



农作物灌溉

张学编著

陕西科学技术出版社



农业技术丛书

农作物灌溉

张学编著

陕西科学技术出版社

农业技术丛书

农作物灌溉

张 学 编著

陕西科学技术出版社出版

(西安北大街131号)

陕西省新华书店发行 铜川市印刷厂印刷

开本787×1092 1/32 印张7.125 字数149,000

1985年3月第1版 1985年3月第1次印刷

印数1—8,100

统一书号: 16202·101 定价: 1.00元

前 言

三中全会以来，由于落实党的农村政策，农民生产积极性普遍高涨。特别自党的十二大精神贯彻以后，广大农村出现了群众性的学习科学知识，用科学方法种田的热潮。在这种形势下，迫切需要我们采用多种形式普及和推广农业科学技术知识。

为了满足广大干部和农民对科学技术的要求，我们组织西北农学院、省农林学校、省农林科学院等单位编写了这一套“农业技术丛书”，使读者系统了解农、林、牧、副等以及各项增产措施、各项有关的生产因素，了解基本的规律性知识，了解生产活动中的科学道理，以便因时因地恰当运用各项生产技术，减少盲目性，增强自觉性，更好地做到科学种田。

建国以来，我省在兴修水利、迅速扩大水地面积的同时，灌溉科研作为一门新兴的科学也得到了发展。农作物合理灌溉技术不断提高。《农作物灌溉》一书，就是针对我省实际情况，在总结生产经验和有关农业、水利单位的科研成果的基础上，从省水、保土、增产的目的出发，进行整理、分析、编写的。比较系统地讲解了农作物灌溉的基本知识、主要农作物（小麦、水稻、玉米、谷糜、洋芋、棉花、油菜）的合理灌溉、灌水方法和技术，并简要介绍了农作物灌

既需要测验的内容和方法，最后附录中附有我省各地主要农作物的田间耗水量、灌溉制度方案表，以及我省的干旱和抗旱标准。可供广大社员、知青、县、社干部及从事水利、农业工作者的参考，也可作培训灌溉、农业技术员的教材。

陕西省农牧厅科教处

1983年7月

目 录

前 言

一、农作物灌溉的基本知识	(1)
(一) 水和农作物	(2)
1. 水对农作物的作用	(3)
2. 农作物的需水特性	(5)
(二) 土壤水分特性	(28)
1. 土壤水分的形态分类	(28)
2. 农作物对土壤水分的利用	(32)
3. 土壤水分的消长	(36)
(三) 农田灌溉基础	(38)
1. 农田灌溉的特点	(38)
2. 农田灌溉的作用	(42)
3. 农作物灌溉的确定	(49)
4. 灌溉农业措施	(53)
二、主要农作物的合理灌溉	(58)
(一) 小麦的灌溉	(58)
1. 小麦的耗水规律	(59)
2. 小麦对土壤水分的要求	(60)
3. 小麦的合理灌溉	(62)
(二) 水稻的灌溉	(82)
1. 水稻的需水特性	(82)
2. 水稻的合理灌溉	(85)

(三) 玉米的灌溉	(92)
1. 玉米的需水特性	(93)
2. 玉米的合理灌溉	(96)
3. 麦套玉米的灌溉	(109)
(四) 谷糜的灌溉	(111)
1. 谷糜的耗水规律	(112)
2. 谷糜的合理灌溉	(112)
(五) 洋芋的灌溉	(118)
1. 洋芋的耗水规律	(118)
2. 洋芋的合理灌溉	(119)
(六) 棉花的灌溉	(124)
1. 棉花的需水特性	(124)
2. 棉花的合理灌溉	(128)
3. 运用三看确定灌溉的方法	(138)
4. 紧密结合田间管理	(139)
(七) 油菜的灌溉	(140)
1. 油菜的需水特性	(142)
2. 油菜的合理灌溉	(146)
三、灌水方法和技术	(153)
(一) 地面灌溉	(153)
1. 畦灌	(154)
2. 沟灌	(162)
3. 淹灌	(168)
4. 其它灌水方法	(169)
(二) 地下灌溉——渗灌	(172)
1. 渗灌的作用及好处	(173)
2. 渗灌系统的规划与布设	(175)

8. 渗灌的灌水技术.....	(177)
(三) 喷灌	(179)
1. 喷灌的作用及优点.....	(179)
2. 喷灌机具及田间布设.....	(182)
(四) 滴灌	(185)
四、农田灌溉的测验及方法	(187)
(一) 土壤水分测算法方	(187)
1. 土壤水分的表示方法.....	(187)
2. 土壤水分的测算方法.....	(188)
(二) 土壤容重测算方法	(192)
1. 需要设备.....	(192)
2. 测算的方法步骤.....	(193)
(三) 土壤田间持水量的测算方法	(193)
1. 需要设备.....	(194)
2. 测算的方法步骤.....	(194)
(四) 田间灌水量的测算方法	(196)
1. 三角堰量算方法.....	(196)
2. 角尺量算方法.....	(199)
3. 灌水量计算.....	(205)
附 录.....	(206)
一、陕西省主要农作物的田间耗水量	(206)
二、陕西省主要农作物灌溉制度方案	(208)
三、陕西省干旱和抗旱标准	(216)

一、农作物灌溉的基本知识

灌溉是湿润农田、抗御干旱、供应农作物需水的人为手段。它必须通过一定的工程设施和管理过程才能最后实现。

我省处于西北内陆地区，属半干旱性气候，常年雨量偏少，不足农作物的高产需要，特别是降雨时间很不固定，分布极不均衡，不仅在缺雨年份干旱成灾，即就是丰雨年份，也常因季节性干旱造成庄稼歉收。干旱缺水，是我省农业生产的严重威胁。我省的自然灾害有旱、涝、霜、雹、风、病虫害等，干旱是最大的灾害，比例约占总灾害的46%。民国十八年的一次大旱，造成了饿殍载道，赤地千里的悲残局面。因而治旱、抗旱，兴修水利，发展农田灌溉事业，在我省农业生产上占有十分重要的地位。

自古以来，我省劳动人民与干旱进行了长时期的斗争。远从秦、汉代开始，我们的祖先就修渠引水，灌溉农田，秦始皇元年修建的郑国渠，汉武帝时修建的白渠、成国渠、漕渠、龙首渠等引水灌溉工程，形成了以长安为中心的农田水利网，几乎遍及关中各县，前后累计灌溉面积约400多万亩。解放后，在党和人民政府的领导下，我省的水利事业有了迅速地更大发展。相继修建了渭高抽、宝鸡峡、东方红、冯家山以及即将建成的石头河大型水利工程和许多中、小型渠道或水库灌区，机井、大口井、辐射井星罗棋布。现在全省拥有水地面积近两千万亩。大大的增强了抗御干旱灾害的能

力，为旱涝保收、高产稳产奠定了物质基础。

兴修水利，开展农田基本建设，只是为农田灌溉创建了物质条件。实现农田灌溉，夺取农业丰收才是所要达到的最终目的。有了水还要会用水。用得恰当，灌得合理，才能使农作物增产。有水不用或用得不合理，不仅浪费了水量，加大了生产成本，而且还可能招致农作物减产。

要进行农作物合理灌溉，必须知天、知地、知庄稼。既要掌握气候变化规律及与农作物生长、与土壤水分的关系，特别是降水与灌溉的关系，又要了解灌溉与土壤的关系，土壤水分运动规律以及对肥、湿、气、热等因素的影响；要熟悉各种农作物的脾性，需水规律以及对水分的吸收、消耗特性，还要知道水利管理、用水供水条件及其特点等。只有对这些基础知识有一个概括的了解，才能心中有数，因地制宜地进行合理灌溉。

（一）水和农作物

水是由氢和氧两个普通元素所构成，叫做 H_2O 。它是人类生活的源泉，也是农作物生命活动的物质基础。“有收无收在于水”，说明农作物离开了水，就失去了生存的条件，当然更谈不上产品的收成了。事实上，由于干旱缺墒，造成作物不能播种出苗，或者出苗后早死，因而颗粒无收的面积，就世界范围来说也是很大的。我省因干旱造成的灾情面积每年平均约600万亩，约占总种植面积的十分之一，因此在一定意义上讲，有了水就有了粮食，就有了棉花，就有了一切的产品。

1. 水对农作物的作用

(1) 水是作物体的主要成份，是生命的构成条件。一株健壮的作物体内含水量是很大的，通常占植株总鲜重的80%以上。瓜、果、蔬菜等含水量更多，约占体重的90%以上。就植株体各部分的含水量而分，根的含水量约为根重的70~80%，叶子约为80~90%，风干了的籽粒含水量也达10%左右。

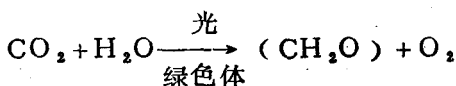
干燥的种籽，在没有水分的条件下，只能处于休眠状态，绝不会生根发芽，恢复生命活动。一旦给予适当的水分，并在一定的空气和温度条件下，就会发芽生长，开始生机。

正常的农作物植株，如果断绝水分供应，就会由生机受制到出现萎蔫，直至死亡。只有当细胞里充满水的情况下，植株才能保持挺立勃起，叶面伸展，维持固有的形态和活力，进行正常的生理活动。

(2) 水是制造作物养分的原料，是养料的组成部分。土壤中的养分，只有被水溶解以后，才会变成速效的可被作物吸收的养料。大量的营养物质，包括矿化物质和有机物质，还必需在水的参与下，经过水溶、分解、氧化等复杂作用过程，转化成可溶性的，能够被作物吸收的养料。这种养分转化是靠微生物强烈活动的结果。微生物是多种有生命的细菌，也只有在水分条件下才能生存并进行生命活动，发挥强大的转化作用。

有机物质即农作物的产品，是通过光合作用才能最后完成。水是光合作用的原料之一。农作物的绿色体，利用太阳的光能把吸收来的养分（二氧化碳物质）和水，经过同化作用，制造成它所需要的碳水化合物，并释放出氧气。这个过

程可用下式表示：



因此说，无论是土壤养分的溶解转化，还是光合作用的进行，都离不开水这个条件。水既是营养物质的原料，又对营养物起着加工制造的作用。

（3）水是营养物质的运输力。农作物所需的养分，是怎样由土壤中跑到植株体内的？经过光合作用后的碳水化合物又怎样分散输送到植株的各个器官中去呢？原来这都是水的功劳。农作物的根系，只能吸收溶解于水中的养分溶液，以水带肥，由导管系统输送给叶片，经过同化作用后，再借助水的动力分送到全身各部分。种籽发芽，只有把种籽里贮藏的营养物溶解成水液，才能输送到幼芽中去。如果体内缺水，就等于中断了运输线，养分供应就无法保证，农作物的生命也就停止了。

（4）水能调节农作物的体温，减轻灼伤和冻害。水的比热大，导温率小，因而当土壤及其输送给植株体的含水量充足时，具有平抑温度的作用。在低温来临时，作物体保持了相对较高的温度，可以减轻冻害。在高温条件下，又保持了相对较低的体温，加上通过植株根部吸收水分到叶面蒸腾的流动过程，释放大量的热量，这就避免了因太阳强烈照射而使作物灼伤的危险。

（5）水能调节农作物生活的环境条件。田间的土、肥、湿、热、气等因素，都是对农作物生长起重要作用的环境条件。这些环境条件之间，都是密切相关和相互影响的。尤其

水是最活跃的，对其它条件影响最大的因素。土壤空气的多少、地温的高低、养分浓度的稀稠等等，以及田间小气候，都受到水分多少的影响，因水分的多少而变化。从而对作物的生长发挥着不同的作用。

2. 农作物的需水特性

(1) 农作物对水分的吸收与消耗

①农作物对水分的吸收：农作物体内水分，是通过两个吸收途径而来的，一是茎叶，二是根系。茎叶的吸水，主要是由气孔的呼吸作用在比较湿润的环境条件下进行的。根外喷肥就是利用气孔的功能直接把液体营养喷洒到茎叶细胞吸收到体内的。但是茎叶的吸水力是有限的，也是有条件的。大量的农作物所需水分，基本上全靠根系的吸收。根系除了对植株起固定支持作用以外，主要担负着从土壤中吸收养料、水分以供给植株需要的任务。因此，这里着重讲根系的吸水问题。

根系的吸水过程：一株作物的根系，有主根、侧根、支根、根毛等，都具有吸收水分和养料的能力。但是水分的来源主要由根毛吸收。根毛分布面广，根量众多，一平方厘米的玉米根上有400多条根毛。若把一株作物的根系和根毛一条条地连接起来，长度可达数十公里甚至上万公里。如以表面面积比较，根系比其它器官大100多倍。根毛是表皮细胞向外突出而形成的，因而与土壤粘结紧密。这些特性决定了根毛是最多的和最广泛的吸水力最强的器官。每一条根毛，就象一台“微型水泵”，不停息的从周围土壤中吸取水分，并源源不断地向主根及全株各个器官输送，以保证农作物生长发育的需要。

根系的吸水过程，包括两个部分，即主动吸水过程（生理过程）和被动吸水过程（机械过程）。主动吸水过程，

是靠根压的作用来进行。根压是根系吸水的主动力量。根系从土壤中吸收水分并向上压送传输到植株体的各个部分，依靠的就是根压的推动力。要证明这一点，只要把作物的地上部分从植株的茎基部削掉，就会发现从切削的伤口处，不断地有液汁渗出，这些渗出的液汁叫做伤流液，是作物根部吸收输送而来的，是根压作用的结果。

一般溶液分子之间，都具有自然平衡使之均匀分布的特点，浓度高的部分必然向浓度低的部分扩散。扩散的分子透过一定的隔膜，并对隔膜产生的压力叫做渗透压。农作物主动吸水过程就是借助根系的渗透压进行的。因为农作物具备有三个条件，使主动吸水能以正常进行。第一，根系的表皮细胞原生质，具备有吸水的能力。第二，根细胞里的溶液浓度较大，这就具备了从浓度较低的土壤中吸收水分的压力条件。因为根细胞除有大量水分外，还溶解了各种矿物盐分子，有机酸、醣类等物质，是一种具有一定渗透压的浓度较大的溶液。第三，由于根毛到根的中柱有许多层皮层细胞，越是内层细胞水分越少，浓度越大，所以吸水力越强，促使进入根系后的水分由外皮细胞向内移动，一直压入导管，使水分上升。

根系的被动吸水过程，是靠作物的地上部分，尤其是叶子的蒸腾作用所引起的吸取力来进行的。农作物在叶面蒸腾失水的同时，产生了对水分需要的吸取力，也可以叫做吸水拉力，保证了对蒸腾失水的源源不断的补充。叶细胞所失水分要从导管吸取，由于导管里的水分是个连续流动的水柱，因此水柱将不断地被蒸腾的吸引力拖曳上升，引起根部细胞不断地从土壤中吸收水分。农作物的被动吸水——蒸腾液流的存在，也可以得到证明。喜欢养花的人，从花的植株上剪下带叶

的花朵,插入盛有水的器皿中,这朵花还可以生活许多天,并散发大量水分。这种水分的来源,就是蒸腾吸取力做功的结果。蒸腾吸取力的大小,取决于蒸腾的强弱及失水的多少。当细胞失去水分变成水分不饱和时,细胞的吸取力即行增长。

根系的两种吸水过程,因不同作物及其环境条件的变化,使其吸水量不断的变化着。被动吸水,受蒸腾量的多少而变,主动吸水受土壤溶液浓度的大小而变。但是主动吸水与被动吸水,通常总是交融在一起,表现出两种吸水力共同作用的结果。

根系吸水与环境条件的关系:根系吸水除因根系生长强弱以外,主要受外界环境条件的影响。根长在土里,土壤条件就成为作物根系吸水的基本影响因素。其中以土壤水分和温度的影响最大。

土壤水分含量是根系吸水的源泉。一般来说,土壤水分越大,根系吸水越容易,吸水量越多,反之土壤水分越小,根系吸水越困难,吸水量越少。当土壤水分降至一定程度后,即只有土壤吸着水的情况下,根系的吸水也就近于停止了。这和用水泵从塘库抽水一样,库里没水了再好的水泵也无能为力。反过来说,如果土壤长期浸水,通透性降低,氧气供应不足,根的呼吸受到抑制,生活力减弱,根系的吸水也受到了限制。

农作物对水分的吸收,有着一定的生理调节功能,这种功能表现在对根系形态和分布范围的变化上。农作物在正常情况下,根系主要分布于耕层,由浅入深逐渐减少,土壤水分越大,浅层根量越多。但当地墒不足后,作物为了维持生命活动,逼使根系尽量向土层深处伸扎,以寻求水分供应。这样以来,粗根、长根增多,浅层根量减少。加深了作物对

水分的吸收。群众经验中的“蹲苗”，就是借助作物的这一特性，促使根系深扎，增强抗旱能力的方法。

土壤温度过高或过低，对作物根系吸水都不利。而以低温的影响为主，条件最普遍。例如土温为25℃时，棉花根的吸水力为100%，而在10℃时，吸水力降低到20%。一般作物，当土温在0~30℃范围内，水分进入根系的速度，随着温度的升高而增加，随着温度的降低而减少，土温越低，根系吸水越少（表1）。

表1 地温对根吸水的影响

地温（℃）	吸水度（对地温20℃吸水量的比率）
0	56.6
5	60.0
10	66.7
15	81.3
20	100.0
25	100.0
30	130.0

注：摘自全国高等农业院校试用教材《农田水利学》沈阳农学院主编农业出版社1980年版。

土壤温度使根系吸水减少的原因，是由于高温（如土温大于40℃）使根系的新陈代谢协调性遭到破坏。低温使土壤水与根部细胞原生质的粘性增大，透性减小，增加了水分通过原生质的阻力；降低了根系吸水部分的细胞的新陈代谢强度；特别是降低了呼吸强度等所造成的。

②农作物对水分的消耗，农作物耗水的去向途径有三个方面，一是用于作物体本身的构成上，二是消耗于干物质积累的光合作用过程中，三是通过气孔散发于大气中去。实验结果表明，作物从根部吸收来的所有水分，真正用于光合作用的生理过程和作物体的构成部分，还不到1%。也就是说根系吸水的99%以上是由叶面气孔散发掉了。这样损失的过程叫做蒸腾作用。蒸腾的水分一般用以代表生理需水。

叶面蒸腾的过程，是由液态水转化为汽态水的过程。从表面看似对作物没有什么益处，反而由于大量的蒸腾失水，造成水量浪费和农作物的干旱。实际上农作物的这种蒸腾失水，绝不同于单纯的物理蒸发，而是通过生活着的作物从根部吸水，连续不断地输送到植株周身，再从叶面蒸腾掉了，整个过程都要通过生物体的生理活动而进行的。因此在正常的生活条件下，蒸腾不仅是自然的不可避免的规律，而且还给作物带来有利的影响。表现在以下四点：

第一，蒸腾产生的吸取力，是作物被动吸水的原动力，它能保证作物连续不断地吸取土壤水分。

第二，蒸腾能促进作物体内水分的循环，根部吸收的营养物质，能借助于蒸腾引起的输导作用，分配到作物体的各个部分。

第三，蒸腾能降低作物体温，使植株在强烈的日光曝晒下进行光合作用时不会产生灼伤。

第四，能促进作物体生理活动的正常进行。例如蒸腾时气孔张开，对吸收二氧化碳制造有机物质是有好处的。

农作物是一个活的有机体，对蒸腾水分过程具有自身的适应和调节功能。例如叶面的蒸腾量增强时，根系吸水力也