

北方旱地农业生产技术丛书

旱地农业蓄水保墒技术

西北农业大学干旱半干旱研究中心 主编

钮 溥 编著

农 业 出 版 社

旱地农业固本保墒技术

中国农业大学 农业水土工程研究所 教授 王浩

固本保墒

固本保墒

西北农业大学干旱半干旱研究中心主编

钮 溥 编著

北方旱地农业生产技术丛书

旱地农业蓄水保墒技术

农 业 出 版 社

(京)新登字 060 号

北方旱地农业生产技术丛书

旱地农业蓄水保墒技术

西北农业大学干旱半干旱研究中心主编

钮 溥 编著

* * *

责任编辑 张兴瓚

农业出版社出版 (北京市朝阳区农展馆北路2号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092mm32 开本 3.375 印张 64千字

1992年2月第1版 1992年2月北京第1次印刷

印数 1—1,650册 定价 1.90 元

ISBN 7-109-02232-3/S·1467

编 者 的 话

旱地农业系指降水不足地区的无灌溉的农业，主要分布在半干旱和半湿润易旱地区。它在世界的粮食和经济作物的生产中占有重要地位。世界上的基本作物，如小麦、子粒高粱和谷子以及其他一些重要作物，大部分种植在旱地上。目前世界上耕地面积共有210多亿亩，其中有灌溉条件的不到15%，其余85%以上的耕地都是依靠天然降水从事农业生产的。

我国是一个干旱半干旱土地面积很大的国家，包括我国北方15个省、市、自治区中的645个县，占全国土地面积52.5%。就耕地面积而言，旱地面积约占全国耕地面积74%以上。其中除水浇地以外，没有灌溉条件的旱地，尚占50%以上。因此，旱地农业在我国农业生产中也占有非常重要的地位。这些地区土地类型多种多样，自然资源丰富，有利于农林牧副渔的综合发展。特别是光热资源比较充足，大部分地区总辐射值均在120—160千卡/厘米²·年之间，全年日照总时数一般在2000—3000小时之间，而且由东到西，逐渐扩大，昼夜温差明显，有利于植物生产有机质的积累。因此，这些地区作物的千粒重和品质，常比多雨地区为优。而目前

这些地区由于土地利用不合理、生态平衡失调等原因，农林牧产量低而不稳。如黄土高原粮食耕地平均亩产只有50—60公斤，草原载畜量和产肉率也很低。如果改进生产条件，因地制宜地把传统的农业生产技术与现代的农业生产技术结合起来，充分发挥它的优越条件，克服不利因素，使粮食亩产提高25—50公斤，北方旱区即可增产粮食125—250亿公斤。因此，北方旱区农业生产的发展在我国的农业生产建设中潜力是很大的，确实具有极其重要的战略地位。

我国旱地农业已有几千年的历史，广大劳动人民在与干旱作斗争的过程中，创造和积累了许多行之有效的精耕细作、蓄水保墒、用养结合的耕作栽培经验。近年来，北方旱区的广大农业科技工作者在总结群众的旱农经验，运用现代的科学技术，探讨旱农的基本理论和适用技术方面，作了大量的研究工作，取得了可喜的成绩。在点面结合，试验推广方面，也取得了显著成效。为了总结和推广这些先进经验和研究成果，西北农业大学干旱半干旱研究中心受农业出版社的委托，主持编写了这套《北方旱地农业生产技术丛书》。这套丛书包括旱地农业蓄水保墒技术、旱地土壤培肥技术、旱地农业覆盖栽培技术、旱地小麦综合栽培技术、旱地秋作物栽培技术、旱地牧草栽培技术、旱地育苗造林技术、旱区农田节水灌溉技术等分册。

本套丛书的主要读者对象是农民和农民技术员，也可供有关农业科技工作者参考。

本丛书在前西北农学院院长、西北农业大学干旱半干旱研究中心主任万建中的指导下，由西北农业大学干旱半干

旱研究中心贾永莹具体主持编写工作，参加编写的人员有西北农业大学钮溥、许萱、卢得仁、李祖荫、尉庆丰、蒋纪芸、林性粹、马长德；陕西省农业科学院张冀涛、梁宏儒，西北林学院薛德自等。

本丛书在编写过程中还得到西北农业大学、西北林学院和陕西省农业科学院有关领导和专家教授的大力支持和协助。

鉴于旱地农业生产技术比较复杂，各个不同类型地区的具体要求又不相同，我们在编写中除了尽量注意根据不同类型地区的特点提技术要求外，还特别注意从基本原理上作一些分析和论述，以便读者结合各地实际，灵活掌握，具体应用。

编 者

目 录

一、农作物的需水量与田间耗水量	1
(一) 水分在作物生长过程中的重要作用	1
(二) 主要农作物的需水系数及田间耗水量	3
(三) 作物生长所需水分的来源	5
二、“土壤水库”的蓄水性能	7
(一) 水分在土壤中存在的形态及其功能	7
(二) 不同土壤的蓄水性能	12
(三) 土壤水分的表示和计算方法	13
(四) 土壤水分特征曲线	15
(五) 降水的再分配及其可被利用的程度	16
(六) 土壤水库的墒情预报	33
三、旱地农业的蓄水技术	40
(一) 深耕翻	44
(二) 深松耕	47
(三) 水平等高耕作	49
(四) 水平梯田	49
(五) 等高沟垄耕种法	54
(六) 蓄水聚肥改土耕作法	58
(七) 川台地垄沟种植法	59
四、旱地农业的保墒技术	61
(一) 耙耨保墒	64

(二) 镇压保墒及提墒	66
(三) 中耕保墒	69
(四) 覆盖保墒	70
五、旱地农业中提高水分生产率的途径	79
(一) 选种耐旱高产良种，并作好品种搭配	81
(二) 适当增施肥料，培肥地力，提高水分生产效率	83
(三) 合理轮作倒茬，农林牧综合利用土地	86
(四) 抗旱适时播种，力争苗全苗壮	91
(五) 其他抗旱增产，提高水分生产率的途径	95

一、农作物的需水量与田间耗水量

众所周知，庄稼生长需要水，没有水庄稼就不能生长。在没有灌溉条件的旱地里，下雨少了，地里墒缺，庄稼也生长不好；轻则减产，严重时可能造成禾苗焦枯，颗粒无收。这是为什么呢？这就是因为水在植物生命活动过程中有着极其重要的作用，下面我们就来谈谈这个问题。

（一）水分在作物生长过程中的重要作用

一般农作物的活体内均含有70%以上的水分，叶子的含水量约占叶重的80—95%，根部的含水量约占根重的70—90%，干燥种子的含水量一般也为10—15%。作物体内的这些水分在作物的生命活动中都有些什么重要作用呢？从广义来说，各种作物都是由人工栽培的植物，那末水分在植物生命活动中的重要作用，经植物生理学家们的研究主要的有以下五项：

1. 植物生长必需的各种矿质营养化合物，如铵盐、硝酸盐、磷酸盐、钾盐等及一些微量元素如硼、锰、锌、铜、钼等盐类都必须溶解在水中，呈离子的状态，通过根的吸收作用，才能进入体内。如果土壤中没有水，这些植物生长不可

少的营养物质便不能被植物的根系吸收利用，植物也就无法生活。

2.水分在植物的细胞内可以使细胞膨胀起来，维持细胞原来的形状，如果细胞内的水分不足，失去膨胀的能力，细胞就要软瘪下来。如夏日中午叶子发生萎蔫，就是因为叶细胞失水，丧失膨压所造成的。

3.在植物叶子中由光合作用所形成的有机化合物如醣类，经常需要输送到其它的地方或贮藏器官中去。种子中贮藏的各种养料，在萌发的过程中也必须输送到各个生长的部位，在植物体内的各种营养物质的转化与运输，也必须有水参加才能正常进行。

4.水分又是组成植物体内重要有机物质醣类、纤维素、油脂、各种氨基酸等之中不可缺少的“氢”原素的重要来源。

5.水在植物体内的第五项功能是满足植物叶面蒸腾作用的需要，降低植物体表面的温度。什么是植物的蒸腾作用呢？蒸腾作用就是植物体内的水分，不断的上升至叶片，通过叶面的气孔向大气中散失的一种生理现象。这种生理现象的重要意义，首先在于能降低植物体表面的温度。因为植物在日光的直接照射之下，如果没有水分不断的从叶面的气孔内气化而散失，植物体的温度将上升到其难以忍耐的程度。因为每1克的水分在10—30℃时化为汽体就可吸收并带走589—579卡的热量。其次，由于叶面的蒸腾作用还可以促进和加强根系对水分与养料的吸收作用，使其源源不断的进入植物体内。

而值得注意的是根系所吸收的大量水分，绝大部分是由蒸腾作用而消耗的。据植物生理学家们的研究，由根系吸收的1000份的水分中，真正用之于形成有机化合物的不过仅占其中的1.5—2.0份，其余998—998.5份的水分都是由蒸腾作用所消耗。在炎热的夏天，一小时内由蒸腾作用所耗散的水分，比叶子本身所含的水分还要多很多。一株玉米或向日葵在全生育期内所蒸腾掉的水分，可达200公斤以上；也就是说，在温暖的气候和中等肥力的土壤条件下，每1公斤被吸收的水仅能得到3—4克的物质。

（二）主要农作物的需水系数及田间耗水量

在农业科学上把植物或农作物每生产一个单位干物质，所需要蒸腾的水分的单位的数量称为植物或作物的需水系数，有时也称为植物或作物的蒸腾系数。需水系数或蒸腾系数是一种比值，一般的计算公式如下：

$$\text{蒸腾系数（或需水系数）} = \frac{\text{蒸腾的水量（克）}}{\text{同期内形成的干物质量（克）}}$$

一般农作物的蒸腾系数如表1所示。

由表1可以看出不同农作物每形成1克的干物质，其所需要蒸腾水分的数量之间有很大的差别。根据进一步的研究，作物的需水系数或蒸腾系数随作物的品种及环境条件的不同，也会有显著的变化。一般的说，大气相对湿度低、气温高、风速大、日照强、土壤湿度大或瘠薄等环境因素均有使作物需水系数或蒸腾系数增大的趋势；反之，则有可能使需水系数减小。

但是，不同作物需水系数的大小，仅仅表示不同作物在

表 1 一般农作物的蒸腾系数查对表*

作物名称	蒸腾系数	作物名称	蒸腾系数
水 稻	400—1000	土 豆	300—640
小 麦	270—700	棉 花	380—650
玉 米	250—450	甜 菜	300—400
高 粱	250—300	大 麻	650
谷 子	290—310	果 树	250—500
大 麦	400—650	南 瓜	700—850
燕 麦	450—850	黄 瓜	713
荞 麦	578	西 瓜	570—600
黑 麦	685	甜 瓜	600—620
大 豆	650—740	西 红 柿	500—650
蚕 豆	794	向 日 葵	500—680
豌 豆	600—800	甘 蓝	539

* 贺维农编，《农业常用数据资料》，农业出版社，1981。

产生 1 克干物质所需要自叶面蒸腾水分数量的多少，尚不能依此估算生产一季作物需要从土壤中吸收及消耗的全部水量。因为在实际的农业生产过程中，土壤中所消耗的水分，不仅仅是由于作物叶面的蒸腾而损失，同时水分自土壤表面的蒸发也是不可避免的。因此，在农业科学中把包括土壤蒸发在内的每生产一季作物所需要消耗的水分总量称为作物的田间耗水量；每生产一个单位农作物主产品所消耗的水分的单位数量，称为田间耗水系数。作物田间耗水量有时也称为作物田间耗水总量，常以毫米/亩或立方米/亩为单位来表示。田间耗水系数一般常以毫米/公斤/亩或立方米/公斤/亩为单位表示。表 2 为西北农业大学耕作学教研组在 60 年代初期对主要作物于中等肥力的旱地条件下所测定的不同作物田

间耗水总量及其耗水系数，可供参考。

表 2 主要旱地作物耗水量及耗水系数

作物	耗水总量 (毫米/亩)	田间耗水系数	
		毫米/公斤/亩	立方米/公斤/亩
豌豆	246—322	2.75—4.77	1.833—3.178
夏闲冬小麦	344—377	1.27—1.60	0.845—1.069
秋茬冬小麦	266—320	1.34—1.48	0.898—0.989
绿肥冬小麦	342—385	1.32—1.72	0.878—1.146
夏谷子	217—246	1.82	1.211
夏玉米	183—265	1.16—2.02	0.768—1.342
高粱	432—552	1.80—2.18	1.200—1.451
混播牧草*	513—552	1.06—2.13	0.706—1.420
紫花苜蓿*	523—551	1.07—2.15	0.713—1.433

* 以亩产干草250—500公斤计算。

(三) 作物生长所需水分的来源

如上所述，作物生长离不开水，而每形成 1 公斤的主产品，禾谷类作物一般需消耗 850—1400 公斤的水。如以亩产 200—300 公斤估算，每亩即要消耗 170,000—420,000 公斤（折合 255—630 毫米/亩）的水，这一数字尚未估算农闲时期土壤水分的消耗。试问作物生长所需要的如此大量的水是从那里来的呢？无疑的最主要是通过作物的根系自土壤中吸取来的。土壤中的水分又是那里来的呢？概括起来不外三个途径：一是天然降水；二是人工灌溉的水；三是地下水通过土壤毛细管的作用，上升至作物根系附近。但对地下水位较

深（10米以下），又无人工灌溉条件的旱地来说，土壤水分的唯一来源就是靠自然降水了。因此，完全靠天然降水来从事生产的农业，又称之为“雨养农业”。

由此可见，土壤在农业生产中的作用，除了为作物提供一定的生长场所和营养物质之外，另外一个极重要的作用就是能贮蓄天然降水，满足作物生长对水分的需求，与地面水库的蓄水作用十分相似，所以有些科学工作者认为应该把农田的深厚土层看作是一种“土壤水库”。“土壤水库”与“地面水库”相比优点很多：（1）不需另外占用土地面积；（2）结合农田耕种措施即可蓄水保墒，不须另外用工与投资；

（3）就地蓄集，就地使用，不用修输水渠道及其他水工建筑物，也不消耗提水动力及能源，而是由作物根系自己吸收利用；（4）“土壤水库”库容量虽大，但无垮坝危险。据测定1米深的黄土层一般可蓄存250—300毫米深的水层，也就是说每亩在1米深的黄土层内可蓄存160—200立方米的水分。2米深的黄土层内即可将全年500—600毫米的降雨量全部蓄存起来。如果全县耕地面积以50万亩计，所贮水量可达1.5—2.0亿立方米，即相当于修1—2个库容为1亿立方米以上的地面水库。由此可见，在旱地农业生产中一定要把“土壤水库”的贮水工作搞好，才能保证旱地农业的高产和稳产。

二、“土壤水库”的蓄水性能

水分是怎样的被保蓄在土层中的呢？下面就想主要的谈谈这个问题及土壤水分测算方法和土壤的水分特性等。

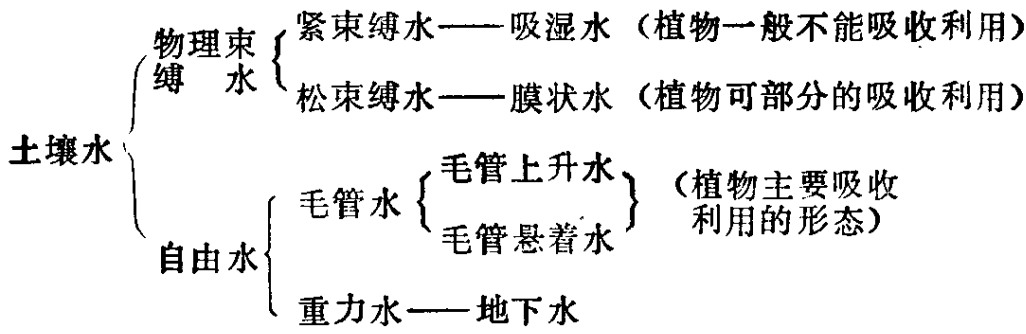
（一）水分在土壤中存在的形态及其功能

农田土壤是一种多孔体，在各种大小不同的颗粒之间，总是存在着或大或小，或多或少的一定量的孔隙。因此，当降雨或灌溉之后，水分因受重力作用便沿土壤内的孔隙而下渗。在下渗过程中又因土粒分子的引力或毛细管引力的作用而被保持在土体之内。一般5—10毫米的降水量约可湿润土层2.5—5.0厘米，渗入深度约为降雨量的4—5倍。

水分在土壤内存在的形态，一般有固态水、气态水和液态水三种不同的形态。固态水是土壤冻结后，水分在土粒间隙内变为冰晶的一种形态，气态水一般以水气的形态存在于土壤大孔隙内的土壤空气之中，液态水主要存在于土粒的周围、接触点及毛管孔隙之内。土壤内水分的这三种形态，随着外界环境条件的改变可以相互转化。天气冷了，土壤冻结，气态水可以转化为液态水，液态水又可转化为固态水。天气暖了，土壤解冻，固态水可以转化为液态水向下渗入或

化为气态水向大气散失。一般对植物根系吸收作用有重要意义的，主要是液态水。

依照土粒对水分吸持能力的强弱，一般可将土壤中对作物生长有意义的水分，区分为两大类型：



1.吸湿水 被风干土壤所吸附在土粒表面的水汽分子，称为吸湿水。在水汽饱和的空气中，土壤吸湿水达到最大数量，称为最大吸湿量或吸湿系数。

吸湿水所受的分子引力很大，可达 1 万个大气压左右，厚度极小，无溶解能力。只有在 105℃ 的高温下转化为气态水时，才会移动，所以对作物生长一般没有多大意义。

2.膜状水 土粒吸湿水层的外面遇降雨时仍可再吸附液态的水分子而形成水膜，这种土壤水分称为膜状水。当膜状水达到最大数量时，称为土壤的最大分子持水量。

膜状水受表面张力的作用能缓慢的从水膜厚的地方向水膜薄的地方移动，一般速度为0.2—0.4毫米/小时。

土粒对膜状水的吸力约在31—6.25个大气压之间，而一般作物根毛的吸水力仅约相当于15个大气压，所以膜状水中吸力大于15个大气压的那部分水分，作物便不能吸收利用，成为无效水。可吸收利用的仅是吸力小于15个大气压的那一