

滴 灌 原 理 与 应 用

D.戈德堡
〔以〕 B.戈内特 著
D.里 蒙

中 国 农 业 机 械 出 版 社

滴灌原理与应用

D. 戈德堡

〔以〕 B. 戈内特 著

D. 里 蒙

西世良 余康临 译

薛克宗 张 炯 校

中国农业机械出版社

本书主要内容包括原理、设计和应用三部分。重点阐述滴灌与土壤、水、作物的关系；在滴灌条件下，土壤中的水分分布和作物生长特点；滴灌部件和系统的设计方法；利用滴灌系统施肥；用高含盐量水滴灌的可能性，并介绍了几种典型作物的滴灌方法，包括滴灌系统的布置和各种参数的选择。

本书可供农机、水利、农业、林业和从事灌溉的科技人员及有关院校师生参考。

**Drip Irrigation — principles,
design and agricultural Practices**

Dan Goldberg Baruch Gornat

Daniel Rimon

Drip Irrigation Scientific Publications, 1976 .

• • •

滴灌原理与应用

D.戈德堡

B.戈内特 著

D.里蒙

西世良 余康临 译

薛克宗 张 炯 校

中国农业机械出版社出版

北京市海山区阜成路东钓鱼台乙七号

中国农业机械出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

新华书店经售

787×1092 1/32 开10 1/2印张226千字

1984年12月北京第一版 · 1984年12月北京第一次印刷

印数：0,001—3,020 定价：1.70元

统一书号：15216·208

译者的话

滴灌是农业灌溉技术的一项革命性变革。这种灌溉方式，对节省灌溉用水、实现高产、控制杂草等有它独到之处。因此，在许多地方，特别是在工业比较发达，或是水源短缺、比较干旱的国家和地区，如美、英、法、德、澳大利亚、新西兰等国和以色列、南非等地区，发展较快。

戈德堡 (Goldberg) 教授，戈内特 (Gornat) 博士和里蒙 (Rimon) 博士都是滴灌技术开发的专家，他们以大量的科研成果和实验数据为基础共同撰写了本书。全书大致分为原理、设计和应用三部分，重点阐述：滴灌与土壤、水、作物的关系；在滴灌条件下，土壤中的水分分布和作物生长特点；滴灌部件和系统的设计方法；利用滴灌系统施肥；用高含盐量水滴灌的可能性，并介绍了几种典型作物的滴灌方法。是一本内容比较全面、有一定深度的滴灌技术专著。

目前，滴灌在我国应用还不普遍，基本上处于研究阶段，随着科学技术和国民经济的迅速发展，这种灌溉方法无疑会得到相应的发展。事实上，目前已有用土法滴灌进行灌溉的事例。我们希望翻译出版本书能够对发展我国的滴灌事业有所助益。

鉴于原书照片的清晰度较差，而且与所述内容关系并不密切，故全部删去；个别纯属列举资料来源而实际参考价值不大的叙述，也有所删节；对原书中明显的错误作了修正。

本书的序言、第一、三、四、五、六、七章由西世良翻译，第二、八、九、十、十一、十二章由余康临翻译，全书由薛克宗和张娴审校，

由于我们的专业与外文水平有限，错误或不妥之处在所难免，敬请读者批评指正。

译者

一九八三年二月

序 言

关于灌溉的定义，科学家和作者们有各种各样的提法，以至有必要对此重作评价。I. E. 霍克 (Houk) 在《灌溉工程》这本书的序言中写道：“灌溉就是对耕地作有节制的灌水，以补充降雨对作物水分供应的不足”。这就是说，雨水是水分的主要供应者，而灌溉仅仅是补充它的不足而已。齐夫 (D. Ziv) 在《灌溉技术与作物生长》一书中也认为灌溉是人工给作物灌水的一种形式，以补充自然界供水的不足。

伊斯雷尔森 (O. W. Israelson) 在《灌溉的原理与实践》一书中提出了一个比较通用的定义：“灌溉的定义是对土壤人工供水，以给植物生长提供必需的水分”。一般公认的概念是，灌溉是在自然界供水不足的情况下进行人工供水的一种方法。换句话说，雨水是水分的主要来源，在来源不足时，就要用灌溉来补充。

虽然争论哪一种看法更正确可能是无意义的，但为准确地评价滴灌的特性，仍需有一个比较确切的定义。认为灌溉是保持根区水分有一最优状态的人工方法是很合理的。至于用什么方式达到这个目的。对于定义的叙述倒无关紧要。

在雨量充足的地区，例如古巴、中美、中非和印度大陆，这个概念是特别重要的，必须保证植物有足够的水分供应，而总降雨量却未必能提供这个保证。在高降雨量地区，作物产量已获得大幅度提高。在植物发育的关键阶段，补充少量的水以持续保持根区的水分接近田间持水量。滴灌则极适合于此目的。

在确定灌溉究竟属于工程学、土壤物理学还是农艺学或

植物生理学科范畴时，科学家和灌溉专家们意见纷纭。我们的意见已反映在本书中，即灌溉是一种多学科的学问，包括农学、植物生理学和工程学。这三个方面由：戈内特(B.Gornat)博士、里蒙(D.Rimon)博士和戈德堡(D.Goldberg)教授三位作者分别论述。

如果以上有关灌溉定义的探讨大体正确，那么对于滴灌定义就更加正确了。因为滴灌系统特别强调了低土壤水分张力的条件下作物栽培的营养供应。如果要从滴灌获取最大效益，上述三个学科的协调结合则是必不可缺的。

本书目的在于满足读者对这种新的、有发展前途的灌溉技术知识不断增长的需要。

D.戈德堡 1976年

目 录

译者的话

序言

第一章 绪论

- 1-1 历史背景 1
- 1-2 工业革命及其对灌溉技术的影响 5
 - 1-2-1 电动机与内燃机 5
 - 1-2-2 水泵及有关装置 6
 - 1-2-3 水的加压对灌溉的影响 6
 - 1-2-4 土壤—水—植物的基本关系——蒸腾与蒸发 6
 - 1-2-5 灌溉效率 8
 - 1-2-6 喷灌 8
 - 1-2-7 灌溉管理——人的因素、季节和其他需水指标 11
 - 1-2-8 鉴定灌溉技术的经济因素 13
- 1-3 最新的灌溉方法 14
 - 1-3-1 地下灌溉 14
 - 1-3-2 滴灌 15

第二章 滴灌原理

- 2-1 滴灌系统介绍 17
- 2-2 滴灌系统的田间布置 18
 - 2-2-1 间距 18
 - 2-2-2 毛管的长度与直径 18
- 2-3 操作方法 20
- 2-4 土壤低水分张力情况下的作物栽培 20
- 2-5 可能蒸腾作用下的耗水 26
- 2-6 含盐水滴灌 31

2-6-1	用含盐量高的水灌溉时, 灌溉方法对作物生长和产量的影响	34
2-6-2	用不同质量的水灌溉时, 灌溉方法对作物的生长和产量的影响	36
2-6-3	灌溉方法对土壤含盐量的影响	37
2-6-4	灌溉方法对植物叶子含氯量的影响	43
2-7	滴灌情况下根和矿物质的分布	44
2-7-1	胡椒根 的分布	44
2-7-2	香石竹根的分布	45
2-8	空气与土壤的关系	52
2-9	滴灌的效率	53
2-10	杂草防治与土壤消毒	54
2-11	条带状灌溉和耕作	56
2-12	采用滴灌时附加的一些特殊做法	57
2-12-1	防霜冻	57

第三章 土壤水

3-1	土壤水的测定	62
3-1-1	田间持水量土壤水分的测定	62
3-1-2	凋萎点土壤水分的测定	63
3-2	测定土壤水分的间接方法——中子扩散原理	64
3-2-1	采用中子扩散法的理论基础	64
3-2-2	快中子源	65
3-2-3	慢中子的检测	67
3-2-4	气体放电中子计数器的结构及其工作原理	68
3-2-5	仪器的结构	68
3-2-6	工作原理	69
3-2-7	校准	70
3-2-8	校准曲线	70

3-2-9	标准偏差	71
3-2-10	有效测量范围	71
3-3	土壤水分张力的测定	72
3-3-1	用石膏块测量土壤水分张力	72
3-3-2	利用张力计测量土壤水分张力	73

第四章 灌溉需水量

4-1	影响蒸发蒸腾的因素	87
4-1-1	气候	87
4-1-2	能量平衡	88
4-1-3	温度	88
4-1-4	相对湿度	89
4-1-5	日照长度	89
4-1-6	空气动力学传递过程	89
4-1-7	作物	89
4-1-8	灌溉方法	90
4-2	灌溉和耗水量	91
4-3	通过公式估价蒸发和蒸发蒸腾作用	92
4-3-1	根据蒸发运动物理学的理论方法	92
4-3-2	以能量平衡为基础的理论方法	96
4-4	用彭曼法估测可能蒸发蒸腾量	98
4-5	滴灌时能量平衡和计算蒸发蒸腾的影响	100
4-6	以温度、辐射和其他气象数据为根据 的经验方法	103
4-6-1	估计蒸发蒸腾量的布兰伊-克里德尔方法	104
4-6-2	索恩思韦特法	109
4-6-3	克里斯琴森用蒸发皿估算蒸发量的方法以及为估算 蒸发蒸腾量而进行的修正	111
4-7	使用A级蒸发皿测定蒸发蒸腾量	111

4-7-1	蒸发测量	111
4-7-2	测定蒸发量与蒸发蒸腾量的比率	112
4-7-3	生长季节中 E_s/E_p 比值的变化	115
4-7-4	气候条件与土壤水分对 E_s/E_p 比值的影响	117
4-7-5	用A级蒸发皿测定蒸发蒸腾量与其他方法精确度的比较	118

第五章 滴灌土壤中水分的运动与分布

5-1	水由点水源入渗的数学模型	120
5-1-1	湿润前沿的位置	124
5-1-2	结论	125
5-2	滴灌土壤中水分的运动与分布: 实验结果	125
5-3	滴灌中水的横向扩散	127
5-3-1	滴头流量与灌水量对水分横向扩散的影响	128
5-4	描述水分扩散的经验公式	132
5-5	流量和灌水量对砂质土壤水分扩散的影响	133
5-6	作物重复灌水期间水分扩散原理	134
5-7	滴灌时土壤里的空气与水的关系	135
5-8	滴灌土壤中的水分张力和氧的通量	137
5-9	水分张力和氧通量及其对滴灌根系发育的影响	144
5-10	滴灌对一年生作物根系分布的影响	145
5-11	滴灌对果树根的分布与生长的影响	149

第六章 滴灌对作物生理过程的影响

6-1	水分不足对生理过程的影响	155
6-2	减少蒸腾对作物产量的影响	160
6-2-1	影响蒸腾率的因素	160
6-2-2	抗蒸腾物质的运用	165
6-2-3	减少蒸腾对作物生长与产量的影响	167

6-3	利用盐水滴灌	175
6-3-1	盐害的症状	175
6-3-2	喷灌和滴灌对某些大田作物的影响	182
6-3-3	从作物的生理过程比较喷灌与滴灌	191
6-4	盐分对蛋白质合成的生理学影响	199
6-5	矿质营养和滴灌	201

第七章 滴灌施肥

7-1	适于滴灌施肥的肥料类型	207
7-2	液体肥料的配制	208
7-2-1	原料	208
7-2-2	可溶的和可贮藏的溶液	209
7-2-3	颜色	209
7-3	计算液体肥料的浓度	210
7-4	肥料类型对土壤性质的影响	211
7-4-1	肥料对土壤酸碱度的影响	211
7-4-2	土壤中的盐分浓度	212
7-5	通过滴灌系统连续施肥	214
7-6	滴灌系统施肥的方法	215
7-7	常用施肥装置的描述	217
7-7-1	肥料罐	217
7-7-2	自动药品罐	218
7-7-3	喀麦隆罐	220
7-7-4	用外动力控制的泵	220
7-7-5	靠滴灌系统的压力控制的泵	221
7-7-6	文杜里泵(封闭式容器, 参见喀麦隆罐)	221
7-8	肥料倒流进入管网的危险	221
7-8-1	饮用水的要求	221
7-8-2	保护饮用水不受污染的卫生标准	222

7-8-3 当前防止水污染的方法	222
------------------------	-----

第八章 滴灌系统设计原理

8-1 滴灌与聚合塑料	224
8-2 水力学公式	225
8-2-1 达西-威斯巴哈公式	226
8-2-2 哈赞-威廉斯公式	227
8-3 系统设计需要考虑的因素	231
8-4 计算机在滴灌系统设计中的应用	232
8-5 多元作图法(Polyplot法)	244
8-5-1 用途	245
8-5-2 水力学设计	245
8-5-3 原理	246
8-5-4 应用	248
8-5-5 应用多元作图法的例题	248
8-5-6 节流阀	250
8-6 特种部件及其对设计的影响	251
8-6-1 水头损失的调节	252
8-6-2 流量控制	252
8-6-3 压力控制	253
8-7 正确设计的重要性	254

第九章 滴灌系统的部件

9-1 水流过滴头时的流态	255
9-2 滴头类型	261
9-2-1 发丝管	261
9-2-2 长流道整体式滴头	262
9-2-3 孔口型滴头	263
9-2-4 多孔塑料管	269
9-2-5 其他类型的滴头	270

第十章 滴灌系统的堵塞和过滤

10-1 堵塞的起因	272
10-1-1 悬浮状的固体颗粒	273
10-1-2 微生物和有机物质	273
10-1-3 化学物质的沉积	274
10-2 堵塞的预防	275
10-2-1 网筛过滤器	276
10-2-2 砾石过滤器	279
10-2-3 用水力旋流器进行过滤	280
10-2-4 利用酸来防止堵塞	285
10-2-5 用压力水和压缩空气来防止堵塞	286

第十一章 滴灌自动化

11-1 自动化系统的结构	287
11-1-1 顺序水力控制系统	288
11-1-2 电动或水力-电力驱动的顺序控制系统	291
11-1-3 非顺序控制系统	295
11-2 滴灌系统中自动控制灌水量的重要性	298
11-3 传感器在灌水制度中的应用	299
11-4 石膏块和张计在自动化滴灌中的应用	300
11-5 用石膏块和张计测定土壤水分及其在 滴灌系统中应用的可靠性	301
11-6 利用张计来控制自动化滴灌系统	301
11-7 利用蒸发皿作为自动化滴灌的传感器	302

第十二章 各种作物滴灌系统的布置

12-1 滴灌系统的布置——滴头间距和布置	303
12-2 蔬菜和其他一年生作物	306
12-2-1 蔬菜	306
12-2-2 经济作物、饲料作物和谷物	309

12-3 果树.....	311
12-3-1 小间距果树.....	312
12-3-2 中等间距果树.....	316
12-3-3 大间距果树.....	318
12-4 滴灌设备的其他用途.....	319
12-4-1 土壤消毒.....	319
12-4-2 防霜冻和保温.....	320
12-4-3 其他用途.....	321

第一章 绪 论

1-1 历史背景

在粮食生产的各项技术中，最古老而重要的莫过于灌溉技术了。实际上，历史研究和考古发现都表明灌溉技术在古代文明的发展中起了非常重要的作用。许多国家能控制住大面积干旱和半干旱地区，皆归因于他们积累了丰富的灌溉经验。目前，许多国家和地区，如印度、巴基斯坦、伊朗、伊拉克的美索不达米亚、埃及、远东的稻米生产国、拉丁美洲的广大地区，以及世界上其他许多地区的粮食生产都依赖于灌溉。

然而，令人惊奇的是，几千年来尽管世界文明飞速发展，实际上灌溉技术却处于停滞不前的状态。目前使用的许多灌溉方法和古代的几乎一模一样。假如我们把一些微小的改进，如用混凝土代替砖石，采用完善的水闸和测试装置，以及更理想的渠衬等不考虑在内的话，那末在灌溉领域就几乎没有任何重大的突破。目前，世界许多地区所用的现代化灌溉系统与古代斯里兰卡、埃及和伊拉克的灌溉系统只有很小的差别。

自古以来，主要的灌溉方法就是把水流从地势高处引进沟渠，水借助重力向坡降方向流动。这种地面灌溉或重力灌溉方法虽然也有某些改进，但并没有什么实质性的变化。在地面灌溉系统中，水沿沟、畦流动时就渗入土壤。通过随后的积水作用和水的横向流动，使一定深度的土壤达到其最大持水量。具有最大持水量的土层深度取决于灌水量、灌水时

间、灌水流量、土壤表面坡度、土壤结构与土质。总的灌水量和灌溉水的利用效率的关系实际是湿润作物根区的水量与水源供水量的关系。虽然这是个相当笼统的定义，但至今仍沿用它。

一般说来，采用明沟输水、地面灌溉的方法，可供植物利用的水不到水源供水量的50%。一项计划、设计、运行较好的灌溉工程，灌溉效率为34~70%，平均约为47%。其他地区还有更低效率的。在不发达国家里，灌溉效率为20~30%。效率之所以这样低，部分原因是由于输水过程中的渗漏、蒸发，以及不能合理用水的结果。灌溉水的损失部分原因还由于整地造成水的分布不均，以及农场主缺乏用水经验，造成过量灌水和深部渗漏。此外，侵蚀、盐碱化和渍水恶化了土地的生产力和水质，从而降低了土地和水这两项主要自然资源的价值。

在一定条件下，例如在研究机构或有高度熟练技艺的作业人员管理的条件下，地面灌溉可以达到较高的效率。这里的“技艺”包括整地作业的计划与实施；采用先进技术来确定灌溉频率、输水量、流量大小，灌溉持续时间；水流测量与调节系统的安装；采用与种植制度相适应的地面灌溉技术以及排水系统的布置。

除上述缺点外，由于地面灌溉效率低，需要大量的水。因此，必须要有很大的蓄水设施和渠道系统，较大的建筑物和范围相当大的排水系统，所有这一切需要很大的基本建设投资。

地面灌溉时，灌水与排水干渠和支渠约占耕地的5~10%。此外，由于这种方法的效率低而造成水的浪费，从而降低了一定的水所能灌溉的面积，这样就提高了单位面积