

490782

6841
31534



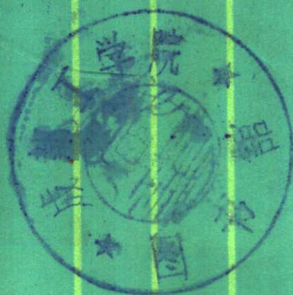
农村科学实验丛书

成都工学院图书馆
基本馆藏



农田灌溉

河北农业大学 农田灌溉编写组 编



科学出版社

41
34

农业学大寨



农村科学实验丛书

农 田 灌 溉

河北农业大学《农田灌溉》编写组 编

科 学 出 版 社

1 9 7 8

内 容 简 介

为配合农田灌溉事业的迅猛发展,在广泛总结群众科学灌溉用水实践经验的基础上,编写了这本中级科普读物。本书主要就农作物和水、科学灌溉和灌溉试验等三方面,概括介绍了农田灌溉基本知识、稻麦棉科学用水的先进经验和一些灌溉试验的具体方法等。书末附录中有从事农田灌溉试验的常用资料和查对表,供参考查用。

本书主要供农村科学实验网的广大贫下中农、干部和知识青年阅读,也可供农业学校师生参考。

农 田 灌 溉

河北农业大学《农田灌溉》编写组 编

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1978年4月第 一 版	开本: 787×1092 1/32
1978年4月第一次印刷	印张: 6 1/4
印数: 0001—23,140	字数: 140,000

统一书号: 15031·175

本社书号: 1038·15—1

定价: 0.52 元

《农村科学实验丛书》出版说明

当前，我国农村群众性科学实验运动正在蓬勃开展，四级农业科学实验网正在普遍建立。为了适应革命大好形势的需要，切实贯彻执行伟大领袖和导师毛主席提出的“**备战、备荒、为人民**”的战略思想和“**以农业为基础**”的方针，认真贯彻执行华主席和党中央提出的抓纲治国的战略决策和“全党动员，大办农业，为普及大寨县而奋斗”的伟大号召，使出版工作更好地为无产阶级政治服务，为工农兵服务，为社会主义服务，有关出版社联合出版一套《农村科学实验丛书》。

这套丛书以马克思主义、列宁主义、毛泽东思想为指导，以阶级斗争为纲，坚持党的基本路线，努力宣传“**农业学大寨**”的革命精神和实现农业现代化的重要意义，突出反映无产阶级文化大革命，特别是揭批“四人帮”以来农业战线上科学实验的丰硕成果。包括以自然辩证法指导农业科学实验活动，农、林、牧、副、渔等方面进行科学实验的基础知识、应用技术和方法，以及有关群众科学实验的重大成果和经验总结。可供农村广大贫下中农、知识青年和基层干部，特别是农村科学实验小组成员参考。

前 言

我国是世界上灌溉事业历史最悠久、最发达的国家之一。数千年来,在与水旱灾害作斗争中,广大劳动人民不仅兴建了许多闻名中外的农田水利工程,而且在农作物合理灌溉方面也积累了丰富的经验。但是在解放前,特别是国民党反动统治时期,劳动人民的发明创造根本得不到总结和推广,历史上修建的水利工程逐渐废弃,灌溉事业受到严重破坏,致使洪涝旱碱灾害日益严重。

建国以来,在党和毛主席的英明领导下,我国农田水利事业也和其他建设事业一样,得到了飞速的发展,我国农村发生了深刻变化。广大贫下中农与天斗、与地斗、与阶级敌人斗,为革命种田的积极性空前高涨。千余万知识青年响应毛主席号召上山下乡,成为建设社会主义新农村的生力军。农业学大寨、普及大寨县的群众运动蓬勃开展,农田水利基本建设规模壮观,效果显著。目前,全国灌溉面积已相当于解放前数千年累积面积的三倍多,旱涝保收的高产稳产田也在大幅度增加。农业连年丰收,跨“纲要”和双跨“纲要”的省、县、社、队大批地涌现。这些都是阶级斗争、生产斗争和科学实验的丰硕成果。

随着农业学大寨运动的深入开展,在毛主席革命路线指引下,广大农村干部、科学技术人员、贫下中农和知识青年,围绕农业“八字宪法”,积极从事科学实验活动,涌现了大批优秀的农业科学技术人才。目前,全国已有一千多万人参加四级农业科学实验网活动。他们认真贯彻执行毛主席关于“水利是

农业的命脉”和“遇早有水,遇涝排水”的指示,在科学用水创高产方面积累了丰富的经验,取得了优异的成绩。大寨贫下中农创造的保土、保水、保肥的大寨“海绵田”的经验,正在各地广泛推广。湖南省醴陵县沈潭公社鳌仙大队狠抓肥水管理,总结出了“前期争苗,中期争穗,后期争粒”的一整套水稻高产栽培经验。河南省偃师县岳滩大队,通过多年来小麦高产栽培实践,提出了一系列根据苗情科学施肥巧用水,建立大面积丰产田的有效措施。河南省新乡县七里营公社按照“早发、稳长、不早衰”的成功经验种植棉花,创造了棉花连年高产的新记录。

毛主席教导我们:**“在生产斗争和科学实验范围内,人类总是不断发展的,自然界也总是不断发展的,永远不会停止在一个水平上。因此,人类总得不断地总结经验,有所发现,有所发明,有所创造,有所前进。”**随着我国社会主义革命和建设事业的不断发展,农业生产条件逐步改善和以间、套、复种为中心的耕作制度的改革,农田灌溉事业将更加迅猛发展,灌溉面积必将大幅度增加,科学种田的技术水平也亟待进一步提高。因此,加强党的领导,大搞群众运动,认真总结与推广群众的丰产经验和先进的科学技术,坚持实行领导干部、科技人员、工农兵群众结合,科研、生产、使用结合,充分发挥专业队伍的骨干作用,深入开展群众性的科学实验活动,通过对大田和实验田中作物的调查、观察和对比试验,总结正反两方面的经验,并加以科学验证和分析,探索高产栽培条件下水、肥、土、作物之间的辩证关系,提出一套切实可行的、先进的农田灌溉技术措施,是摆在我们面前的一项十分重要的任务,必须抓紧做好这一工作。

为了配合上述工作,本书就农作物和水、科学灌溉和灌溉试验等三方面,概括地介绍农田灌溉基本知识、科学用水的先

进经验和一些观测试验的具体方法。书中科学用水部分，仅介绍了稻、麦、棉三种主要作物，水稻偏重于南方，小麦和棉花偏重于北方。限于篇幅，本书没有涉及到灌排渠系和涵闸工程方面的问题，有关内容请参考其他专业书籍。

限于我们的思想水平和生产实践经验，书中难免存在一些缺点错误，希望同志们批评指正。

目 录

前言	iv
一、农作物和水	1
(一) 水与作物生长发育的密切关系	1
(二) 作物需水特性	9
(三) 土壤水分状况及其调节	20
二、科学灌溉	36
(一) 农作物的科学用水	36
(二) 合理的灌水方法	59
三、灌溉试验	84
(一) 概述	85
(二) 作物丰产灌水试验	91
(三) 作物需水规律试验	114
(四) 常见的三种专题试验	124
(五) 灌溉科学试验中的量测技术	140
附录一、常见的天气预报用语	165
附录二、风力等级	167
附录三、二十四节气	168
附录四、土壤野外分类	170
附录五、砂砾分类鉴定	171
附录六、水深与每亩灌水量换算	172
附录七、土壤含水量与蓄水量查算	173
附录八、各种土壤蓄墒能力	178
附录九、灌水定额、灌溉面积和灌水量关系	179
附录十、灌水流量、灌水时间和灌水量关系	180
附录十一、喷灌机具统计	181
附录十二、单位换算	186

一、农作物和水

(一) 水与作物生长发育的密切关系

早在土地革命时期,毛主席就强调指出:“**水利是农业的命脉**”。这一英明论断深刻地说明了水在农业生产中的重要意义。广大贫下中农在“**农业学大寨**”的斗争实践中总结出的“有收无收在于水,多收少收在于肥”的经验,也表明水对作物生长发育和高产优质有着密切关系。因此,为了做到科学用水、合理灌溉,进而达到农作物的高产、稳产,搞清作物和水的关系是十分必要的。

1. 水对作物生长的重要性

作物一生都离不开水,没有水的供应,它的生长发育就会受到严重影响,甚至造成死亡。水对作物生长的重要性可以概括为以下几方面:

(1) 水是作物体最大组成部分 作物体内含水比重是相当大的,通常为其鲜重的80%以上,其中叶子含水占叶重的80—95%,根部为70—80%,只有风干的成熟种子含水较少,约占粒重的10—15%。一般说来,水生作物比陆生作物含水量大,低湿遮荫地方生长的作物比干燥向阳地方生长的作物含水量大,同一作物,幼嫩而生长旺盛的器官比衰老坚实的部分含水量大。作物细胞也只有在吸水后,才能保持其固有形

态,使植株挺立,叶片伸展,有利于接受阳光,并与周围环境交换气体,进行正常的生理活动。

(2) 水是作物制造养分的原料 绿色植物本身制造养分主要靠光合作用。光合作用是植物的叶绿素利用太阳光能,同化二氧化碳和水,制造碳水化合物,并释放出氧气的过程。作物的叶子就像一座“绿色的工厂”。在这个奇妙的“工厂”中,叶绿素好比“车间”,太阳光是开动机器的动力,比做“煤”,二氧化碳和水比做“原料”,其产品是糖、淀粉等有机物质。这些物质不仅是作物生长发育的养料,也是人类生活上必需的物质。同时,它还产生为人和动物呼吸及燃烧所必需的氧气。现在地球大气中的氧气差不多全是由光合作用而来的。

(3) 水是作物体内运输养料的“血液” 动物体内营养物质的运送靠血液,植物体内养料的运输则是靠水分,可以说,水就是作物体内运输养料的“血液”。施到田中的肥料,必须首先溶解在水里变成土壤溶液,才能被作物根部吸收并运输到其他部分。作为光合作用原料的二氧化碳,也必须先溶解在水中成为碳酸再渗入叶肉细胞内。同样,作物叶片制造的有机物质,要以水溶液状态,借助体内输导系统,才能输送到消费和贮藏器官里去;种子发芽,要把种子里贮藏的营养物质加以水解后,才能输送到幼芽中去,以供幼苗生长需要。如果作物体内缺水,就会阻碍上下物质的运输,影响作物正常生长。

(4) 水可以调节作物生活的环境 由于水有很大的热容量(比空气大3300倍),灌溉后土壤热容量也随着增大,因此灌后的土壤,白天温度不容易很快升高,而夜晚温度下降也较慢。同时,又因为水的导热性强,白天在灌溉土壤上太阳辐射热能很快传递到土壤深处,夜间当地面散热冷却时,土壤深层

热量可源源不断地补给地面。因此灌溉的土壤比非灌溉土壤白天温度低,而夜间温度高,昼夜温差变化小。另一方面灌溉后土壤水分增多,蒸发量增大,由于水的汽化热大,在蒸发过程中,势必吸收土壤水分的大量热量,这也是灌溉土壤白天温度较低的原因之一。水分的这一特性被广泛地应用于北方麦田冬灌防冻、南方早稻田灌水增温、晚稻田灌水降温等方面,对改善作物生活环境有重要作用。

总之,水分对作物生活起着多方面的影响。它除了直接作用于作物生理过程外,还影响着作物的生活环境,例如调节土壤温度、影响肥料的分解,改善田间小气候等等。农业生产上的合理用水,必须保证作物体内和生活环境都具有良好的水分条件。

2. 作物对水分的吸收

(1) 根系的吸水 作物的根茎叶都具有大小不同的吸水性能。但是茎叶的吸水只有在较潮湿的环境条件下才能进行,且吸收水量是极其微小的,在水分供应上没有什么重要意义。吸收水分的主要部分是作物的根系。根系吸水最多和最活跃的是根的幼嫩部分,特别是根尖的根毛区。根毛是表皮细胞向外突出而形成的,它与土壤颗粒紧密粘接,因此从土壤中拔起作物时,根毛很易拉断。我们把小麦种子放在湿润的培养皿中发芽,就可清楚地看到幼根尖端有白绒毛状的根毛。据统计:在一平方毫米的豌豆根上,有二百多条根毛;玉米的根毛则有四百多条。若把一棵作物根系和根毛一根根连起来,其长度可达数十公里甚至上万公里。作物根系的表面积可超过其地上器官表面积一百多倍。这样数量繁多的根毛,每一条都像一台“微型水泵”,不停地从土壤中吸收水分,以保

证作物生长发育的需要。

那么,水分是怎样被作物根系吸收的呢?这就要从渗透作用讲起。

溶液中的溶媒和溶质由于分子运动的作用,都有均匀分布的倾向,这种现象叫做扩散作用。任何物质扩散的方向和速度都与物质本身的浓度有关,浓度高的部分都有向浓度低的部分扩散的趋势。例如,把糖放入一杯水中,不一会就溶解,使全杯水变甜。这就是溶质(糖)在溶媒(水)中扩散的结果。如果将两个不同浓度的液体放在一个容器里,中间用一层隔膜将它们分开,溶液分子就会由高浓度部分透过隔膜向低浓度部分运动。这种透过隔膜的扩散作用就叫做渗透作用。分子运动时对隔膜产生的压力称为渗透压。

一般隔膜有三种:一种是可透性膜,溶质和溶媒能自由通过;一种是半透性膜,只让溶媒通过,不让溶质通过;一种是不透性膜,完全阻止溶质和溶媒通过。植物的细胞质膜是具有相对的、选择性的半透性膜。细胞最内部是由液泡膜包围的液泡,液泡内不仅含有大量的水分,而且溶解有各种矿物盐

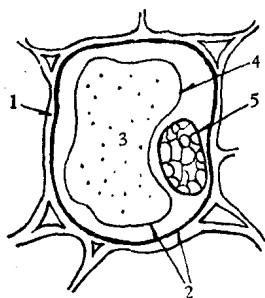


图1 植物细胞结构示意图

- 1.细胞壁 2.细胞质膜(原生质膜)
3.液泡 4.细胞质 5.细胞核

离子、有机酸、醣类等物质,是一种具有一定渗透压的浓度很大的溶液。溶液浓度越大,渗透压越高,越能从浓度较低的细胞或溶液中吸水(植物细胞结构见图1)。

根系吸水比单个细胞吸水过程要复杂,一般细胞在为水饱和的情况下就会停止吸水,而根系的吸水则不受此种限制。

这是由于作物根系吸水的压力和叶片蒸腾的拉力综合作

用的结果。根系的整个吸水过程包括主动的吸水过程（生理过程）和被动的吸水过程（机械过程）。主动吸水过程主要靠根压的作用来完成。根系从土壤里吸收水分，并把水分向上压送传导到地上部分各个器官，这种推动力量称为“根压”。如将南瓜藤或向日葵茎在离地面2—3寸处切断，就可发现有较多的清液从切口处流出来，这一现象称为“伤流现象”，它证明了有根压的存在。根压是根系吸水的主动力量。土壤水被根系吸收，首先是因为根系表皮细胞具有一定的吸水力，能借渗透作用，从浓度较低的土壤溶液中吸水。其次由于从根毛到根的中柱有许多层皮层细胞，越是内层细胞，水分越不饱和，其吸水力也越大，使水分进入根系后，就由外向内移动，再由根压的力量把水压入导管，使水分上升。根系吸水情况见图2。

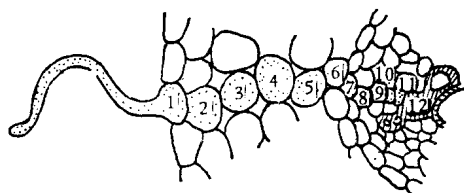


图2 根部吸水情况

- 1.根毛 2—6.皮层薄壁细胞 7.内皮层 8.中柱
9—11.中柱薄壁细胞 12.根部导管

根系的被动吸水过程，是靠作物地上部分尤其是叶子的蒸腾作用所引起的蒸腾拉力来完成的。在蒸腾作用下，叶内细胞不断失水，使其吸水力增大，于是就不断地从导管里吸水。由于导管里的水分是个连续的水柱，因此水柱不断被拖曳上升，引起根部细胞水分不足，吸水力又增加，从而促使根毛不断从土壤中吸收水分。

根系这两种吸水过程，对不同作物，不同外界条件下，所

起作用是不一样的。一般说植株高大的作物、蒸腾作用进行得快的作物以及干热季节，被动吸水是作物体内取得水分补偿的主要方式。幼小作物或蒸腾作用微弱的季节与夜间，根部的主动吸水过程则是主要的。

(2) 土壤状况对根系吸水的影响 根系的吸水受外界环境的影响很大。因为根系直接与土壤接触，土壤状况(条件)就成为影响作物根系吸水的主要因素。

1) 土壤含水量：一般说来，土壤含水量越多，根系吸水越容易。随着土壤水分的减少，水分子与土壤颗粒间的吸着力越来越大，因此土壤持水力增加，土壤水分流动速度变缓，根系吸水就越来越困难。

2) 土壤温度：土壤温度的高低对根系吸水有显著的影响。当土温大于 40°C 时，根系的新陈代谢协调性受到破坏，从而抑制根系的吸水。当土壤温度降低时，也会引起根系吸水困难，例如当温度从 25°C 降到 10°C 时，棉花的吸水力就从100%降到20%。低温造成吸水减少的原因，主要是由于低温条件下，土壤水的粘滞性增加，扩散速度降低，根部细胞原生质粘性增大，透性减小，有时甚至形成凝胶状态，水分通过原生质的阻力就会很大。同时，低温还会使根系吸水部分的细胞新陈代谢强度减小，特别是降低其呼吸作用，因此也减弱了吸水能力。

一般作物在土温 $0-30^{\circ}\text{C}$ 的范围内，水分进入根系的速度随着温度的升高而增加，因此，在农业生产中，不宜引过冷的水灌溉作物，特别是在夏季炎热的中午更不可用过冷的水灌溉，否则土温骤然降低，根系吸水困难，而蒸腾作用仍很强烈，造成水分“供不应求”，发生有水不能吸收利用的生理干旱现象。

3) 土壤通气状况：土壤中的氧气含量对根系吸水非常

重要。当土壤通气不良时，土中二氧化碳含量增多，氧气不足，根系呼吸作用受到抑制，也就影响根系吸水。因此，必须通过耕作、灌溉、排水等措施，促使土壤气体交换，使根系发育良好，保证顺利吸收水分。

4) 土壤溶液浓度：如前所述，根系吸水多少与细胞液浓度和土壤溶液浓度有关。当细胞液浓度不变时，土壤溶液浓度越低，细胞壁渗透压越高，就越能从低浓度的土壤溶液中吸水。如果施肥过多或土壤含盐量过大，就会提高土壤溶液浓度，相应地减小了渗透压，造成作物吸水困难。在这种情况下，要提高作物根系吸水能力，确保农业丰收，就必须加大灌水量和灌水次数，以便维持较高的土壤含水量，从而降低土壤溶液浓度。

3. 作物体内水分的消耗

(1) 作物的蒸腾作用 水分由根系进入作物体内之后有三个去向，一是用于构造作物体本身；二是消耗于光合作用生理过程中；三是通过叶面气孔向大气散发掉。科学试验表明，作物吸水的99%以上是用来补偿蒸发的，只有不足1%的水量才真正用于作物生理过程和保留在作物体内成为组成部分，可见，通过作物枝叶的蒸腾作用向大气散失，是作物水分消耗的主要途径。

作物水分蒸发过程，称为蒸腾作用。这部分的消耗水量就是蒸腾量。蒸腾是由液态水变为汽态水的过程，但它不同于单纯水的蒸发，在这里，水分是通过生活着的作物体而蒸发掉的，作物体无论在形态构造上或生理机能上对这种蒸发过程都有所调节，有所适应。因此它是一种复杂的综合性的生理过程。

作物体通过叶面蒸腾消耗了大量水分。这些水分从表面上来看,似乎没有什么意义,尤其在干旱条件下,由于蒸腾作用的连续进行,会使作物失去大量水分,又因不能及时得到补偿使生长受到抑制,甚至招致死亡。但在正常生活条件下,蒸腾作用不仅是完全必需的,而且还给作物带来许多有利的影响。1)它是作物对水分吸收和运输的一个原动力,能保证作物连续不断地吸取水分,并运送到较高的部位;2)蒸腾能促进作物体内水分的循环。根部吸收的矿物质元素亦能借蒸腾引起的水分流动,分配到作物体的各部分;3)它能降低作物体温,使作物在强烈的日光下进行光合作用时不致灼伤;4)能促进作物体内某些正常的生理活动,例如蒸腾时气孔开张对吸收二氧化碳制造有机物质是有好处的。所以蒸腾作用是作物主要的生命活动,没有蒸腾是不行的。

(2) 影响蒸腾作用的因素 影响蒸腾作用的因素很多,概括起来包括两个方面,即作物本身特性和外界条件的影响。

1) 作物本身特性:不同的作物,由于生长季节和生育期长短,以及叶面积大小,气孔数目的不同,蒸腾作用有很大差异。如叶大而柔软的作物蒸腾量大,叶小而角质层或蜡质层厚的作物蒸腾量小;叶面气孔多的蒸腾量大,叶面上毛多或气孔下陷可以保持湿度,降低蒸腾;叶内细胞壁的面积越大,蒸腾量越多。其次,同一作物因发育阶段不同,其生理机能强弱、水分吸收和运转速度、组织含水情况等方面均有很大差异,因而各时期蒸腾作用均不相同。一般作物蒸腾的变化趋势是随发育时期增加,生理活动加强,叶面积扩大而逐渐变强,至近成熟阶段因生理机能衰退又逐渐变弱。

2) 外界条件的影响:即气候条件和土壤条件的影响。

气候的变化可以直接影响蒸腾作用,也能间接地通过生

理过程的变化影响蒸腾作用。因此，它对水分消耗的影响最大。气候条件主要是光、湿度、温度和风。光可促使气孔张开，因而蒸腾强度也就加强。对玉米所做的试验表明：在黑暗中每 100 平方厘米叶片每小时蒸腾 97 毫克的水；在漫射光下为 114 毫克；在直射光下则为 785 毫克。蒸腾作用随着空气湿度增加而减弱，随湿度降低而加大。温度对蒸腾作用的影响比较复杂。一般温度升高可直接加速叶子的蒸腾强度，但气温过高，又会抑制蒸腾作用的进行。风对作物水分消耗的关系也很密切。因为风能增加叶片表面与周围空气的湿度差，并使植株摇动、弯曲，这都能促进蒸腾作用。

土壤的性状和含水量都能影响作物的蒸腾。土壤湿度和温度合适、通气状况良好，则作物蒸腾强度增加。土壤含水量增加后，使得土壤溶液浓度降低，作物为了获得必要的营养物质，就要大量向土壤中吸水（一般情况下，作物从土壤中获得 1 公斤无机盐类，需从土壤中吸取 300 公斤以上的水分），从而耗水量也随着增加。

（二）作物需水特性

作物需水包括生理需水和生态需水两方面。作物生理需水是指作物生命过程中的各项生理活动（如蒸腾作用、光合作用等）所需要的水分。作物的生态需水是指在生育过程中，为给作物正常生长发育创造良好生活环境所需要的水分。在生产实践中，作物这两方面的需水常通过叶面蒸腾和棵间蒸发来表示。旱作物的叶面蒸腾量与棵间蒸发量之和称为作物需水量。水稻需水量除了叶面蒸腾量和棵间蒸发量之外还包括渗漏量。在有些书籍资料中也称需水量为耗水量。