

黄土高原丘陵沟壑区坡面果园的土壤水分特征分析

王健, 吴发启, 孟秦倩

(西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨陵 712100)

摘要:以黄土高原丘陵沟壑区坡面果园为对象,通过测定阴坡、阳坡、半阴半阳坡坡面果园不同部位土壤的储水量,分析果园土壤水分空间、时间变异性,以及土壤水分亏缺程度。结果表明,坡面果园0~200 cm土壤水分贮量为314.7 mm,低于坡地28.8%;土壤储水量受降水的影响呈现年际波动,同时土壤储水量波动具有明显滞后性。年内土壤水分可划分3个阶段,秋冬季土壤水分缓慢累积阶段,春末夏初土壤水分强烈消耗阶段,夏季土壤水分波动变化阶段。坡向、坡位不同,土壤水分变异很大,土壤水分贮量受降水等因素影响,在每年4~9月份土壤水分贮量低于适宜田间持水量。

关键词:土壤水分;果园;坡向;动态;满足程度

中图分类号:S718.516

文献标识码:A

文章编号:1001-7461(2006)05-0065-04

Analysis on Soil Moisture Character of Dry Orchard on Hilly and Gully Regions on the Loess Plateau

WANG Jian, WU Fa-qi, MENG Qin-qian

(College of Sources and Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: Soil water characters are often complex, this paper presents a new framework on the soil water condition, also the traditional analysis method is practiced to illustrate the temporal & spatial variation and the wane degree of different oriental orchard slope of the hill gully region of the Loess Plateau. The 0~200 cm depth water reserve of the orchard grade surface is 314.7 mm. 28.8% lower than the sloping field. The soil moisture storage capacity affected by precipitation assumes an annual fluctuation and this fluctuation presents an obvious hysteretic nature. The soil moisture content, had a wider variation with the difference of the aspect and slope location, provides us different stages in a year: a slow accumulation in autumn and winter, an intense consumption in early summer and late spring. Soil moisture content is also affected by kinds of factors such as precipitation, and it is lower than the suitable field moisture capacity from Apr. to Sept. every year.

Key words: soil moisture; dry orchard; aspect of slope; dynamic state; satisfied degrees

水分是黄土高原丘陵沟壑区坡面果园生产的一个主要限制性因素^[1,2],果树生长水分供应来源于两方面,一是果树冬眠期土壤水供应,二是果树生长季的降水。众多学者针对黄土高原人工植被土壤干层问题进行了大量研究^[3~12],表明植被种类、组成及土地经营管理方式均对土壤水分状况有重要的影响。苹果作为黄土高原地区的主要经济树种,由于其产量高和生物量大,需水量也比大多数农作物要高,农田大面积改种果树,势必加重区域水资源供需矛

盾;此外,对苹果地的平整、深翻和精细护理,又将改变下垫面状况,影响区域降雨入渗、产流关系,改变区域水循环特征^[13]。坡面大面积栽植果树后,其土壤水分呈现如何变化,有必要对坡面果园土壤水分进行研究。

1 研究区概况

延安市宝塔区地理坐标为 E109°00'~109°45', N36°55'~36°20'。多年平均降雨量 533.3 mm(1961

收稿日期:2006-03-09 修回日期:2006-03-22

基金项目:中科院知识创新项目“黄土高原水土保持与生态环境建设试验示范研究”(kzcx1-06-02-003)

作者简介:王健(1973-),男,陕西商州人,讲师,在读博士,主要从事水土保持与荒漠化防治方面研究与教学。

~2005 年),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%。

表 1 试验区月降水量
Table 1 Distribution of annual precipitation in the plots

月份	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	年降水
2001	10.6	7	11.1	36.3	17.2	31.5	146.4	127.4	128.6	51.3	5.2	0.9	573.5
2002	3.5	2.9	9.8	27	44.8	191.4	71.4	29.6	61.4	49.5	5	4.5	500.8
2003	3	1.1	15.9	29.8	39.6	94.1	60	177.9	134.8	73.8	0	15	645
2004	1.4	6.9	6.9	4.9	17.4	110	86.3	73.6	43	35	26.5	0	411.9
2005	0.0	4.4	4.2	21.4	69.9	33.6	115.7	48.2	116.3	13.1	10.0	4.0	440.8
多年平均	3.1	4.9	16.2	28.2	44.5	67.6	112.9	116.2	83.3	38.9	14.7	3.0	533.3

2 研究方法

区域坡面果园面积占总土地利用面积的 8.23%。根据试验目的,在区域坡面果园、天然荒坡上布设了 45 个水分监测点,测深 0~1 000 cm 不等,以果园为研究对象,以天然荒坡地为对照。

水分监测采用烘干法(0~20 cm)和中子仪法(0~200 cm 以内,每 20 cm 测定 1 次,200~1000 cm 每 50 cm 测定 1 次),每月观测 2 次(月初和月中),若遇降雨,雨后加测 1 次,每次测定时均作 3 次重复,最后取其平均值作为分析数据。实验从 2001 年 11 月起开始。

另外,在数据分析时还采用了数理统计的方法。

3 结果与分析

3.1 果园土壤水分特征

3.1.1 果园土壤水分特征 经对观测数据进行整理,并按 $\theta=(c \times h) / 10$ (式中: θ ,土壤贮水量,mm; c ,土壤含水量,%; h ,土层深度,cm)计算得知,果园 0~200 cm 土层的平均贮水量为 314.71 mm(表 2)。

由表 2 可知,观测期间果园的土壤贮水量小于休闲坡地。这一结果主要是果树对土壤水分的吸收利用及蒸散所致。经对 480 组数据统计结果得知,果园的平均贮水量为 314.71 mm,低于坡地 28.8%。

表 2 果园、坡地土壤蓄水特征
Table 2 Water storage characters of dry orchard and sloping field

地类	样本数/个	平均贮水量/mm	变幅/mm	变异系数/%
果园	480	314.71	271.00	22.26
坡地	480	405.28	202.67	12.19

3.1.2 果园土壤水分年变化特征 土壤水分是植被生长所需水分的直接来源。以 60%田间持水量作为土壤适宜含水量标准,苹果园土壤水分存在不同程度的亏缺,尤其在 6~9 月份生长旺季,土壤水分

低于适宜土壤含水量,不能满足需水要求。

由图 1 可以看出,0~200 cm 土壤水分储量呈现周周期性分布,年内表现为补充期、消耗期和波动期的规律变化,年际之间受降水的影响,呈现年际间波动。2001 年总降水量 500.8 mm,其中 6 月份降水量达到 191.4 mm,该年属偏枯年,果园土壤水分含量明显偏低;由 2002 年 7 月起至 2003 年 7 月 0~200 cm 土壤储水量低于适宜含水量。2003 年降水 645 mm 属丰水年,土壤水分储量得以恢复。可以看出土壤储水量受降水的影响呈现出较强的年际波动,同时这种波动具有明显的滞后性。

在观测的时段内,2003 年 8 月 0~200 cm 土壤储水量最低,其值为 185 mm;随后,在 2003 年 8、9、10 月降水 177.9、134.8、73.8 mm 的作用下,土壤储水量得到恢复补充,11 月土壤储水量达 456 mm。

3.1.3 果园土壤水分季节性动态变化 由图 1、图 2 可以看出,果园土壤水分呈现季节性变化规律,根据其变化趋势,大致可以分为以下 3 个时期:(1)秋冬季土壤水分缓慢累积阶段。本阶段从上年 9 月到翌年 3 月上旬。该期气温低,蒸发量较小,土壤水分损失少,土壤各层的含水量变幅小。降水缓慢入渗,土壤水分得以累积,逐渐恢复,储水量缓慢增加。(2)春末夏初土壤水分强烈消耗阶段。本时期为 3 月中旬到 6 月下旬。此阶段降水较少,气温迅速回升,相对湿度低,同时果园覆盖较低,导致土壤蒸发加剧,土壤储水迅速减小;同时果树开始生长,致使土壤水分损耗严重。到这一时期末,土壤含水量下降到全年的最低水平。(3)夏季土壤水分波动阶段。本阶段为 6 月中旬到 9 月,根据多年平均降水量资料,此期间降水占年降水 71%,但降水变率大,同时此期气温最高、植物生长最为旺盛而且土壤蒸发与植物蒸腾都很强烈,这样就造成该时期土壤水分储量呈现较大波动。当降水满足果园水分消耗,土壤水分得以恢复,当降水小于果园水分消耗,土壤水储量减少。

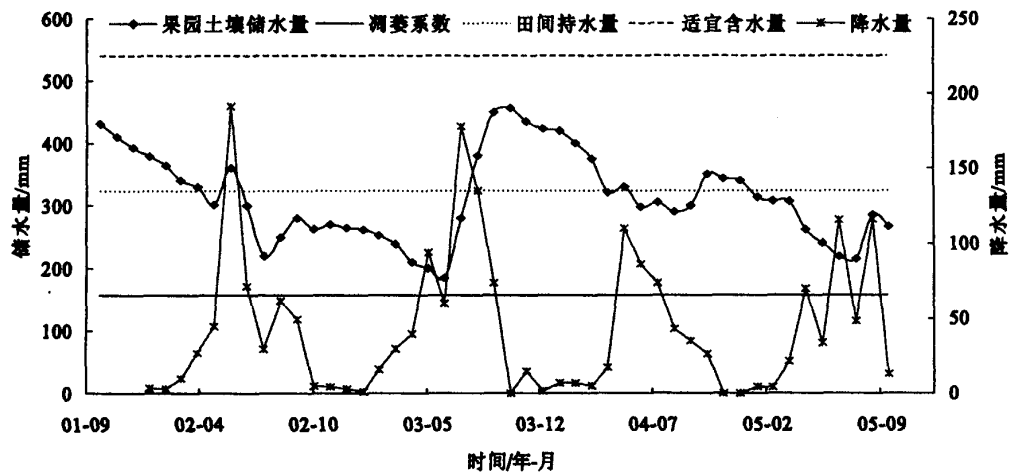


图1 坡面果园土壤储水量动态变化
Fig. 1 Soil moisture dynamic of dry orchard

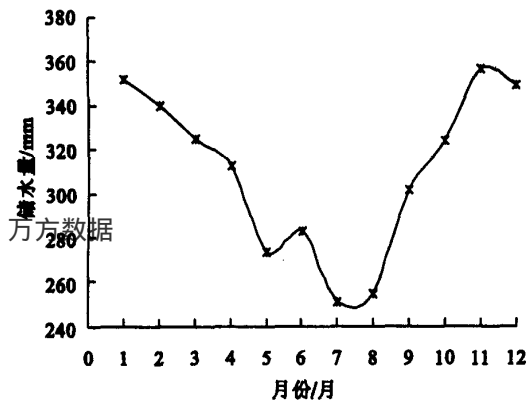


图2 坡面果园土壤储水量动态变化
Fig. 2 Soil moisture dynamic of dry orchard

3.1.4 果园土壤剖面水分特征 由图3可以看出,表层0~60 cm 由于当月 60 mm 降水的补充,含水量较高;60~200 cm 之间土壤含水量均在 7%左右,6月~8月过度的蒸发,降水补给较少,土壤水分明显偏低;200 cm 以下,阳坡果园土壤水分也较低,在阳坡果园虽然在 4.5 m 处土壤含水量增加,但究其原因,是由于在 4.5 m 处出现红粘土,密实度增加,故其含水量增加。阴坡果园土壤含水量在 250 cm 以下有一定增加。

由图4可以看出,坡面果园土壤累积储水量与土层深度可以用线性方程 $y=ax+b$ 来很好的描述,即土壤累积储水量随深度增加呈增加趋势(表3)。

表3 相关系数表

Table 3 Table of relationship coefficient

坡向	拟和方程	参数 a	参数 b	相关系数 R
阳坡果园	$y=119.59x+0.829$	119.59	0.829	0.997 8
半阴半阳坡果园	$y=137.81x-1.518$	137.81	1.518	0.998 8
阴坡果园	$y=148.45x-25.717$	148.45	25.717	0.999 1
阳坡果园	$y=157.78x-29.650$	157.78	29.650	0.997 8

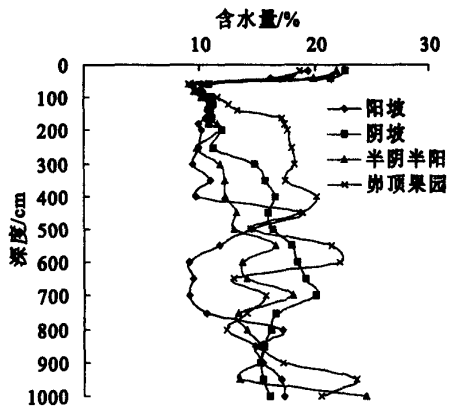


图3 果园土壤含水量随深度变化
Fig. 3 Soil moisture dynamic of dry orchard

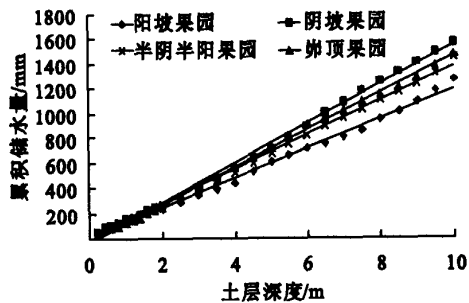


图4 坡面果园累积储水量与深度关系

Fig. 4 Relation between soil water reserve and depth

由表3可以看出,在坡面果园线型模型中,模型参数 a ,表现为阴坡果园>阳顶果园>半阴半阳坡果园>阳坡果园,同时通过图也可以看出果园土壤储水量呈现阴坡果园>阳顶果园>半阴半阳坡果园>阳坡果园。

3.2 影响果园土壤水分因素

3.2.1 降水 由图1可以看出,果园0~200 cm 土壤储水量变化呈现季节变化规律,土壤储水量较大

程度受降水的影响,土壤储水量的波动与降水的波动相似。自 2001 年 10 月至 2003 年 7 月,土壤储水量总体呈递减趋势,2002 年 5 月至 2002 年 10 月虽受降雨的影响呈现出一定的恢复但恢复较小。在 2002 年 6 月遇到 191 mm 的降水,但由于降水集中,入渗量较少,同时土壤蒸发较大,该月土壤水分储量仅由 301.6 mm 恢复到 360 mm。果园土壤水分因年降水量的变化而表现出的不同变化特征说明,在干旱(降水量较低)月(年)份,“土壤水库”起着替代降水的作用,成为补充果树所需土壤水分的主要来源,而在降水量较大月(年)份,降水则成为土壤水分的主要来源,将降水蓄积起来,供果树生长耗水。土壤储水在一定程度上调节降水的不均匀性,完成降水和果树耗水的年内和年际调节。

3.2.2 地形部位 由表 4 可以看出,不同坡向土壤贮水量差异比较明显,在土壤剖面上是:阴坡(1 568.95 mm)> 峁顶(1 520.08 mm)>半阴半阳坡(1 404.64 mm)>阳坡(1 263.70 mm)。在各土层之间,不同坡向土壤贮水量的变化趋势一致,均表现为土壤水分储量阴坡> 峁顶>半阴半阳坡>阳坡。

我们认为,造成土壤水分沿不同坡向异的原因是光热条件的不同,导致了土壤储水量在不同坡向

上的差异。

表 4 不同坡向果园各层土壤贮水量
Table 4 Soil moisture content of different aspect of slope

土层/cm	各层土壤含水量/mm				
	0~40	40~100	100~350	350~1 000	0~1 000
阳坡	71.16	62.14	256.99	873.41	1 263.70
阴坡	88.19	63.93	320.79	1 096.04	1 568.95
半阴半阳坡	83.82	58.50	280.92	981.39	1 404.64
峁顶	84.27	70.64	320.87	1 044.29	1 520.08

3.3 果园土壤水分评价

根据果园土壤水分的有效性原理,土壤水分有 3 个转折点,即凋萎湿度、生长阻滞持水量、田间持水量。研究表明,果园土壤水分的有效性是随着土壤湿度的降低而减少的,当土壤含水量降到田间持水量的 60% 以下,对果树的生长就产生不利的影响。以 60% 田间持水量(相当于 324 mm 土壤储水量)作为标准^[1,2],土壤含水量大于该值,果树能够吸收土壤水分,土壤储水量满足果树生长要求,低于该值,说明土壤处于缺水状态。

由于果园修建水平阶后,坡上、坡中、坡下土壤储水量偏差不大,故仅分析坡中土壤水分满足程度(表 5)。

表 5 果园土壤水分满足程度
Table 5 The satisfied degrees of soil moisture in the dry orchard

月份/月		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2002 年	土壤平均储水量/mm	411	394	379	364	341	330	302	360	300	220	250	280
	亏缺量/mm	0	0	0	0	0	0	22	0	24	104	74	44
	水分满足程度/%	100	100	100	100	100	100	93	100	93	68	77	86
2003 年	土壤平均储水量/mm	263	270	265	262	253	239	210	200	185	280	380	450
	亏缺量/mm	61	54	59	62	71	85	114	124	139	44	0	0
	水分满足程度/%	81	83	82	81	78	74	65	62	57	86	100	100
2004 年	土壤平均储水量/mm	456	435	424	420	400	375	320	330	298	305	290	300
	亏缺量/mm	0	0	0	0	0	0	34	0	26	19	34	24
	水分满足程度/%	100	100	100	100	100	100	99	100	92	94	90	93
2005 年	土壤平均储水量/mm	351	343	340	313	307	307	262	241	219	215	285	267
	亏缺量/mm	0	0	0	11	17	17	62	84	105	109	39	57
	水分满足程度/%	100	100	100	97	95	95	81	74	68	66	88	82
平均	土壤平均储水量/mm	370	360	352	340	325	313	274	283	251	255	301	324
	水分满足程度/%	100	100	100	100	100	97	84	87	77	79	93	100

据 2001 年 10 月至 2005 年 10 月土壤含水量测定资料,0~200 cm 土壤含水量低于适宜储水量的月份占测定月份 40.8%。多年平均 10 月~次年 3 月,苹果地水分满足程度为 100%,4~9 月均缺水,平均水分满足程度为 86%。因此,坡面果园土壤水分状况对果树生长不利,为了获得稳产高产,应采取补灌措施,补充果树生长所需水分。

4 结论与讨论

黄土高原丘陵沟壑区坡面果园 0~200 cm 土层土壤水分储量为 314.71 mm,低于同区坡面土壤储水量。

坡面果园土壤水分受降水影响,年际、年内均呈
(下转第 108 页)

适宜移栽基质。

2.3.2 移栽时间对移栽成活率的影响 移栽是离体快繁全过程中的最后一个环节,本试验在 1999 年以蛭石为基质,选择不同月份进行移栽试验,30 d 后统计成活率(图 1)。

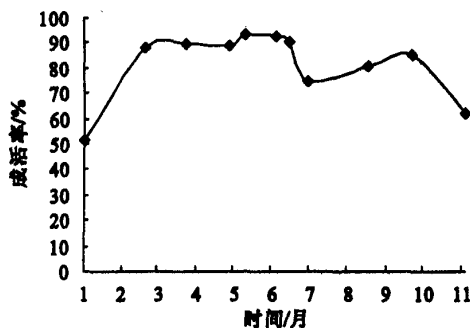


图 1 不同移植时间对成活率的影响

Fig. 1 Effect of different transplanting times on the rate of survival

由图 1 可以看出,在每年的 3~7 月初移栽成活率较高,而在 6~7 月初成活率最高。香椿是一个喜热喜光的树种,移栽时期偏向于较热季节,6~7 月移栽苗木生长迅速,在塑料钵中培育 30 d 左右可直接移入大田进入常规管理,在 7、8 月的高温季节,移栽成活率也可达 75%,而且苗木成活后生长迅速,易于管理。在秋季移栽,生长期较短,到落叶期植株较为矮小,冬季不能露地越冬,延长了管理时间,而在冬季移栽,苗木几乎不生长,因此在秋冬季移栽成活率较低。

(上接第 68 页)

现较大的波动性,秋冬季土壤水分缓慢回升,春季土壤水分强烈消耗,夏季受降水影响呈现出一定波动变化。

果园土壤水分储量受降水、地形等因子的影响呈现一定变化规律。不同坡向果园土壤水分储量表现为阴坡果园>崩顶果园>半阴半阳坡果园>阳坡果园。

坡面果园 0~200 cm 的水分储量在果树生长季 4~9 月份均低于适宜含水量,为保证果园稳产、高产应进行果园补灌。

参考文献

- [1] 朱德兰,吴发启. 黄土高原旱地果园土壤水分管理研究[J]. 水土保持研究,2004,11(1):40-42,115.
- [2] 徐呈祥,马艳萍. 苹果对水分胁迫的反应特点及节水灌溉研究综述[J]. 南京农专学报,2000,16(2):15-22.
- [3] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京:中国水利水电出版社,1997.

3 结论与讨论

香椿腋芽诱导的适宜培养基为 MS 基本培养基,附加 0.2 mg/L 6-BA,芽萌发早,平均芽长为 1.6 cm;芽增殖培养阶段,在 MS 基本培养基中附加 0.2 6-BA+2.0 GA₃, 0.2 ZT+2.0 GA₃ 或 0.1 IAA+0.2 6-BA+2.0 GA₃ 时对芽增殖效果均好,有效增殖倍数分别为 3.38、3.13、3.10,但三者比较以 MS+0.26-BA+GA₃ 的效果为最佳。

IBA 对根的分化和生长有显著的促进作用,浓度为 1.0 mg/L 时生根率最高。

不同移栽基质和移栽时期对成活率有很大的影响。在每年的 3~6 月移栽成活率较高,是香椿试管苗适宜的移栽时间,一般移栽成活率达 88.2%~93.3%。以新鲜的蛭石和河沙为基质,试管苗移栽成活率较高,为 83.2%~84.4%。

参考文献:

- [1] 吴丽君. 香椿组培快繁效率的影响因子[J]. 中南林学院学报, 2005, 25(2): 25-29.
- [2] 陈存及. 阔叶树种栽培[M]. 北京:中国林业出版社,2000.
- [3] 吴国兴. 香椿刺龙牙保护地栽培[M]. 北京:金盾出版社,2001.
- [4] 陈静芬. 香椿栽培新技术[M]. 北京:金盾出版社,1997.
- [5] 韩德元. 植物生长调节剂原理与应用[M]. 北京:科学技术出版社,1997.
- [6] 李瑜明,邢宁馨,陈绍宽,等. 两种绣线菊的组培快繁技术[J]. 中国林副特产,2000, (4): 15.
- [7] 张小红,陈彦生,康冰,等. 激素对香椿腋芽增殖生长的效应[J]. 西北植物学报,2001, 21(4): 756-760.
- [8] 董丽芬,张小英,张宗勤,等. 树莓的组织培养技术[J]. 西北林学院学报,2003, 18(2): 42-43.
- [4] 李世荣,张卫强,贺康宁. 黄土半干旱区不同密度刺槐林地的土壤水分动态[J]. 中国水土保持科学,2003, 1(2): 28-32.
- [5] 李玉山. 黄土区土壤水循环特征及其对陆地水文循环的影响[J]. 生态学报,1983, 3(2): 91-101.
- [6] 李玉山. 黄土高原森林植被对陆地水分循环影响的研究[J]. 自然资源学报,2001, 16(5): 427-432.
- [7] 杨文治,邵明安. 黄土高原环境旱化与黄土中水分的关系[J]. 中国科学,1998, 28(4): 357-365.
- [8] 杨维西. 试论我国北方地区人工林植被土壤干化问题[J]. 林业科学,1998, 34(4): 142.
- [9] 杨文治,邵明安. 黄土高原土壤水分研究[M]. 北京:科学出版社,2000.
- [10] 侯庆春,韩蕊莲,韩仕峰. 黄土高原人工林草地“土壤干层”问题初探[J]. 中国水土保持,1999, (5): 11-14.
- [11] 杨新民,杨文治. 灌木林地的水分平衡研究[J]. 水土保持研究,1998, 5(1): 109-118.
- [12] 赵景波,周旗,侯角坚. 黄土高原土壤干层对生态环境建设的影响[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版),2003, 13(4): 93-97.
- [13] 樊军,胡波. 黄土高原果业发展对区域环境的影响与对策[J]. 中国农学通报,2005, 21(11): 355-359.