



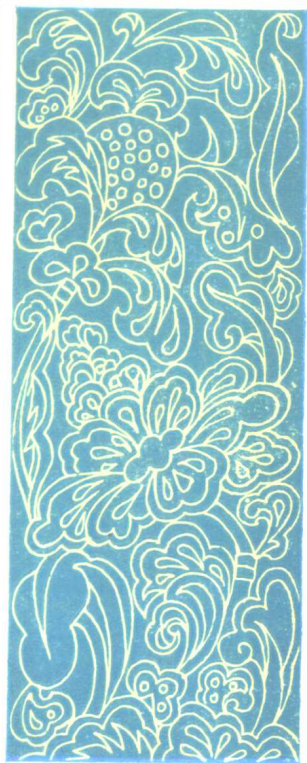
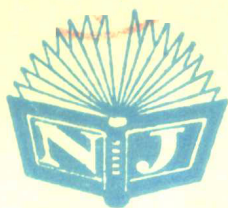
中华人民共和国农业部主编



农业生产技术基本知识

农田灌溉与排水

邹广荣 董冠群编著



农业出版社



中华人民共和国农业部主编

农业生产技术基本知识

农田灌溉与排水

邹广荣 董冠群 编著

《农业生产技术基本知识》编审委员会

主任委员 刘锡庚

副主任委员 邢毅 臧成耀 常紫钟

委 员 (依姓氏笔划为序)

王天铎	王金陵	王树信	方中达	方原	冯玉麟
冯秀藻	庄巧生	庄晚芳	关联芳	许运天	李连捷
吴友三	陈仁	陈陆圻	陈华癸	郑丕留	郑丕尧
张子明	季道藩	周可涌	姚鸿震	赵善欢	袁平书
高一陵	陶鼎来	奚元龄	黄耀祥	曹正之	彭克明
韩湘玲	栗宗嵩	管致和	戴松恩		

中华人民共和国农业部主编

农业生产技术基本知识

农田灌溉与排水

邹广荣 董冠群 编著

农业出版社出版 (北京朝内大街130号)

新华书店北京发行所发行 农业出版社印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 4印张 83千字

1982年12月第1版 1982年12月北京第1次印刷

印数 1—16,300册

统一书号 16144·2603 定价 0.35元

出版说明

近年来，我国广大农村干部、社员，为了加快发展农业生产，建设起发达、富庶的农村，逐步地实现农业现代化，学习农业科学技术知识的热情空前高涨，广大农村出现了爱科学、学科学、用科学的新气象。为了适应广大读者学习上的迫切需要，这一套《农业生产技术基本知识》，经过重新增补修订，体现了知识更新，反映了农业科技发展的新水平，现在以其崭新的风貌和读者见面了。

《农业生产技术基本知识》原是在五十年代组织编写的。自初版问世以来，经三次增补修订，由最初的二十三分册发展为三十三分册，再版四次，深受农村干部和群众欢迎，对发展农业生产起到一定的积极作用。这次重新修订编写，为便于读者按专业阅读，在原来三十三分册的基础上发展为一百多分册，力求每个学科既突出重点，又有系统性。丛书内容注重理论联系实际，以阐明科学知识为主，兼顾技术上的应用；文字力求通俗易懂，深入浅出，是一套适于广大农村干部和群众自学的农业科普读物。

为使这套涉及农林牧副渔多学科的书保证质量，我们邀请了有关方面的专家、学者组成了本书的编审委员会。值此丛书重新出版之际，谨向本书编著者及各位编审委员致

以衷心的感谢。

农业科技人员的勤恳工作和广大农业生产者的创造性劳动，推动着我国的农业科学技术蓬勃发展，科技成果层出不穷，由于我们掌握的资料有限，未能充分地反映到这套丛书之中来，不足之处，热诚希望读者提出宝贵意见，以便今后在修订中逐步补充完善。

中华人民共和国农业部

一九八一年六月

目 录

引 言	1
第一节 水与农作物	2
一、水与农作物生长的关系	2
二、农田水分状况及其对农作物的影响	4
三、农作物的需水规律	13
第二节 几种主要农作物的灌溉制度	19
一、冬小麦的灌溉制度	20
二、棉花的灌溉制度	23
三、玉米的灌溉制度	25
四、水稻的灌溉制度	28
第三节 灌水技术和灌水方法	34
一、地面灌溉法	35
二、地下渗灌法	45
三、喷灌法	48
四、滴灌法	53
第四节 农田灌溉对水质的要求	56
第五节 灌溉用水管理	59
一、用水计划的编制和执行	59
二、渠道水量的测定方法	63
第六节 农田排水的任务	68
一、农田水分过多的危害	68
二、控制地下水位是农田排水的中心环节	69

三、农田排水的效果	70
四、需要排水农田的分类	71
第七节 农田排水系统的规划布置	73
一、农田排水系统的功能	73
二、排水系统的组成	74
三、排水系统的规划布置	76
四、治涝标准	84
第八节 农田排水方式	87
一、明沟排水	87
二、地下暗管排水	95
三、竖井排水	107
四、生物排水	109
第九节 农田排水设施的管理养护	111
一、排水明沟的管理养护	112
二、暗管排水系统的维护	113
三、竖井的管理运用	114
第十节 农田排水技术的发展趋向	116
一、鼠道同暗管相结合的排水系统	118
二、塑料排水管	119
三、挖沟铺管设备	120

引 言

农田灌溉和排水，是保证农作物获得高产的一项重要措施。农作物扎根于土壤中，生长在地面上，需要有适宜的水分、养分、空气、温热、光照等条件，才能正常发育、生长。在这些农作物赖以生活的诸因素中，水分、养分参与农作物的生理物质循环，是营养因素；空气、温热、光照，表现为作物的环境条件，是环境因素。然而，水既是营养因素，又是环境因素；既独立发挥其作用，又协调、影响养分、空气、温热等因素。水分、养分、空气、温热同存在于土壤这一复杂的统一体中，它们之间相互影响，相互制约。土壤水分状况，对养分、空气、温热状况，对农作物生长状况，影响尤大。因此，通过调节土壤水分状况，来调节土壤中的养分、空气、温热状况，使之互相协调，以满足农作物正常生长的需要，是农业生产技术中的一项重要课题。

土壤水分不足，施行灌水以防旱，土壤水分过多，则排水以除涝防渍，为农作物创造适宜的生长、生活条件。水—土壤—农作物之间，形成一种径流运动和内在的联系。随着现代科学技术的发展，人们可以通过水文气象的预报，包括

自然降水、地面水、土壤水、地下水的预报，为灌溉和排水提供依据。同时，结合气象因子、作物发育生长各阶段的需水规律、灌排制度和灌排技术对作物产量的影响，以及水资源情况，进行计划用水，计划种植，形成“看天、看地、看庄稼”灌排的科学技术。本书本此观点，围绕调节土壤水分这一中心环节，阐述一些灌溉和排水方面的基本知识和实用技术，也介绍一些国内外的先进经验，供读者参考，以助于能正确地管理和运用好现有农田水利设施，使其在农业增产中发挥更大作用。

第一节 水与农作物

一、水与农作物生长的关系

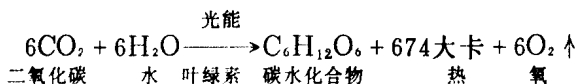
水和光、热、空气、养分一样，是农作物生活的必需要素。水是组成农作物有机体的主要组成部分，一般农作物植株含水量占总量的70—80%，蔬菜和块茎作物含水量达90—95%以上。在农作物生长过程中，生命活动愈旺盛的器官或部位含水量愈高。例如生长点、幼茎和叶子等的含水量一般在80—90%以上，随着这些器官的生长和衰老，含水量逐渐降低到60%以下。成熟种子的含水量一般降低至10—15%左

右。

水分是农作物细胞原生质的重要成分之一。原生质中一般含水90%左右。原生质中含水量的多少，可以引起胶体状态的变化，如凝胶、溶胶、团聚体间的相互转换，从而影响作物的代谢作用。当作物细胞原生质含水量充足时，代谢作用旺盛，生命活动加强，有利于植株发育生长；如果细胞原生质含水量不足，原生质胶体会由溶胶状态逐步变成凝胶状态，代谢作用减弱，严重失水时，细胞生命活动即会停止。

水分是农作物生理活动的基础。农作物体内的物质代谢作用在有水的条件下才能进行。例如有机物质的合成和分解必须以水为介质；矿物盐分必须溶解在水中方能被作物根系吸收；作物体内养分的运转也须以水为溶媒才能输送到各个部位；气体的交换也必须有水才能进行。

水分是农作物进行光合作用制造有机物质的重要原料。农作物的有机物质主要是碳水化合物，它是利用叶绿素吸收太阳光能同化二氧化碳和水而成。光合作用以化学方程式表示为：



在光合作用过程中，通常有1%左右的水参与了有机质的合成。如果水分不足，农作物茎叶发生萎蔫，光合作用受到抑制，会直接影响碳水化合物的合成。

水具有较高的比热、导热和气化热等物理特性，这些特性使农作物通过蒸散来调节和稳定其体内正常体温，避免由于强烈日光照射体温剧烈升高而受害；也可通过喷雾灌来调

节小气候，防止干热风害和冻害。

由此可见，水在农作物的生命活动中，有着极其重要的作用。没有水，农作物的生命活动即会停止。

水在农作物体内的作用过程，是不断运动、反复循环的过程。农作物通过细胞吸水和根系吸水，沿着根、茎、叶中的导管，将水分输送到各个器官，满足生理机能作用的需要。水从根到叶的原动力有两个，一是下部的根压，二是上部叶子蒸腾作用的拉力。根压不但使根部吸取水分，而且把水压向导管上升。但根压一般不超过两个大气压，不能作为水分运转的主要动力。水分运转的主要动力是叶面蒸腾作用所产生的拉力，因为蒸腾的结果，使叶部薄壁细胞具有较大的渗透压力，约为 20—40 个大气压以上，能保证导管的水分上升。水分由根系进入作物体内之后有三个去向，一是用于构造有机体本身，二是消耗于光合作用的过程中，三是通过叶面的气孔向大气散发。据试验，作物吸收 1,000 克水，只能形成 3—4 克干物质，如果这些干物质是由碳水化合物组成，则其中只有 1.5—2 克水被同化了，其余 998—998.5 克水均用于补偿蒸腾。所以，农作物吸收的水分绝大部分是通过作物体散失的，这种散失对作物的生态和生理需要都是不可缺少的。

二、农田水分状况及其对农作物的影响

(一) 土壤水分状况 农作物生长所需水分，主要是通过作物根系从土壤中吸取。农田水分状况如何，对农作物的

生长发育有很大影响。因此，科学地掌握和调节土壤水分状况，不断改善农作物的生活要素和外界环境，是农业生产技术的重要一环，也是农田灌溉和排水的主要任务。

土壤水分主要来源是自然降水和人工灌溉。土壤水和普通水一样，有固体、液体和气体三种形态。固态水在土壤冻结的条件下存在；气态水存在于土壤孔隙中，它和液态水经常互相转化，土壤空隙中经常饱和着水气，有利于作物根系和土壤中微生物的活动；液态水在土壤中数量最多，对农作物的生长发育作用也最大。

土壤中的液态水，根据被吸持力量不同，可分为如下几种水分类型：

1. 吸湿水 干燥的土粒从空气中吸收一些气体水分子附着在土粒的表面，这种水称为吸湿水。吸湿水所受到的引力很大，接近于一万个大气压力，水分子紧缚在土粒表面，不能自由移动，故不能供给农作物根部吸收利用，是无效水。

2. 膜状水 当土壤含水量达到最大吸湿量后，再和液态水接触时，便会在吸湿水的外围附着一层薄膜，这种水称为膜状水。膜状水外层所受引力虽然比吸湿水小，但具有高度的粘滞性，无溶解力，移动非常迟缓，农作物利用仍很困难，只有在和根毛接触时才能被吸收利用。所以农作物往往在膜状水没有完全消耗完以前就会因水分供应不足而出现萎蔫状态。

3. 毛管水 由于毛细管的物理作用而保持在土壤空隙中的自由水分称为毛管水。毛管水可以在土壤的毛管中移动，在正常温度下蒸发，最易为农作物吸收利用。毛管水能较长时

间保存于土壤中，并具有溶解养料的能力，为农作物吸收养料创造条件。毛管水能使自然降水和地下潜水沟通，从而使地下潜水得到补充和为农作物所利用。因此，毛管水对作物发育生长影响很大，是土壤水分中最有效的水分。毛管水在土壤中的分布，按其是否与潜水面连接，又可分为上升毛管水及悬著毛管水。上升毛管水系指由地下潜水沿土壤毛细管上升的水分；悬著毛管水则指土层中不与地下潜水连接的毛管水。上升毛管水的最大毛管上升高度随土粒机械组成所形成的空隙大小及土壤结构等条件的差异而不同，其数值由实测测定。表1是各种土壤最大毛管上升高度的大体范围，可供参考。悬著毛管水达到将可产生重力水时的最大值的平均

表1 土壤最大毛管上升高度表

土 壤	最大毛管上升高度 (厘米)	土 壤	最大毛管上升高度 (厘米)
粘 土	200—400	砂 土	50—100
粘 壤 土	150—300	泥 炭 土	120—150
砂 壤 土	100—150	盐 碱 土	120

表2 土壤最大持水率表（地面下50厘米土层内）

土 壤	最大持水率 (占空隙率的%)	土 壤	最大持水率 (占空隙率的%)
粘 土	75—85	砂 壤 土	40—50
重质粘壤土	65—75	粘 性 砂 土	35—40
中质粘壤土	55—65	砂 土	25—35
轻质粘壤土	50—60		

土壤含水率称为土壤的最大持水率，其数值随土壤质地、土壤中的盐分和腐殖质含量以及耕作条件等因素的不同而有所差别。表2是地面下50厘米内土层的最大持水率大体数值，列供参考。

4. 重力水 当进入土壤中的水分使土壤水含量超过最大田间持水率后，在重力作用下，超量的水分自上往下移动，称为重力水。重力水渗到下层干燥土壤时，一部分转化为其他形态的水，一部分继续下渗，如下渗到潜水面时，就转化为地下潜水。重力水在土壤中，不能为农作物所利用，并且会降低土壤的温度，阻碍空气的流通和微生物的活动，降低土壤中的有效养分，不利于农作物的发育生长。但在排水改良沼泽盐碱地，解除土壤积涝之害时却是必要的。

5. 地下潜水 土壤中的重力水渗透下降，遇到不能再渗透的隔水层，便积聚在土壤中成为地下潜水。地下潜水面距地表的埋深以高度计称为地下水位。地下水含可溶性盐类，即矿化度不高时，可提取用于农田灌溉。土壤中上升毛管水仰给于地下潜水。如果地下水位过高，地表土壤就会经常处于过度湿润状态，温度降低，不利于农作物发育生长；如地下水含盐量过高，还会引起土壤盐碱化。地下水位过高时，需采取排水措施，以降低地下水位。反之，如地下水位过低，在农作物根系层内土壤水分得不到潜水的补给，抗旱力减低，作物生长易因水分不足而受到抑制，则需勤加灌溉。

(二) 水分不足和水分过多对农作物的影响 适宜的土壤水分是农作物正常发育生长的前提条件。水分不足或水分过多，都对农作物的发育生长不利，直接影响到农作物的收

成。在自然条件下,农作物全生长过程对水分的取得与散失,往往是不平衡的。在干旱高温季节,蒸腾作用加强,散失的水分大于吸入的水分,就会引起作物体内水分的亏缺,如果这种亏缺在较长期间内得不到补偿,超过了农作物的抗旱性能的有限范围,轻则造成农作物的蔫萎,重则造成农作物的干枯死亡。这是因为在缺水情况下,作物生长过程受到了很大抑制,生理功能受到阻碍,细胞胶体化学特性受到破坏所致。例如蔫萎叶子的形成,是由于叶细胞含水量减少,二氧化碳进入受阻,光合作用减弱,但呼吸作用加强,作物有机物积累减少,而消耗并不减弱,结果导致作物生长受抑制,产量降低。在干旱情况下,作物需水与水分不足的矛盾须通过发展人工灌溉加以解决。在多雨阴湿季节,地面积水或土壤含水过多,超过作物耐涝限度,农作物生理机能也会受到影响,发育生长受到抑制,甚至造成死亡。

(三) 农田水分状况对气、热、养分等肥力要素的影响

1. 农田水分状况对土壤通气状况的影响 在土壤的空隙内,水和空气各占一定的空间。在种植旱作物的田块中,作物根系活动层内土壤空气所占的空间体积保持在非毛管空隙的10%以上为宜。如果农田水分过多,土壤含水量大,土壤中的空气相对减少,会影响到土壤中的氧气和二氧化碳的调节和更换,影响到根部呼吸的正常进行。在长期缺氧的条件下,呼吸作用产生乙醇,农作物会因乙醇的积累而中毒受害。在种植水稻的田块中,水稻的根、茎、叶间有通畅的通气组织,根部空气可以通过通气组织与大气直接交换,因而水稻可以在长期保持接近饱和含水量的土壤中生长。但若地面积

水过深，也会因光照不足、养分摄取困难，分蘖受到抑制，抽穗成熟延迟，引起减产或植株死亡。

2. 农田水分状况对土壤热状况的影响 水的比热为 1，为空气比热的 3,300 倍，为干土比热的 4—5 倍，因此，土壤中的水分含量与空气含量的对比关系，便直接影响到土壤的热状况，包括热容量、导热性及土壤温度。土壤含水量不同，土壤热容量也不同(表 3)；相应，土壤温度升高或降低的程度也就不同。例如用 300 小卡热量加入具有不同含水率的 100 克干土重的土壤上，其温度上升情况如表 4 所示。

表 3 不同含水率土壤热容量表(单位:卡/立方分米土壤)

土 壤		含水率 (体积%)				
		0	20	50	70	100
沙	土	302	385	510	592	717
粘	土	240	357	532	648	823
腐	殖 质	148	223	525	676	902

表 4 不同含水率土壤受热后温度上升情况表

含 水 率 (体积%)	上 升 温 度 (°C)	含 水 率 (体积%)	上 升 温 度 (°C)
0	15	25	6.6
5	12	30	6.0
10	10	35	5.4
15	8.6	40	5.0
20	7.5	50	4.0

注：本表干土重为 100 克，土粒比热 0.2，加热量 300 小卡。

由此可见，在相同的太阳热量下，土壤含水率低，热容量小，土壤温度变化快，地温上升较高；反之，土壤含水率高，热容量大，土壤温度变化慢。土壤含水率过高或过低，土壤热状况对作物发育生长都不利。土壤含水率过低，在夏季白天，地温上升，温度高，蒸发量大，易造成作物萎蔫；在冬季，随气温骤然下降土壤温度亦骤然下降，易使作物遭受冻伤。土壤含水量过高，在夏季，气温高，土壤温度不易下降；在冬季，气温低，土壤温度难于上升。因此，保持土壤有适宜的含水率，在夏季可以抑制地温，防止农作物因温度过高而萎蔫，在冬季则可调节地温，防止土壤温度骤然下降而作物受冻害。土壤的导热性受土壤含水率的影响也很大，含水率愈低，导热性愈弱，土壤温度的日变幅和年变幅就增加；含水率高，导热性则较强，在冬季，土壤结冻较难，但若达到结冻程度后，冻土的深度就较大。因此，掌握水对土温的关系，就可以根据农作物不同时期对土温的要求，视天气温度变化情况，通过调节农田水分状况来调节土温。水稻田淹灌水层的深度不同，同样对田间温度（土温、水温及棵间温度）有显著的调节作用。

3. 农田水分状况对土壤养分状况的影响 农田水分状况，影响着土壤通气和热状况，土壤水分、通气、热状况又共同影响着土壤中的养分状况。土壤中的养分一般有速效性养分和迟效性养分两种形态。速效性养分易溶于水而为农作物所吸收；迟效性养分存在于难溶于水的矿物质和复杂的有机质中，需经过水分溶解、水化、水解及微生物等作用转化后才能为作物所吸收。特别是有机质的转化，与水分状况的