

黄土高原旱地果园土壤水分管理研究

朱德兰, 吴发启

(西北农林科技大学资环学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要: 在黄土高原中、南部的延安宝塔区和淳化县, 测定了旱地果园土壤储水量, 测定结果表明: 在苹果生育期, 以 60% 田间持水量作为水分亏缺的标准, 不同月份土壤储水量变幅很大, 均出现不同程度的亏缺, 需要补水才能满足苹果的正常生长要求。进行苹果需水规律试验和品质测定表明, 在该地区优质苹果生产需水量为 600 mm 左右。通过有限灌水技术试验证实, 穴灌的净增值率高达 58.7%。

关键词: 土壤水分; 需水规律; 有限灌水; 穴灌; 旱地果园

中图分类号: S 152.7

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2004)01-0040-03

Study on Water Management in Dry Orchard in Loess Plateau

ZHU De-lan, WU Fa-qi

(College of Resources and Environment, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling 712100, Shaanxi, China)

Abstract: Soil moisture was measured on the orchard in the Baota area of Yanan and Chunhua county in the southern and middle of Loess Plateau. If 60 percent of soil water reservation quantity was regarded as criterion of water-shortage, the result indicated that soil moisture changed largely and appeared shortage on various degrees in growing period of apple trees. If only apple trees were irrigated, they could grow normally. The experiment of the law of water requirement and measurement of quality of apple had indicated that the water requirement was about 600 mm in growing period in those areas. The experiment of limited irrigation indicated that the increase in value of den irrigation reached up to 58.7%.

Key words: moisture of soil; the law of water requirement; limited irrigation; den irrigation; dry orchard

水分是干旱与半干旱地区的农业生产的主要制约因素之一。据作者在淳化县泥河沟流域嘴头村针对苹果生产的研究表明: 1996 年当地年降雨量 650 mm, 降水分布与苹果理论需水规律基本吻合, 后期稍多, 该年苹果产量和品质均达到历史最高水平, 平均公顷产 30 000 kg 以上, 最高达 75 000 kg, 果实横径在 80 mm 以上的苹果占 60%, 且品质也最优; 1997 年属偏旱年, 全年降水 440 mm, 该年产量普遍在 15 000 kg/hm² 以下, 果实横径很少达 80 mm, 50~60 mm 的约占 70%, 50 mm 以下的约占 30%。由此说明, 水分管理是苹果高产优质的关键因素。为此, 本文在定位监测、试验研究、品质分析和灌溉技术评价的基础上, 探讨旱地果园的水分管理, 以期服务于该区的果业生产。

1 研究区概况

研究区为黄土高原南部的淳化县泥河沟流域和中部的延安市宝塔区。泥河沟流域多年平均降雨量为 604.8 mm, 平水年(50%) 600.6 mm, 偏枯年(75%) 513.0 mm, 枯水年(95%) 433.9 mm, 其中 6~9 月降水量占全年的 65% 以上, 冬春旱情严重, 试验地土壤肥力中等, 干容重 1.35 g/cm³, 田间持水量 22.05%, 地下水埋深在 40 m 以下, 果树不能吸收

利用。宝塔区地理坐标为 E109°00'~109°45', N36°55'~36°20'。多年平均降雨量 550.0 mm, 平水年(50%) 570 mm, 偏枯年(75%) 440 mm, 枯水年(95%) 360 mm, 6~9 月的降水量占全年降水总量的 70%, 试验地土壤肥力低下, 干容重 1.28 g/cm³, 田间持水量 24%。

2 试验材料与方法

2.1 供试树种

供试树种为矮化红富士, 试验树生长健壮、树势中庸。淳化县供试果树树龄 10 年, 株行距 2 m × 3 m, 栽植在塬面梯田上, 梯田宽度 10~20 m; 宝塔区供试果树树龄 8 年, 株行距 2 m × 4 m, 栽植在坡面水平阶上, 阶面宽度约 2 m。

2.2 试验设计

2.2.1 苹果需水规律研究

在苹果生育期内, 使土壤水分处于适宜含水量水平(占田间持水量的百分比 60%~80%), 当土壤水分不能满足要求时要进行灌水。灌水时间由实测土壤含水量控制, 使实测土壤含水量不小于 60% 田间持水量, 以不灌水作对照。

按水量平衡方程计算需水量和耗水量。

计算公式: $ET = (W_0 - W_e) + M + P$ 。

1 收稿日期: 2003-09-02

基金项目: 中国科学院知识创新项目: “黄土高原水土保持与生态环境建设试验示范研究”(KZCX1-06-02-03)

作者简介: 朱德兰(1969-), 女, 青海乐都人, 副教授, 中国科学院水土保持研究所博士, 主要从事节水灌溉方向的工作。

式中: ET ——果树耗水量(mm); W_e 、 W_o 分别为阶段末、阶段初 1 m 土层的土壤储水量(mm); M ——灌水量(mm); P_o ——有效降雨量(mm); K ——地下水供给(mm); D ——深层渗漏(mm)。

该地区地下水埋深在 40 m 以下,可忽略;灌溉时计划湿润层为 60 cm,果树根系深达 1.5 m,故不会发生深层渗漏, D 取为零。

2.2.2 苹果限额灌水技术研究

根据果树生理特点,选择幼果期(4月下旬~6月上旬),膨大期(6月中旬~7月中旬),休眠期(11月~2月)进行不同灌水时间组合。试验处理为:冬灌1次+幼果期1次+膨大期2次;幼果期1次+膨大期1次;冬灌1次+膨大期1次;冬灌1次,共4种处理及对照,选出15株果树进行试验,每种处理设三个重复。灌水定额 140 L/株。

灌水方式:利用黏土衬护渗池灌水。渗池为圆柱状,直径为 50 cm、深 30 cm,池底用黏性土衬护,衬砌厚 2 cm,池中用杂草填充,用来培肥地力,并保护池壁,延长使用年限,上部覆盖农膜,一方面防止蒸发,另一方面,防止表土进入池中。

2.3 观测内容

2.3.1 土壤含水量监测

采用 CNC503B(DR) 探头式中子水分测定仪与烘干法(0~20 cm)相结合,测深 1.0 m,层次划分为 0~20 cm、20~40 cm、40~60 cm、60~80 cm、80~100 cm。每年 4 月初~10 月底测定,每月 1 日、15 日测定,每层重复 3 次。

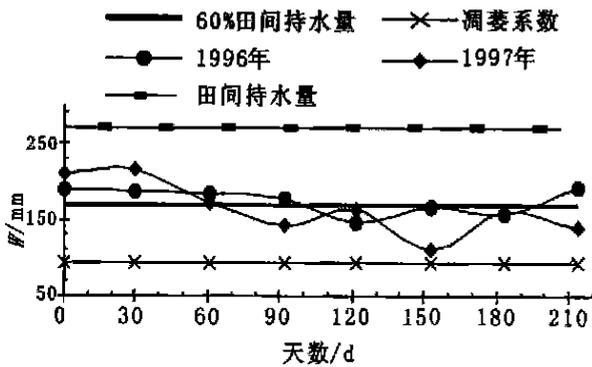


图 1 淳化果园 1 m 土层土壤水分年变化

2.3.2 产量、品质测定

果实产量于采收时实测,果实品质采收后在实验室测定 Vc 含量、含糖量、糖酸比、可溶性氮等。

2.3.3 气象要素观测

降水量采用普通雨量计和自记雨量计相结合的方法。

3 结果与效益分析

3.1 旱地果园土壤储水动态

分别于 1996 年、1997 年在黄土高原南部的淳化县泥河沟流域和 2001 年、2002 年在黄土高原的延安市宝塔区,对旱地果园土壤水分进行了监测,测定结果见图 1、图 2。

图 1 为苹果生育期 4~10 月份果园土壤水分变化情况,起始点为 4 月 1 日,1996 年,生育期有效降雨量为 547.5 mm,按降雨年型划分,属于偏丰年,1 m 土层缺水量为 42.5 mm。1997 年生育期有效降雨量为 309.2 mm,属于偏旱年,6、7、8、9、10 月土壤水分均低于 60% 田间持水量,全生育期缺水高达 131.9 mm。由图 2 可以看出,在苹果生长期中(11月~翌年 10 月),起始点为 11 月 1 日,2001 年除 10 月份外土壤水分均处于亏缺状态,全年亏缺量达 109.5 mm,2002 年 5 月~10 月土壤水分处于亏缺状态,亏缺量达 89.1 mm。

3.2 苹果需水规律研究

利用水量平衡方程计算淳化和延安地区苹果生育期(4~10 月)需水量,计算结果见表 1。

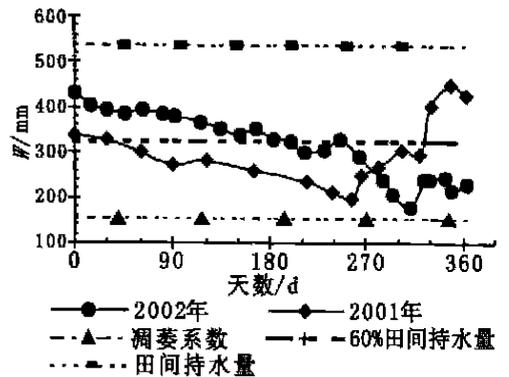


图 2 延安果园 1.8 m 土层土壤水分年变化

表 1 黄土高原中南部苹果生育期需水规律

年型	项目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	合计
黄土高原南部									
1996	有效降雨量	27.2	37.2	87.4	86.4	155.4	86.8	67.1	547.5
	灌水量	-	33.5	-	-	-	-	-	33.5
	储水量	219.6	216.7	191.3	179.6	145.5	183.1	173.7	-
	需水量	30.1	62.6	99.1	120.5	137.8	96.2	32.5	578.8
1997	有效降雨量	54	0	10.3	121.1	15.7	99.7	8.4	309.2
	灌水量	-	33	60.1	60.1	60.1	33	-	246.3
	储水量	215.7	221.4	187.1	147.4	197.3	156.8	199.5	-
	需水量	48.3	67.3	110.1	131.3	116.3	90.0	38.5	601.8
黄土高原中部									
2001	有效降雨量	36.3	17.2	11.2	131.26	114.66	115.74	51.3	477.66
	灌水量	31.5	63	95	-	-	-	-	-
	储水量	165.5	192.5	185.5	195.5	205.5	235.5	245.5	-
	需水量	36.3	53.2	113.2	121.26	104.66	85.74	41.3	585.66
2002	有效降雨量	25.3	44.8	140	75.2	56.4	61.4	50.7	463.6
	灌水量	-	-	-	31.5	31.5	31.5	31.5	-
	储水量	189.8	216.46	280.19	261.7	221.50	217.85	229.74	-
	需水量	49.64	76.27	125.24	128.05	96.55	70.31	31.25	577.31

由表 1 可以看出,在黄土高原南部的淳化县,从降水年型看,1996 年为平水年,降水量基本满足苹果生长要求,在 5 月灌水 1 次,灌水量 33.5 mm。1997 年为偏旱年,除 4 月外,其余月份均缺水,年灌水 8 次,灌水量为 246.3 mm。黄土高原中部的延安地区,2001 年、2002 年为平水年型,由于降水分布的不均匀性,2001 年前期缺水,总灌水次数 6 次,灌水量 189.5 mm,2001 年后期缺水,总灌水次数 4 次,灌水量 126 mm。

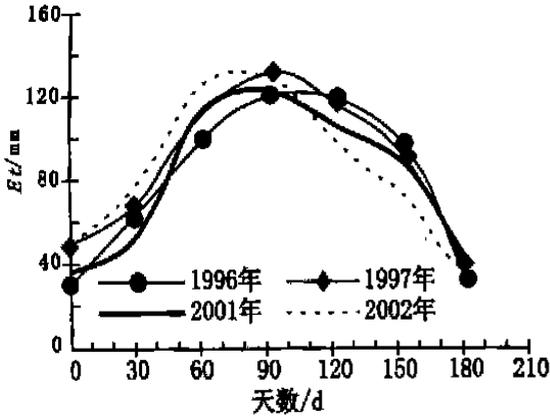


图 3 果园 1 m 土层需水规律

表 2 不同耗水量苹果品质测定表

耗水量 /mm	Vc (mg · mg ⁻¹ · FW ⁻¹)	可溶性氮 (N/mg · g ⁻¹ · FW ⁻¹)	总酸度 /%	还原糖 /%	总糖 /%	糖酸比
782.2	3.82	0.17	0.42	9.91	10.02	24.29
685.8	1.89	0.17	0.36	10.91	12.33	34.24
601.8	5.95	0.19	0.28	11.58	12.76	45.57
408.1	4.11	0.11	0.47	11.10	11.54	24.55

3.3 耗水量与果品品质的关系

在 1997 年淳化果园进行高水、中高水、中水、对照处理下,进行品质测定,测定结果见表 2。

由表 2 可知,耗水量为 601.8 mm 时,Vc 含量、可溶性氮含量最高,说明具有较高的营养成分。果品的风味用糖酸比评定,根据风味评定标准,风味优良的糖酸比多在 20~60 之间,偏高者风味趋甜,偏低者风味趋酸。耗水量为 782.2 mm、408.1 mm 时风味趋酸,耗水量为 685.8 mm、601.8 mm 时,风味较好。上述结果进一步说明,对苹果而言,水分过多或过少都会使果实品质下降,生育期适宜耗水量应为 600 mm 左右,而且,在渭北地区高产与优质的耗水量是一致的。

3.4 苹果有限补水技术

3.4.1 不同灌水处理穴灌技术经济效益分析

旱地果园灌溉水资源十分紧缺,一般情况下灌溉水源来自窑窖汇集的雨水、沟道提水、人工拉水,灌溉水成本很高,需采用节水灌溉措施。适于果园的节水灌溉主要有滴灌、微喷、小管出流、渗灌等微灌工程,它们代表了当前世界先进的灌水技术,节水效果显著,但是,微灌在该地区的应用具有一定局限性,第一,微灌成本较高,在自压情况下,微喷 10 680 元/hm²、滴灌 9 632 元/hm²、小管出流 10 841 元/hm²、渗灌 8 604 元/hm²,农民难以承受,第二,输水管道为压力管道,若地形高差小于 5m 需加压,而果园栽植区缺少供电设施,第三,技术含量较高,农民不能自发应用。为了克服以上缺点,使少量补充灌溉成为可能,于 1996 年、1997 年在淳化县,2001 年、2002 年在宝塔区,利用穴灌进行试验,取得良好的效果,对其进行经济效益分析结果见表 3。渗池制作成本最

大 6 元(包括人工费、杂草费、农膜费),使用寿命 3 年,折算成本为 2 元/年;灌水费 5 元/m³(包括运费、水费,人工费);苹果单价 1 元/kg,1 500 株/hm²。

表 3 经济效益分析表

处理	支出		收入	净收入	比对照净 增收收入	净增值 率/%	合计
	渗池	灌水					
3 000	1 800	4 800	40 500	35 700	13 200	58.7	
3 000	900	3 900	32 400	28 500	6 000	26.67	
3 000	900	3 900	36 375	32 475	9 975	44.33	
3 000	450	3 450	30 525	27 075	4 575	20.33	
CK	/	/	/	22 500	22 500	/	/

由以上计算可以看出利用渗池灌水方式,在旱地果园水费昂贵的情况下,如果进行合理灌溉仍然可以获得显著的经济效益。尤其在 1997 年这种特旱年份,处理 净增值率高达 58.7%,处理 达 44.33%,处理 26.67%,处理 20.33%。从中可以看出,部分根系渗池补水的非充分灌溉,每一滴灌水都能发挥其作用,只是程度不同而已。

3.4.2 苹果灌水关键期和灌水量的初步确定

在旱作果园,灌溉的主要目标是通过灌“关键水”防止由于干旱引起大幅度减产,或者灌少量水而使产量有一定幅度的提高。降雨量是果树生长的主要水分来源,从黄土高原长系列降雨资料可以看出,6~9 月份的降雨量占年降雨量的 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 月份降雨量划分。11~2 月的总降雨量及 3~5 月的总降雨量年际变化不大。从苹果生育期分析,11~2 月属休眠期,本期降雨量少,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 月上旬的幼果期,也是春梢旺长期,水分不足,会使春梢争夺幼果中的水分,引起大量落果,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。限额灌水灌溉制度见表 4。

表 4 限额灌水灌溉制度

频率年	灌水定额 /(m ³ · hm ⁻²)	灌溉定额 /(m ³ · hm ⁻²)	灌水次数			合计
			幼果期	膨大期	休眠期	
丰水年	105	105		1	1	1
平水年	105	210		1	1	2
偏旱年	105	315	2	1		3
特旱年	105	420	1	2	1	4

4 结论与建议

(1) 在黄土高原南部,苹果生育期需水量为偏旱年 578.8 mm(1997 年)、平水年 601.8 mm(1996 年);在黄土高原中部,苹果生育期平水年需水量为 580 mm 左右;从耗水规律看,7~8 月份耗水强度最大,约 4 mm/d。

(2) 不同耗水情况下品质测定结果表明,当耗水量为 600 mm 时,品质最好,水分过多或过少,均会使苹果品质下降。

(3) 在不同月份黄土高原南部和中部旱地果园土壤水分储量极不平衡,不论平水年还是偏旱年,有些月份土壤水分低于 60% 田间持水量,处于亏缺状态,必须采取补水措施,才能满足苹果正常生长要求。

(4) 穴灌非常适合旱地果园补水灌溉,在“水贵如油”的渭北地区,利用穴灌,在苹果需水关键期灌水,净增值率高达 58.7%。

是英制单位, 换算成我国常用的公制单位, 换算系数 $f = 224$

降雨侵蚀力因子 R 。 R 因子是降雨侵蚀力的指标, 福建省 R 值可采用简便版式计算:

$$R = \sum_{i=1}^{12} (-1.5527 + 0.1792P_i)$$

式中: P_i —— 月降雨量 (mm)。

由上述公式根据 芑城区年平均月降雨量表 2 计算得该区域降雨侵蚀力 R 值为 267。

表 2 芑城区平均月降雨量分布表

月 份	1	2	3	4	5	6	7
降雨量/mm	44.4	73.8	92.2	133.1	229.6	300	209.2
月 份	8	9	10	11	12	全年	
降雨量/mm	224.9	160.5	60.7	38.6	28.7	1595	

土壤可侵蚀性因子 K 。 K 因子反应土壤对侵蚀的敏感度, K 值越大, 敏感度越高, 越容易受到侵蚀, K 因子大小取决于土壤质地 (黏粒、粉粒、砂粒) 和有机质含量。综合有关资料分析, 计算得 K 值为 0.284。

坡度、坡长因子 LS 。根据福建地区的大量研究结果, 土壤侵蚀与坡度坡长的关系采用以下经验公式计算:

$$LS = (Q/10)^{0.78} \cdot (1/20)^{0.41}$$

式中: Q —— 坡面的坡度 (°); L —— 坡长 (m)。

项目各影响区的坡面坡度及坡长见表 3

表 3 坡度、坡长预测因子计算表

项 目	平均坡度 $Q/^\circ$	平均坡长/m	LS 值
主体工程区	45	20	3.23
临时施工占地	5	30	1.62
施工道路	4	1000	2.48
土石料场	25	200	5.25

生物因子 C 。生物因子亦称植被覆盖因子, 其大小与植物种类、覆盖率有关, 无植被裸地, $C = 1.0$

控制侵蚀措施因子 P 。 P 也称水土保持因子, 无植被裸地 $P = 1.0$

水土流失量预测。采用上述方法对项目新增水土流失的重点区域进行流失量预测, 计算结果见表 5:

表 4 (USLE) 公式法预测结果表

项目区	平均侵蚀模数 $t \cdot km^{-2} \cdot a^{-1}$	侵蚀面积 $/km^2$	预测时段 $/a$	侵蚀量/ 万 t
主体工程区	54863	0.21	3	3.46
临时施工占地区	27207	0.08	4	0.87
施工道路	42124	0.06	1	0.25
土石料场	89174	0.03	2	0.54
合 计				5.12

表 5 弃渣流失量预测结果

项 目	占土面积 $/hm^2$	堆渣量 $/万 m^3$	流弃比	可能造成的水土流失量 $万 m^3$	万 t
土方	0.02	56.76		11.35	14.75
石方	0.01	10.29	0.2	2.05	3.07
合计	0.03	67.05		13.4	17.82

以上两项合计水土流失量为 22.94 万 t。

4.2.6 可能造成的水土流失危害

九龙江下游防洪堤四期加固扩建工程扰动原地地形地貌面积 56.67 hm^2 , 损坏原有的土壤植被面积 39.17 hm^2 , 使其原有的水土保持功能降低或丧失, 极易造成水土流失, 影响了水土资源的效益。可能造成的水土流失危害主要在以下几个方面。

(1) 植被破坏。本工程在建设过程, 扰动了原地地形地貌, 损坏原有的土壤植被, 将失去林地的水土保持功能, 降低林冠、林下植物、残落物和根系等的共同作用, 地表径流增加, 加重水土流失。

(2) 外采土料高达 53.34 万 m^3 , 石料 10.29 万 m^3 , 使山体破碎, 易产生边坡滑坡, 造成的水土流失量将远远超过容许范围, 从而加剧原有的水土流失。

4.3 预测结果及综合分析

九龙江下游 防洪堤四期加固扩建工程的施工扰动面积为 56.67 hm^2 , 损坏水土保持设施面积 39.17 hm^2 。建设时期及生产运行期可能造成的水土流量为 22.94 万 t。

由上述预测结果分析, 项目建设造成一定的水土流失, 且可能产生危害, 必须采取措施予以防治。其不利影响只要认真实施水土保持方案报告中提出的防治措施, 水土流失可以控制在允许范围内。因此, 本工程兴建是可行的。

(上接第 42 页)

参考文献:

[1] 薛志成. 国内外田间节水灌溉新法[J]. 节水灌溉, 1998, 12(4): 36-38.

[2] 谢瑞贤. 适合发展中国家小农户的低成本滴灌系统[J]. 节水灌溉, 1999, 8(4): 25-29.

[3] Chalmer, D J, Burge, P H, Michell, P D. The mechanism of regulation of Bartlett pear fruit and vegetative growth by irrigation withholding and regulated deficit irrigation[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1986, 11(6): 944-947.

[4] Mithell, P D, Chalmers, D J. The effect of reduced water supply on peach tree growth and yield[J]. Journal of the American Society for Horticultural Science, 1984, 107: 853-803.

[5] 李子春. 苹果需水量及灌溉管理[J]. 节水灌溉, 1998, (4): 21-24.

[6] 王留运. 果树需水规律试验研究[J]. 节水灌溉, 1997, (2): 16-22.

[7] 李怀有. 苹果滴灌灌水定额试验研究[J]. 节水灌溉, 1999, (6): 15-20.

[8] 朱德兰, 王健, 张晓鹏. 果园不同节水灌溉方式的技术经济效益分析[J]. 西北林学院学报, 1998, 6(2): 46-50.

[9] 朱德兰, 王得祥, 朱首军. 渭北地区旱地果园穴灌节水技术研究[J]. 水土保持研究, 2000, 3(1): 77-81.