月		8 月		总耗水量/mm
	耗水量/mm	耗水强度/(mm·d <sup>-1</sup> )									
1	125.65	4.18	133.92	4.32	188.70	7.29	227.85	7.35	138.26	4.46	814.38
2	119.37	3.97	127.22	4.10	179.27	6.93	216.46	6.98	131.35	4.24	773.66
3	109.82	3.65	117.05	3.78	164.92	6.37	199.14	6.42	120.84	3.90	711.77
4	117.88	3.93	167.40	5.40	192.60	6.42	187.24	6.04	122.14	3.94	787.26
5	111.98	3.73	142.60	4.60	177.00	5.90	181.97	5.87	114.70	3.70	728.25
6	104.12	3.47	121.52	3.92	202.80	6.76	211.73	6.83	127.10	4.10	767.27
7	114.11	3.80	150.97	4.87	178.50	5.95	185.38	5.98	111.60	3.60	740.56
8	107.10	3.57	131.75	4.25	188.70	6.29	208.32	6.72	139.50	4.50	775.37
9	109.60	3.65	119.66	3.86	183.30	6.11	198.71	6.41	127.41	4.11	738.68

## 2.2 不同水分下限处理对核桃产量的影响

对各处理的产量进行了极差分析( $R$  为各水平平均值的极差)。由表 4 可以看出,果实膨大期对产量影响最大,在此期间,若水分下限太低,土壤水分不充足,会导致核桃落果现象,直接影响产量。开花期对产量的影响次之,硬核期对产量形成的影响最小。开花期土壤水分下限为 60% 的产量最高,果实膨大期土壤水分下限为 60% 的产量最高,硬核期土壤水分下限为 50% 的产量最高,单从产量考虑,核桃各生育期的土壤水分下限指标为  $A_2B_2C_3$ 。

## 2.3 不同水分处理下限对品质的影响

对不同水分下限处理的蛋白质、脂肪及出仁率进行分析,由表 5 可以看出,开花期对蛋白质和出仁率的影响最大,主要是因为花粉授粉的好坏影响种子的饱满度,对脂肪的影响排第 2 位;果实膨大期对脂肪的影响最大,对蛋白质的影响最小;硬核期对蛋白质的影响相对较大。在果实膨大期及硬核期,水分下限为 50% 的蛋白质、脂肪含量都最高,说明适当的水分胁迫增加蛋白质和脂肪含量的累积,提高果实品质。这三者中,出仁率的大小影响着单颗重,而单颗重影响着产量,所以对出仁率影响最大的是开花期,确定土壤水分下限指标为 50%;其次果实膨大期,土壤水分下限指标确定为 60%;硬核期的土壤水分下限指标取 50% 能提高核桃品质。故从这三者分析得到的最优组合为  $A_3B_2C_3$ 。

表 4 不同水分处理下限对产量的影响分析

试验号	开花期(A)	果实膨大期(B)	硬核期(C)	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )
1	1	1	1	4 866.00
2	1	2	2	6 771.60
3	1	3	3	4 791.60
4	2	1	2	4 207.50
5	2	2	3	7 101.60
6	2	3	1	6 953.76
7	3	1	3	6 045.60
8	3	2	1	3 894.00
9	3	3	2	5 850.00
$T_1$	16 429.20	15 119.10	17 619.36	
$T_2$	18 262.86	17 767.20	16 829.10	
$T_3$	15 789.60	17 595.36	17 938.80	
$R$	824.42	882.70	369.90	

注:(1)因素栏的 1,2,3 分别指 70%,60%,50% 3 种土壤含水量下限水平; $T_1$  指同一列 1 水平产量之和, $T_2$  指同一列 2 水平产量之和。 $T_3$  指同一列 3 水平之和; $R$  为极差;下同。(2)产量因素主次为 B,A,C;较优组合为  $A_2B_2C_3$ 。

## 2.4 滴灌核桃适宜的灌溉制度

在不降低产量和减少果实品质的情况下,使得水分利用率提高,需确定核桃各生育期的土壤水分下限。由正交试验分析得出,开花期、果实膨大期及硬核期的土壤水分下限指标分别为 60%,60% 和 50%。

根据 2009 年的试验数据,制定了适宜阿克苏地区滴灌条件下核桃树的灌溉制度(表 6)。

表 5 不同水分处理下限对蛋白质、脂肪及出仁率的影响分析

试验号	因素			脂肪/%	蛋白质/%	出仁率/%
	开花期(A)	果实膨大期(B)	硬核期(C)			
1	1	1	1	67.5	17.6	65.00
2	1	2	2	68.0	17.6	65.49
3	1	3	3	68.5	18.3	62.79
4	2	1	2	68.7	16.0	66.02
5	2	2	3	68.4	16.6	65.81
6	2	3	1	69.3	16.3	63.86
7	3	1	3	68.8	18.6	67.60
8	3	2	1	67.0	18.7	66.93
9	3	3	2	68.4	18.6	68.23
脂肪	T <sub>1</sub>	204.00	205.00	204.30	614.60	
	T <sub>2</sub>	206.40	203.40	205.10		
	T <sub>3</sub>	204.20	206.20	205.70		
	R	0.80	0.93	0.47		
蛋白质	T <sub>1</sub>	53.50	52.20	52.60	158.30	
	T <sub>2</sub>	48.90	52.90	52.20		
	T <sub>3</sub>	55.90	53.20	53.50		
	R	2.33	0.33	0.43		
出仁率	T <sub>1</sub>	193.27	198.62	196.28	591.72	
	T <sub>2</sub>	195.69	198.22	199.73		
	T <sub>3</sub>	202.76	194.88	196.20		
	R	3.16	1.25	1.18		

注:脂肪含量因素主次为 B,A,C;较优组合为 A<sub>2</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>;蛋白质含量因素主次为 A,C,B,较优组合为 A<sub>3</sub>B<sub>3</sub>C<sub>3</sub>;出仁率因素主次为 A,B,C,较优组合为 A<sub>3</sub>B<sub>2</sub>C<sub>2</sub>。

表 6 滴灌条件下核桃适宜的灌溉制度

生育期(日期)	灌水次数/次	灌水定额/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )	灌水量/(m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup> )
萌芽开花期(0401—0430)	2	680	1 360
果实膨大期(0501—0605)	3	680	2 040
硬核前期(0606—0730)	5	680	3 400
硬核后期(0801—0830)	2	680	1 360
合计	12	—	8 160

### 3 结论

(1) 不同水分下限处理的总耗水量及日耗水强度变化很大,水分下限为 70%的耗水总量最大,水分下限为 50%的耗水总量最小。生育期内各处理各月的日耗水强度为:4 月在 3.57~4.18 mm/d,5 月在 3.78~4.87 mm/d,6,7 月达到最大值 7.35~5.9 mm/d,8 月降为 3.6~4.46 mm/d。

(2) 单从产量考虑,开花期土壤水分下限为 60%,果实膨大期土壤水分下限为 60%,硬核期土壤水分下限为 50%。

(3) 从果实品质考虑,果实膨大期、土壤水分下限指标确定为 60%;硬核期的土壤下限指标取 50%能提高核桃品质。

(4) 在不降低产量和减少果实品质的情况下,使得水分利用率提高,需确定核桃各生育期的土壤水分下限。由正交试验分析得:开花期、果实膨大期及硬

核期的土壤水分下限指标分别为 60%,60%和 50%。

#### [ 参 考 文 献 ]

[1] 纳斯尔.阿克苏地区核桃结硕果[J].新疆林业,1981(1):20-23.

[2] 张志新.滴灌工程规划设计原理与应用[M].北京:中国水利水电出版社,2007.

[3] 韦艳葵,贾黎明.滴灌在林业上应用的研究与进展[J].世界林业研究,2003,16(4):38-44.

[4] 贾锐鱼,赵晓光.我国发展节水灌溉技术的必要性及其现状与前景[J].西北林学院学报,1998,13(2):46-50.

[5] Hung J Y T. Maximizing drip irrigation efficiency by controlling watering depth[C]//Proceedings of the International Agricultural Engineering Conference, Volume 2. Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand, 1994:405-410.

[6] Behnia A. Comparison of different irrigation under conditions of water scarcity[C]//Vol 10, 17th ICID International Congress on Irrigation and Drainage, Granada, Spain, 1999:207-217.

[7] 邹战强,蓝莎.荔枝需水量和灌溉制度试验研究[J].节水灌溉,1999(3):8-13.

[8] 李怀有,王斌,梁金战.苹果滴灌灌水定额试验研究[J].节水灌溉,1999(6):23-25.

[9] 李怀有.苹果滴灌最佳灌水部位试验研究[J].甘肃农业科技,2000(4):31-33.

[10] 李永顺,马存奎,牟日升,等.果树滴灌需水量与灌溉制度试验研究[J].灌溉排水,1993,12(2):15-20.