

# 渭北旱塬红富士苹果需水量 与限水灌溉效应研究\*

王进鑫 张晓鹏 高保山 贺秀贤  
(西北农林科技大学 陕西杨陵 712100)

**摘 要:** 应用田测法,对渭北旱塬南部高原台塬过渡区,矮化红富士苹果需水量、需水规律及限水灌溉效应进行了研究。结果表明,该区矮化红富士苹果生育期总需水量为 494.8 ~ 552.7 mm,其中干旱年份高于湿润年份;年生育期内以 6 月最大,7~8 月次之,10 月最小。果实膨大和花芽分化盛期需水量最大,占总需水量的 41.4% ~ 46.7%,新梢生长与果实发育前期次之,占总需水量的 34.0% ~ 34.2%;并得出了该区矮化红富士苹果生育期的作物系数  $K_c$  值。对不同降水年型土壤水分盈亏状况与该区降水特点分析表明,该区 50% 年份降水能够满足矮化红富士苹果生长需要,无需灌水;10% 年份降水基本满足需要,生育期末土壤贮水基本持平,但由于受降雨分配影响,需水关键期仍需适量补充灌水;40% 年份降水明显不足,必须灌水才能维持稳产、高产。干旱年份补充灌水对当年和第二年树体生长、果实发育和产量均有显著的正效应。

**关键词:** 矮化红富士 盛果期 需水量 限水灌溉效应 渭北旱塬

中图分类号: S 661.1, S 607.1 文献标识码: A 文章编号: 1005- 3409(2000)01- 0069- 04

## Study on Water Requirement and Limited Irrigation Effects of Dwarfing Red Fuji Apple Tree on Weibei of Loess Plateau

WANG Jin-xin ZHANG Xiao-peng GAO Bao-shan HE Xiu-xian  
(Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry Yangling Shaanxi 712100)

**Abstract** Based on field experiment, the water requirement and limited irrigation effects of dwarfing red Fuji apple tree was studied. The results showed that total water requirement of the tree in south part of Weibei is from 494.8 mm to 552.7 mm throughout the growing season; and is higher in the dry year than in the normal year. During growth period, monthly water requirement is the highest in the June as well as July and August, and it is the lowest in the October. The water requirement of fruit swelling and the peak of flower bud differentiation phase account for 41.4% ~ 46.7% of the total water requirement; that of new shoot growth and young fruits development phase make up 34.0% ~ 34.2% of the total. Besides, the  $K_c$  value is given for calculating the tree's water requirement in similar regions. By means of principle of water equilibrium analysis indicated that there are 50% foliated season in which precipitation can meet the tree's water needs, 10% foliated season in which soil water storage level off, but the fruit tree need irrigation in the critical period, and 40% foliated season in which soil water severe deficiency, the fruit tree must be irrigated to gain high and stable yield. Limited irrigation in dry year can promote the tree's growth, fruit development and yield in the year as well as the next year.

**Key words** dwarfing red Fuji apple tree full fruit period water requirement limited irrigation effects Weibei aridplain of Loess Plateau

近年来,随着市场经济体制的健全,苹果业生产发生了巨大变化,昔日以秦冠等老牌品种为主体的陕西苹果业,已逐渐被红富士等优良品种所取代。据报道,1994 年陕西苹果总面积 43.3 万  $\text{hm}^2$ ,其中秦冠就占 50% 以上<sup>[1]</sup>,富士等新品种栽培面积则较少;而到 1997 年底,苹果栽培总面积只增加了 5.5 万  $\text{hm}^2$ <sup>[2]</sup>,但红富士栽培面积却占到总面积的一半<sup>[3]</sup>。红富士苹果虽以其肉质细腻、汁多味甜、久贮风味不变的特点赢得了市场,然而该品种在栽培上,并不是一个完美无缺的品种。其适应性差,对水、肥条件要求较高,如管理不善、大小年结果现象严重。渭北旱塬海拔适中,光照资源丰富,从多年平均降水来看,理应满足红富士苹果生长需要,但实际上并非如此。由于该区蒸发强烈,降水年际变率大,年内分布不匀,有效性差,苹果生长的水分供需矛盾仍十分突出。加之缺乏合理的施肥、灌水量化指标,致使果树水肥营养失调,果小、色差、产量低而不稳。因此,研究该区气候条件下富士苹果的需水规律和限水灌溉增产效应,对合理利用水资源、充分发挥富士苹果的生产潜力、确保该区苹果业健康、持续发展,具有重要的现实意义。

## 1 试验地概况

试验地位于渭北旱塬南部、高原台塬过渡区的淳化县泥河沟流域。土壤为黄<sub>土</sub>善<sub>土</sub>,质地中壤,0~100 cm 土壤平均容重 1.25  $\text{g}/\text{cm}^3$ ,田间持水量 21.97%<sup>[4]</sup>。多年平均降雨量 600.6 mm,最多 832.0 mm,最少 376.0 mm,降水年变率 14%,7~9 月降水占全年降水的 53%,有 50% 的年份降水量在 520 mm 以上;苹果生育期湿润度 0.6~1.1(伊万诺夫湿润度);地下水埋深 35~60 m,含水层富水性弱,果树难以直接吸收利用。

## 2 试验材料与方法

### 2.1 供试树种

系 10 年生矮化长富 2,基砧为塞威斯苹果(*Malus sieversii* Ledeb),中间砧为 M<sub>26</sub>。试验树生长健壮、树势中庸、株行距 2 m×3 m。

### 2.2 试验方法与观测项目

2.2.1 红富士苹果需水量 采用田测法。在补充灌水方便的试区果园内,选择地势平坦、树相指标相近的供试树 2 株,以树干为中心,在 2 m×3 m 的单株小区外围开挖 1.2 m 深的沟槽,用 3 层农膜紧裹小

区土体,使小区与大田隔离,再将开挖土体回填,农膜高出地面 20 cm,外围培一土埂以便灌水;每一小区距树干 70 cm 处打一孔埋设中子水分仪测管一根,深 1.5 m,同时选对照树 2 株。

2.2.2 土壤含水率监测 采用探头式 503DR 型中子水分仪与烘干法(0~20 cm)相结合。测深 1.0 m,层次区划为 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm 五层。每年 4 月初到 10 月底每 10 d 测定一次,每层重复三次。

2.2.3 灌水时期与灌水量 为确保处理小区土壤相对含水量不低于 70%,每一测日依据土壤含水率测定结果确定该日是否灌水,灌水量依下式确定:

$$I=1\,000\cdot S\cdot H\cdot P\left(W_f-W_i\right)$$

式中:  $I$ ——灌水量( $\text{kg}$ );  $S$ ——小区面积( $\text{m}^2$ ),取 6.0  $\text{m}^2$ ;  $P$ ——土壤平均容重( $\text{t}/\text{m}^3$ ),取 1.25  $\text{t}/\text{m}^3$ ;  $H$ ——计划湿润层厚度( $\text{m}$ ),取 0.6 m;  $W_f$ ——田间持水量(%),取 21.97%;  $W_i$ ——灌前土壤含水量(%)

2.2.4 新梢、果实生长进程与产量调查 每株选 25 个新梢、20 个幼果,标记并分别编号,每周观测一次。新梢观测至春梢停长结束,按长枝、中枝、短枝三类分别统计,果实纵、横径只测定果实发育前期的纵、横径;果实产量于采收时实测,计算单位面积产量。

2.2.5 气象要素观测 降水量采用普通雨量计和自计雨量计相结合(1997 年),其余各项指标及 1998 年降雨量系附近气象站观测资料。

## 3 结果与分析

3.1 渭北旱塬矮化红富士苹果需水量与需水规律

3.1.1 矮化红富士苹果需水量与不同生长发育阶段需水强度 由表 1 可以看出,渭北旱塬南部高原台塬过渡区矮化红富士苹果,全生育期需水量为 494.8~552.7 mm。其中,歉水年(1997 年)较高,而平水年(1998 年)较低。全年以 6 月份最大,7 月和 8 月次之,10 月份最少。从各生育期来看,春梢生长与果实发育前期(4 月 16 日~6 月 20 日)需水量 168.4~188.9 mm,占生育期总需水量的 34.0%~34.2%,平均日需水强度 2.59~2.91  $\text{mm}/\text{d}$ ;果实膨大期和花芽形态分化盛期(6 月 20 日~8 月 31 日)需水量 204.9~258.2 mm,占年生育期总需水量的 41.4%~46.7%,平均需水强度 2.85~3.59  $\text{mm}/\text{d}$ ;随着果实的成熟,需水强度逐渐下降,需水量相应减少。

表 1 南部高原台塬过渡区(淳化县)矮化红富士苹果需水量测定表

时段(月份)	年份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	合计
天数/d		30	31	30	31	31	30	31	214
需水量/mm	1997 年	39.5	90.3	120.2	118.9	99.2	66.5	18.1	552.7
	1998 年	53.6	72.6	106.2	85.7	83.8	70.8	22.1	494.8
需水强度/ mm·d <sup>-1</sup>	1997 年	1.32	2.92	4.01	3.84	3.20	2.22	0.58	/
	1998 年	1.79	2.34	3.54	2.76	2.70	2.36	0.71	/
降水量/mm	1997 年	17.7	3.9	13.5	165.7	17.0	125.1	2.3	345.2
	1998 年	42.2	116.6	28.9	180.1	144.2	21.4	49.3	582.7

3.1.2 作物系数计算 作物系数是用于计算作物需水量的重要参数,它反映了作物本身的生物学特性、产量与土壤管理水平以及土壤、气象条件对作物需水量的影响<sup>[5,6]</sup>。在气候、土壤条件相似但无实测需水量的地区,通过作物系数即可计算作物需水量。利用实测需水量进行计算,得出渭北旱塬南部高原台塬过渡区矮化红富士苹果的作物系数  $K_c$  值(表 2)。可供同类地区参考应用。

表 2 渭北旱塬南部高原台塬过渡区矮化红富士苹果作物系数  $K_c$  值

月 份	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
平均实测需水量/mm	46.6	81.5	113.2	102.2	91.5	68.7	20.1
参考作物腾发量/mm	76.5	103.2	123.0	120.6	110.1	60.6	37.8
作物系数	0.61	0.79	0.92	0.85	0.83	1.13	0.53

\* 参考作物腾发量由 Penman 公式计算。

3.1.3 不同降水年型矮化红富士苹果生育期水分盈亏分析 1998 年全年降水 619.2 mm,其中苹果生育期 4~10 月降水 582.7 mm,降水距平为 52.2 mm,相对变率为 9.8%,属正常降水年份(平水年),土壤水分满足苹果生长需要(表 3),全生育期内未发生土壤水分亏缺,生育期末土壤水分盈余 27.9 mm;而 1997 年苹果生育期 4~10 月降水 345.2 mm,降水距平-185.2 mm,相对变率-34.9%,属中旱年份,尤其是 5、6、8 三个月降水量分别只有多年同期平均降雨的 6.6%、27.4%和 16.7%,而这三个月又是苹果需水量较大的时段,有效降雨及土壤供水满足程度仅 29.4%~42.5%,果树需水亏缺量达 191.8 mm,生育期末土壤水分贮量减少 88.4 mm(表 3)。将该区年降水保证率与矮化红富士苹果需水量结合起来分析可知,在渭北旱塬南部高原台塬过渡区,50%的年份降水能够满足矮化红富士苹果生长发育的需要,土壤贮水量略有盈余,不需补充灌水;10%的年份总降水基本能够满足富士苹果生长需要,土壤贮水量基本持平,但由于年内降水分布不匀,果树生长发育关键时期仍需补充灌水;另外 40%的年份,降水量严重不足,必须进行补充灌水,才能保证富士苹果生长发育对水分的需要。

表 3 降水年型与矮化红富士苹果生育期水分盈亏状况

降水年型	项 目	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
正常 年份 (1998)	有效降水量/mm	42.2	116.6	28.9	135.1	129.2	21.4	49.3
	土壤供水量/mm	11.4	-44	77.3	-49.4	-45.4	49.4	-27.2
	需水亏缺量/mm	0	0	0	0	0	0	0
	水分满足程度/%	100	100	100	100	100	100	100
干旱 年份 (1997)	有效降水量/mm	17.7	3.9	13.5	124.3	17.0	93.8	2.3
	土壤供水量/mm	21.8	34.5	36.8	-5.4	12.2	-27.3	15.8
	需水亏缺量/mm	0	51.9	69.9	0	70.0	0	0
	水分满足程度/%	100	40.5	41.8	100	29.4	100	100

注:1.有效降雨量=0.75 P(当汛期月降雨量 P>100 mm 时);2.土壤供水量负值表示水分盈;3.测日土壤相对含水率低于 70% 时,进行补充灌水。

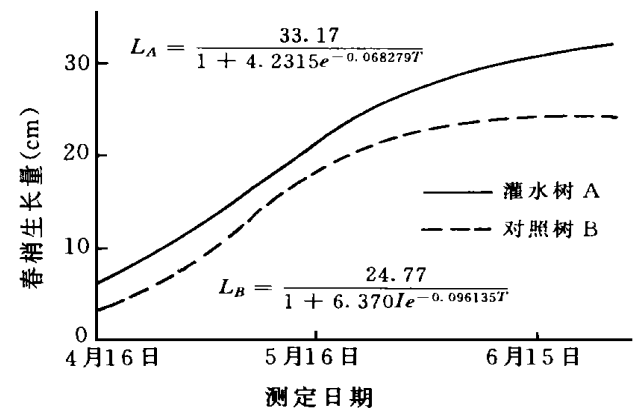


图 1 补充灌水对当年营养枝春梢生长进程的影响

表 4 先年补充灌水对第二年枝条生长的影响

先年处理	总标记枝数	各类枝比例/%			长营养枝春梢生长量/cm									
		长枝	中枝	短枝	4. 19	4. 23	5. 1	5. 6	5. 13	5. 18	5. 23	6. 2	6. 10	6. 25
灌水树	50	48	32	20	4. 92	9. 04	10. 96	18. 38	23. 00	25. 50	27. 92	31. 58	32. 92	33. 08
未灌水树(CK)	50	84	4	12	3. 47	6. 96	9. 33	15. 44	18. 71	22. 79	26. 29	30. 52	31. 76	31. 93
增减率/%	/	- 43. 9	700	66. 7	41. 8	29. 9	17. 5	17. 4	22. 9	11. 9	6. 2	3. 5	3. 7	3. 60

注: 1997 年灌水处理, 1998 年调查。

3. 2. 2 补充灌水对果实生长和产量的影响

由表 5 可以看出, 干旱年份(1997 年)新梢生长和花芽生理分化期及果实生长发育中期灌水, 对当年果径和产量有显著影响, 果实发育前期纵、横径分别增大了 18. 5% 和 20. 4%, 产量增加了 36. 2%。说

表 5 补充灌水对矮化红富士苹果果实发育及产量的影响

处 理	1997 年							1998 年						
	灌水量/mm			果径/cm		产量		灌水量/mm	5 月 25 日		果径/cm		6 月 10 日	
	5 月	6 月	8 月	纵径	横径	kg · hm <sup>-2</sup>	10 月 16 日		纵径	横径	纵径	横径	纵径	横径
灌水树	56. 9	77. 4		84. 2	3. 273	3. 480	40635	0	2. 688	2. 673	2. 880	3. 078	3. 200	3. 280
未灌水树	0	0		0	2. 761	2. 891	29835	0	2. 511	2. 500	2. 643	2. 890	2. 992	3. 056
增长率(%)	/	/	/	/	18. 5	20. 4	36. 2	/	7. 0	6. 9	9. 0	10. 3	6. 9	8. 4

4 结 论

(1) 渭北旱塬南部高原台塬过渡区, 矮化红富士苹果生育期需水量为 494. 8~552. 7 mm, 其中干旱年份较高, 湿润年份较低。全生育期内以 6 月份最高, 占总需水量的 21. 5%~21. 7%; 7、8 月次之, 10 月份最低。春梢生长与果实发育前期需水量 168. 4~188. 9 mm, 占生育期总需水量的 34. 0%~34. 2%, 平均日需水强度 2. 59~2. 91 mm/d; 果实膨大和花芽分化盛期需水量 204. 9~258. 2 mm, 占总需水量

3. 2 补充灌水与树体生长发育和产量的关系

3. 2. 1 补充灌水对枝组比例和新梢生长的影响

据 1997 年苹果生育期限水灌溉试验, 全生育期共灌水 3 次, 总灌水量 218. 8 mm。灌水与未灌水树(CK)相比, 营养枝春梢生长量增大 21. 2%~60. 8%, 平均春梢长度增大 26. 94%(图 1)。

1998 年雨量充沛, 处理小区全生育期均未灌水, 但先年灌水后效依照存在(表 4)。从表 4 可以看到, 在标记的 50 个新梢中, 先年灌水树中、短枝比例大幅增加, 而长枝(> 15 cm)比例减小; 长枝平均春梢生长量比对照大 3. 6%~41. 8%, 尤以新梢生长初期增幅最大。中、短枝比例的增加和新梢初期生长量迅速增大, 对以中、短枝结果为主的盛果期矮化红富士来说, 无疑具有重要作用。

明灌水促进了果实细胞分裂和细胞体积的增大。更为重要的是, 虽然第二年(1998 年)雨量充沛, 处理树并未灌水, 但果实纵、横径和产量与对照相比, 仍有所增大(表 5)。

的 41. 4%~46. 7%, 平均日需水强度 2. 85~3. 59 mm/d。

(2) 通过实测需水量, 得出了该区矮化红富士苹果生育期的作物系数 Kc 值, 可供同类地区参考应用。

(3) 通过不同降水年型水分盈亏状况分析, 并结合该区降雨特点, 得出该区 50% 年份降水能够满足矮化红富士苹果生长发育要求, 生育期末土壤水分尚有盈余; 10% 年份降水基本满足生长发育需要, 土

(下转第 80 页)

键水 防止由于干旱引起大幅度减产,或者灌少量水而使产量一定幅度的提高。

在旱作果园,降雨量是果树生长的主要水分来源,那么有限灌水灌溉制度的确定必须以降雨为基础。从淳化县 35 年长系列降雨资料可以看出,6~9 月份的降雨占年降雨量的 65% 以上,对全年降雨量起决定性因素,即不同频率年实际上主要由 6~9 月份降雨划分。11 月至翌年 2 月的总降雨、3~5 月的总降雨年际变化不大。从苹果生育期分析,11 月至翌年 2 月属休眠期,此期降雨量少,平均占全年的 7.48%,为了果树安全越冬,防止春季发生“抽条”,并结合施肥,应灌水。4 月下旬~6 月下旬的幼果期,也是春梢旺长期,水分不足,会使春梢争夺幼果中的

表 6 有限灌水灌溉制度

频率年	灌水定额/ m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	灌溉定额/ m <sup>3</sup> ·hm <sup>-2</sup>	灌水次数			合计
			幼果期	膨大期	休眠期	
丰水年 (20%)	105	105			1	1
平水年 (50%)	105	210		1	1	2
偏旱年 (75%)	105	315		2	1	3
特旱年 (95%)	105	420	1	2	1	4

参考文献

1 李肇齐.灌溉农业的现状与发展趋势[J].世界农业,1991,(9):46~57  
2 周卫平.以色列灌溉节水概况[J].灌溉排水,1990,9(3):33~37  
3 王彦军.一种新型的节水灌溉技术——渗灌[J].节水灌溉,1997,(2):3~7  
4 D.戈德保著.滴灌原理与应用[M].西也良译.北京:中国农业机械出版社,1984,12  
5 康绍忠.控制性交替灌溉[J].干旱地区农业研究,1997,(1):1~5  
6 上官周平.作物获得最佳产量的亏缺灌溉及其实施策略[J].干旱区资源与环境,1997,(12):4~8

(上接第 72 页)

壤贮水基本持平,但需水关键时期仍需适量补充灌水;40% 年份降水明显不足,土壤水分亏缺严重,必须补充灌水才能维持树体和土壤水分平衡,达到稳产、高产。

参考文献

1 王仁梓.苹果生产要重视提高市场竞争力[J].西北园艺,1995,(3):4~5  
2 98 陕西统计年鉴[R].北京:中国统计出版社.1998,(13)  
3 赵政阳,付润民,王福成.陕西苹果品种现状、存在问题及发展对策[J].西北园艺,1998,(1):2~3  
4 王佑民,刘秉正.黄土高原防护林生态特征[M].北京:中国林业出版社.1996,(3):137~144  
5 谢少泽,孙景生,肖俊夫.香蕉需水量、需水规律试验报告[J].灌溉排水,1996,15(1):60~62  
6 程维新,胡朝炳,张兴权.农田蒸发与作物耗水量研究[M].北京:气象出版社.1994  
7 曲泽洲,孙云蔚,黄昌贤等.果树栽培学总论[M].北京:农业出版社,1980,82~100

水分,引起大量落量,应根据降雨灌水,6 月中旬~7 月中旬为膨大期,果树需水量最大,此期的水分供应直接影响果实大小,应灌水,8 月下旬以后是成熟期,一般降雨充足,果树处于糖分积累期,水分不宜过多,不需灌水,有限灌水灌溉制度见表 6。

4 小 结

(1) 本研究采用一种新型的灌水方式——黏土衬护的渗池,并利用部分根系灌溉,其节水、节能、经济效益非常明显,具有很高的推广价值。

(2) 1997 年是特旱年份,降雨对试验的影响程度小,为试验的成功提供了良好的客观条件,通过果树生长发育状况调查及土壤水分测定,初步提出较为合理的有限灌溉制度:灌水定额 105 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>,特旱年灌水 4 次,偏旱年 3 次,平水年 2 次,丰水年 1 次。

(3) 本试验对黏土衬护的渗池水力性能只作了粗略的测定,对黏土性质、衬砌厚度、范围、渗水机理有待进一步研究。关于有限灌水条件下,果树不同阶段生理反应的是一个复杂的问题,尚需深入研究。

(4) 干旱年份补充灌水,能显著改善树体生长状况和果实发育、提高产量,且具有明显的后效应。先年灌水可使第二年中、短枝比例提高,长营养枝春梢生长量增大,果实发育和产量均有所提高。