

陕北矮化栽培山地苹果幼树需水规律预判

黄丽^{1,3}, 范兴科^{1,2}

(1. 中国科学院水利部水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100;

2. 西北农林科技大学水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100; 3. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 采用田间试验的方法, 通过对陕北地区矮化(自根砧 M₉-T337)富士一年生长量及其土壤含水量的测定, 收集长时间序列气象资料, 根据彭曼公式计算得出山地苹果幼树的潜在腾发量 ET_c 。与当年降水量进行对比, 进而得出试验区第 2 年生幼树的需水规律。结果表明: 在 2017 年的降水量条件下, 试验区内降水量总和大于幼树需水量之和, 但是在 7 月之前存在阶段性缺水问题; 进一步分析得出, 不管在湿润年、一般年、一般干旱年和特干旱年降水量条件下, 由于陕北地区降水的时间分布不均匀性, 虽然年内降水量能够满足果树生长所需水量, 但在 7 月之前存在较为严重的水量亏缺, 特干旱年甚至在 10 月之前都存在着水量亏缺, 需要在果树萌芽前(3 月)、枝条旺长期(4 月)、花芽分化期(5, 6 月)以及开花期(7 月)进行人为补充灌溉 4~5 次, 根据前期降水量以及当前土壤含水量来确定灌水定额, 灌水量范围选取果园田间持水量的 60%~80% 为标准。

关键词: 陕北地区; 矮化富士; 第 2 年生幼树; 需水规律

中图分类号: S661.1

文献标识码: A

文章编号: 1009-2242(2018)06-0200-08

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2018.06.029

Predicting the Water Requirement of Dwarf Planted Apple Sapling in Northern Shaanxi

HUANG Li^{1,3}, FAN Xingke^{1,2}

(1. *Institution of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Science, Yangling, Shaanxi 712100*; 2. *Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100*; 3. *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049*)

Abstract: Using the field test method, through measuring annual growth and soil water content of dwarf Fuji (self-rooted anvil M₉-T337) in the field of Northern Shaanxi, long-term sequence meteorological data was collected and the potential evapotranspiration (ET_c) of young mountain apple trees was calculated according to the Penman formula, and the result was compared with the annual rainfall of the year, then the water requirement of the second year saplings in the experimental area was obtained. The results showed that under the rainfall conditions in 2017, the sum of rainfall in the experimental area was greater than the sum of the water requirement of the saplings, but there was a stage of water shortage before July; further analysis showed that, no matter under the conditions of wet year, general year, general drought year or special drought year, due to the uneven distribution of rainfall time in Northern Shaanxi, although the annual rainfall was enough to meet the water demand for growth of fruit tree, there was a serious water deficit before July. There even was water deficit before October in the special dry years. Four to five times of supplementary irrigations were needed to carry out before the germination of the fruit trees (March), the long-term growth of the branches (April), the flower bud differentiation period (May and June) and the flowering period (July), and the irrigation quota was determined according to the previous rainfall and the current soil water content. The irrigation amount range was 60%~80% of the orchard field water holding capacity.

Keywords: Northern Shaanxi; dwarf Fuji; second year sapling; water requirement

延安宝塔区以南是世界最佳苹果优生区, 宝塔区以北是优质山地苹果生产区。近年来, 随着陕西省苹

果西移北扩的深入进行, 延安市山地苹果的面积达 11.3 万 hm^2 , 但多为无灌溉条件的山地雨养型果

园^[1]。由于乔化的果树根系分布广而深,一般的灌水施肥到达不了根系深层,使得灌水施肥对其生长、产量均影响不大;再者,乔化的苹果树普遍来说树高都达到4~5 m,给当地果农修剪、疏花疏果及采摘等带来了不便。因此,矮化栽培应需而生。近几年,矮化栽培的苹果树苗也得到普遍的推崇,可以说矮化栽培苹果树将成为未来山地苹果发展的趋势。矮化栽培的苹果树,树体矮小,树冠紧凑,在同样土壤条件下,树体可比乔化品种小1/3。矮化栽培的苹果树萌芽率高,成枝力低,大骨干枝少,多短果枝和中果枝。其新梢短而粗,节间较短,生长直立(个别有开张型),叶较稠密,叶大而厚,净光合率较高,树冠各部光照条件好,花芽形成早。矮化栽培密植园,幼树生长较旺,与乔化树体生长相差不明显,但分生短枝较多。从进入结果期起,矮化栽培密植园的生长势逐渐减缓,树体大小明显小于乔化园。不同类型矮化栽培对树体生长差异影响很大。矮化栽培密植园一般栽后2~3年即开始结果。矮化栽培密植园虽然单株产量较低,但单位面积株数多,故单位面积产量较高。矮化自根砧树的腋花芽多,花序坐果率高,果实成熟一般较早,果实个头大、硬度大、色泽好,品质优于乔砧树。但是,这种矮化自根砧树种最大的缺点就是根系浅、不抗倒伏。由于根系浅,因此矮化自根砧的抗旱性、抗冻性均较差,一般在干旱条件下,必须有简易滴管设施或保墒铺膜^[2]。

矮化自根砧根系分布于浅层土壤中(一般分布于1 m土层范围内),其摄取土壤肥力的范围较小,而土壤肥力对于作物产量来说起着决定性的作用。黄土高原土壤蓄水性、保水性较差,土壤养分缺乏,年降水量偏少且分布不均匀,因此,灌溉、施肥对作物生长及其产量的影响非常大。苹果作为多年生果树在同一地块生长发育,土壤水分对苹果树体的生长发育、产量和品质的形成具有重大影响,而何时对苹果树进行灌溉以及灌水量的确定成为了灌溉中需要量化的指标。

与国外相比,我国进行需水量研究较晚,1926年在广东省进行了多点水稻需水量试验,到1950年初,需水研究才得到较快发展,全国各地建立了大量的灌溉试验站,开展了农业水管理中需水量及相关问题的研究,在农田方面采用水平衡法测定蒸发,其测定结果成为分析需水量和耗水量的基础。对苹果树需水规律的研究主要通过对已有产量的结果树进行其需水时间的分析以及灌溉定额的量化确定2个方面:王留运等^[3]认为,苹果树滴灌月份多在4—6月和9月;王进鑫等^[4]研究认为,在干旱年矮化红富士苹果物候期需水量较高,湿润年则较低。全物候期内6月需水量最高,7、8月次之,10月需水量最低。陈明等^[5]和曹俊等^[6]认为,苹果的需水规律为从4月开始

需水量逐渐增大,7月达到需水临界期,此时阶段耗水量达到最大,8月以后需水量逐渐下降,全物候期需水呈“单峰型”。宋凯^[7]研究表明,在苹果树的主要生长月份(5—11月),果园需水量的变化存在较大差异,5—7月的需水量较高,8、9月逐渐降低,10月有所增加,11月最低;贾俊杰^[8]研究山西SH矮砧苹果幼树在滴灌条件下的需水特性,表明幼树的需水模数呈现出7月>8月>6月>5月>9月>4月>10月的趋势;闫琪^[9]在甘肃平凉市以红富士为材料研究表明,在苹果树的各生育阶段,以果实膨大期到采收期的需水量最大,初果期红富士苹果树的水分最敏感期是7、8月,这2个月为果园水分管理的关键期;李子春等^[10]认为,灌水计划湿润层为60~100 cm,苹果需水临界期为果实膨大期,萌芽期、花期、果实膨大期和成熟期适宜的土壤湿度分别为田间持水量的71.3%,70.0%,71.7%和65.22%;焦梦妮等^[11]研究表明,苹果生长期需水量为430.05~464.86 mm,平均耗水强度2.15~2.34 mm/d,灌溉定额为1 050 m³/hm²。最佳灌水期为萌芽前、新梢生长期和幼果膨大期、果实迅速膨大期和落叶期。赵运革^[12]在蓄水坑灌方式下苹果树根系分布与土壤水分动态研究中表明,果园灌溉方法建议采用蓄水坑灌法,灌水上下限以田持的60%~90%为宜;徐巧^[13]以陕北米脂山地6年生红富士苹果盛果树为研究对象,探讨其需水规律;范海燕等^[14]以苹果树为研究对象,以满足苹果树正常生长和获得中等产量水平等的作物生理需水为基本前提,考虑不同土壤类型条件下作物的灌溉方式和灌溉技术等造成的输水损失、田间渗漏和蒸发等水量损失,制定北京市不同地区苹果树灌溉制度;孟翀^[15]根据具体试验得知,苹果的耗水量与产量的关系成抛物线性关系,为获得较高产量和经济效益,耗水量应控制在9 000 m³/hm²左右为宜;Dzikiti等^[16]利用双重源蒸散模型估算南非冬季降雨地区高产和幼龄苹果园的需水量;Song等^[17]通过对黄土高原丘陵地区苹果树的观测试验,得出了苹果树林分土壤水分和根系分布与林龄、雨水收集和渗透系统(RWCI)的关系。

综上所述,目前对苹果树需水量及需水规律的研究取得了一定的研究结果,但苹果树需水量的多少因树种、树龄、当地气候状况和土壤结构等因素而异。截止目前,适合陕北地区滴灌条件下矮化栽培苹果幼树需水特性的研究还是空白。本试验旨在通过观测雨养条件下矮化栽培的山地苹果幼树的生长状况及其缺水状况,同时结合长时间序列的气象数据,通过水文分析得出其在不同降雨量条件下的缺水量及其时间分布,为矮化栽培的陕北山地苹果幼树灌水管理上提供较为科学的指导依据。

1 材料与方

1.1 试检材料与试验区概况

试验地位于陕西省延安市安塞区的高桥镇南沟村,于 2017 年 3 月底开始进行试验。延安市安塞区高桥镇南沟村位于北纬 36° ,东经 109° 。其中栽植矮化密植苹果 28.67 hm²,配套建设高标准果园水肥一体化灌溉施肥系统 1 套,滴灌毛管采用间距 0.5 m 的滴灌管,滴头流量为 3 L/h,工作压力 0.07~0.12 MPa,滴头流态指数 0.25,毛管铺设间距为 4 m。当地土壤为黄绵土,土壤的田间持水量为 20%,土壤容重为 1.28 g/cm³。本试验以陕北延安山地第 2 年生高纺锤型矮化红富士、砧木 M₉-T337 苹果树为研究对象,株距 1 m,行距 4 m。土壤水分通过 AZS-100 手持表对试验开始之前埋设好的 1 m PVC 管进行定期测定,果树的生理指标测定工具主要有卷尺、游标卡尺等。

1.2 试验方法与内容

本次试验主要采取距离滴灌点纵向、横向距离不同的土样,测定其土壤含水量随时空的变化情况及其生长情况,通过水文学的彭曼公式法,计算分析得出 4 种不同典型年下试验地区雨养条件下幼树的缺水状况,为延安山地苹果灌溉管理提供相应的理论依据。本研究的内容主要包括:

(1)试验地黄绵土种植苹果树潜在腾发量的确定:通过延安气象局收集到的多年气象资料,根据彭曼公式计算出对应的逐日、月、年苹果树的潜在腾发量 ET_c ,为果树灌溉中耗水量确定提供参考依据。(2)陕北黄土丘陵区山地苹果缺水时间、缺水量的确定由试验所测得的 2017 年不同生育期内土壤含水量与果树长势情况(即果树的株高、新梢长度和叶面积的增长量)的关系可确定为达到目标生长量果树的耗水量,又由当地气象局提供的多年降水量资料计算出适合于延安山地苹果生长的需水量。基此得出陕北黄土丘陵区山地苹果幼树在湿润年、一般年、一般干旱年和特干旱年 4 个不同典型年的缺水状况。

1.3 试验设计

本次试验主要测定 2017 年试验区中山地苹果幼龄树各个生育期的生长形态指标及其对应的土壤含水量,其中生态指标包括在苹果营养生长期,用卷尺及游标卡尺测定株高和新梢长度。采用直接测量法测定叶面积指数,即用游标卡尺测量叶片长宽,用折算系数法计算苹果实际叶面积,最后计算出相应的叶面积指数。不同生育期内土壤含水量分布测定主要是定期对果树萌芽前埋置好的 PVC 管,通过 AZS-100 手持表进行距离入渗点为 20,40,60 cm 处,距地表纵向每隔 10 cm 测定 1 次,直至 1 m 深度处的含水量

值。试验区中选取 3 个试验位点(即随机选取 3 棵试验幼树),作为 3 个重复,即整个试验区中布设 9 根 PVC 管,其布置图见图 1。

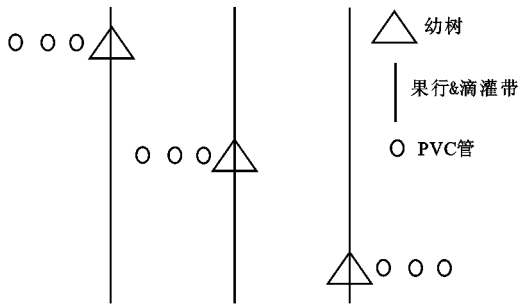


图 1 PVC 管布设示意

1.4 数据处理

所测得的数据经 Excel 2010 软件处理后,使用 Sigmaplot 12.5 软件进行制图。

2 结果与分析

2.1 陕北黄土丘陵沟壑区降水资源概况

据相关研究^[18]表明,延安市年平均气温 9.9°C ,年平均最高气温 17.2°C ,年平均最低气温 4.3°C ,最热月(7月)月平均气温 23.1°C ,最冷月(1月)月平均气温 -5.5°C ,极端最高气温 38.3°C (2000 年 7 月 21 日),极端最低气温 -23.0°C (1991 年 12 月 28 日)。根据李劲彬等^[18]对延安市 1957—2014 年共 58 年的降水资料分析得出,延安市多年平均降水量为 543.57 mm,20 世纪 60 年代中期以前降水量呈持续增加趋势,60 年代中期到 90 年代中期年降水量开始逐步减少,90 年代中期至今降水量逐渐增加。年降水量 21 世纪以前变化较为缓慢,21 世纪开始变化幅度较大。通过资料查询得到延安市 1971—2000 年逐月降水量的平均值,结合本次试验中通过气象局收集到的 2000—2017 年降水量资料可得出延安市 70 年代以来降水量年际变化的规律以及 21 世纪以来延安市年降水量分布情况,结果见图 2。

从图 2 可以看出,进入 21 世纪以来,延安市降水量的年际变化规律基本和 21 世纪以前规律一致,降水主要集中在 7,8 月份。进入 21 世纪以来,延安市年降水量普遍降低,均值仅为 527.78 mm,小于李劲彬等^[18]通过 1971—2014 年 58 年长序列得出的均值(543.57 mm)。在 2000—2017 年的 18 年中,2004—2012 年以及 2015—2017 年的年降水量相对较小,有 10 年的降水量不足 500 mm。因此,本文通过 2000—2017 年的气象资料得出的平均年降水量偏小。这也印证了李劲彬等^[18]研究得出的延安市降水进入 21 世纪以来变化较大的结论。

2.2 试验区雨养条件下苹果幼树需水规律

2.2.1 苹果幼树根区土壤水分状况 在测定试验区内幼龄树(第 2 年生富士)2017 年整个苹果树全生育

期内各个月(即 4—10 月)1 m 土体内不同水平距离位置的土壤含水量,且试验期间整个试验地范围内控制无人灌溉,结合气象局得到的 2017 年逐月降水

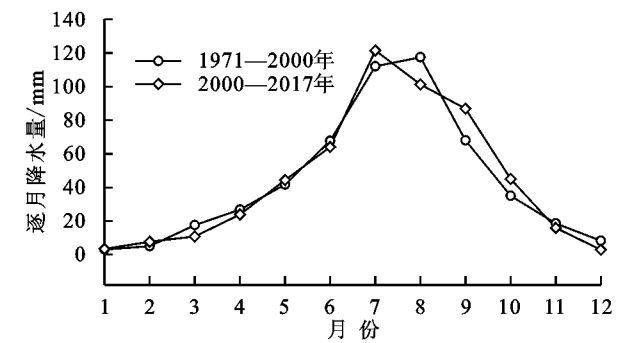


图 2 70 年代以来延安降水量规律

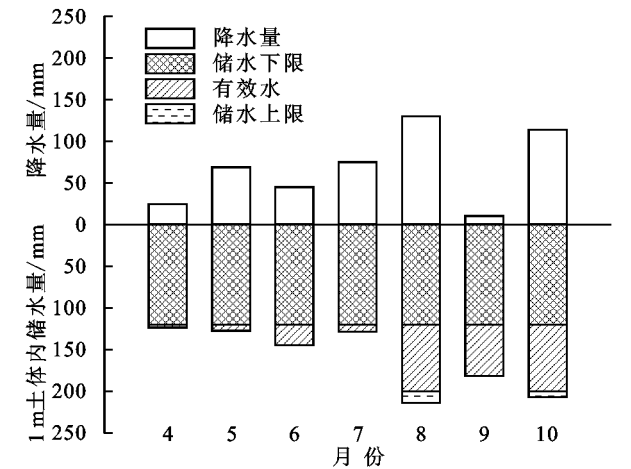
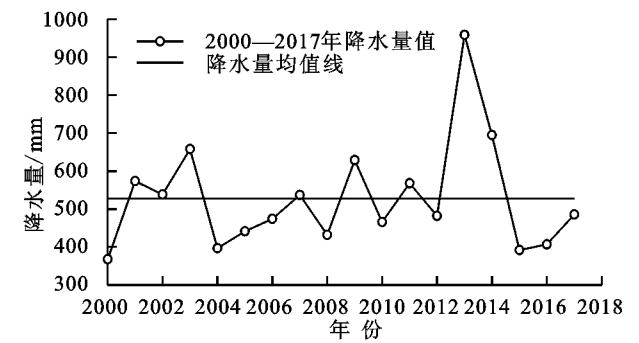


图 3 2017 年山地苹果树全生育期内根区 1 m 土体内储水量与各月降水量对比

通过图 3 可知,由于没有进行补充灌溉,降水量大,土体储水量也随之增大,然而,果树根区 1 m 土体内储水量基本维持在 125 mm 左右,果树根系能利用的水量仅有 5 mm 左右(对果树有效水含量范围在萎蔫系数与田间持水量之间)。在 8,10 月 2 个降水量较大的月份,储水量有了较为明显的增大,增量达到 100 mm 左右。9 月由于前期降水量较大,土体内储存水较多,因此在降水量较小的情况下,除提供果树生长所需水分外,土体储水量达 180 mm 左右。试验区的田间持水量为 20%,因此 1 m 土体内的储水量上限为 200 mm,由此可知,8—10 月由于降水量较大,1 m 土体内的实际持水量大于储水量上限。所以,部分降水下渗至 1 m 土体以下形成深层渗漏,全年的降水量并不能全部被果树利用。在 8 月之前,降水量较小,土壤中能够被果树根系利用的水分也较少,因此需要进行灌溉补充。

通过分析图 4 可知,由于延安的雨季在 8 月之后,4—7 月的降水量比较少,因此 4—7 月土体含水量在数值上变化很小,基本维持在 10%~15%,表层含水量在 5 月之后增大,这与果行覆膜有关,土体内的含水量随着

量值,可得出在非灌溉条件下,试验区苹果树根区的土壤水分状况与天然降水量的关系以及根区土壤含水量的空间分布(图 3、图 4)。



深度的增加而递减;8—10 月降水量较大,土体中的含水量增加,大致在 18%左右,也随着深度增加而递减。同样说明了幼树在雨养条件下,7 月之前有阶段性的缺水问题,需要进行补充灌溉。

2.2.2 雨养条件下苹果树形态指标变化 根据苹果树的生育期划分,选取萌芽期开始至果实生长发育期结束为止(即从 4 月上旬至 10 月下旬)。在此期间,通过试验定期测定苹果树立地土壤的容积含水量及其对应的长势情况进行对应的量化分析,进而建立果树生长量与其耗水量之间的量化关系,最终比对出一定的目标果树生长量中果树所需耗水量与天然降雨量的差值。从试验所测定得出的土壤含水量和苹果树长势情况见表 1。

从表 1 可以看出,试验区中果树从 4 月开始萌芽、展叶,紧接着进入开花坐果期和新梢旺长期,结果枝长度至 5 月生长旺盛,增量较大。根据 2017 年降水量和测定的土壤含水量值计算得出试验区 4—5 月由于开花坐果、新梢旺长消耗的土壤水量为 21.02 mm;进入 5,6 月,幼果膨大、新梢生长及花芽分化,到 7 月中下旬由于降水量较大,多形成大雨或者暴雨,因此,地表径流流失和深层渗漏与果树消耗耗费土壤水量达到 185.51 mm;7—10 月中下旬,由于花芽分化、秋梢生长及采前果实膨大,该阶段果树耗水量较大,地表径流流失和深层渗漏与果树消耗达到了 176.56 mm。通过观测得出,试验区第 2 年生矮化(自根砧 M_9-T_{337})富士在全年整个生育期内共消耗土壤水量 383.09 mm。通过表 1 还可看出,在 2017 年果树株高平均增加了 78.6 cm,株高达到 2.5 m,由于此种果树为高纺锤型,管理目标是第 3 年应该有产出,树高应该达到 3.5~4 m,通过第 2 年的生长量观测可预计在 2017 年的天然降水量条件下果树并不能够在 3 年内完成目标生长量。因此,要对试验区的果树进行灌溉以补充降水量和果树生长的需水量之间的差值。

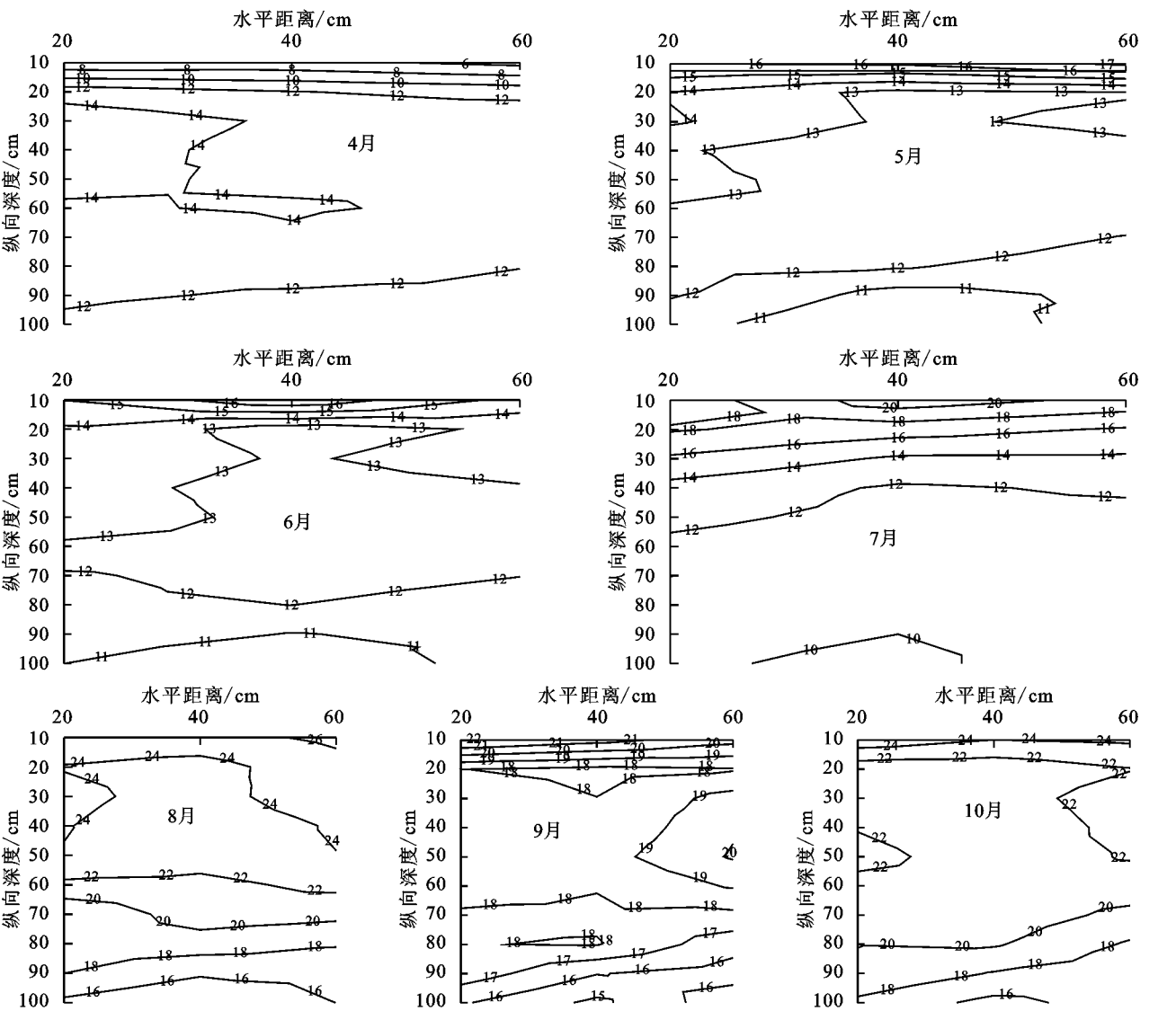


图 4 2017 年山地苹果树全生育期内各月根区含水量空间分布

表 1 延安山地苹果土壤含水量与长势情况

果树生态 指标	萌芽前生理 指标基础值	4 月	5 月	7 月	10 月	生长总量	落叶前生理 指标值
1 m 土层内储水量/mm	—	122.11	125.48	128.57	206.21	—	—
降雨量/mm	—	24.40	188.60	254.20	—	—	—
株高增长量/cm	166	36.70	25.10	16.80	78.60	244.60	
新梢长度增长量/cm	18	23.28	11.80	0.95	36.03	54.03	
叶面积增长量/mm ²	0	2986.31	185.73	417.35	3589.39	3589.39	

2.3 陕北黄土丘陵沟壑区矮化栽培苹果树需水量计算

根据得到的 2000—2017 年多年降水量值,应用水文知识绘出多年经验频率曲线图 5。

选取经验频率 P 为 25%,50%,75%,95% 分别对应湿润年、一般年、一般干旱年、特干旱年 4 种典型年的降水频率,计算得出 4 种典型年的年降水量分别为 598.00,481.8,438.91,338.87 mm,查询已有 18 年年降水量实际值可知,与其对应的最为接近的代表年为湿润年 2009 年、一般年 2012 年、一般干旱年 2005 年、特干旱年 2000 年,相应的实际年降水量为

629,481.8,441.2,367.3 mm。

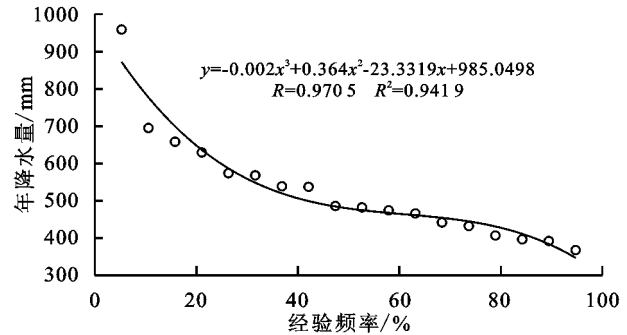


图 5 延安 2000—2017 年多年降水量经验频率曲线

通过延安气象局提供的 2000—2017 年的气象资料,选取其中的日最低气温、日最高气温和逐日辐射 3 个参数,根据 Penman-monteith 中的 Hargreaves 方法计算出相应的 4 种典型年(即湿润年 2009 年、一般年 2012 年、一般干旱年 2005 年、特干旱年 2000 年)中延安当地逐日、逐月以及逐年潜在腾发量 ET_0 。计算所得的 4 种典型年的逐月、逐年腾发量值见表 2。

表 2 4 种典型年逐月、逐年腾发量分布情况

月份	单位:mm			
	湿润年 2009 年	一般年 2012 年	一般干旱年 2005 年	特干旱年 2000 年
1	20.56	20.32	11.43	14.63
2	19.00	18.56	15.48	19.51
3	45.42	35.87	44.22	45.66
4	68.95	72.12	74.07	64.37
5	78.58	85.22	84.64	96.76
6	105.02	90.29	102.23	76.10
7	79.73	69.53	85.08	91.24
8	64.68	66.67	65.34	65.03
9	41.61	47.34	48.74	50.55
10	41.12	38.03	31.37	21.44
11	18.52	21.21	25.42	19.24
12	11.12	10.32	12.35	16.48
年总潜在腾发量	594.33	575.49	600.36	581.00

本文采用单作物系数法计算苹果树的潜在腾发量

表 3 2017 年降水量条件下试验区山地苹果幼树缺水状况

月份	叶面积 指数	延安山地 苹果树系数 K_c	2017 年试验区参考作物 潜在腾发量 ET_0 /mm	山地苹果树 潜在腾发量 Et_c /mm	2017 年试验区 逐月降水量/mm	盈亏量/ mm	试验区雨量 结余/mm
1	0	0.43	20.32	8.82	1.00	-7.82	-7.82
2	0	0.43	18.56	8.06	8.60	0.54	-7.27
3	0	0.43	35.87	15.57	8.00	-7.57	-14.84
4	0.30	0.50	72.12	36.20	24.40	-11.80	-26.64
5	0.54	0.56	85.22	47.39	68.80	21.41	-5.23
6	0.72	0.60	90.29	53.87	45.00	-8.87	-14.10
7	0.86	0.63	69.53	43.68	74.80	31.12	17.02
8	0.99	0.66	66.67	43.84	130.00	86.16	103.18
9	1.13	0.69	47.34	32.62	10.20	-22.42	80.76
10	1.01	0.66	38.03	25.18	114.00	88.82	169.58
11	0	0.43	21.21	9.20	0.00	-9.20	160.38
12	0	0.43	10.32	4.48	0.80	-3.68	156.70
总量			575.49	328.90	485.60	156.70	156.70

对于陕北黄土丘陵沟壑区秋季降水量一般较多,适当的控制产量一般年份不会严重缺水,但在萌芽期和花芽分化期 2 个需水期由于降水量较少,如果土壤水分低于果树需水的临界值,就会严重影响果树生长和来年挂果量。从表 3 可以看出,在 2017 年降水量条件下,同时在不考虑降水径流流失和深层入渗的前提下,年降水量大于果树的年耗水量,特别是每年

ET_c ,即 $ET_c=K_c\times ET_0$ 。作物系数 K_c 主要随着冠层生长不断变化。由于冠层的生长,湿润的蒸发面增加以至于在同样的潜在蒸发蒸腾条件下蒸发蒸腾变大,从而导致作物系数 K_c 的增大^[19]。随着苹果树的生长,不同时期果树的叶面积指数随之增大,进而产生不同时期的潜在腾发量。因此,本文也采取所得出的公式来计算苹果幼树在全生育期内不同阶段中每个月的作物系数 K_c ,即 $K_c=0.2254LAI+0.4340$, $R^2=0.8459$ 。作物系数与叶面积指数之间呈较好的线性关系,表明可以用叶面积指数计算作物系数。

根据果树管理知识对苹果树在全年可划分为不同的生育期阶段:根系生长期(3 月初)、萌芽期(3 月中旬—4 月中旬)、新梢生长期(3 月下旬—4 月上旬)、花芽分化期(6 月中旬)、开花期(4 月中旬开始)、果实生长发育期(4 月下旬—10 月中旬)和落叶休眠期(11 上、中旬开始)。本试验通过定期观测试验区中幼龄树的叶面积指数,可得出陕北山地苹果幼树叶面积指数的年内分布情况。通过气象资料可知 2017 年的年降水量为 485.6 mm,根据图 4 中对 2000—2017 年年降水量的分析可知,在水文年上 2017 年对应的为一般年。因此,2017 年试验区的参考作物潜在腾发量 ET_0 参照一般年的值。进一步计算得出试验区内山地苹果幼树(第 2 年生)在雨养条件下的缺水状况(表 3)。

7—10 月,降水量较多,占全年降水量的 70%以上,远大于果树正常生长蒸腾蒸发所需的水分量。但 7 月之前,降水量值均小于果树耗水量,需要灌溉补充果树生长所需要的水分。根据苹果树的生长的生理特点,果树萌芽期(4 月初)、花芽分化期(6 月中旬)以及果实膨大期(7 月下旬—8 月)3 个时期是苹果树生长及产出的关键时期,水分的供给情况决定了苹果树的

生长及来年的产量。所以,应着重注意在幼树萌芽前(3月)、新梢生长期(4月)以及花芽分化坐果后(5、6月)进行合理灌水。

2.4 雨养条件下陕北苹果幼树耗水规律

通过对试验区第2年生的矮化栽培山地苹果树在2017年降水量条件下的生长状况研究可知,2017年在无人灌溉的情况下,幼树的生长受到了水分

干旱胁迫,需要对其进行灌水以保证幼树的生长。通过对收集到的长序列年降水量值进行水文分析得出的4种典型年的降水量,选取代表年分别湿润年2009年、一般年2012年、一般干旱年2005年和特干旱年2000年。通过计算得出这4种不同年降水量条件下试验区陕北山地苹果幼树的需水规律(图6)。

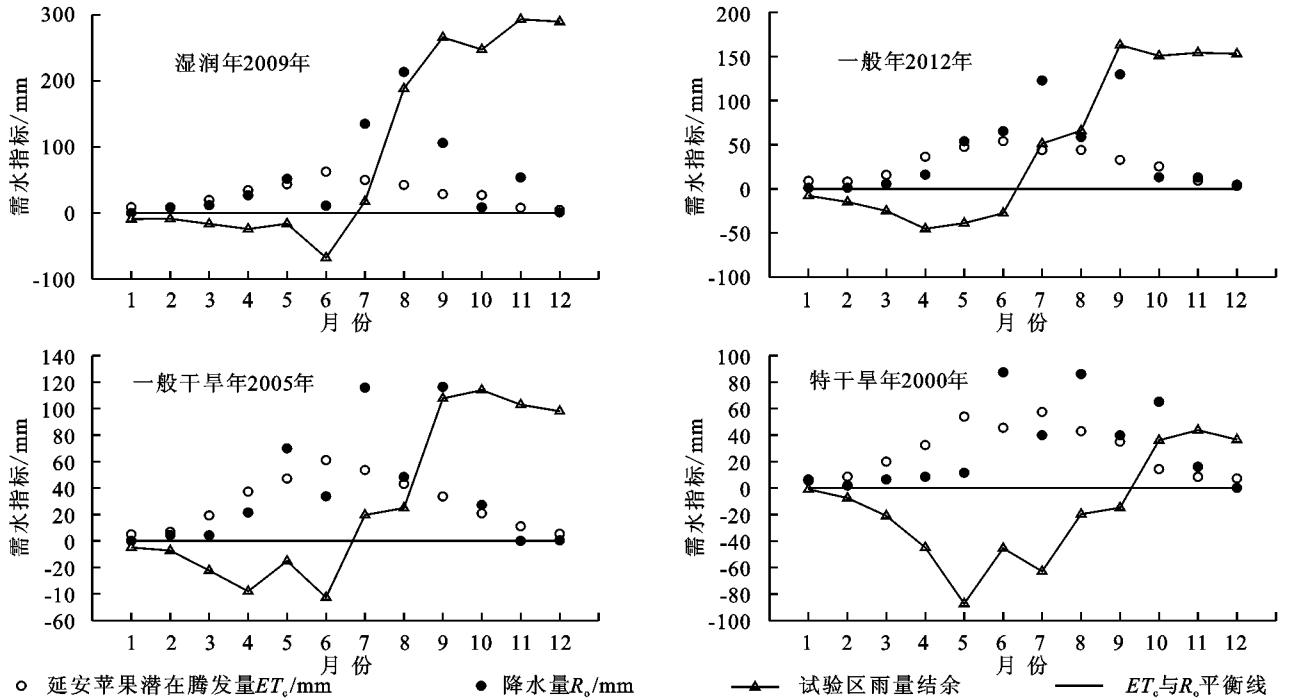


图6 4种不同年份下山地苹果幼树的需水规律

从图6可以看出,在4种年份中,年降水量总是大于幼树的总腾发量,全年降水量对于果树的耗水量是有富余的。但是从试验区的幼树腾发量与天然降水量的平衡线上可以看出,湿润年、一般年和一般干旱年降雨量条件下,7月之前,试验区降水量结余均为负数,说明在此时间段内,天然降水量均不足以提供果树生长所需的水量;7月之后,迎来陕北地区的雨季,且多为大雨甚至暴雨,试验区内降水量对于果树生长所需水量来说均有富余。而在特干旱年降水量条件下,由于降水量低,辐射、温度较高,因此,其试验区降水量结余至10月才大于0,说明10月之前果树均处于缺水状态。7月之前的阶段正好是幼树萌芽、新梢生长、开花的关键时期,这个阶段水分的供应成为了幼树生长的关键因素。因此,要特别注意这段时期的灌溉。

3 讨论

从表1可以看出,试验区中的幼龄苹果树从4月萌芽期开始,随着新梢的生长,叶片数量越来越多,叶面积指数在整个苹果树生育期内(即4—10月底)是呈缓慢上涨的趋势,在8、9月达到最大值。本研究

中,试验区第2年生的延安山地苹果的叶面积指数在整个生育期内均是增长的趋势,与已有研究^[24]的幼龄果树的规律(萌芽后到7、8月增长到峰值,然后降低)有出入,说明果树秋梢旺长,故而在8月之后叶片数量还在迅猛增长,导致叶面积指数增加。也表明此时土壤水量充分,养分不足,需要注意肥料的施加管理。根据各项数据分析得出,从矮化栽培苹果幼树的灌溉时间来看,由于年降水量分布的不均匀性,幼树在全年生育期内出现阶段性缺水问题,主要是在果树萌芽前、新梢生长期、花芽分化期以及开花期这几个时段内降水量满足不了幼树的需水量,需要进行人为补充灌溉。由于幼树还未受到产量控制需水量的影响,幼树的需水时间段与进入初果期甚至盛果期的苹果树需水时间段存在较大的差异^[25]。这也是基于前人对陕北黄土高原地区已进入收获产量的苹果树需水规律的研究之上,本文研究苹果幼树需水规律的意义。

由于本次试验时间有限,仅监测了试验区幼树1年的生长状况,因此在计算果树耗水量时,并不能完全根据果树生长的实际情况进行测定,本研究采取的

彭曼公式计算当地参考作物腾发量(ET_0)时,因收集资料有限,根据 Hargreaves 方法计算出 ET_0 ,仅参考长序列气象数据中的气温以及日辐射,所以本研究中计算出的苹果树潜在腾发量 ET_0 与果树实际生长所需的水量存在一定的不足。后续可以继续观测果树的生长状况,补充相关数据,采用水量平衡法计算得出灌溉水量,为陕北山地苹果幼树制定出较为科学的灌溉制度提供参考。

4 结论

(1)试验区第2年生矮化(自根砧 M_{9-T337})富士在2017年的降水量条件下存在缺水问题。天然降水量总和大于试验区果树生长的需水量之和,但是由于天然降水在时间分布上的不均匀性,试验区7月之前均需要人为对果树进行灌溉以满足其正常的生长。而7月之后,陕北地区迎来雨季,降水量足以满足果树所需水量。

(2)通过对长时间序列的气象数据进行分析得知,在湿润年、一般年、一般干旱年和特干旱年4种不同降水量条件下,试验区第2年生矮化(自根砧 M_{9-T337})富士均存在7月之前缺水的问题,特干旱年甚至在10月之前均处于缺水状态。需要在果树萌芽前(3月)、新梢生长期(4月)、花芽分化期(5、6月)以及开花期(7月)进行人为补充灌溉4~5次,根据前期降水量以及当前土壤含水量来确定灌水定额,灌水量范围选取果园田间持水量的60%~80%为标准。

由上述结论可得出,有待推广种植的矮化(自根砧 M_{9-T337})富士在陕北地区的水分管理上,即使年降水量大,由于其时间上分布的不均匀性,均会造成果树阶段性缺水的问题。需要特别注意7月之前对幼树进行补充灌溉,60%~80%为果树生长适宜含水量。

参考文献:

- [1] 孙兆军. 红富士苹果套塑料膜袋栽培技术总结[J]. 河北果树, 2012(3): 17-18.
- [2] 李永焄, 张水绒, 李晓斌, 等. 矮化自根砧苹果树的主要优缺点[J]. 果农之友, 2016(4): 37-38.
- [3] 王留运, 岳兵. 果树滴灌需水规律试验研究[J]. 节水灌溉, 1997(2): 16-22.
- [4] 王进鑫, 张晓鹏, 高保山, 等. 渭北旱塬红富士苹果需水量与限水灌溉效应研究[J]. 水土保持研究, 2000, 7(1): 69-72.
- [5] 陈明. 晋西黄土高原补灌果园耗水及产量关系研究[D]. 北京: 北京林业大学, 2006.
- [6] 曹俊. 陕北山地微灌土壤水分入渗特性与枣树耗水规律试验研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2010.
- [7] 宋凯. 成年富士苹果树茎流特征及需水规律的研究[D]. 山东 泰安: 山东农业大学, 2011.
- [8] 贾俊杰. SH 矮砧苹果幼树滴灌条件下需水特性与生理指标响应研究[D]. 山西 晋中: 太原理工大学, 2017.
- [9] 闫琪. 红富士苹果树需水规律与产量的相关性[J]. 甘肃农业科技, 2009(4): 19-21.
- [10] 李子春, 周长旭, 张众, 等. 苹果需水量与灌溉管理[J]. 节水灌溉, 1998(4): 21-23.
- [11] 焦梦妮, 杨荣全, 史淑晨, 等. 山区苹果节水灌溉试验研究[J]. 节水灌溉, 2009(9): 46-48.
- [12] 赵运革. 不同灌水处理条件下蓄水坑灌苹果树根系分布与土壤水分动态研究[D]. 山西 晋中: 太原理工大学, 2017.
- [13] 徐巧. 黄土高原丘陵区干旱山地苹果树需水规律研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2016.
- [14] 范海燕, 杨胜利, 郝仲勇, 等. 基于参照作物蒸发蒸腾量的苹果树灌溉制度制定[J]. 黑龙江水利, 2016, 2(8): 8-13.
- [15] 孟翀. 苹果树灌溉制度试验研究[J]. 山西科技, 2010, 25(5): 135-136.
- [16] Dzikiti S, Volschenk T, Midgley S J E, et al. Estimating the water requirements of high yielding and young apple orchards in the winter rainfall areas of South Africa using a dual source evapotranspiration model[J]. Agricultural Water Management, 2018, 208: 152-162.
- [17] Song X L, Gao X D, Dyck M, et al. Soil water and root distribution of apple tree (*Malus pumila* Mill) stands in relation to stand age and rainwater collection and infiltration system (RWCI) in a hilly region of the Loess Plateau, China[J]. Catena, 2018, 170: 324-334.
- [18] 李劲彬, 韩霖昌, 李娟, 等. 黄土沟壑区城市降水变化特征研究: 以延安市为例[J]. 人民长江, 2016, (增刊 2): 45-47.
- [19] 龚道枝, 康绍忠, 张建华, 等. 苹果树蒸发蒸腾量的测定和计算[J]. 沈阳农业大学学报, 2004, 35(5/6): 429-431.
- [20] 王劲松, 张洪芬. 西峰黄土高原土壤含水量干旱指数[J]. 土壤通报, 2007, 38(5): 867-872.
- [21] 王劲松, 郭江勇, 周跃武, 等. 干旱指标研究的进展与展望[J]. 干旱区地理, 2007, 30(1): 60-65.
- [22] 袁文平, 周广胜. 干旱指标的理论分析与研究展望[J]. 地球科学进展, 2004, 19(6): 982-991.
- [23] 袁文平, 周广胜. 标准化降水指标与 Z 指数在我国应用的对比分析[J]. 植物生态学报, 2004, 28(4): 523-529.
- [24] 郝玉梅. 黄土高原苹果树冠层结构变化与光分布规律研究[D]. 陕西 杨凌: 西北农林科技大学, 2007.
- [25] 曾健. 陕北黄土丘陵沟壑区涌泉根灌苹果树耗水特征与灌溉制度研究[D]. 西安: 西安理工大学, 2018.