

中国土壤学会科普工作委员会 主编

干旱地区土壤的灌溉和保墒

土壤肥料知识丛书

谭伯勋 编著

干旱地区土壤的灌溉和保墒

社

中国土壤学会科普工作委员会主编



土壤肥料知识丛书

干旱地区土壤的灌溉和保墒

谭伯勋 编著

土壤肥料知识丛书编委会

主 编 沈梓培 严昶升 张俊民

编 委 (以姓氏笔画为序)

李仁霖 张俊民 严昶升

沈梓培 金耀清 林蒲田

侯传庆

中国土壤学会科普工作委员会主编

土壤肥料知识丛书

干旱地区土壤的灌溉和保墒

谭伯勋 编著

• • •

责任编辑 梁玉衡

农业出版社出版 (北京朝阳区东营路)

新华书店北京发行所发行 遵化印刷厂印刷

787×1092毫米32开本 7印张 137千字

1988年3月第1版 1989年3月遵化第1次印刷

印数 1—990册 定价 2.60元

ISBN 7-109-00660-5/S·525

出版说明

土壤是农业的基础，肥料是植物的粮食。培肥地力，施好肥料，对农业稳定增产起着很大作用。人们日益认识到，既或有了优良品种，如果没有良好的、适宜的土壤条件作保障，种子的优良品性也难以发挥。土壤肥料在农业生产上的重要地位，自古以来就受到远见卓识的人士和广大土地经营者的高度重视；近年来，国内外在土壤肥料科学方面又有了很多新的进展，在我国农村改革、农业生产蓬勃发展的大好形势下，每个农户都成为农业生产的生产者和经营者，迫切需要科学技术作导指，出现了前所未有的学科学、用科学的热潮。为了适应广泛的社会需要，中国土壤学会科普工作委员会于1984年长沙会议上决定组织编写这套《土壤肥料知识丛书》，它迅速得到各有关单位和专家的支持和落实。

这一丛书为中级科普读物，读者对象主要是各级农业技术干部、农业院校师生，以及具有初中以上文化的农业行政干部和一代新农民。其内容着重介绍土壤肥料近年在科学研究和技术革新方面的新成就，既阐明其理论知识，又讲究实用技术，作到图文并茂，数据可靠，表述准确，文字通顺。

各分册的编著者都是该专业的专家，他们具有较深的造诣和丰富的实践经验。正是由于他们的积极努力，辛勤劳

动；同时又得到有关方面的大力支持和帮助，本丛书才得以同广大读者见面。值此，我们首先向编著者和多方热心支持者表示深切感谢。自然，本丛书也难免有疏漏以致错误之处，更请读者不吝指正。

中国土壤学会科普工作委员会

序 言

土壤需水量随土壤种类、地区气候特性、种植制度、耕作粗细而有很大的不同，因此，灌溉定额和灌溉技术，既是一个地区农业生态系统类型的指标，也是鉴定耕作技术水平的一个重要项目。谭伯勋同志在干旱和半干旱地区进行土壤灌溉技术的研究已有二十多年的历史，他严谨的治学精神，一丝不苟的科学态度以及辩证唯物的思想方法，都是我所深知的。这次他应中国土壤学会科普工作委员会沈梓培同志严昶升同志嘱托，总结他长期研究的经验，写成《干旱地区土壤的灌溉和保墒》一书，这对土壤学和灌溉学来说都是一个重要的贡献，谭伯勋同志曾于一九八三年来相岭水土保持试验站从事旱地自然免耕的研究，获得比较有用的成果，在这一基础上，他在书中评述北方旱区古老免耕技术的优缺点，这又可为我国西北部旱区和半旱区节约灌溉用水量展示了一个新途径，应该引起读者的重视。谨书数语，以致贺忱。

侯光炯

于四川省长宁县相岭水保站

编者说明

我国干旱地区占国土面积之半，拥有巨大的生产潜力。发挥本区资源潜力，对整个国民经济的发展具有举足轻重的作用。并为加速我国农业现代化的进程、促进干旱地区的物质文明和精神文明建设将显示强大推动力。为此，我们应中国土壤学会科普委员会沈梓培先生、严昶升先生嘱托，写了《干旱地区土壤的灌溉和保墒》，作为《土壤肥料知识丛书》的一个分册。该书除灌溉保墒等章节外，对于干旱地区土壤及其改良利用培肥，建立生态农业都将有所论述。

本书第一、二、三、四、五、八、九、十章由谭伯勋编写；第六、七两章由马俊贤同志编写。本书承蒙我国著名土壤学家、中国科学院学部委员侯光炯教授写了序言。全书由严昶升先生进行详细审校。对此，我们表示衷心的感谢。限于我们的水平和时间仓促，书中存在的缺点和错误一定不少，恳请读者批评指正。

谭伯勋

一九八六年于兰州

目 录

出版说明

序言

编者说明

第一章 干旱地区概述	1
一、干旱地区的概念	1
二、干旱地区的范围和意义	2
三、干旱地区的特点	3
四、干旱地区的过去和现在	6
五、改造干旱区的根本大计	16
第二章 干旱地区的灾害与生产潜力	19
一、干旱地区的灾害	19
二、干旱地区低产多灾的原因	20
三、干旱地区干旱的原因	23
四、干旱地区干旱的后果	24
五、干旱地区农作物减产的原因	24
六、干旱地区农业生产潜力	28
第三章 干旱地区的土壤	37
一、干旱地区土壤形成条件	37
二、干旱地区土壤宏观、微观特性	50
三、干旱地区土壤肥力表现	65
第四章 干旱地区土壤灌溉和水源问题	68
一、灌溉的作用	68

二、高效率灌水的指导原则	70
三、灌溉技术	71
四、水利建设与合理利用水资源	73
五、干旱地区的水资源及其开发利用	76
第五章 干旱地区的灌溉经验	80
一、因土灌溉	80
二、因时灌溉	87
三、因作物灌溉	93
四、因洪灌溉	99
五、对干旱地区灌溉的建议	100
第六章 干旱地区土壤保墒与抗旱栽培	104
一、耕作保墒的意义	104
二、干旱地区土壤水分变化基本规律	106
三、干旱地区土壤耕作保墒制	109
四、干旱地区耐旱作物轮作布局	115
五、干旱地区土壤抗旱栽培法	117
六、施肥抗旱	120
第七章 干旱地区土壤的砂田保墒	123
一、砂田的形成	123
二、砂田的作用和效果	128
三、砂田的铺设和更新	136
四、砂田的耕作栽培管理	139
第八章 干旱地区土壤改良利用	146
一、土壤的病态与治理	146
二、土壤改良利用原则	149
三、土壤改良利用	152
第九章 干旱地区土壤培肥的理论和实践	167

一、培肥理论.....	167
二、培肥原则.....	177
三、培肥措施.....	179
第十章 干旱地区农业生产的远景展望	187
一、干旱地区的优势与不足.....	188
二、干旱地区农业生态系统类型与土壤肥力问题.....	194
三、干旱地区发挥资源潜力与建设高效农业的展望.....	210

第一章 干旱地区概述

一、干旱地区的概念

干旱地区就是干燥少雨的地区。干旱、半干旱地区约占地球表面的 $1/5$ ；地球上全部干旱、半干旱与异常干旱的土地面积共5700万平方公里，占陆地总面积的43%。在北半球主要分布在纬度偏高（ 35° — 50° ）、远离海洋的大陆中心的温带、暖温带地区。比如多分布在中亚和亚洲中部。就各大洲分布来看，干旱和半干旱地区多分布在欧亚大陆中部的东西带和欧亚大陆的西南带（西南亚阿拉伯），非洲北部和西南部、澳大利亚中西部、南美西海岸带、北美西部。在这些大洲中有52个国家和地区具有明显的干旱和半干旱区。据联合国的标准：干旱区是指年降水量为50—150mm的地区；半干旱区指年降水量为150—250mm的地区；而以年降水量小于50mm的地区划为异常干旱区。

我国采用水热系数——干燥度（ K ）来表示干旱的程度。即：

$$K = 0.16 \times \frac{\text{全年大于和等于} 10^{\circ}\text{C 积温的和}}{\text{全年大于和等于} 10^{\circ}\text{C 日期的降水量}}$$

根据 K 值大小，把干旱区进一步划分为四个区：就是半

湿润区、半干旱区、干燥区、极端干燥区。

中国科学院自然区划委员会把干旱区划为三个亚区：干燥度 (K) 1.5—2.0 为半干旱区，即干草原区；2.0—4.0 为干旱区半荒漠，即荒漠草原；4.0 以上为干旱区荒漠。在全国范围内，一般把年降水量少于 400 毫米的地区划为干旱地区范围。

二、干旱地区的范围和意义

本书涉及的范围是指广义的概念，划分标准见表 1。

表 1 干旱区的划分

干燥度 (K)	彭门指数 (A)	分 区 名 称
>32	>33.3	极端干燥区 (极干荒漠)
4—32	5—33.3	干燥区域 (荒漠)
2—4	2—5	半干旱, 半干燥沙区 (半荒漠, 荒漠草原)
1.5—2		半干旱, 较干燥区 (干草原)
1.2—1.5		半 (较) 湿润区 (草原和稀树草原)

根据耿宽宏《中国沙漠气候》

因此，蒙新干燥区、青藏高原北部均为所属，即西北、内蒙的温带与暖温带，约在北纬 35° — 50° ，东经 75° — 125° 之间，距海遥远、以及青藏高原北部冬季受西伯利亚和蒙古冷高压控制的雨影地区。可见涉及新疆、甘肃、宁夏、青海、陕西、内蒙古、山西、河南等省区之一部分或大部分，跨温带与暖温带两个气候带。就全国范围来说：我国干旱、半干旱地区主要分布在秦岭、淮河以北各省区。据《中国农业地理总论》：我国干旱、半干旱地区的总面积共有 565.86 万

平方公里，占国土面积的58.6%，其中蒙新干旱区为320万平方公里，占国土面积的33%；半干旱的黄土高原面积45.22万平方公里，占国土面积的4.7%。

总之，干旱地区包括内蒙西部（就是阴山以北、乌拉山贺兰山以西）、甘肃河西走廊、青藏高原的西北部、青海柴达木盆地、新疆的广大地区；半干旱地区包括东北西部、内蒙东部、内蒙南部（鄂尔多斯高原）陕西、晋南、陇东陇中的黄土高原、宁夏平原、青藏高原的大部。干旱（包括半干旱）地区占我国国土面积的一半以上。所以，干旱地区的开发利用整治程度、经济建设状况，对我国的经济振兴繁荣，具重大影响。研究这些地区的灌溉农业、雨养农业（保墒农业），对我国的农业现代化，具有举足轻重的作用，战略地位十分重要。

三、干旱地区的特点

干旱地区的特点首先是干旱，并由此而产生一系列的其它特点，简单介绍如下。

1. 干旱少雨、造成空气湿度低 降雨的年际变化大，年内分配不均匀，多暴雨、晴天多、雨天少、连续干旱期长。

2. 蒸发强烈，这也是干旱引起的 平均蒸发量可以几倍乃至十多倍于降水量、甚至可达50以至80倍。

3. 气压梯度大，所以风大风多，引起飞砂走石，风蚀严重 例如河西走廊、新疆的尘暴，有黄风暴、黑风暴。风

暴来时，天昏地暗，对面不见人。正如诗人描述的：“大漠风尘日色昏”，“沙漠多雄风”，“黄沙直上白云间”等等。由于风蚀、风积，形成许多风成地貌。

4. 太阳光能资源十分丰富 这是晴天多，年日照时数长的结果。一般日照时数1900—3500小时。因此，太阳能的利用，在干旱地区有很好的条件。同时因降水少，致使地表径流贫乏，多内陆河和盐龙湖。

太阳辐射强烈，平均超过 $200\text{w}/\text{m}^2$ ，引起地表剧烈增温，造成巨大反射损失。并由于长波辐射的冷却作用大，因此，净辐射收入相应地下降到 $80—90\text{w}/\text{m}^2$ 。

5. 植物稀疏、植物覆盖度小 植被中优势种明显，常常形成单一种的群落。植被色调比较灰暗，一般花较小，不很鲜艳。

从形态上看，植株矮小，一般植物地下部分大大超过地上部分。茎秆粗硬，木质性强。由于长期自然选择，产生了两类适应干旱环境的方式：一是旱生植物，有强大的吸水器官，有防止减少水分蒸腾的组织；另一类是短命植物，利用当地的季节性或临时性水分，很快完成生长发育、繁殖周期。其栅栏组织发达，海绵状组织微弱，角质层发达，叶面常有蜡质和表皮毛。

6. 动物稀少，这是因植物稀疏，致使食物缺乏所造成的 兽类中较多的是需水较少的啮齿类动物和善于奔跑的觅食觅水的有蹄类动物、爬行动物中蜥蜴较多。据说是由于蜥蜴的表皮能凝结并吸收空气中的一些水分。干旱地区的有蹄类动物，能以远距离迁移方式的群体活动，适应植物稀疏的环

境。它们耐饥耐渴能力较强。国外一些研究者认为，有些沙鼠在体内能合成水分。

7. 干旱区土壤特点 由于雨水少，所以，淋溶性差；植被稀疏，因而土壤腐殖质含量低；蒸发强烈，以致“盐随水走，水去盐存”。土壤中含盐量高、普遍含碳酸钙、石膏，致使酸碱度高。土壤中磷素大多被固定、速效磷的含量低。

8. 灌溉农业 “无灌溉则无农业”，这是干旱地区农业的主要特点。由于灌溉农业又派生出其他特点。例如，干旱区的农业是绿洲农业，就是有灌溉条件的地区，形成一片农业绿洲。绿洲外围是大部分荒漠。由此又产生了环境保护问题。如果对周围大片荒漠的利用管理不当，如经常过渡放牧、樵伐，不仅会破坏荒漠的生态系统；而且会对绿洲产生不良影响。此外，灌溉水渗入土体内，土壤盐分会随毛细管作用蒸发到土壤上层和表层，造成土壤盐渍化。因此，干旱区的农业，土壤盐化和碱化是一个普遍而严重的问题。

当然，干旱地区还有旱地农业，或叫雨养农业，保墒农业。这种农业在陕北和甘肃陇中很普遍，它养育着五百万人口，足见意义重大。

9. 生态系统特点 干旱地区生态系统有以下三个特点：

(1) 脆弱性。由于绿色植物个体和群体长势差，数量少，因而它们固定与转化太阳能的效率低。在自然状态下，生物生产力一般表现都低，特别是极端荒漠更低。所以，干旱地区生态系统是脆弱的。

(2) 多样性。干旱地区生态系统由干旱盆地、旱源地区、黄土丘陵区、干草原、荒漠化草原、荒漠、盐沼与较为湿润的山地组成，水热条件相差悬殊，使其亚生态系统多种多样。

(3) 可塑性。干旱地区生态系统可塑性很大。绿洲荒漠可以相互更替。只要有水，荒漠可以改造成绿洲，凡水源所到之处，都可以成为绿洲地带；水源断绝则绿洲变成荒漠。又如黄土高原粮食亩产一般为 100 公斤左右，如增施肥料，适时降雨或灌水，就可得 400 公斤，变成高产地区。

干旱地区对农业有利条件很多。例如日照充足、气候干燥、由于昼夜温差大，使农作物品质好，瓜果含糖量高，香甜可口，同时干旱地区病虫害也较少。

四、干旱地区的过去和现在

要改造干旱地区，必须了解干旱地区的历史，才能正确认识它的现状。弄清其形成原因后，研讨找出治理其途径。

1. 史前时期 在陇中、河西地区都发现了旧石器时代人类使用的石器；新石器时代，已有相当发达的文化。河西黑河沿岸距酒泉 120 公里的广阔阶地上发现不少旧石器时代的石器。陇中川地河谷很早就开始从事农业。第四纪以来大面积的间歇性上升而造成坪地或台地，上部覆盖着黄土。史前人类大都住在第二至第三级较高阶地上，特别是大多集中居住在各大河的干流和支流所交汇的比较高的阶地上。因为这

里既近水源而又安全，便于发展生产。为后来历史时期奠定了“河谷文化”的基础。

另外，从地质时期上看，本区第三纪时期，气候湿热，第三纪的红色地层即湿气候的见证。当时西北并无沙漠。即使在现今极端干燥的沙漠腹地、当时也是湖泊众多，气候湿润、生物繁茂之处。由于第三纪末喜马拉雅山运动，使青藏高原不断隆起、阻止西南季风侵入，以致气候更为干燥。在干热气候下，形成了富含石膏等易溶盐类的红色地层，这些红色地层，构成了大部分地区黄土沉积的基础。它们对黄土特别是对由流水作用改造过的坡积洪积类型的次生黄土或黄土状岩石的岩性、有不同程度的影响。陇中地区的黄土，以兰州盆地、靖远盆地最厚。在兰州九州台仅风成黄土就超过300米，是世界风成黄土最厚的地方。这是因为接近黄土来源处所造成的。如果算上山前洪积黄土，在兰州黄河两岸的新构造断陷带，黄土的厚度比九州台剖面更厚。

研究深厚的黄土剖面，可帮助了解黄土沉积过程中，第四纪古地理环境的演变过程。以九州台剖面为例：在剖面的下部为午城黄土。在地质时期这是属于下更新统；在剖面中部为离石黄土，在地质时期这是属于中更新统；而在剖面上部为马兰黄土，在地质时期上，属于上更新统。自下而上总的趋势是：石膏含量由多到少，碳酸盐含量则逐渐增加，土体紧密度也自下而上逐渐减小。其中发现20多层古土壤层。在午城黄土、离石黄土中的古土壤呈红色或淡红色，色调从剖面下部向上逐渐变浅。而在马兰黄土和全新世黄土中，则没有发现古土壤。上述特点，反映了第四纪以来，气候越发变