



新疆主要特色果树 微灌技术试验研究

● 董新光 张江辉 马英杰 马雪琴 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



新疆主要特色果树 微灌技术试验研究

◎ 董新光 张江辉 马英杰 马雪琴 著



中国水利水电出版社
www.waterpub.cn

内 容 提 要

农业高效节水是实现农业现代化和调整用水结构的重要基础,也是推动新疆特色林果业健康发展的重要措施。本书以新疆特色林果葡萄、红枣、核桃为研究对象,通过作者“十一五”国家及自治区部分科研课题的成果总结和凝练,系统探索了成龄果树水肥高效利用机制、灌溉技术与方法以及综合的节水农业技术应用模式。全书共分6章,包括概述、葡萄微灌节水技术试验研究、红枣微灌节水技术试验研究、成龄核桃微灌节水技术研究、果园节水增效的微环境调控技术研究、节水技术集成模式与应用研究等内容。

本书可供农田水利、水资源、水文、林业、果树等专业的生产、教学、科研、管理及决策者使用和参考。

图书在版编目(CIP)数据

新疆主要特色果树微灌技术试验研究 / 董新光等著
— 北京:中国水利水电出版社,2013.11
ISBN 978-7-5170-1478-2

I. ①新… II. ①董… III. ①果树—微灌机械—试验—研究—新疆 IV. ①S660.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第288267号

书 名	新疆主要特色果树微灌技术试验研究
作 者	董新光 张江辉 马英杰 马雪琴 著
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京纪元彩艺印刷有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14.75印张 350千字
版 次	2013年11月第1版 2013年11月第1次印刷
印 数	0001—2000册
定 价	55.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究



水是人类社会生存与发展的命脉，是干旱区最为稀缺的资源，因而节水是维系干旱区社会经济可持续发展的重要措施。2011年中央一号文件明确指出“水是生命之源、生产之要、生态之基”，“水利是现代农业建设不可或缺的首要条件，是经济社会发展不可替代的基础支撑，是生态环境改善不可分割的保障系统”。

处于内陆干旱地区的新疆是我国缺水最严重的地区之一，“荒漠绿洲、灌溉农业”是其显著特点。新疆水资源总量为832亿 m^3 ，单位面积的产水量仅为4.8万 m^3/km^2 ，为全国倒数第三位。干旱缺水是制约新疆经济发展的主要因素之一。一方面由于水资源匮乏，而另一方面农业用水量占95%以上，用水效率仅50%左右，水资源短缺与用水效率和效益低矛盾并存。因此，新疆的可持续发展、解决水资源短缺的途径在于农业节水。农业高效节水是实现农业现代化和调整用水结构的重要基础。以科技支撑农业高效节水灌溉技术的大规模推广应用，建立节水型农业，是实现水资源合理配置和提高水利用效率的重要措施。

新疆具有发展特色林果业得天独厚的自然资源和品种优势。“十一五”期间，新疆把发展特色林果业放到新疆国民经济发展格局中统筹部署，并进一步明确提出了要把特色林果业作为新疆农业经济发展的四大支柱产业（棉花、粮食、特色林果业、畜牧业）之一。目前，新疆特色林果基地建设规模已突破2000万亩，其中，塔里木盆地特色林果面积超过1300万亩，约占塔里木盆地耕地总面积的43%，农民收入的15%来自林果业。随着南疆大面积林果进入丰产期，林果业将成为农民的主要收入来源。如若羌县2010年农民人均收入20000元以上，主要来自种植红枣。在新疆已形成了环塔里木盆地以红枣、核桃、杏、香梨、石榴、苹果和巴旦木为主的南疆林果主产区；吐鲁番—哈密盆地以葡萄、哈密大枣为主的优质林果生产基地；伊犁河谷、天山北坡以苹果、葡萄、枸杞及小浆果为主的特色林果生产基地。目前新疆林果田间灌溉水平低，主要以地面灌溉为主，平均毛灌溉定额在1000 m^3 /亩以上，不仅造

成大量水资源浪费和肥料流失，面状污染严重，土壤质量下降，而且造成林果品质低、经济效益差，严重制约了新疆林果业的健康发展。

本书是“十一五”国家科技支撑项目“干旱区绿洲农业节水技术研究示范”和新疆维吾尔自治区科技重大专项课题“果树和葡萄节水灌溉技术开发与示范”的主要试验内容和成果的总结。以干旱区绿洲林果业高效用水为主要目标，针对绿洲特色林果业灌溉技术发展过程中面临的重大关键问题开展试验研究。重点研究了成龄果树微灌、水肥耦合、田间微环境调控等关键技术；开发适应于林果微灌的新技术；制定出微灌条件下的果树高效节水技术应用模式和技术规程；在阿克苏地区、吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州建立综合试验示范基地。通过四年的试验研究，阐明了红枣、葡萄和核桃3种果树需水规律和耗水特征；提出了主要果树微灌灌水技术及灌溉制度、果树微灌农艺配套技术、工程设计参数等；研发了成龄果树生长关键期冠层弥雾和根域微环境调控技术；解决了成龄果树应用微灌技术过程中存在的多项技术难题，形成了干旱区成龄果树微灌技术体系并进行大面积应用，是新疆成龄果树微灌从“不行”到“行”的本质转变；研发出垂直线源灌与深层坑渗灌两种新型微灌灌水技术，创建了果树微压蓄水灌、根渗灌节水技术体系；对目前已有技术和新技术进行组装集成，形成了干旱区成龄果树植株冠层与大气界面、土壤与大气界面、根系与土壤界面的水肥综合调控立体节水农业技术与应用模式；解决了干旱区农业可持续发展与绿洲生态安全的水资源高效利用关键技术，强化了节水农业技术的集成配套，促进了新疆节水目标与农民增收目标的有机融合，适应产业结构调整与水资源配置的协调，为实现新疆农业经济四大支柱产业的优势发展提供现代节水农业的技术支撑。

本书主要参加编写单位有新疆农业大学、新疆水利水电科学研究院、新疆农业科学院、中国农业大学、西安理工大学、国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心等。本书撰写的主要人员：新疆农业大学董新光、马英杰、洪明、赵经华、穆振侠、任玉忠、姚鹏亮、魏光辉等；新疆水利水电科学研究院张江辉、白云岗、张胜江、崔春亮、卢震林、曹伟、张明等；新疆农业科学院钟新才、马雪琴、梁智、冯耀祖、谢香文等；中国农业大学王伟等；西安理工大学王全九、张建丰、曾辰、李涛、王永杰等；国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心范兴科等。本书由董新光、张江辉、马英杰、马雪琴等负责整理统稿，白云岗、胡安炎、姚鹏亮等在资料收集整理和编排等方面做了大量

工作。

研究工作得到了新疆科学技术厅、新疆水利厅、吐鲁番地区水利局、阿克苏地区水利局、巴音郭楞蒙古自治州水管处等相关部门以及试验所在地的县（农场）乡等单位的大力支持与帮助，在此一并表示感谢。

由于研究者水平和时间及经费所限，对有些问题的认识和研究还有待于进一步深化，错误和不足之处亦必颇多，恳请同行专家批评指正。

编 者

2012 年 12 月

目



前言

第1章 概述	1
1.1 背景	1
1.2 研究思路	1
1.3 技术方案	2
1.4 研究内容	3
1.5 主要成果	3
第2章 葡萄微灌节水技术试验研究	7
2.1 葡萄微灌节水技术试验概述	7
2.2 成龄葡萄需水规律及灌溉制度研究	9
2.3 成龄葡萄微灌技术筛选与优化研究	30
2.4 葡萄滴灌配套农艺节水技术研究	46
2.5 蓄流分离式灌溉技术研究	55
2.6 深层坑渗灌节水新技术试验研究	87
2.7 垂直线源灌节水新技术试验研究	94
第3章 红枣微灌节水技术试验研究	102
3.1 红枣微灌节水技术试验概述	102
3.2 成龄红枣微灌灌水技术筛选	109
3.3 成龄红枣灌溉制度优化	114
3.4 幼龄红枣微灌灌水技术优化	122
3.5 幼龄红枣灌溉制度优化	125
3.6 红枣根渗灌技术探讨	128
第4章 成龄核桃微灌节水技术研究	136
4.1 微灌成龄核桃研究区概况	136
4.2 核桃灌水技术优选	141
4.3 微灌成龄核桃的耗水特性研究	145
4.4 微灌核桃灌溉制度研究	171
4.5 成龄核桃水肥调控技术研究	177
4.6 核桃根渗灌灌水新技术探讨	182

第 5 章 果园节水增效的微环境调控技术研究	187
5.1 微环境调控节水技术在葡萄上应用研究	188
5.2 弥雾微环境调控技术在枣树上的应用研究	197
5.3 根域微环境技术对滴灌幼龄红枣耗水影响研究	207
5.4 根域微环境调控对核桃水肥调控技术研究	212
第 6 章 节水技术集成模式与应用研究	219
6.1 主要试验技术成果.....	219
6.2 立体调控综合节水应用模式	220
6.3 果树微灌水肥高效利用综合技术体系与集成应用	222
6.4 微灌新技术研发与集成应用	222
参考文献	224

第1章 概述

1.1 背景

处于内陆干旱地区的新疆是我国缺水最严重的地区之一,“荒漠绿洲、灌溉农业”是其显著特点,农业用水占新疆国民经济用水总量的95%以上。为确保新疆经济社会健康可持续发展,自治区党委、人民政府高度重视农业节水工作,把农业节水工作作为解决“三农”问题,提高农民收入的一项关键性措施。由于棉花膜下滴灌成熟技术的支撑,目前全区农业高效节水面积已发展到3000多万亩,新疆高效节水建设已经到了转型升级的关键时期。即由从追求规模扩张向提质增效转变;从大宗经济作物全覆盖向多种作物的广泛覆盖转变;从高效节水向高效用水转变。实现3个转变科技支撑是关键,特别是作为加快新疆农业农村经济发展的支柱产业之一的特色林果业的节水技术研发、推广应用至关重要。

新疆早在20世纪80年代就开始果树微灌技术应用方面的研究,并在90年代后进行了一定规模的果树滴灌技术的示范工程建设。但由于缺乏针对性、系统性的节水技术成果支撑,对成龄果树需水规律认识不足,没有科学的田间水肥管理技术进行指导,果树微灌产品不配套等,导致微灌技术应用后果树产量显著降低、品质下降,极大地挫伤了果农的积极性。果农及生产管理者普遍认为深根系成龄果树发展微灌技术是不适宜的,致使建成的大量果树滴灌示范区相继废弃。

因此,开展新疆特色林果高效节水综合技术系统的研究,针对目前新疆特色林果微灌节水技术难以推广应用的关键技术问题,提出成龄果树微灌技术应用模式、技术规程,建立典型示范区,以点带面,增强果农及生产管理者对应用果树微灌节水增效的认识,对于实现节水与农民增收双重目标促进新疆农业高效节水技术的广泛应用和用水结构调整,以水资源的可持续利用、生态环境的可持续发展保障新疆经济社会跨越式发展,具有重要意义。

1.2 研究思路

针对成龄果树微灌节水技术中急需解决的科学技术问题,本书在调查、总结新疆林果微灌技术应用中的经验教训的基础上,借鉴、引进国内外微灌节水前沿技术,并根据新疆自然环境现状及成龄果树的生长特点,围绕果树需水规律、微灌技术筛选、灌溉制度制定、水肥耦合、果园微环境综合调控等方面展开多层次、多角度试验研究和创新。

研究按三个层次展开:第一层次是机制与机理研究,为应用技术的研究与开发提供技术参数和依据;第二层次是应用技术研发,通过理论与实践的反复验证,研究开发并筛选

优化适宜果树节水丰产需求的微灌节水技术，确定应用推广示范的技术模式；第三层次是技术示范与应用推广，通过系统总结，对现有成熟技术和项目研发的新技术组装集成，形成技术规程与规范，为大面积推广提供技术支持。项目技术方案紧密衔接，环环相扣，充分体现科学性和合理性。

本书以基础试验研究为指导，关键技术创新研究为核心，推广应用为根本的研究主线，采取技术研究与生产实践相结合、先进技术与常规实用技术相结合、灌溉节水与农艺节水和管理节水相结合、专项技术突破与综合技术组装配套相结合、研究与示范推广相结合的研究方法，使研究成果尽快在生产中转化推广。

1.3 技术方案

采用室内野外结合、点面结合、定位试验与现场示范相结合、实验分析与综合调查结合等研究方法，系统探索成龄果树微灌节水技术应用模式。

(1) 在试验研究方面：分别针对不同研究内容，在吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区、乌鲁木齐等地区设置 20 余处试验点，通过分析土壤水分和养分变化、气象、果树根系分布、生长量、光合、产量、品质、产品水力特性等指标，探讨果树微灌节水增效机制，确定优化的果树微灌节水技术模式。

(2) 在模拟分析方面：通过采集大量野外数据，基于水量平衡原理、空气动力学方法、能量平衡原理以及 SPAC 水分传输理论，构建土壤水分入渗模型、果树水分生产模

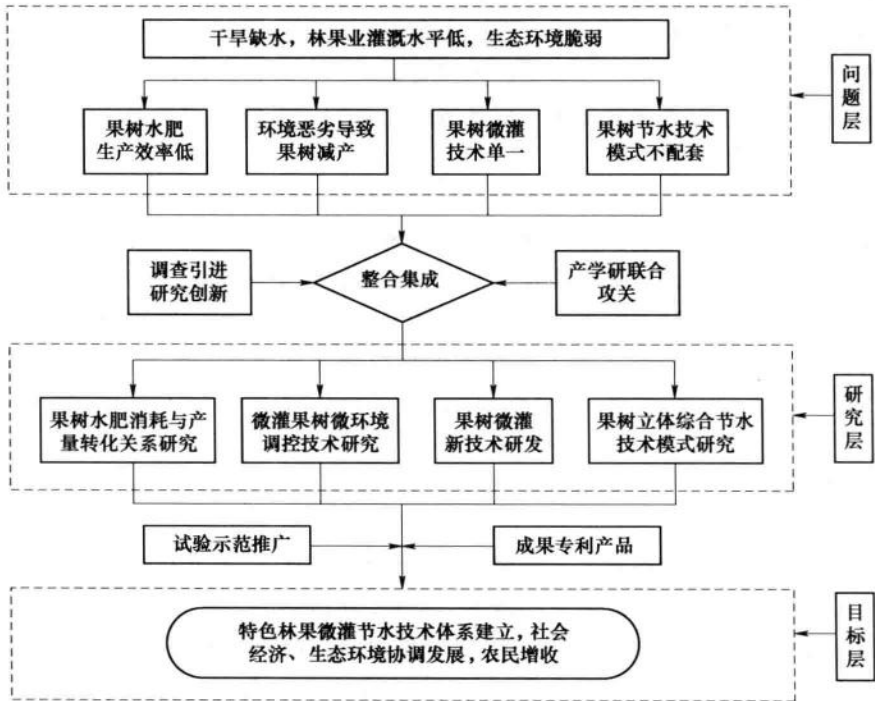


图 1-1 研究技术路线框图

型、根系吸水模型、蒸腾蒸散模型,分析土壤水分动态分布、果树的水分散失途径及特征,为定量确定灌溉制度提供技术指导。

(3) 在综合调查方面:以全区 11 个地、州(市) 39 个县市为调查对象,通过谈话、问卷、个案研究等科学方式,调查近年农户的灌溉面积、灌溉水源、调蓄条件、灌溉用水量、水价、种植作物、栽培方式、作物产量、轮灌制度、灌水方式、灌水次数、灌水定额、农民对现状栽培方式与灌水方式的评价、当地对主要作物栽培方式与灌水技术应用的期望等,并对调查搜集到的大量资料进行分析、综合、比较、归纳,总结凝练新疆农业节水发展模式。

(4) 在系统集成示范推广方面:通过对研究成果从节水灌溉技术、农艺节水技术、管理节水技术等方面进行技术筛选、优化、组装和集成,在吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区等地区建立各类核心示范区,以点带面,辐射推广。

项目研究技术路线框图见图 1-1。

1.4 研究内容

(1) 针对新疆特色林果现有常规灌溉技术水肥管理中存在的高耗低效问题,选择葡萄、红枣、核桃等新疆特色主栽果树为研究对象,研究果树生长需水规律与耗水特征、适宜微灌灌水方式与田间毛管优化布置、水肥优化管理与环境调控等关键技术。揭示果树水分消耗与产量转化的机制,确定成龄果树微灌灌水施肥技术指标和参数,制定出针对不同区域及不同果树的灌溉制度,提出水肥耦合、冠层和根域微环境调控技术。

(2) 针对林果灌溉技术落后、单一等问题,开发适宜于干旱区林果高效节水的先进节水灌溉技术。开展微压根渗灌和蓄水灌、垂直线源灌和深层坑渗灌等 4 种自主研发的微灌新技术试验研究。解决 4 种新技术应用中土壤水分和养分的分布特征、田间优化布设方式、节水灌溉制度和施肥技术等关键技术,构建干旱区果树微压根渗灌和蓄水灌、垂直线源灌和深层坑渗灌节水技术新体系。

(3) 针对农业高效节水灌溉单项技术应用的局限性、综合技术集成度不高以及技术体系与应用管理模式缺乏等问题,从干旱区特色林果微灌技术的可持续发展、水资源的高效利用、农业增效和农民增收等方面出发,开展新疆特色果树微灌技术、新产品新技术等研究与开发,结合研究成果,从节水灌溉技术、农艺节水技术、管理节水技术等方面进行技术筛选、优化、组装和集成,形成果树微灌水肥高效利用综合技术体系与应用模式、微灌新产品新设备集成应用模式、现代农业节水技术体系与管理模式。

1.5 主要成果

成果之一

系统研究了新疆特色果树微灌条件下水肥消耗与产量转化关系,揭示了果树微灌技术节水、节肥、增效的内在机制,填补了干旱区成龄果树微灌水肥高效利用研究的空白。确定了成龄果树微灌灌水施肥技术指标,优化了水肥高效利用微灌灌溉技术参数,制定了成

龄果树节水增效的微灌灌溉制度和施肥制度，为干旱区成龄果树高效节水发展提供了技术支撑。

——系统研究了不同果树、不同水肥环境下的果树生理生态特征指标，建立多个果树生长与生产的经验关系及模型，为科研及生产提供了丰富的基础数据及参考依据。

——通过设定不同的水肥环境试验，分析对比常规沟灌与微灌条件下的水肥消耗与产量形成转化关系，研究表明微灌为果树生长提供了优越的水肥环境，显著提高了光能利用效率；微灌适时适量的水肥供给模式，科学调控了营养生长与生殖生长的分配比例关系，显著提高了水肥的利用效率。

——通过不同微灌形式、不同毛管布置方式及水肥耦合效应试验，分析土壤湿润剖面与土壤根系分布范围的叠加程度、产量及品质、投资效益费用比、肥料利用效率等关键指标，筛选优化确定了适宜不同果树的微灌水肥耦合技术指标及参数。

——通过不同灌水定额、灌水频率的试验研究，探明了果树物候期内的耗水特征及需水规律，根据水分消耗与产量形成转化关系，建立了果树水分生产函数模型，提出了针对新疆不同区域环境特征及不同成龄果树的微灌灌溉制度。

——通过不同土壤肥力水平的微灌施肥效应试验，探明了果树不同生长阶段的需肥特征及养分利用规律，根据养分消耗与产量形成转化关系，建立了果树肥料生产函数模型，提出了针对新疆不同区域肥力水平及不同成龄果树的微灌施肥技术。

成果之二

基于微灌条件果树冠层与根域生长环境的综合调控试验模拟分析，揭示了果树冠层温湿度、根域水肥气热与产量、品质的内在关系，提出了滴灌红枣花期、葡萄膨大期的冠层弥雾调控与微灌果树根域调控技术。该技术可大幅度提高水肥利用效率，增强干旱区果树抵抗恶劣环境的能力，显著提高果实产量和品质，有效降低劳动强度。

——针对新疆干旱恶劣环境条件，首次提出了微灌果树冠层弥雾微环境调控技术，该技术在果园中把微灌与冠层微喷弥雾技术结合，微灌技术满足果树正常生理需水，冠层微喷弥雾技术则调控冠层微环境满足红枣花期、葡萄膨大期对温湿度的要求，增强了干旱区果树抵抗恶劣环境的能力，达到促花保果和增产、调质效果。与微灌技术相比，在红枣花期每天傍晚在树冠中部（高度 1.5m）喷施水雾 40~60min 可以显著提高坐果率 30%~45%，增加产量 30% 以上；在葡萄膨大期喷水 7~8m³/次，喷 4~5 次能显著降低葡萄棚架下的日最高温度 3~8℃，防止高温对葡萄的灼伤，葡萄产量提高 17%，商品率提高 20%。

——根据果树根系的趋水性与趋肥性的特点，在果树四周布设四个施肥穴，穴为边长 50cm 的正方体，除面向树干一侧外，其余各面用塑膜包围，在穴中填充秸秆、棉籽、稻壳、有机肥等组合材料，穴上布设滴灌管并覆膜，形成果树微灌根域水肥气热微环境集中调控系统，促进毛根生长发育，把主要毛根限制在穴中，充分吸收水分和养分，控制树冠，协调果树营养生长与生殖生长。一次施肥三年有效，大幅度降低了劳动强度。红枣滴灌根域环境调控技术，比无穴储滴灌处理节水 28.8%，提高产量 22.7%。

成果之三

研发出直接向果树根部供水垂直线源灌与深层坑渗灌两种新型微灌灌水方法；提出了

蓄水灌、根渗灌两种果树微压灌溉节水新技术体系。大幅度减少土壤水分无效蒸发，进一步提高了微灌灌溉水分利用效率，有效降低系统能耗。

——研发了垂直线源灌灌水技术。垂直线源灌技术是在现有水平式渗灌技术基础上进行改进，将一定长度的硬塑管（PE、PP、PVC）周围壁上开有一定比例的孔状、条缝状或者网状出水孔，硬塑管外部缠绕细网纱布防止植物根系和土壤的侵入，管底部密封垂直埋入土中，通过不同尺寸的灌水器埋入深度调节土壤湿润范围，直接向植物根系所在深层土壤供水，从而减少了土壤表面无效水分的蒸发，以达到水分高效利用和节约水资源的目的。

——研发了深层坑渗灌灌水技术。深层坑渗灌技术是在每株植物的根系土壤上方设置一个灌水器，灌水器的上端露出地面并用杂草覆盖，毛管通过稳流器与小管连接，小管再与灌水器连接，每个小管分别给每个灌水器供水，灌水器根据作物根系分布范围设置到根系土壤的部位，将水分直接供给植物的根系，棵间近地表土层不接受供水，最大程度地利用水资源，提高水的利用效率。

——创建了干旱区果树根渗灌节水新技术体系。根渗灌是我国自主创新研发的新型节水灌溉技术，是将渗管埋设在根区，直接向根部供水的一种灌溉系统。根渗灌具有低压、抗堵塞性强的特性，其节水机理主要表现在两方面：一是地下灌溉有利于根系生长及其对水分的利用；二是可大大减少土壤表面蒸发。本项目首次在成龄果树上进行了应用，并对根渗灌的土壤水、肥运移规律、田间布设方式、灌溉技术和施肥技术进行了系统研究，形成了干旱区果树根渗灌节水技术应用体系。技术应用后，与当地常规地面灌相比：红枣树灌溉节水 56%，增产 14.5%；核桃树灌溉节水 38%，增产 16.6%。

——创建了干旱区果树蓄水灌节水新技术体系。蓄水灌是针对果树灌溉特征开发的一项低压、低能耗微灌节水技术。蓄水灌技术是通过蓄水袋蓄水、依靠蓄水袋自身高度实现自压供水，其特点是供水与作物灌溉视为不连续、不同步、互为独立、不同单元体，即通过灌溉供水管网将作物所需灌水定额，一次性输送到田间作物用水处的蓄水装置中，从而完成传统的“供、配、灌、停”同步的全过程。本项目针对该项技术进行了蓄水灌的土壤水、肥运移规律、田间布设方式、灌溉技术和施肥技术系统研究，形成了干旱区果树蓄水灌节水技术应用体系。技术应用后，蓄水灌与常规地面灌相比：葡萄树灌溉节水 30%，增产 25%；香梨树灌溉节水 33%，增产 36%。

成果之四

从田间水循环中水分散失的途径入手，将减少植株奢侈蒸腾的冠层环境调控、喷施抗旱蒸腾剂等技术措施，降低土面无效蒸发的覆盖保墒、根部直接供水等技术措施，以及避免根层水分深层渗漏损失的蓄水保墒、精量控制灌溉、穴施肥水等技术措施组装集成，形成了干旱区成龄果树植株冠层与大气界面、土壤与大气界面、根系与土壤界面的水肥综合调控立体节水农业技术应用模式。

——突破传统的单一节水的思维模式，将果园水分微循环过程作为一个整体进行综合调控，对每一个水分散失界面开展了针对性技术措施的研发，冠层与大气界面采用冠层环境调控、喷施抗旱蒸腾剂等技术措施；土壤与大气界面采用覆盖保墒、根部直接供水等技术措施；根系与土壤界面采用蓄水保墒、精量控制灌溉、穴施肥水等技术措施，形成果树

从上到下的立体节水技术模式，达到“降耗、减蒸、控漏”的目的，显著提高水分的利用效率。

——提出了林果微压根渗灌技术集成应用模式。主要技术构成：泥沙预处理技术+微压根渗灌系统+优化灌溉制度+水肥耦合+作物高产栽培技术。在和田地区策勒县和阿克苏市建成林果微压根渗灌技术集成核心示范区 350 亩，其中荒漠林示范区每年可比地面灌节水 $400\text{m}^3/\text{亩}$ 左右；造林成活率提高 30% 左右；林木的生长量可比常规增加 15% 左右；荒漠造林的成林期可提前 1~2 年，且成林期内每亩地可节省费用 340 元左右。经济林示范区，每亩灌溉定额由 $1300\text{m}^3/\text{亩}$ 降低至 $600\text{m}^3/\text{亩}$ ，节肥 10% 以上，亩节约成本 80 元，增产 10%。

——提出了果树微压蓄水灌技术集成应用模式。主要技术构成：泥沙预处理技术+微压蓄水灌系统+地面大支管低压软带轮灌+优化灌溉制度+水肥耦合+作物高产栽培技术。在库尔勒市和吐鲁番市建成果树微压蓄水灌技术集成示范区 150 亩，实现自流灌溉。与地面灌技术相比，葡萄亩净灌溉定额由 1000m^3 下降到 700m^3 ，节水 30% 以上，肥料利用率提高 10%，每亩可节约化肥 5kg。葡萄单产提高 $1800\text{kg}/\text{亩}$ ，增产 20%。

——成龄果树微灌水肥高效利用综合技术体系与应用模式。成龄葡萄树灌溉主要技术构成：“滴灌技术（首部系统高效过滤技术+田间毛管优化布置技术）+水肥高效管理技术（微灌灌溉制度+微灌施肥技术）+农艺节水综合调控技术（土壤蓄水保墒技术+覆盖保墒技术+冠层喷施抗旱蒸腾剂技术）+葡萄高产栽培技术。在吐鲁番地区建成成龄葡萄示范区 3190 亩，与目前地面灌相比，增产 20%，节水 30%，节肥 20%。

成龄红枣树灌溉主要技术构成：田间毛管优化布置技术（滴灌两管/微喷）+优化灌溉制度+水肥耦合技术（微灌施肥技术+穴施有机肥调根技术）+农艺综合调控技术（冠层湿度调节技术+喷施黄腐酸和多效唑技术+覆盖草帘保墒技术）+高产栽培技术。在阿克苏地区建成红枣示范区 4340 亩，增产 10%~15%，节水 25%~35%，节肥 14%~20%。

成龄核桃树灌溉主要技术构成：田间毛管优化布置技术（滴灌三管）+优化灌溉制度+水肥耦合技术（微灌施肥技术+穴施有机肥调根技术）+农艺综合调控技术（化调技术+覆盖保墒技术）+高产栽培技术。在阿克苏地区建成核桃示范区 600 亩，增产 10%，节水 30%。

本研究在吐鲁番地区、巴音郭楞蒙古自治州、阿克苏地区等建立葡萄、红枣和核桃等微灌水肥高效利用集成核心示范区 8630 亩。

第2章 葡萄微灌节水技术试验研究

2.1 葡萄微灌节水技术试验概述

2.1.1 研究区概况

(1) 吐鲁番试验区。该试验区位于火焰山以南,吐鲁番市东南部的葡萄乡铁提尔村,距吐鲁番市 12km,地理坐标:北纬 42.87°,东经 89.20°,海拔 32.8m。该区年降雨量 16mm,年蒸发量 3600mm,全年日照时数 3200h,10℃以上有效积温 5300℃以上,无霜期 210d。葡萄品种为无核白,树龄 10 年,栽培方式为小棚架栽培,株距约 1.2~1.5m,行距 4.5m,定植沟为东西走向。土壤质地为壤土,现状灌溉方式采用地面沟灌。

(2) 鄯善试验区。该试验区位于火焰山以北的新疆维吾尔自治区葡萄瓜果开发研究中心内,距鄯善县城 6km,地理坐标为:北纬 42.91°,东经 90.30°,海拔 419m。该区年降雨量 25.3mm,年蒸发量 2751mm,全年日照时数为 3122.8h,10℃以上有效积温 4525℃以上,无霜期 192d。葡萄品种为无核白,1981 年定植,树龄 28 年,大沟定植,东西走向,沟长 54m,沟宽 1.0~1.2m,沟深 0.5m 左右;株距约 1.2~1.5m,行距 3.5m;栽培方式为小棚架栽培,棚架前端高 1.5m,后端高 0.8m。土壤质地为砾石砂壤土,现状灌溉方式采用地面沟灌。

2.1.2 试验布置

试验研究区按照微灌设计规范进行统一设计,首部系统由蓄水池、水泵、施肥罐、过滤器等设备组成,田间供水干管采用 $\phi 63$ PE 管,支管选用 $\phi 50$ PE 管,田间毛管按照每个试验处理的需求布设。共设需水规律与灌溉制度、灌水技术筛选、农艺综合调控技术与对照 4 个研究区,按灌溉试验要求,设置调水区,保证每个试验小区水压力的均衡。每一个研究区根据研究内容设置试验小区及试验处理,每个试验处理设 2 个重复。每个试验处理安装水表、闸阀控制灌溉水量,同时布设相应的土壤水分、植株生长等观测项目的设备及标记。试验区总体布置及试验处理设置见图 2-1、图 2-2。

2.1.3 试验观测项目

1. 气象观测

气象观测主要观测降水量、蒸发量、温度、湿度、辐射及风速等。降水、温度、湿度、辐射及风速等气象要素均采用自动气象站观测,水面蒸发量采用 E601 标准水面蒸发器测定。

2. 土壤水分监测

在各试验小区均对土壤含水量进行定点定位监测,吐鲁番试验点采用 TRIME-IPH

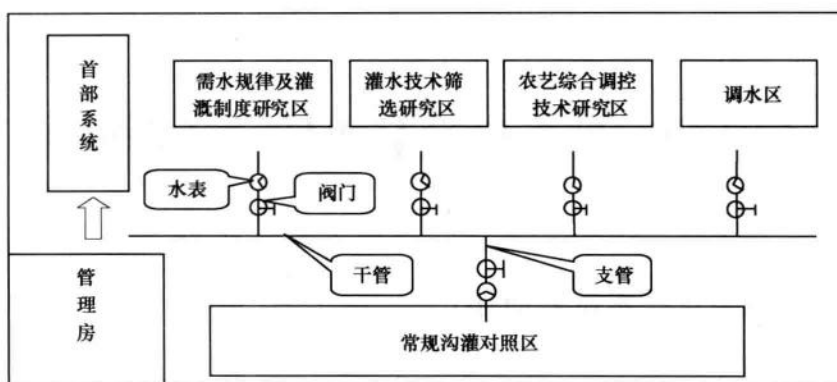


图 2-1 试验区总体布置示意图



图 2-2 试验处理设置示意图

土壤剖面水分测量系统进行测定，鄯善试验点采用中子仪进行测定，试验期间定期采用取土烘干法标定。测定周期一般 5~7d，测量深度分别为 0~20cm、20~40cm、40~60cm、60~80cm、80~100cm。同时根据各个试验需求，在试验期间灌水前后加测数次或连续定点观测一个灌水周期，研究葡萄蒸腾蒸发及土壤水分运动过程。

3. 土面蒸发测定

土面蒸发测定采用微型蒸发器，将其打入土壤 15cm 深度处，封底，通过两次称重差值计算 15cm 土壤的蒸发。测量时间：每灌水周期换一次土，每天 20:00 测定一次。

4. 植株腾发测定

植株腾发测定采用美国 Dynamax 公司 Flow4 包裹式茎流计，选取 4 株长势均一的植株连续测定。

5. 植物光合作用测定

植物光合作用测定采用 CIRAS-2 型光合仪，在葡萄生长期主要生育阶段选择晴朗日进行测定，每株树选取 9 片长势均匀、无病虫害且角度一致的新成熟叶片，测其光合作用日变化，活体测定不同水分处理下的葡萄蒸腾速率和光合速率，从 8:00 开始到 20:00，每隔 2h 测定一次。测定参数包括光合速率 (P_n)、蒸腾速率 (EVAP)、气孔导度 (G_s)、胞间 CO_2 浓度 (C_i)。

6. 植株生长性状调查

(1) 葡萄物候期记录。

(2) 葡萄新梢生长量测定。每个处理选择 3 棵蔓，各抽取 1 根枝条，不修剪，每隔 3d 测定一次；从枝条生长期开始到果实开始成熟期间记录茎长、茎粗的变化情况。同时观测所选枝条上的叶片主脉长、叶长、叶宽的值。

(3) 叶面积变化测定。观测枝条新梢生长的各叶叶长、叶宽的值，利用叶面积与叶

长、叶宽的关系曲线, 计算可得。

(4) 叶片含水量的测定。在一个灌水周期内, 每天 8:00 采摘叶片, 每个处理随机选取 10 片长势均匀、大小适中、无病虫害的新成熟健康叶片, 采摘后立即擦去表面浮土, 称取鲜重, 再用清水浸泡 8h 使其饱和, 之后称取饱和重, 然后烘干称得干重, 由鲜重、饱和重、干重计算得叶片相对含水量。

(5) 果实生长变化测定。从浆果生长期到浆果成熟期用游标卡尺测量颗粒纵横径。

7. 产量和品质测定

(1) 产量测定。每个处理挑选 3 个长势均匀的小区, 每个小区摘取上、中、下各 1 串果穗, 称取每串果穗的鲜重, 据此换算为最终的亩产量。再从每串果穗上摘取 12 颗大小适中的果粒, 称取每个处理的果粒百粒重。百粒重可以体现果粒的品质。

(2) 果穗重测定。在果实采收期, 每个小区处理随机抽取 10 个果穗, 测定果穗重量。

(3) 果粒大小测定。在果实采收期, 每个小区处理随机抽取 10 个果穗, 每穗取 100 个果粒, 测量果粒纵横径, 并折合果粒单重。

(4) 可溶性固体物质含量测定。在果实成熟期用便携式测糖仪测定, 每个处理随机选择 3 条蔓, 在每条蔓的上、中、下部各选 1 串长势均匀的果穗, 在每串果穗的上、中、下部各摘两粒果粒, 取出葡萄汁, 混合后用测糖仪得到可溶性固体物质含量。

2.2 成龄葡萄需水规律及灌溉制度研究

2.2.1 基于能量平衡法的葡萄蒸散研究

1. 理论依据

波文比-能量平衡法是以下垫面的水热交换为基础, 在假定热量交换系数和水汽的湍流交换系数相等 ($K_w = K_h$) 的情况下 (研究区葡萄种群冠层结构均一, 测点风浪区足够长, 因此基本符合该假设), 其下垫面能量平衡方程可表示为:

$$R_n = \lambda ET + H + G \quad (2-1)$$

$$\lambda ET = \lambda \epsilon / p \rho K_w \frac{\partial e}{\partial Z} \quad (2-2)$$

$$H = p C_p K_h \frac{\partial T}{\partial Z} \quad (2-3)$$

式中: R_n 为净辐射, W/m^2 ; λET 为潜热通量, W/m^2 ; H 为显热通量, W/m^2 ; G 为土壤热通量, W/m^2 ; ρ 为空气密度; C_p 为空气定压比热; ϵ 为水汽分子对于空气分子重量比; p 为大气压; K_w 、 K_h 分别为潜热、显热交换系数。

根据相似理论, 假设 $K_w = K_h$ 同时引入波文比 β (显热通量与潜热通量之比), 并将微分化为差分得:

$$\beta = \frac{H}{\lambda ET} = \frac{p C_p K_h \frac{\partial T}{\partial Z}}{\lambda \epsilon \left(p \rho K_w \frac{\partial e}{\partial z} \right)} = \gamma \frac{\Delta T}{\Delta e} \quad (2-4)$$

γ 是湿度常数系数, 代入常数则公式简化为: