



农作物

田间灌溉技术

河南科学技术出版社

农作物田间灌溉技术

李文朝

河南科学技术出版社

内 容 提 要

根据作物需水规律,介绍了我省十二种作物的田间灌溉技术;同时也讲述了灌溉原理、方法,和田间渠系建设、用水计划的编制,以及提高田间水利用率的措施等。

农作物田间灌溉技术

李 文 朝

责任编辑 曹力献

河南科学技术出版社出版

河南郑州解东印刷厂印刷

河南省新华书店发行

787×1092毫米 32开本11.875印张233千字

1985年4月第1版 1985年4月第1次印刷

印数: 1—3,000册

统一书号 16245·151 定价 1.70元

出版者的话

田间灌溉是农作物栽培管理的一项重要内容，也是保证农业增产丰收的一项重要措施。农谚有“有收无收在于水，收多收少在于肥。”可见农民把肥、水看得同等重要，而且寄予很大的希望！

建国三十多年来，随着整个社会建设事业的发展，我省农田灌溉面积也由建国初期的647万亩发展到5,923万亩，可灌面积发展了八倍多。更为重要的是，在我们有了这些水以后，如何发挥它的最大效益，如何实行节约用水和合理灌溉，把有限的水真正能够达到根据作物生长生理需要，用到最关重要的环节上去，促进作物旺盛生长，这就是编辑出版的主要目的。

本书主要是介绍我省十二种主要作物的田间灌溉技术，同时也就田间灌溉的基本原理、方法，和田间渠系建设、用水计划的编制以及提高田间水利用率措施等，也都作了必要的讲述；可供农村基层干部，农业、水利技术员，农民群众生产、工作中学习参考；也可作为县、乡农水部门、水库渠系等单位的培训教材。

另外，受编者委托，对本书编写中所引的文献资料，未能一一注明出处，谨向有关编著者致歉，并表示诚挚的谢意。

1984年7月

目 录

第一章 灌溉原理与灌溉方法	(1)
第一节 灌溉原理	(1)
第二节 灌溉方法	(30)
第二章 夏收作物的灌溉	(59)
第一节 小麦灌溉	(59)
第二节 油菜灌溉	(110)
第三章 秋收粮食作物的灌溉	(127)
第一节 玉米灌溉	(127)
第二节 水稻灌溉	(152)
第三节 红薯灌溉	(184)
第四节 高粱灌溉	(195)
第五节 谷子灌溉	(203)
第四章 秋收经济作物的灌溉	(214)
第一节 棉花灌溉	(214)
第二节 大豆灌溉	(231)
第三节 花生灌溉	(241)
第四节 芝麻灌溉	(250)

第五节 烟草灌溉·····	(266)
第五章 田间渠系、用水计划和节水措施·····	(282)
第一节 田间渠系·····	(283)
第二节 田间用水计划的编制·····	(312)
第三节 提高田间水利用率的措施·····	(326)
附录 确定灌溉制度的几项主要资料·····	(341)
一、土壤容重·····	(341)
二、土壤比重·····	(344)
三、田间持水量·····	(345)
四、土壤孔隙率·····	(347)
五、土壤含水量·····	(348)
六、土壤计划湿润层深度·····	(360)
七、土壤种类·····	(360)
八、毛管水上升高度·····	(361)
九、需水量系数·····	(362)
十、模系数·····	(364)
十一、地下水利用量·····	(364)
十二、降雨量·····	(367)
十三、土壤最大持水量·····	(371)

第一章 灌溉原理与灌溉方法

第一节 灌溉原理

一、作物对灌溉的要求

(一) 灌溉在农业上的重要意义

农业是国民经济的基础，而水利是农业的命脉。为实现我国农业现代化，不断提高农业生产水平和劳动生产率，使农业产品无论在数量和质量上都能得到极大的提高，以不断改善人民的生活。要想把我国建设成为世界上农业生产搞得比较好的国家，首要的工作是必须用先进的科学技术和现代化设备来装备农业，而实现农田水利化，使农作物能够根据生长的需要及时地得到适量的水分供应，则是农业现代化的内容之一。其中有关发展农田灌溉，调配田间水分状况等工作，也是农业高产稳产的基本条件。

我省地处中原，土壤肥沃，气候温和，水利资源比较丰富，对发展农业生产的自然条件是相当优越的。全省降水量多年平均为800毫米，由南向北递减。南部最大，可达1,000—

1,400毫米，中部为700—1,000毫米，北部最小，仅600—700毫米。降水以夏季最多，一般6—9月雨量占全年降水量的50—70%，冬季则很少降水。降水量年际间的变化也很大，最大年降水量与最小年降水量之间相差达2.5—3.5倍。

我省主要水源为河川径流和地下水，因而农业的突出问题往往由于降雨量在时间分布上不均等，而形成较多的旱涝灾害，于是在全省范围内用灌排来调节农作物的需水就显得十分必要。解放以来，在党和政府的重视关怀下，我省农田水利事业呈现了崭新的局面，有效灌溉面积由解放初期的647万亩发展到现在的5,923万亩，增长8.15倍。各地科学试验和生产实践证明，灌溉不仅能提高产量，更是稳产的基本条件；由于农田灌溉面积的发展，给保证我省农业生产的连年丰收起到了重要的作用。随着农田水利事业的不断发展，我省有效灌溉面积的发展计划是：1990年达到7,000万亩，2000年达到9,500万亩，这给进一步为农业的高产稳产将可做出更大的贡献。

要懂得合理灌溉能促进作物高产稳产的道理，首先应了解农田水分对作物生长发育、土壤肥力等的作用。为此，本书先从理论谈起。

1. 水与作物生长发育的关系 水是作物有机体的重要组成部分。一般作物生长期中，体内的含水量约占60—80%，如果供水不足，作物的各项生理活动就无法协调进行。因为水是供应作物养分的必须条件，土壤中的有机肥料必须有水才能腐烂分解，即使是化肥，也必须溶于水变成养分溶液后，

才能被作物吸收利用。没有水，干巴巴的肥料对作物无用，而水分不足时，养分溶液的浓度太高，也不利于作物吸收。所以，必须有足够的水分，作物才能顺利地吸收土壤中的养分。同时，水又是作物进行光合作用*的原料，只有在水分供应适当和其它生活条件正常的情况下，才能较好地进行光合作用，制造和累积较多的有机物质。

水在作物体内不断地循环，即一方面通过根系不断吸收水分，另一个方面又通过叶片蒸腾陆续散失水分，于是根的吸水和叶的失水形成了一对矛盾，存在于不断新陈代谢的植物体中。正是由于叶片的大量失水，才促使根系大量吸水而顺利地吸收了养分，保证了作物的正常生长，并维持作物体的适当体温。

因此，水与作物生长发育关系非常密切，只有水分供应适当时，作物才能正常地生长发育，获得较高的产量和优良的品质。如果水分不足或过多，就不利于各种生理活动的进行，使生长发育受阻，轻则引起作物减产，严重的甚至死亡。

2. 水与土壤肥力的关系 作物生长发育离不开光、热、空气、水分和养分等生活要素，而它们大多要通过土壤来调节和供应。所谓土壤肥力，就是指土壤能提供作物生长发育所必需的水分、养分、空气、温热等生活要素，以及调节这

*光合作用是绿色植物自己制造有机养分的过程。植物吸收空气中的二氧化碳和土中的水，在阳光条件下，通过叶中的叶绿素，制造养分，就是光合作用。

些生活要素的能力。如果土壤中的水、肥、气、热等要素能够适应作物生长发育的需要，或者说土壤肥力较高，就能促使作物高产。如果在这些生活要素中，有一项或几项条件恶化，不能满足作物的生长发育，或者说土壤肥力较低，就会影响作物的增产。

土壤中水、肥、气、热等要素是互相联系，又互相影响的，特别是水分要素，它对肥、气、热的影响更为突出。所以，水分不仅是土壤肥力的要素之一，又是影响其它要素的主要角色。水分适当，则这些要素就能相互协调，从而提高土壤肥力；水分不当将促使其它条件恶化，因而降低土壤肥力。为此，只要通过调节土壤中的水分状况，就可以影响控制土壤中的养分、空气、温热等其它要素，以满足作物生长发育的需要。

一般土壤中都具有许多大小孔隙，水和空气则处在土壤的孔隙之中。如果土壤空隙中水多则空气变少，水少则空气增多。所以土壤中水分的多少，直接影响着土壤中的空气状况，又通过空气状况影响土壤中的养分状况。如果土壤的通气条件良好，土壤中的好气微生物就活动旺盛，土壤中的有机质经过好气微生物的分解，使有机质所含的养分获得释放，就能供作物吸收利用。如果土壤中的通气条件不良，则嫌气微生物活动旺盛，它可以把尚未完全分解的有机质重新组合而形成一种新的物质，叫做腐殖质。如果它大量累积、贮存于土壤之中，虽对培养土壤的肥力有很大作用，而作物却不能及时得到足够的养分，供生长发育的需要。可是在土壤中，

有机质的分解和腐殖质的合成过程，始终是互相矛盾，互相制约的；某一过程强烈，另一过程就微弱。因此，我们可以通过调节土壤中的水分来调节土壤中的通气状况，从而控制有机质的分解和腐殖质的合成过程。它既要使有机质不断分解，以满足作物对养分的要求；又要使土壤中累积、贮存一定腐殖质含量，保持和不断提高土壤的肥力。

土壤中水分的多少，也能影响土壤的温 热 条 件。当土壤中水分多时，因水分蒸发而使热量散失；如果蒸发耗水较快，散失的热量就较多。所以，在一般情况下，较湿的土壤温度低，较干的土壤则温度高。另外，由于水的保温能力要比干土大许多倍，传热能力也较强，因此，当气温突然升降时，较湿土壤的温度变化幅度小，而较干土壤的温度变化幅度大。根据这些道理，我们就可以通过灌溉排水等措施，调节土壤中的水分，从而调节、控制土壤的温热变化。在生产实践中，春季低温时对过湿土壤采取排水措施，以提高土温，可争取早播。夏季炎热时进行灌水，则可稳定和降低土温。秋冬季节进行灌水，保持和提高土温，平抑土壤温度的骤变，可以防冻害。水田通过合理灌排，控制水层厚度，可以调节土壤温度和氧化还原状况，如早期育秧遇霜冻、寒潮，更可短期灌水护秧，以防冻害。低洼冷浸田则可开沟排水，提高土温，改善土壤的养分状况，提高肥力。

从上述中可以看出，水是土壤肥力的主要因素之一。如果水分处理得当，水、肥、气、热状况相互协调，土壤的肥力就高，就能促进作物的高产，如果水分处理不当，水、肥、

气、热诸因素之间就互相矛盾，互相对抗，不能满足作物生长发育的需要，就达不到高产目的。另外还可看出，在一般情况下，水分与空气的矛盾是主要矛盾，而水又是矛盾的主要方面，只要通过调节控制土壤中的水分状况，就可以调节控制养分、空气、温热等其它因素，使它们相互协调，以满足作物生长发育的需要，这就是合理灌排能够促使作物高产的道理。

（二）灌溉水质

在解决作物需水和调节土壤水分状况的问题上，不但要考虑水的数量，也要考虑水的质量。所谓灌溉水的质量，主要指水中所含有的泥沙、危害作物生长发育的盐类，和利用生活和工业污水的酸碱度、悬浮体、有毒物质、传染病菌以及水的温度等等。

1. 灌溉水的泥沙 作为灌溉水源，一般河川径流的含盐量较少，而含泥沙较多；地下水泥沙含量极少，而含盐量有时偏大；水库和蓄水池中的水因经过沉淀，含盐量和泥沙含量均少。

灌溉用水的泥沙含量必须控制在一定的范围内，如果含泥沙量大于15%，就不宜进行灌溉，否则大量泥沙随水入渠，势必将渠道淤塞，不仅降低渠道输水能力，每季还要花费大量劳力清淤，得不偿失。就泥沙的颗粒大小而言：小于0.1而大于0.005毫米者，可以把结实的土壤变得比较松软，

改善透水性能*和通气良好，但其营养价值不大。只有小于0.005毫米者，因其具有很大的营养价值，才能提高土壤肥力。

我省河流分属长江、淮河、黄河、海河四大水系。据统计，长江含沙量在0.02—0.08%之间；淮河正常含沙量为0.05%；黄河在花园口站的年平均含沙量为27公斤/立方米，其含量虽较大，但由于90%以上的泥沙颗粒小于0.1毫米，所以对灌溉并无多大妨碍。如果泥沙含量或颗粒大小超过上述范围而又要用来灌溉时，必须通过渠首部分设沉沙池等措施进行处理，方可作灌溉水应用。

2. 灌溉水的含盐量 灌溉水中含盐量多少，不仅对土壤能否引起盐碱化有直接影响，而且对作物生长也有直接或间接的危害。水中溶解的盐分有芒硝、食盐、苏打、碱和卤等等。对土壤的危害程度，以碱最重，硝最轻。一般说，一升水中含全盐量小于1.1—1.7克时，都可以用于灌溉；大于1.7—3克时，必须通过化验，其中碱的允许量为0.1克，食盐要小于2克，芒硝要小于5克，全盐量大于4克的水，进入土壤则开始碱化，不能用来灌溉。据化验，黄河水一升的全盐量只有0.28克，所以黄河作为灌溉水源是很理想的。

*透水性，系指土壤的透水性质和能力。田间的土壤是由大小不等的各级固体颗粒混合组成，颗粒与颗粒之间有孔隙，这些孔隙便组成了透水的通道。自然降雨或灌溉水能从这些孔隙通道中渗透过去。影响土壤透水性能的主要因素是土壤中所含孔隙的多少和土壤颗粒大小及级配情况；其次也与水温以及土壤的矿物成分有关。通常情况下，各种土壤的透水性能是：重粘土及粘土属弱性，重粘壤土属中下性，中粘壤土属中间性，轻粘壤土属中上性，沙壤土及轻沙壤土属强性。

3. 污水水质 随着现代工业的发展，工业废水、废气、废渣日益增多，如何处理和利用这“三废”已成为一个世界性的重大问题。近些年来，利用处理过的城市污水灌溉农田，好处甚多，它可以节省劳力，降低农产品成本，提高土壤肥力，增加作物产量。例如，每吨污水的含氮量相当于0.45—0.76斤硫酸铵，浇地一次（40立方米）相当于亩施硫酸铵18—30斤。但污水灌溉要特别注意因地、因时、因作物制宜的用水方法，千万不能一刀切。已总结的经验是：大苗多浇，小苗少浇，块根作物不浇，弱苗多浇，壮苗少浇，成熟期不浇，气温低时多浇，气温高时少浇，刮风下雨时不浇，新灌区和白地多浇，老灌区少浇。实践证明，采用清水、污水轮灌或清水、污水混灌的方法，可以收到合理利用污水和促进农业增产的效果。

采用不加处理或处理不完善的污水灌溉，所带来的严重问题：一是污染水源，使水质恶化，不能饮用；二是破坏土壤，危害作物，比如有的污水中有害物质未经处理，流入农田后会使土壤板结，无法耕种；三是影响农产品质量，曾有人反映污水灌溉后稻米颜色发灰、食味不佳，发现某些作物中有毒物质含量增加。

4. 灌溉水温 灌溉水除了含沙、含盐、含毒等水质状况应加注意并进行必要的处理外，水的温度对作物也有一定影响。因此，应根据作物各个生育阶段对温度的要求，有时可利用水温来调节当地的气候状况，有时则应对水温进行处理（如用迂回渠道或晒水池以提高水温）再灌水入田。

二、作物需水规律及其对 土壤水分状况的要求

(一) 作物吸水特性与影响因素

作物一生中，需要大量水分。水分由根系进入作物体内之后，一是用于构造作物体本身，二是消耗于光合作用的生理过程中，三是通过叶面气孔向大气蒸发散失。科学试验表明，作物吸水的99%以上是用来补偿蒸发，只有不足1%的水量才真正用于作物生理过程和保留在物体体内成为组成部分。由此可见，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。

作物需水包括生理需水和生态需水两个方面。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。作物生态需水是指生育过程中，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，作物这两个方面需水通常是通过叶面蒸腾和棵间蒸发来表示。旱作物的叶面蒸腾量和棵间蒸发量之和，称

*蒸腾作用，是作物水分蒸发的过程，称蒸腾作用。蒸腾作用在作物生理中的重要表现：①它是作物对水分吸收和运转的一个主要原动力，没有蒸腾作用，作物的被动吸水过程便不能产生，作物较高部分也无法获得水分；②它可以加速土壤溶质进入作物根部，再由根部通过水流而分布到作物体的各部分去；③在蒸腾过程中，水变为蒸汽要吸收热能，因此能够降低作物体温，使作物在强烈的日光照射下进行光合作用时，不致被灼伤。

为作物的需水量。水稻需水量除了叶面蒸腾和棵间蒸发量之外，还包括渗漏量。一般作物植株蒸腾量约占需水量的60—80%，棵间蒸发量约占20—40%。

作物需水情况常因作物种类、不同生育时期、不同地区条件而异。

1. 作物种类不同而不同 不同种类的作物，其本身形态构造和生长季节均不相同。凡生长期长，叶面积大，生长速度快，根系发达的作物，需水量较大；反之，需水量较小。作物体内含蛋白质或油质多的作物（如油料作物），比体内含淀粉多的作物需水多些。当然，同一种作物不同品种之间需水量也有差异，耐旱和早熟品种需水量就较少。

按需水量大小，可将作物分成三大类：水稻、麻类、豆类需水量较大；麦类、玉米、棉花等需水量中等；高粱、谷子、红薯等需水量较小。

在农业科学试验和生产实践中，还常常使用需水系数这一概念。它是指每生产单位重量的子粒（棉花指籽棉）所需水分的数量，单位是立方米/公斤或用无单位的倍数表示。旱作物的需水系数多在0.7—1.5立方米/公斤。

2. 因作物生育阶段不同而不同 一般是生育前期、后期，也就是幼苗期和接近成熟期的需水较少；生育中期，也就是生长旺盛时期的需水最多。作物在全生育期中对缺水最敏感，影响产量最大的时期，叫做需水关键时期。不同作物的需水关键时期也不相同。例如，水稻一般在孕穗期至开花期；小麦在拔节期至灌浆期；棉花为开花至幼铃形成期；玉米在抽雄

至乳熟期。概括说，大多数作物的需水关键时期，都是生殖器官形成和开花前夕，或正当开花的时期。

作物各生育阶段的需水量占全生育期总需水量的百分数，叫需水模系数，或叫该作物的需水规律。作物每日所需水量称为日需（耗）水量。作物日需水量和阶段需水量模系数，是制定灌溉制度和合理用水的重要依据。

3. 因地区自然条件不同而不同 作物生长的地区条件如气温、日照、空气、湿度、风速等气候因素，对需水量都有较大的影响。当气温高、日照强、空气干燥、风大时，需水量增大，反之则小。就地区而言，气温较低而湿度偏大的需水量常偏小，而气温高、相对湿度小的，则需水量偏大。就年份来说，湿润年需水量小，干旱年需水量大。

4. 因农业技术措施不同而不同 在深耕多肥、合理密植等农业措施下，作物需水量有逐渐增加的趋势，但并不成一定比例。例如，当密度增加，蒸腾量虽有所增加，但棵间蒸发量则有所减少；产量增加时，需水量有一定的增加或少量增加，但需水系数反而减小。据河南农学院试验，当小麦亩产500斤以下时，需水系数为650—2,000；亩产500—800斤时，需水系数为550—700；亩产800—1,100斤时，需水系数减少到400—750，这是因为水的有效利用系数有所提高的缘故。

总之，由于上述各种因素的影响，需水量是随条件不同而发生变化的。所以，农田灌溉必须从实际出发，因地、因时、因作物、因气候而异，进行合理灌溉。