

晋南半干旱地区果树渗灌补水效应研究

牛西午¹, 李永山², 冯永平²

(1. 山西省农业科学院; 2. 山西省农业科学院棉花研究所)

摘要: 为了提高旱地果园水分利用效率, 研究了渗灌和渗水管道埋深对旱地土壤含水率和苹果树生长发育的影响。在需水关键期渗水 $300\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 垂直下渗深度为 130 cm , 水平渗幅可达 160 cm , 其中 $20\sim 80\text{ cm}$ 土层含水率比对照高 $6.0\sim 7.3$ 个百分点。渗水管道埋深不同, 水分在土壤中的分配模式不同, 在 $30\sim 40\text{ cm}$ 较合适。渗灌能明显促进果树生长发育, 提高苹果产量和果品品质, 而且比漫灌省水。渗灌比未渗对照增产 $45.7\%\sim 99.1\%$, 漫灌比对照增产 $26.6\%\sim 101.6\%$ 。渗灌效应优于漫灌。

关键词: 渗灌; 埋深; 旱地果树; 土壤水分

中图分类号: S661.107⁺.1

文献标识码:

文章编号: 1002-6819(2003)01-0072-04

晋南旱地属典型的半干旱雨养农业区, 水资源贫乏, 十年九旱, 降水少且不均衡, 果树生长常遭受干旱影响, 产量低, 品质差, 直接限制着旱地果业持续发展。近年来, 渗灌技术和有限补水研究促使旱地农作物产量大幅度提高, 成为农业增产增效的一条新途径^[1-4]。我国自 1974 年从墨西哥引入滴灌设备至今, 地面滴灌技术应用和设备开发已取得长足的进展。但地下渗灌技术的初步应用则始于 20 世纪 80 年代初期, 主要用于果树、蔬菜和其它高产值经济作物上。山西省运城城市利用自制的灌水器使渗灌技术得到大面积应用, 取得了明显成果^[5]。但对渗水管道埋深及其对果树生长发育的影响深入研究甚少, 本文通过 3 年对果树渗灌和渗水管道埋深的确定及其果树生长发育的影响进行了探讨, 旨在为半干旱地区果树高产稳产优质高效提供科学依据。随着新技术新方法在农业上的应用, 尤其是渗灌补水技术的应用, 能及时满足作物需水要求, 最大限度地提高水的利用效率, 实现优质稳产高产。

1 材料与方法

试验 1996~1998 年在峨嵋岭台地万荣县西景村进行, 海拔 $550\sim 560\text{ m}$, 地下水位 270 m 左右, 年降雨 $450\sim 550\text{ mm}$, 70% 分布于 7、8、9 三个月, 且分布极不均衡, 年蒸发 $1\,397.1\text{ mm}$, 年平均干燥度 2.41 。土壤为黄土状石灰性褐土, 土壤肥力中等, $0\sim 20\text{ cm}$ 耕层土壤容重为 $1.2\text{ g}/\text{cm}^3$, 稳定凋萎含水率为 5.6% , 田间持水量为 21.9% 。

1.1 设施

地头建水池, 半径为 1.5 m , 高 2 m ; 容水量 13 m^3 左右; 渗水管长度 100 m ; 直径 2 cm 塑料管, 每间隔 40 cm 在左右两侧及上方用针扎 3 个小孔, 孔径 1 mm ; 渗水管

距离果树 1.5 m 处, 几个埋深处理渗水管与阀门相连接, 渗水管头安装过滤网防堵塞。

1.2 试验处理

1.2.1 渗灌试验

试验处理设: 渗灌、漫灌、对照(未灌, CK)。1997 年为严重干旱年份, 渗灌处理渗灌 5 次, 每次灌水量为 $225\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 总水量为 $1\,125\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 漫灌处理漫灌 3 次, 每次灌水量 $1\,200\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 总水量为 $3\,600\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。1998 年为平水年份, 渗灌处理灌水 3 次, 每次灌水量 $300\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 总水量为 $900\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 漫灌处理漫灌 1 次, 用水量为 $1\,200\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。渗水管道埋深 40 cm 。灌水 10 d 后测定距渗水管 $20, 40, 60, 80\text{ cm}$ 处的各土壤含水率。

1.2.2 渗水管不同埋深试验

根据苹果树根系主要分布在 $20\sim 40\text{ cm}$ 土层深范围, 渗水管埋深处理设为 $10, 20, 30, 40\text{ cm}$ 及未灌(CK)5 个处理。试验在 1997 年进行, 为严重干旱年份, 2 m 土层内土壤平均质量含水率仅 7.5% , 渗灌灌水 $300\text{ m}^3/\text{hm}^2$ 。渗灌 6 d 后测定土壤含水率。

土壤含水率用烘干称重法(重量百分率), 调查根系、枝条长度、果形指数、产量。

2 结果与分析

2.1 渗水管道埋深对土壤含水率的影响

在 1997 年为干旱年份试验结果表明, 由于渗水管道埋深不同, 水分在各土层的分布模式也不同(图 1、2、3)。管道中心处的土壤水分, 管道埋深在 $10, 20, 30\text{ cm}$ 处, 土壤表层含水率最高, 随着土壤深度增加而呈指数递减; 管道埋深在 40 cm 处, 土壤含水率呈现由低到高再到低的曲线形式(图 1)。 $10, 20, 30, 40\text{ cm}$ 的埋深土壤含水率明显高于对照的土层分别为 $10\sim 40, 10\sim 50, 10\sim 60, 20\sim 70\text{ cm}$ 。 $0\sim 80\text{ cm}$ 土层土壤平均含水率分别为 $9.66\%, 10.55\%, 11.11\%$ 和 11.58% , 比对照的 5.88% 分别多 $3.78, 4.67, 5.23, 5.70$ 个百分点。水分垂直下渗离土表深度分别为 $50, 60, 70$ 和 80 cm , 表明埋管越深则下渗越深。距离渗水管 20 cm 处的土壤水分, 管道埋深在 10 cm

收稿日期: 2002-03-20 修订日期: 2002-11-10

基金项目: 九五山西省科委推广项目“果园渗灌补水加秸秆覆盖技术”(961003)部分内容

作者简介: 牛西午(1947-), 男, 山西兴县人, 研究员, 主要从事干旱区生态建设及资源开发利用研究工作。太原 山西省农业科学院, 030006

处理的土壤表层含水率最高, 随着土壤深度增加而呈指数递减; 管道埋深在 20、30、40 cm 处, 土壤含水率呈现由低到高再到低的曲线形式(图 2)。距离渗水管 40 cm 处的土壤水分, 各管道埋深的不同土层含水率变化不太大, 比对照略高(图 3)。说明埋管愈深则耕层含水率愈低, 深层土壤贮水量较大, 与果树根系群分布的部位基本吻合, 有利于果树对水分的需求。因此, 渗水管道埋在 30~ 40 cm 深度较合适。

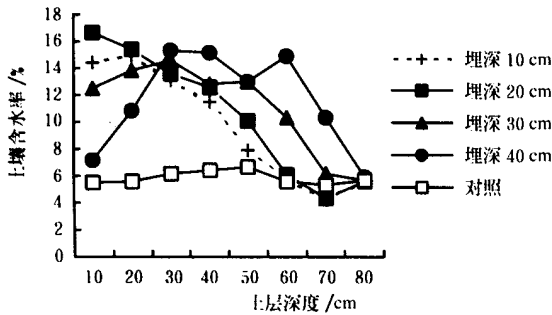


图 1 不同埋深土壤含水率的变化(渗水管中心)

Fig 1 The effect of drip line depth on soil moisture(at centre of drip line)

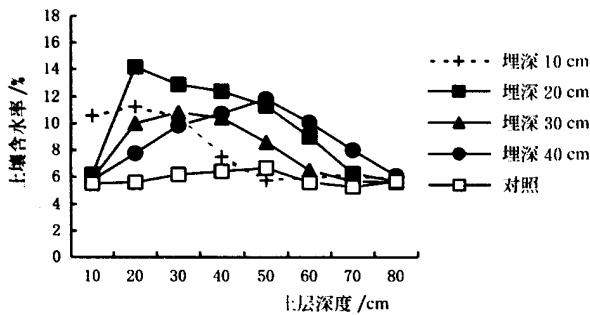


图 2 不同埋深土壤含水率的变化(距管道 20 cm 处)

Fig 2 The effect of drip line depth on soil moisture(20 cm from the centre)

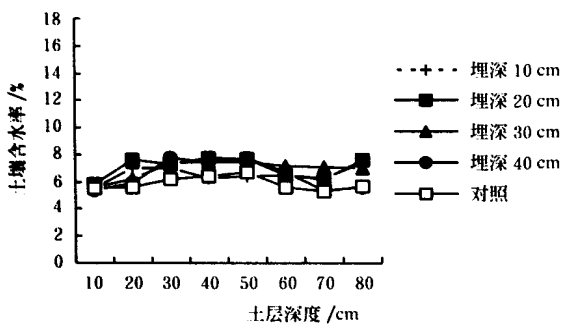


图 3 不同埋深土壤含水率的变化(距管道 40 cm 处)

Fig 3 The effect of drip line depth on soil moisture(40 cm from the centre)

试验结果表明, 渗水处理的各土层含水率均呈现由低到高再到低的曲线形式(图 4)。渗水处理的各土层含水率明显高于不渗水, 而且土壤含水率随着离渗水管道距离的增加呈递减趋势。据 1998 年 8 月 28 日渗水 300 m³/hm² 10 d 后测定, 距离渗水管道 20 cm 处的各土层含水率分别比对照不渗水高 0.1~ 7.3 个百分点, 尤其在

20~ 80 cm 的各土层明显比对照不渗水高 6.0~ 7.3 个百分点, 0~ 150 cm 的土层平均含水率为 11.91%, 比对照的 7.39% 高 4.52 个百分点; 距离渗水管道 40 cm 处的各土层含水率分别比对照不渗水高 0.4~ 4.2 个百分点, 尤其在 30~ 90 cm 的各土层明显比对照不渗水高 3.0~ 4.2 个百分点; 距离管道的 60~ 80 cm 处的各土层含水率变幅较小。渗水深度随着离渗水管道距离的增加而变浅, 距离渗水管道 20、40、60、80 cm 处的渗水深度分别为 130、120、110、100 cm。渗水水平幅度可达 160 cm。

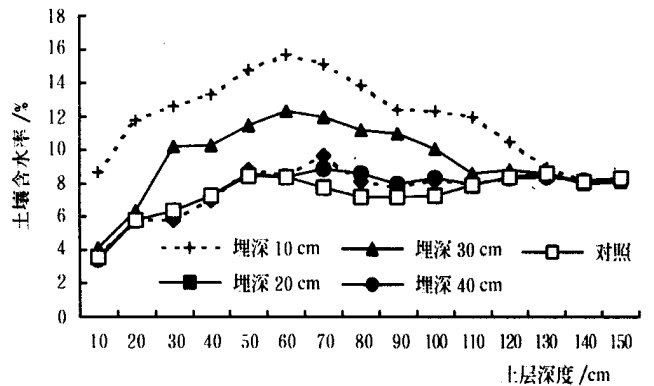


图 4 渗灌对土壤含水率的影响

Fig 4 The effect of subsurface drip irrigation on soil moisture

2.2 渗灌对苹果生长发育及产量的影响

试验结果表明, 渗灌明显促进了苹果的生长发育, 提高了苹果的产量和品质。1997 年为干旱年份, 全年仅降雨 249.8 mm, 苹果渗灌后调查, 红富士、金冠苹果树的根系分别比对照增加 20 条和 75 条, 对 20 个枝条调查, 渗灌处理的枝条总长度为 854 cm, 比未渗的 654 cm 增加 200 cm。1997 年为干旱年份, 翌年 2 月 15 日, 测定 2 m 土体, 平均含水率仅为 7.5%, 对果树生长极为不利, 因此在 2~ 6 月份渗灌补水 3 次, 用水 900 m³/hm²。据观察, 春灌果树开花期提前 1~ 2 d, 坐果率相对提高 3.4%, 9 月上旬调查, 新发枝头 16 条, 新梢长度 45.5 cm, 单株叶片数为 7650 个, 单株叶面积 179800 cm², 其生物效应比大水漫灌一次稍好, 比对照(不渗)更为明显(表 1)。渗灌果树比对照和漫灌的单株结果数分别增加 27 个和 15 个, 单果分别增重 16 g 和 4 g, 渗灌与漫灌的苹果果面着色度好于对照, 其果形指数变化也较为明显, 分别比对照提高 0.16 和 0.04, 以渗灌为最好(表 2)。

渗灌后由于改变了根区水分环境, 能够促使果树正常生长, 提高了苹果的产量和品质。在干旱年份下(1997)渗灌 5 次, 用水 1125 m³/hm², 苹果产量为 29805 kg/hm²(表 3), 比对照(未渗)的 14970 kg/hm² 增产 99.1%, 与漫灌的产量基本接近, 而且比漫灌节水 2475 m³/hm²。漫灌比对照增产 101.60%。1998 年为正常年份, 渗灌 3 次的苹果产量为 28507.5 kg/hm², 比对照增产 45.7%, 比大水漫灌一次增产 15.1%; 漫灌比对照增产 26.6%。渗灌比漫灌节水 300 m³/hm²(表 2)。

表1 渗灌对果树生长发育的影响(1998)

Table 1 The effects of subsurface drip irrigation on growth of apple tree in 1998

处 理	品 种	新梢长度/cm	新发枝头/个	短枝数/个	中长枝/个	叶片数/个	叶面积/cm ² ·株 ⁻¹
渗灌 3 次(900 m ³ /hm ²)	红富士	45.5	16.0	120.0	26.0	7 650	179 800
漫灌 1 次(1 200 m ³ /hm ²)	红富士	40.6	17.0	118.0	23.1	6 370	149 700
未灌(CK)	红富士	23.0	13.0	65	14.0	4 320	97 200

表2 渗灌与苹果产量的关系(1998)

Table 2 The effects of subsurface drip irrigation on apple yield in 1998

处 理	横径/cm	纵径/cm	果形指数	单株果数/个	单果质量/g	产量/kg·hm ⁻²	增产率/%
渗灌	7.5	7.2	0.96	135	176	28 507.5	45.7
漫灌	6.9	5.8	0.84	120	172	24 768.0	26.6
未灌(CK)	6.9	5.5	0.80	108	160	19 569.0	—

2.3 渗灌效益分析

按照《农业工程手册》提供的经济效益静态分析方法对旱地果园渗灌补水经济效益进行了分析。分析中水费按 3.00 元/m³, 苹果按 1.4 元/kg 计算, 塑料管的投资 2 895 m/hm² × 0.64 元/m = 1852 元, 其它设施 1 658 元, 渗灌设施按 10 年使用进行折旧, 每年费用 351 元/hm², 具体计算方法如下:

新增产值 = 处理产值 - 对照产值

新增投资 = 用水费用 + 塑料管道投资费用 + 其它设施费用(含人工费用)

新增投资收益率 = 新增产值 / 新增投资额

新增投资回收期 = 新增投资 / 新增产值

试验结果表明, 渗灌补水效益与当年雨水年型密切相关, 1997 年为干旱年型渗水 5 次, 苹果产量为 29 805 kg/hm², 产值为 41 717 元/hm², 比对照不渗水的增收 20 769 元/hm², 新增投资收益 17 043 元/hm², 新增投资收益率 557.41%, 投资回收期为 0.18 a。1998 年为正常年型, 渗灌补水 3 次, 苹果产量为 28 507.5 kg/hm², 产值为 39 910.5 元/hm², 比对照增收 12 513.9 元/hm², 新增投资收益 9 462.9 元/hm², 新增投资收益率 410.16%, 投资回收期为 0.244 a(表 3)。

表3 渗灌经济效益分析

Table 3 The analysis of economic benefit of water infiltration

处 理	产量 /kg·hm ⁻²	产值 /元·hm ⁻²	比CK 新增产值 /元·hm ⁻²	用水投资 /元·hm ⁻²	设施投资 /元·hm ⁻²	新增投资收益 /元·hm ⁻²	新增投资 收益率/%	新增投资 回收期/a
1997 渗 灌	29 805	41 727	20 769	3 375	351	17 043	557.41	0.18
漫 灌	30 180	42 252	21 294	10 800	1 125	8 244	178.57	0.56
未灌(CK)	14 970	20 958	-	-	-	-	-	-
1998 渗 灌	28 507.5	39 910.5	12 513.9	2 700	351	9 462.9	410.16	0.244
漫 灌	24 768.0	34 675.2	7 278.6	3 600	675	2 928.6	170.26	0.587
未灌(CK)	19 569.0	27 396.6	-	-	-	-	-	-

注: 漫灌设施费用主要指人工费用。

3 结 论

雨养农业区, 因降水偏少, 时空分布不均, 且年际变幅大。水资源限制了果树生产发展, 致使果品产量低、品质差。发展果树渗灌补水技术, 在果树需水的关键时期, 能够缓解对水分的需求, 促进果树的正常生长发育, 是干旱地区果树稳产高产高效的有利保证技术。渗灌补水技术是水分高效利用的一种途径, 使有限水资源得到最大限度利用, 目前渗灌通过近距离集水或机动车拉水直接加压输水渗灌, 充分利用小泉小水, 以及旱井集水等办法, 因地制宜, 逐渐向规模化方向发展。

由于苹果树根系群主要分布在 20~40 cm 土层范围内, 在本试验设置条件下, 渗水管道埋深在地表下 30~40 cm 土层范围内较好, 渗水深分布广, 可供果树根系

直接吸收, 具有明显的节水效果, 提高果树产量, 改善品质。

试验结果表明, 渗灌能明显促进果树生长发育, 提高苹果产量和果品品质, 而且比漫灌省水。渗灌比对照增产 45.7%~99.1%, 漫灌比对照增产 26.6%~101.6%。渗灌效应优于漫灌。

[参 考 文 献]

- [1] 牛西午, 周克义, 王俊兰等. 旱地果园渗灌补水加覆盖技术效应研究[A]. 梁志杰, 陈 阜等. 中国农作制度研究新进展[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 52~55
- [2] 李永山, 郭创业, 解晓红等. 旱地棉花有限补水效应研究[J]. 棉花学报, 1996, 8(5): 265~268
- [3] 高世铭, 朱润身. 旱地作物有限供水与覆盖保水效应研究[J]. 西北农业学报, 1995, 4(2): 59~63

[4] 牛西午, 冯永平, 李永山等. 旱地棉田渗灌补水效应研究[J]. 农业工程学报, 2001, 17(6): 44~ 48

[5] 程先军, 许迪, 张昊. 地下渗灌技术发展及其应用现状综述[J]. 节水灌溉, 1999, (4): 13~ 15

Effects of subsurface drip irrigation on apple trees in semiarid region of Southern Shanxi

Niu Xiwu¹, Li Yongshan², Feng Yongping²

(1. Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Taiyuan 030006, China;

2. Cotton Research Institute, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Yuncheng 044000, China)

Abstract: The experiments were conducted from 1996 to 1998 to study the effects of subsurface drip irrigation (SDI) and lateral depth on soil water content, growth and yield of apple in a dryland region of Southern Shanxi Province. The results showed that water infiltration depth reached 130 cm and width reached 160 cm, which improved water content in deeper soil layers, apple yield increased by 45.7%~99.1%, and flood irrigation increased by 26.6%~101.6%. Compared with control respectively. SDI can promote growth of apple trees and improve the quality of apples, as well as save a lot of water in comparison with flood irrigation. Water distribution patterns were different with different lateral depths, the optimum depth of lateral was 30 cm to 40 cm under soil surface.

Key words: SDI(subsurface drip irrigation); lateral depth; apple trees in dryland; applying water; soil moisture

欢迎订阅《农业工程学报》

《农业工程学报》是由中国科学技术协会主管、中国农业工程学会主办的国家一级学术期刊, 1985年创刊。本刊被列为中国科技期刊引证报告(CJCR)分析和中国科学引文数据库(CSCD)的源期刊; 连续多年被选为全国中文核心期刊(农业工程类中位居榜首); 被《农业科学——农业工程文摘》长期收录; 被国际权威检索系统(Ei page one)、英联邦农业局国际生物中心(CAB International)、美国剑桥科技文摘(Cambridge Scientific Abstracts, CSA)等国内外15家权威或著名检索系统固定收录。近年来, 本刊期刊评价与检索指标, 以及在中国科技期刊中的排名均稳步上升。本刊已连续3年同时进入中国科学院文献情报中心中国科学引文数据库统计发布的被引频次和影响因子最高的中国科技期刊300名排行榜。《农业工程学报》已通过中宣部和新闻出版总署审核, 入选“中国期刊方阵”中的“双效”期刊。另外, 本刊还与美国农业工程师学会、韩国农业工程学会、日本土木工程学会、美国国家农业图书馆等建立交换关系。

本刊主要报道农业工程领域的学术论文、综述和专家论坛及实用技术研究报告, 以技术基础理论与实

用技术相结合并侧重实用性成果为特色。主要栏目有综述及论坛、应用技术基础研究、农业水土工程、农业机械与农业机械化工程、农村能源、农业废弃物处理和环保工程、设施农业与环境控制工程、农产品产后处理与加工工程、农业自动化与农业信息技术、土地开发整理工程等; 此外, 还有短文、研究简报、会讯、单位和学科带头人介绍, 以及有关农业工程的科技动态与出版信息。

《农业工程学报》为双月刊, 大16开本, 每期正文200页左右, 刊号: ISSN 1002-6819, CN 11-2047/S, 邮发代号: 18-57, 每期定价25元, 全年6期, 共150元。若直接向编辑部订阅, 均可享受八折优惠, 全年订刊费120元。

编辑部地址: 北京市朝阳区麦子店街41号

《农业工程学报》编辑部

邮 编: 100026

电 话: 010-65910066-2503/3503

电话兼传真: 010-65929451

电子信箱: transcsae@agri.gov.cn