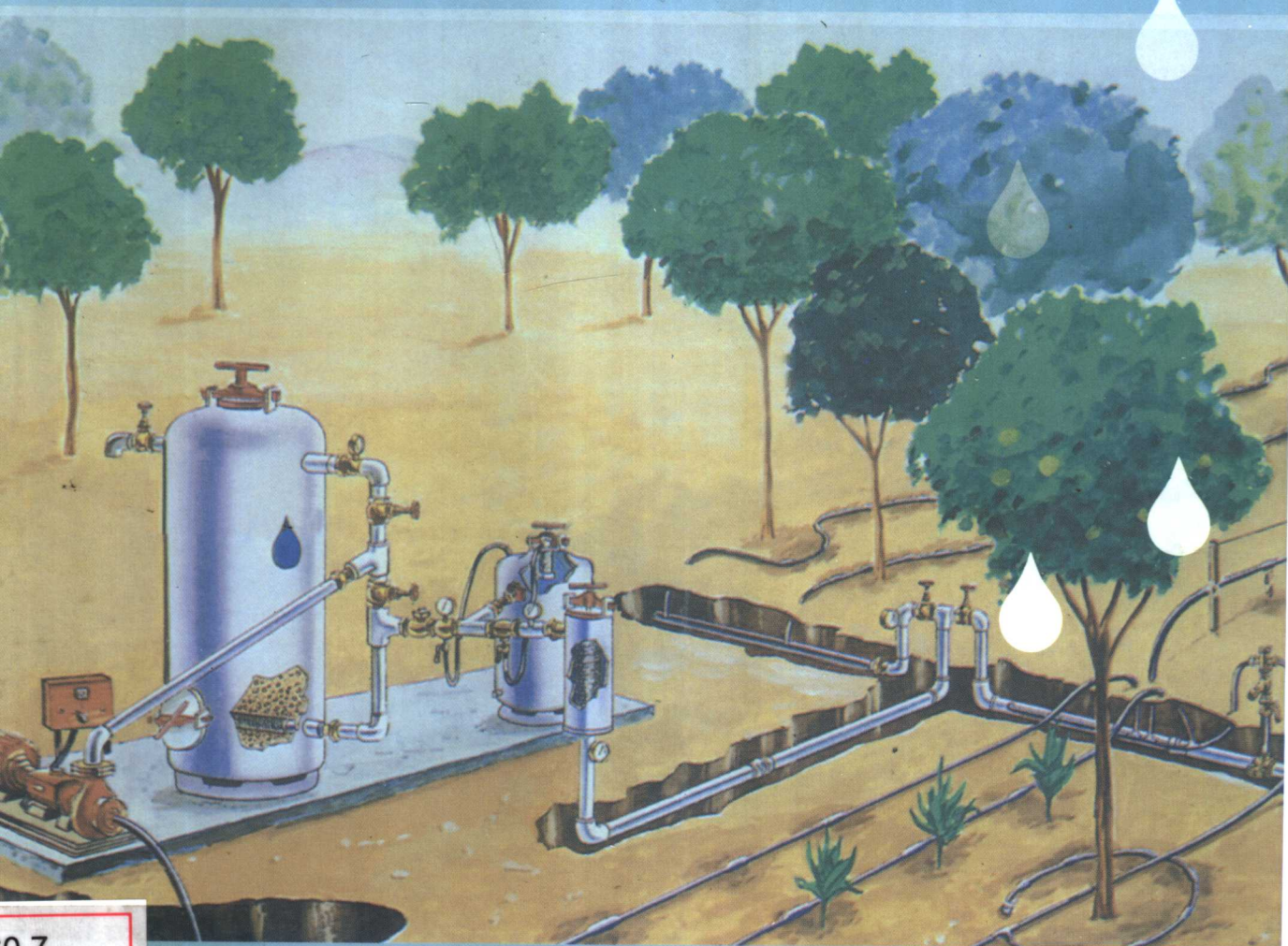


果园现代高科技 节水高效灌溉

曾德超 因·古德温
黄兴法 王小伟 李光永 等编著

技术指南



中国农业出版社

果园现代高科技节水 高效灌溉技术指南

附《果园节水》VCD 盘一张

中澳合作研究项目“用现代灌溉技术提高华北果园生产
与水利用效率示范研究”开发

曾德超 因·古德温
黄兴法 王小伟 李光永 等编著

Technical Manual of Modern Irrigation and Orchard Management For High Water Use Efficiency

Annexed with A VCD 《Water Saving for Orchards》

Developed by the Joint Sino-Australian Project “Improved Orchard
Productivity and Water Use Efficiency Using Modern Irrigation and Tree
Management Techniques in North China”
ANAR PROJECT 9447

Zeng Dechao, Ian Goodwin
Huang Xingfa, Wang Xiaowei, Li Guangyong

中国农业出版社
China Agriculture Press, Beijing

图书在版编目 (CIP) 数据

果园现代高科技节水高效灌溉技术指南/曾德超等编
著. —北京: 中国农业出版社, 2001.11

ISBN 7-109-07308-4

I. 果... II. 曾... III. 果园—节约用水—灌溉—
技术 IV. S660.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 075351 号

中国农业出版社出版

(北京市朝阳区农展馆北路 2 号)

(邮政编码 100026)

出版人: 沈镇昭

责任编辑 何致莹

中国农业出版社印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

2001 年 11 月第 1 版 2001 年 11 月北京第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 7.75

字数: 170 千字 印数: 1~2 000 册

定价: 38.00 元

(凡本版图书出现印刷、装订错误, 请向出版社发行部调换)

内 容 提 要

按照编者的研究结论，现代农田高科技节水高效灌溉的技术体系，包含有如下5个环节：

①对根区土壤水分的实时监测；②对作物需水量的短期预报；③根据作物水生理特点，按不同的经营目标（最高单产，最高经济效益，最优节水或生态环境效果等）确定灌水策略；并通过根区土层水平衡计算，按步骤科学地制定田块灌溉制度（亦即田块灌水日程计划）；④通过量水装置，实现灌水定量；⑤应用现代化的微喷滴灌系统（果园、温室等场合下），地下渗灌、低能耗精量灌溉系统（LEPA，大田场合下）等，将水按时按量按所要求的部位，均匀地浇灌到作物根区所需的部位。

本技术指南及所附影碟介绍了这个技术体系在我国华北果园地面畦灌、软管灌（小黑龙）和微喷滴灌等条件下，其组成环节的原理，先进实用型技术计算与操作。可作为各县、乡基层水管站、林果技术队，农业技术推广人员，以及节水灌溉技术管理干部等技术培训教材；可供农业节水灌溉工程技术开发设计人员，农林业节水灌溉技术人员等学习参考；亦可供中技、大专学生以及农村青年进修学习参考。

编著人员及分工

曾德超	Ian Goodwin	总论
		第一部分
王小伟		第1章
黄兴法		第2章
黄兴法		第3章
王小伟		第4章
王小伟		第5章
李光永	王 伟 黄兴法 曾德超	第6章
李光永		第7章
李光永		第8章
		第二部分
王小伟		第1章
黄兴法		第2章
黄兴法	A-M Boland	第3章
张铁强	曾德超	第4章
张铁强	曾德超	第5章
		附录
王小伟		附录 I
黄兴法		附录 II
黄兴法		附录 III
Ian Goodwin A-M Boland		附录 IV
黄兴法	王小伟 李光永	

编 者 的 话

随着人口的增长和工、交、社会的发展,水资源短缺和污染日益普遍而严重,我国尤其如此。开发新水源和可持续利用水资源以支持经济的可持续发展,已逐渐成为世界性课题之一。农业是用水大户,也是水污染的重要源头之一;发展节水高效生态型农业,日益受到重视。

20 世纪 60 年代以来,现代节水高效灌溉这门科学技术,从土壤—植物—大气水连续体 (SPAC) 概念与有关理论的提出,经历了对太阳辐射能与光合过程和地面蒸发等过程的相关联,水在松散介质和植物组织中的能态等生物物理学规律的揭示,以蒸渗仪实验值为参照作物蒸散计算模型的建立,各种非充分灌溉策略理论依据的研究,各种介质参数监测仪器,以及数十年来各种微喷、滴灌、地下渗灌、喷灌,以及低能耗精确施水 (LEPA) 的先进灌溉设备的开发,现已发展成为一门成套的现代高科技体系。这套现代高科技节水高效灌溉技术体系在美、澳、以色列等的大面积推广应用,在田间灌溉效率以及水的利用效率等方面,已达到比我国当前水平高得多的显著节水高效结果。

在通常是结合田块灌水计划(灌溉制度)制定过程来实现的非充分灌溉策略这个环节上,澳大利亚维多利亚可持续灌溉研究所在 20 世纪 80 年代发展的调控亏水度技术,并在核果类果树上获得显著的节水优质并稍可增产的结果。

经中澳两国农业部的批准,中澳合作研究课题“华北平原水果生产中水的有效利用”(ACIAR Project No.8578,9048)1988 年起在北京实施,并获得良好结果。作为课题成果出版了《果树调亏灌溉密植节水增产技术的研究与开发》、《果树调亏灌溉密植节水增产技术指南》的专著,并在科技刊物上发表有关论文多篇。

由中方和澳方课题鉴定组建议,经两国农业部批准,又建立了中澳合作研究项目“利用现代灌溉技术提高华北果园生产与水利用效率示范研究”(ACIAR No.9447),中心任务是开发和示范适用于中国的先进实用型节水高效灌溉技术。以果业为例,在农业部、水利部有关部门以及北京市、山西、河北、陕西等省水利厅等的支持下,在北京昌平何营果园、河北大名马牧地果园、山西长治市鸡坡村果园、陕西礼泉县刀东村示范果园及 10 户农户,各建立了各 50~300 亩* 不等的示范区(陕西礼泉刀东村的 10 户农民每户为 3.14 亩),进行适用于中国地区条件下的“先进实用型”节水高效灌溉技术体系的开发与示范。这本“技术指南”及所附的《果园节水》VCD 影碟盘是该项目提供的开发示范成果之一。

参加中澳合作项目“果园节水高效灌溉技术示范”的研究人员有:

中方项目负责人 曾德超教授(中国工程院资深院士) 中国农业大学东校区

中方项目成员 王小伟高级园艺师 北京市农林科学院果林

* 亩为非法定计量单位,15 亩=1 公顷。

	黄兴法博士	研究所
	李光永博士	中国农业大学东校区
	王伟博士研究生	中国农业大学东校区
	孙乃健实验工程师	中国农业大学东校区
澳方项目负责人	彼德·杰里博士(前期)	澳 Tatura 可持续灌溉研究所
		果树园艺专家
	因·古德温先生(后期代理)	果树园艺专家
澳方项目成员	安玛丽·博兰博士	果树园艺专家
	布里安·李博士	录像制作专家
北京昌平示范研究课题组		
组长:	刘汉桂高级工程师	北京市水利局
组员:	黄玉璋高级工程师,张军高级工程师	北京市水利局
	奚增森高级工程师,许正锋工程师,	
	于波工程师,	昌平区水利局
	刘洪禄博士	北京市水利研究所
	纪瑞森工程师,赵志强助工	南邵水管站
	李文生经理,于士元副经理	南邵果园
大名马牧地果园示范研究课题组		
组长:	杨培岭博士	中国农业大学东校区
组员:	王全海农艺师,罗石所(马牧地村党支部书记)	
山西长治鸡坡村果园示范研究课题组		
组长:	李敏华高级工程师	
组员:	赵军工程师	
礼泉刀东村果园示范研究课题组		
组长:	韩光局长	礼泉县水利局
组员:	韩忠武站长,白鹏技术员	礼泉县水利局水管站

此外,在项目进行过程中,虽然未正式参加作为项目正式成员,但给项目的具体技术内容有很多帮助的有:魏守仪教授(中国农业大学东校区),陶益寿教授,马会琴博士(中国农业大学西校区),张强副教授(北京农学院),李明、李素芬、颜永佩等。在此致以深切的谢意。

这本技术指南及所附录像可以说是真正的集体创作。由于我们一开始就以由农户组合而成的果园为对象,中间经历了不少弯路。内容上有错误之处,望读者予以指正。

编者 曾德超

因·古德温

目 录

总论	以提高农作物水利用效率为中心的现代田间节水高效灌溉技术体系 与我国果业栽培管理技术路线的调整	1
第一部分 灌溉管理		6
第 1 章	果园中水的平衡	6
§ 1.1	果树的需水量	6
§ 1.2	水分的供应和储存	7
第 2 章	土壤水分	8
§ 2.1	土壤含水率	9
§ 2.2	土壤水势	13
§ 2.3	土壤水势与土壤含水率间的关系	14
第 3 章	果园耗水量	16
§ 3.1	果树耗水	18
§ 3.2	杂草耗水和土表蒸发	20
§ 3.3	蒸发皿系数举例	22
§ 3.4	灌溉需求的确定	24
第 4 章	灌溉制度(田块灌水日程计划)	24
§ 4.1	需要灌溉多少水	24
§ 4.2	何时进行灌溉	27
§ 4.3	根据土壤含水率监测制定灌溉制度	31
第 5 章	调亏灌溉	33
§ 5.1	灌溉策略	33
§ 5.2	调亏灌溉含义及技术实施	34
§ 5.3	调节亏水度灌溉实例	35
第 6 章	灌溉系统	36
§ 6.1	田间现代节水灌溉技术体系	36
§ 6.2	果园节水高效灌溉系统的类型	37
§ 6.3	低压管道输水系统与系统管理	40
§ 6.4	微灌系统技术组成和系统管理	44
第 7 章	灌溉设备	46
§ 7.1	低压管道输水灌溉设备	46
§ 7.2	微灌设备	48
第 8 章	几种桃园栽培方式和灌溉管理方法的经济分析	59

§ 8.1 桃园栽培方式与灌溉管理技术及投资说明	59
§ 8.2 产量、成本、效益及节水分析	61
第二部分 果树种植、土壤、施肥和绿色生产管理	63
第 1 章 果树种植管理	63
§ 1.1 果园的建立	63
§ 1.2 整形修剪	66
§ 1.3 果树管理	67
第 2 章 施肥管理	68
§ 2.1 果树养分	68
§ 2.2 果树需施用什么样的肥料	71
§ 2.3 肥料的施用	76
第 3 章 土壤管理	78
§ 3.1 土壤的 pH	78
§ 3.2 土壤的盐碱化	79
第 4 章 无公害绿色果品生产技术	83
§ 4.1 有害果品产生的原因分析	83
§ 4.2 无公害绿色果品的涵义	84
§ 4.3 无公害绿色果品生产技术	84
§ 4.4 无公害绿色果品病虫草害防治技术	86
第 5 章 果园品种更新技术	87
§ 5.1 果园品种更新的意义	87
§ 5.2 果园品种更新的途径	87
§ 5.3 果树多头高接换种技术	88
附录	89
附录 I. 果园的测量技术	89
附录 II. 土壤含水率的测定	92
附录 III. 蒸发量测量技术和设备	101
附录 IV. 《果园节水——果园现代灌溉管理技术讲座》录像带解说词脚本	104
参考文献	113

以提高农作物水利用效率为中心的 现代田间节水高效灌溉技术体系与 我国果业栽培管理技术路线的调整

1. 中国水资源形势与节水灌溉技术现状

我国位于东南海洋季风与西北大陆季风环流地带,夏秋雨季集中,冬春干旱。另外,地形多山,植被广被破坏,水土流失严重。生态脆弱,耕地保肥保水性能差。在广大疆域上,作物的地区性、季节性干旱缺水,普遍而频繁地发生;保产、丰产有赖于灌溉这种格局随着全球变暖,还可能加剧。

一个国家或地区淡水资源的补给主要是大气降水:不是来自高山或高纬地区冰雪融化径流,就是来自降雨的地表及河川径流、坑塘、湖泊、水库,以及渗流层地下水和不可更新的地质源地下水。人们不断开发利用这些有限量的水源以供人畜生活、工交城市用水,以及农业灌溉用水、生态用水等。一个地区可经济地开发水资源毕竟是有限度的:我国1949年所开发利用的用水总量为1 000多亿 m^3 ;灌溉面积0.167亿 hm^2 (2.4亿亩),1997年为5 566亿 m^3 ,灌溉面积达0.51亿 hm^2 (7.65亿亩),灌溉用水近4 000亿 m^3 。预计到2030年将开发达到极限的7 000~8 000亿 m^3 ^①。那时由于人口增长,工交城乡建设的蓬勃发展,以及人民生活水平的普遍提高,这方面的用水量将急剧增加。而为保证食物供应,全国耕地面积需要保持在1.2亿 hm^2 (18亿亩),灌溉面积发展到0.6亿 hm^2 (9亿亩),即此时灌溉面积将达耕地面积的50%。为了解决我国的节水和食物供应问题,中国节水高效农业的发展任务不能不既包括灌溉农业部分,亦包括旱地农业及集雨节水农业部分在内。但灌溉用水则必须保持在4 000亿 m^3 ,即不再增加。^①

这就要求我国的灌溉效率从现在的0.45提高到0.65的水平,水利用效率从现在的粮产1.1 kg/m^3 提高到1.5~1.8 kg/m^3 (以色列、澳大利亚、美国等分别达到0.7~0.8 kg/m^3 及2.32 kg/m^3 以上,这相当于在全国范围内将所有灌溉到每块田间的水量减少44%,而粮产量则平均提高36%~63%)。可见在此期间,如何在技术上实现和在全国范围内普及提高我国灌溉效率和水的利用效率,对我国而言,是个带有战略意义的关键任务。

^① 中国工程院21世纪中国可持续发展水资源战略研究项目组:《中国可持续发展水资源战略研究综合报告》。中国工程科学2000年2卷8期。

由于水资源在一个国家中的战略地位, 中国政府在励行科教兴国与可持续发展的国策中, 十分重视节水经济的发展: 以水资源的可持续利用支持经济的可持续发展。建国以来十分重视水利建设, 大力进行大江大河治理; 抗洪防灾工程的建设; 大量建设大中小型水库; 重视节水高效灌溉技术的发展等等。从 20 世纪 70 年代起引进现代微滴灌技术和大型喷灌技术; 1996 年起通过建设 300 个节水增产重点县和一批节水型灌溉区, 加强灌区水资源合理调配和优化管理; 加强渠道衬砌和管道输水, 提高输水效率, 田间灌溉效率等, 以推动节水灌溉的工作进程。在雨水集贮节灌方面, 我国民间已有了几百年的历史, 近年来在数量上和地域上有了很大的发展; 但在结构、建造工艺及经济成本上有待提高科技含量。

在节水高效农业技术方面, 我国农业自来拥有精耕细作的优良传统; 我国农学科技界亦拥有深入生产第一线, 通过科学实验, 结合实际综合应用各分支技术解决实际问题的优良学风, 在抗逆品种选育, 抗旱保墒耕作和节水轮作制度、栽培制度, 利用土壤水库、减少地面蒸发, 覆盖保墒培肥等方面有了许多丰硕成果和贡献; 亦在一些典型地区通过生产实践创立了例如可将小麦灌水次数从 5~7 次降到 2~3 次, 小麦每亩可节水 50~100m³, 水稻薄浅湿晒栽培法的实验成功, 渠灌区渠井结合的灌溉方式等等。但是, 要在 21 世纪的第一、第二个十年年代里赶在人口与耗水量增长的前面, 或至少是同步, 在面上大量推广普及以提高作物水利用效率为中心的节水高效灌溉技术, 则需要更多的依靠现代高科技。

2. 田间节水高效灌溉技术的现代高科技体系

正当我国灌溉科技工作者和节水农业科技工作者摸索解决我国农业节水科技问题的同时, 美、澳、以色列和西欧科技工作者, 沿着他们的道路——现代西欧科学技术发展的传统道路摸索前进。具体到田间灌溉技术方面, 新中国成立以后最早与西方的接触是在 20 世纪 70 年代, 通过墨西哥赠送给大寨的微滴灌系统和通过商务引进在大曹庄进行引进消化试用的大型喷灌机等。开放改革以后, 经过多次的有关现代灌溉设备的国际博览会及学术会议和访问等的交流, 表明这些现代技术在发达国家已获得一定规模的大面积推广应用, 并在较大面积上达到很高的灌溉水利用系数指标和作物产量上水利用效率指标。但是, 由于我国农户生产规模、运行条件等与之不同, 农业经济发展水平差距大, 农业灌溉的热点问题各异等等, 这些先进设备一般只被作为单项技术对待; 通过国产化 and 消化吸收, 改进设计, 各种简易型号在我国有了一定发展: 如微灌、喷灌等。但是由于亩投资高, 推广数量有限, 节水增产和经济效益并未能充分发挥。当对这些现代技术的发展时代背景进行考察时, 不难得出如下结论: 自 20 世纪 60 年代, 关于土壤植物大气(水运移的)连续体 (SPAC) 概念的提出, 土壤及植物导管组织中水能态概念的建立, 基于太阳辐射能量等的潜在和参考作物蒸散量计算模型的建立, 作物系数的引入, 蒸渗仪长期实验数据的利用, 在作物不同生长发育期灌溉水分补给的差量对待, 以及开发能按时按量按部位精量灌水于作物根区的灌溉设备系统等所构成的整个技术体系, 是节水高效的依据。

整个科技体系的构成, 可归纳如下:

- (1) 对田块根区土壤的水分变化进行实时监测;

(2) 对田块作物耗水量的短期(逐日)预报;(通过太阳辐射能等气象数据对作物参考蒸散量作估算,根据作物不同发育期及生长情况确定作物系数,以之估算作物蒸散量;或通过蒸发皿逐日读取蒸发量用以估算作物蒸散量)。

(3) 选用某一灌溉策略,或是当作物受水分胁迫到一定的程度时才开始灌水补给(也即调控土壤或植物水分亏缺度);或是确定补给点之后(一般作物补给点通常是在速效水用完之时),灌补水时却少灌,不恢复到田间持水量,尤其是灌后有可能下大雨的情况下更是如此(此时称为非充分灌溉),以便减少灌水用量,起到节水的作用。有时处于需要对有限水资源优化运用,而采用少灌或提高胁迫程度的策略(此时称经营上允许的亏缺灌溉 MAD);

(4) 按照根区土层水平衡情况制定田块灌水日程表(何时灌,灌多少,灌根区哪个部位;或称灌溉制度)。

(5) 开发低能耗、能精量施水、准确地将水灌至所需的根区部位的灌溉设备系统。

(6) 按所制定田块的灌水日程表,选择适当的灌溉系统,利用适用的量水设备,按时按量按部位进行灌溉并检查。

按照这个技术体系进行灌溉是惟一能避免过多灌水造成地下水污染和水资源浪费的技术。这套体现现代化科技内涵的灌溉技术体系的实施,将在本指南中详细讲解。

3. 现代高科技田间节水高效灌溉技术体系的先进实用型——中国的途径

20 世纪 70 年代以来,联合国工业发展组织(UNIDO)、粮农组织(FAO)等一些机构,提出“适用技术”(或意译“先进实用技术”——Appropriate Technology)的概念或技术路线(英国较多用“中间技术”——Intermediate Technology 一词)以代表有一派学者的主张,即发展中国家在努力实现现代化过程中,对一些昂贵的高新技术既要积极采用,但宜采取既保留其先进原理核心,又须根据本国国情与经济实力和条件,加以改型成为对本国适用的技术,才好大量推广,才能最有利于社会的顺利发展。

就我国要在今后二、三十年间,为了适应人口增长和建设与社会发展对农业节水的需要,即必须在广大农田灌溉面积上基本实施上节中所述的属于惟一的一套现代先进节水高效灌溉技术体系,然而直接全部引进昂贵的微喷滴灌或中心轴型、桁架型低耗能、精量施水(LEPA)等机组是不现实的。因此,在本研究项目中及在本技术指南中,采取了开发和推广“先进实用型”技术的路线。即在约占大田灌溉面积和果园灌溉面积 97% 的地面灌溉田园的绝大部分上,对田间节水高效灌溉技术现代高科技体系的构成环节,作如下的适用型改进与选择:

(1) 对根区土壤水分状况变化的“实时监测”,选用国际市场上已经出现,国内研究也已经有端倪的介电常数型、可移动测定多点多土层深度的土壤水分探针与读数表,可供较大面积监测使用,从而降低单位面积成本。从两次测定之间根区土壤水分的变迁,在没有降雨、灌水或根区水分渗漏的情况下,可得出在这个期间内作物的耗水量数值;

(2) 通过蒸发皿读数或每天最高温度读数,“短期预报”作物当天的蒸散量(美国各州对此具有利用每天最高气温读数短期预报作物蒸散量的传统);同时通过根区土层水分监测,累计作物耗水量;通过两者的长期数据积累,建立起本地区各种作物各个不同生长

期间的蒸发皿读数（或最高气温读数）与作物耗水量之间转换关系的蒸发皿系数表；

（3）根据作物水生理特点，结合我国农业科技工作者经长期试验研究总结的各种节水栽培模式和措施，采用现代高科技型田间节水高效灌溉技术体系中各种非充分灌溉、调亏灌溉、经营上允许的亏缺灌溉等概念，选定灌溉策略；

（4）根据根区土壤水分的实时监测，作物耗水量的短期预报，采取非充分灌溉、调亏灌溉等灌溉策略，从根区土壤水分平衡，制定田块灌溉制度（田块灌水日程计划）——何时灌，灌多少，灌根区哪个部位；

（5）研究开发、经试验、示范，然后大面积推广（以占我国灌溉面积 97% 的地面灌溉为主），能实施所制定科学节水高效的田块灌溉制度，并配有量水设备的精量施水灌溉技术与设备系统：在果园地面灌溉情况下，浇灌每棵树的水，可通过位置与尺寸经设计的畦灌或穴灌的灌水深度来实现，或用配有量水设备的管灌来实现。在大田畦灌情况下，畦长、畦宽、入畦单宽流量和改口成数，地面坡度，平整度等须经设计，并设有量水设备；在大田沟灌情况下，可开发波涌灌和隔沟灌系统；在大田格田情况下，可开发中小型低能耗精量施水的（LEPA）灌溉系统等等。

4. 现代节水高效果园的经营与栽培管理

灌溉果园是单位面积耗水大户，发展以提高水利用效率为核心的现代节水高效果园必须与果园的经营和栽培管理相结合。发展果林类经济作物有利于土地资源的充分利用，有利于生态环境的保育，又能给农民、农村带来额外的经济效益。中国的水果生产，1949 年产 120 万 t，人均 3kg，1978 年种植面积 165.7 万 hm^2 ，产量 656.97 万 t，人均 6.8kg。经 20 世纪 80 年代中期的大发展，1997 年，总产量 5 089.3 万 t，跃居世界第一位。果树的种类也有了长足发展。良种比例明显提高，品种结构有所改善，反季节生产、规模化生产、设施栽培亦已开始。果业的发展给农民、农村带来了很大的经济效益。陕西礼泉县 1999 年果业占农民收入的 80%，交纳的特产税占县财政收入的 65%，经济效益十分可观。可是近年来，全国水果出现滞销、积压，价格下跌，有些地区连年出现忍痛砍树。

果品是人类健康食谱中不可缺少的成分。发达国家卫生机构提出每人每天宜食用相当于一个苹果、一个柑橘和一个香蕉的水果。我国虽然已成为世界第一水果生产大国，但人均拥有量为 44.8kg，为全球人均 70kg 的 2/3，为美国的 3/10。可见，即使是国内市场，潜在需求也很大。另外，果树的种植需要具有一定的较为明显的水土和气候条件，具有一定的适种区，因而往往拥有广大的潜在区外销售市场：华北的落叶果可向国内东北、南方、西南，国外东南亚、中东、近东等广大地区销售。此外，果业及其加工业还是劳力密集的产业。我国劳力资源丰富，近来欧共体东欧、北美、中东、中亚、东北亚、东南亚等市场，表现出对我国果品有很大兴趣。我国果业，不论在国内市场或是国际市场，都具有巨大的潜在机遇。

我国进入 WTO 以后，在新的市场条件和新的贸易规则下，我国果业势将面临更为严峻的挑战。如何尽快走出当前的内销不旺，外销不畅，采后处理和上市过程工艺原始，加工业薄弱，产品品质低等一系列相互牵连的问题，把我国果业进一步建设成为可持续发展的朝阳产业，关键在于：改变观念，大力研究开拓营销业务，改进生产组织与规模，引进

现代化经营管理方法与技术,积极采用先进实用的生产技术,尽快全面地构建起我国现代化果业产业的结构框架及充实其先进实用技术的实质内容。在果树栽培管理方面,关键的有如下几点:

(1) 加强市场意识和有关的机构建设,组建市场调查、研究,开发利用中介组织,发展推销业务,发展现代化果品产业。

(2) 建立专业性苗圃公司,创立名牌品种,加强品种资源的开发、利用和培育,引种和驯化优良树种品种,重视特种风味,保健功能,反季节和合时令等。

(3) 在栽培上采用适度密植,提前盛果期,缩短果园运行周期。推广高树接头技术,缩短一个果园的品种更换周期,以适应市场的时尚。

(4) 推广无公害绿色果品的栽培管理技术与规范。

(5) 建立产后生理研究和处理工艺的开发,发展鲜果分级、包装、保鲜、储藏运输、上市工艺等技术和业务。

(6) 发展果源加工制品,特别是饮料的研究开发。提高和保持产品质量,降低成本。

(7) 建立现代先进实用高科技节水高效果园,既避免浪费水资源,同时处理好水与土壤、化肥、农药等之间的关系。避免污染地下水和环境,实现可持续发展。

1

第一部分

灌溉管理

第1章 果园中水的平衡

§1.1 果树的需水量

1. 果树需水量

在一个果园中,水的主导运移路径是通过降雨或灌溉到达土壤,土壤水(即土壤中的水)中一部分通过土壤表面直接蒸发到大气,另一部分水在土壤里经过果树根系,到枝干,通过叶子蒸发到大气。从而形成一个水分循环系统—土壤植物大气连续系统(简称 SPAC 系统),如图 1.1 所示。

俗话说:“水往低处流”,那么进入根系的水分又是如何由低向高地往叶片和果实输送的呢?对叶片进行显微观察,可以发现叶片的背面上分布着许多小孔,称之为气孔。气孔可以打开或关闭:通常是白天打开晚上关闭,或白天植物严重失水到一定程度时也会自动逐步关闭。气孔打开时,由于阳光照射所造成的叶面高温,细胞间隙及气孔下腔周围肉细胞的水分,通过气孔进入大气而散失,此过程称为植物的蒸腾。同时,作为对流交换,二氧化碳(CO_2)由外界大气环境通过气孔进入叶片作为光合作用的原料。植物是以水分散失为代价获得光合作用所需的原料。蒸腾作用所造成的植株内真空压差使得水分从根系

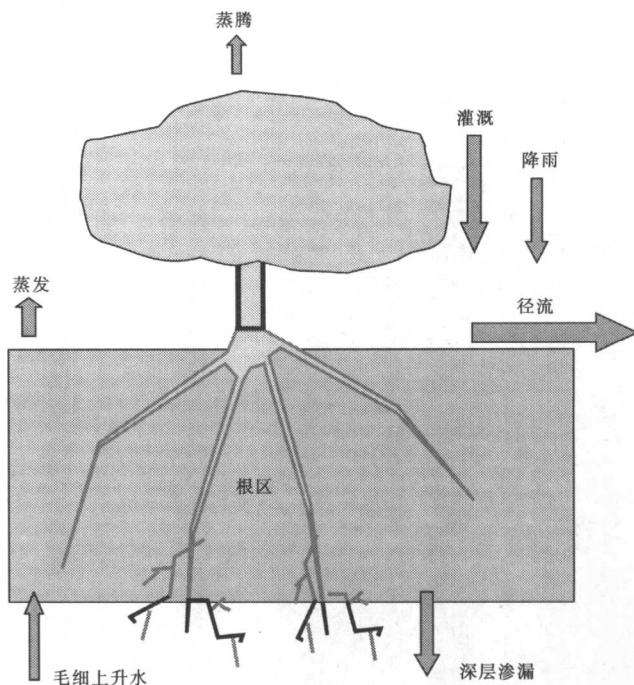


图 1.1 果园中水平衡示意图

源源不断地向上补给。这也是植株生长果实和生产糖分的主要过程。

在供水良好的条件下，白天响应阳光照射，气孔打开，夜间则关闭。根系吸收的水分绝大部分（约 99%）以蒸腾的方式散失了，只有极少一部分用于植物本身的生长。

当根系供水不足时，叶片气孔关闭，一方面减少了水分以水汽形式的散失，另一方面光合作用所需 CO_2 也不能通过气孔进入植物。果树以减少光合作用为代价，尽量维持体内的水分平衡。

根系是植物吸水的主要器官。根系吸水的部位主要在须根区，包括根尖木质部已成熟的伸长区及邻近伸长区的部分成熟区。

植物蒸腾量直接反映在植株的耗水量上。首先，不同的果树种类耗水量不同，从而表现出耐旱果树，或对缺水敏感的果树等等。其次，同一果树，树冠越大耗水量越大。果树从春季发芽开始，随着新梢的生长，叶子增多增大，因而气孔数量增加，表现在耗水量上也增加。再则天气气候状况也极大地影响果树的耗水量。在凉爽、多云或阴天气候下，太阳辐射小，气温低，气孔开度小，向大气的蒸腾量小，从而果树耗水量少。而在干旱高温和多风的气候条件下，大气的蒸发量大，因而果树耗水量也多。

2. 土壤蒸发和杂草耗水

在果园内，不仅果树消耗水分，裸露的土壤表面和生长在上面的杂草，也消耗水分。在幼龄果园，地表蒸发和杂草的耗水常占果园耗水的大部分。土壤表面的湿度不同，蒸发量也不同：刚下完雨的土壤表面蒸发量能相当于水面蒸发的 100%。随着土壤表面水分的减少，蒸发量也迅速减少；当土壤水分含量很干时，土壤表面蒸发只相当于水面蒸发的 10%~20%。杂草的蒸发量比裸露的地面大，首先杂草的表面积比土壤大，而且当土壤表面干燥时，杂草的根系还能从较深的土壤中吸取水分。大部分时间有杂草土壤的蒸发量要比清耕土壤的蒸发量高 30%~50%。

通过气孔散发到大气的水分，来自通过植物根系吸收的土壤水分；因此随着水分的蒸腾，植物根区的土壤水分变得越来越干。由于土壤表面也有水分蒸发，加上植物根系在上部土层的密度高，因此顶层土壤开始先变干；然后较深层土壤的根系继续吸收所在部分的土壤水，使这部分土壤也逐渐变干，这样直至植株发生严重缺水。此过程也许要经历几天、十几天甚至几周的时间；主要取决于活动力强的那部分根系的深度，土壤深层的水分供给情况，以及不同土质可为果树所利用的有效含水量不同等因素。一般情况下果树不能很容易地吸收根系主要分布层以下的土壤内的水分。当土壤变得越来越干时，果树根系从土壤中吸取水分变得越来越困难，不能满足蒸散（即土表蒸发量与植物蒸腾量之和）的需要。这时如不给土壤补充水分（通过自然降雨或人工灌溉），则果树将处于不断加重的水分胁迫，直至叶子出现凋萎。在果树受水分胁迫前进行灌溉，灌溉水将补偿被果树所消耗掉的水分。此过程将循环重复。

§ 1.2 水分的供应和储存

在自然条件下，土壤的水分状况总是经历着周期性的变化：降水对土壤水分进行不定

期地补给,土壤经历着湿、干交替的变化。风调雨顺的年份,由于雨量和降雨频度合适,果树具有较好的土壤水分条件。干旱或水涝条件下,处于干、湿变化节奏两端的时间延长,使果树受害。灌溉人为地缩短了土壤水分干、湿变化的周期,使土壤水分条件经常地维持在适宜的范围内,减少了植株可能受严重水分胁迫的时间和程度。

1. 根系分布

根系越多,体积越大,吸水的能力就越强。幼树由于根系小,所以比大树更容易受到干旱的威胁。不同树种的果树根系分布也不同:如核桃的根系就较深,而樱桃的根系就较浅。同一树种,砧木不同,根系的大小也不相同:如苹果用矮化砧 M9 作砧木的树的根系,就比用八棱海棠作砧木的根系要小得多。土壤质地不同果树的根系也不同:如杜梨砧木的盛果期鸭梨大冠树,生长在土层深厚、排水良好的风积沙壤土上,根深达 3.4m,须根集中分布在 0.2~1.4m 深之间;而在土层较薄、地下水位高的白砂土上,根深近 1.9m,须根集中分布在 0.2~0.7m 深之间。在进行灌溉时,须根根区是灌溉的关键部位;一般情况此部分深度常可达 70~100cm,此区以下的土壤内须根少,里面的水分只有在植株遭受严重水分胁迫以后才可能加以利用。因此在进行灌溉制度拟定时,常以须根主要分布深度为参考标准,来设计每次灌溉用水的深度。

2. 土壤水分含量和土壤水势

不同质地的土壤保持水分的能力不同。如壤土能保持其体积 20% 的水分果树应用,而有些粗沙土只能保持其体积 3% 的水分供果树利用。这就是为什么我们经常可以看到沙地的果树容易受旱的原因。

3. 果树根系湿润体积

在降透雨或大水漫灌后,果树的全部根系都被湿润了。而在滴灌、微喷和渗灌时,灌溉只湿润部分土壤。降雨量不大时,降雨只湿润一定深度的上层土壤,因为果树根系只能从湿润的土壤内吸收水分。这时果树根系的湿润体积,决定了果树吸水能力和速效水含量。

4. 土壤水分传导能力

土壤水分的传导速度在土壤含水率饱和时比较快,但随着土壤含水率的下降,土壤水分的传导速度就急速下降。大多数土壤,在土壤水势低于 30kPa 时,当根区土壤内的水分被根系吸收后,水分从没有根系的土壤传导到有根系土壤的速度,远低于果树根系吸收的速度,这时不能满足蒸腾的需要。

第 2 章 土壤水分

土壤是由固体颗粒、液态水和气体 3 部分组成的多孔介质。以矿物质和有机质构成土