

农业资源經濟問題

(下册)

陈迭云

华南农业大学农经系

一九八五年十一月

第六章 水资源的利用与管理

一、水资源的特征

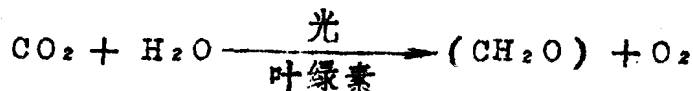
(一) 水分条件与农业生物的关系

水资源是指地球上存在一切形态的水分及其运动情况的总概念。包括海洋、河流、湖泊、地下水、土壤水、冰川水、大气水等水体，和包括水分的相变、降水、径流、蒸发等水分循环运动。但从农业生产角度来说，水资源通常指陆地上可以循环更新的淡水，包括地表水、地下水、土壤水和由水的动力作用所产生的水能资源。

地球上的水是整个生物界不可缺少的条件，水分不仅是生命起源所必需具备的因素，也是生物生长和维持生命的必要条件。假如地球没有水，一切生物也不复存在。一般植物体内含水量为70%左右，蔬菜类则更多，大白菜含水量为95%，冬瓜为97%；猪肉的水分52%，牛肉为69%，鸡肉为74%。成人体内有65~70%是水分，可见水分对农业与人类生活的重要。

1. 水分条件对农作物生长发育的作用

(1) 水是绿色植物进行光合作用的基本原料之一。绿色植物之所以成为整个生物界的初始生产力，因为绿色植物含有叶绿素，而叶绿素是唯一能利用光能进行光合作用的物质。我们知道光合作用的基本原料是二氧化碳和水，通过叶绿素吸收光能，进行复杂的化学作用而形成碳水化合物。光合作用的公式如下：



其中的 H_2O （水）光合作用不可缺少的基本原料。

（2）水在植物合成碳水化合物过程中，是植物所需各种矿物营养元素的输送者。我们都知道土壤中的各种矿物养分元素，只有溶解于水中才能被植物根部所吸收，不能溶解于水的养分，植物是无法利用。所以水分充当介质作用，将含有养分的溶液从植物根部输送到叶组织，以形成碳水化合物。

（3）植物细胞的生理活动必须有水分存在才能正常进行。生物的各种组织均由细胞组成，生物的生长和发育是由于细胞的不断分裂、增长的结果。生物细胞本身含有一定量的水分，细胞分裂及细胞内各种复杂的生理生化活动均需要有水分存在为前提。没有水分，植物细胞的一切生理活动就不可能进行。植物的一切生理生化反应，一般都必须在水分参与下才能完成。

（4）水分是支撑整个植物体的主要因素。植物体的枝叶挺直伸延，是依赖水分支撑，如水分供应不足，植物的叶和嫩枝就会枯萎。所以植物体内含有大量水分。水分起支撑植物体作用，使植物可以保持尽可能大的同化面积以吸收光能及二氧化碳，这样植物才能正常生长。

（5）水分在植物体可通过蒸腾作用促进根部吸收土壤中的水分和养分。植物的叶片有许多气孔，这些气孔可以把植物体内的水分蒸腾到体外。由于水分的蒸腾作用，造成植物体的扩散压力差，这种扩散压力差是促进植物根系吸收土壤中的水分及养分的动力。使植物体内的扩散压达到平衡。水分继续从气孔蒸腾，新的扩散压力差又出现，又促使根系从土壤再吸收水分和养分。如此循环往复，使植物不断生长。

(6) 水分可以调节植物机体的温度。通过植物机体温度的功能,使植物机体温度尽量保持在一个适宜的数值范围内。一般来说,太阳辐射越强和气温越高,植物机体的温度也上升,其蒸腾速度也越快,使机体温度得到调节。蒸腾作用之所以能调节植物机体温度,因为水的汽化潜热很大,在摄氏 20°C 时,每蒸发1克水需要585卡热量。而植物的蒸腾速度是相当高的,据测定,在夏季,一株山毛榉树一天内蒸腾的水分,比其鲜叶重量几乎大五倍。通过蒸腾作用,可散发机体内大量热量。

可见水分对植物的生存是非常重要的。没有植物则动物也不可能生存。我们知道水分的这些作用就可以在组织农业生产和合理组合各种资源时加以利用,及时适量供应水分和改善水分条件,以满足植物生长的需要。

2. 水分条件与农业生产的关系。

(1) 农业生物层中的水分条件

水有三种状态(或称三相)即:固态、液态和气态。在最适宜生命活动的环境中,水呈现为液体状态。水的相变,对农业生产有密切关系。地球表面的平均温度为 15°C 。在这个平均温度范围内,全部水资源几乎绝大部分以液态形式存在,仅有很少部分是呈现为固态和气态。而农业生物层所要求的水分条件,主要亦是液体形态;因为只有液态的水才能满足上述植物在生理上的需要。但并不是在农业生物层层中所有液态的水都符合农业生物的要求,海洋中含盐分很高的液态水,除极个别作物品种可直接利用外,这种海水基本上对农作物是无效而有害的。当然,这里指的农作物是不包括海洋生物的,海洋生物是以海洋为其生活环境。但是,这并不是说海洋含盐的水分,对农作

物需用的水分毫无作用。农业用的淡水，可以依靠水的相变转换以及全球规模的水循环中得到。海洋的水汽化蒸发到上空，成为气态水，这种水蒸气活动较自由，相当一部分随气流运动至陆地上空遇冷成为降水。当然，降水中的水蒸气也有相当部分是来自陆地蒸发的。但是全球规模的水循环是农业用水的主要来源。降水后通过陆地径流运动，从河流网络输送各地。

农业生物层的形成，除气温外，水分是最重要的因素。积温很低，气候严寒的地区没有植物生存，但异常干旱的沙漠地带植物也不能生长。农业生物层的不连贯性，缺水是一个非常重要的因素。即使地形很差的峭壁和土壤条件很坏的砂砾，尚若水分条件较好仍有某些野生植物生长。可见水分是农业生物层的必要条件。即使在生物圈中，也必须大量液态水存在，而且这种液态水存在的部位，还必须同时有或交替存在着固、液、气三种状态，并可以在其间实行能量和物质的转换。

整个农业生物层的水分条件是有很大的差异的，这是由于气候因素和地理因素所造成。水分条件好的地区其生产能力较高，农作物的产量也较高。反之，水分条件较差的地区则生产能力较差，种植农作物所获得的产量也较低。这不仅是满足农作物需水程度问题，而且水分对土壤有很大影响。因为水分在陆地的径流运动对于地球陆地表面的侵蚀、搬运和堆积，起着重要作用，这种径流运动是不断更新和塑造地表形态及土壤耕作层的主要动力之一，与整个农业生物层密切相关。

（2）水的各种特性对农业生产的意义

水有许多特性，这些特性对农业生产关系密切，现在将一些主要

的基本特性对农业的意义分述如下：

①水的^热容量特性。水的热容量很大，除水银以外比所有其他液体都大。如将热量以一定速度供给一定量的水时，其温度升高比其他液体物质都慢；相反，当从水中以相同量级释放出热量时，它的温度下降必比其他液体物质为慢。这种“热惯性”效应，能阻止温差变化过大，具有明显的“迟滞”效应，可以引起植物、土壤和大气等在热状态方面的差异，可以控制土壤温度和作物温度，可以影响当地作物种植与成熟时期的提早或延迟，并能影响当地的霜冻等。可见水的热容量特性对农业生产是起良好作用。

②水的溶解能力特性。一般来说，水具有比其他液体的溶解能力大，并且具有较大的溶解度。水几乎可以将任何物质溶解到不同程度。这种特性对于植物养分的迁移、累积、供应等方面极为重要；对于土壤的侵蚀（化学风化）淋溶以及盐碱土的改良有直接意义。

③水的表面张力特性。在已知的液体中，水的表面张力是最大的，这就是说，在一定条件下，水的弯月面半径总要比其他液体大。曲率半径越大，其含水量就越多，在土壤中就可以保持更多水分，使植物利用水的有效范围扩大。这一特性对植物生长是有利的。

④水的热膨胀特性。水由液态变为气态时，它的体积急剧膨胀；在一个大气压下，一公斤水变为饱和水蒸汽时，其体积增大到1672倍。这就有利于整个^大气循环，对全球的能量平衡和水量平衡都有影响。水也同其他物质一样，当液态水冷却时就会收缩，但是水在其变为固态之前，大约在4℃左右，就停止收缩，从4℃再继续下降到0℃的冰点，水却一反遇冷收缩的常态，发生体积膨胀的现象，因而密度变小。于是较冷的水（低于4℃）由于密度降低而浮在较暖的水

层之上。水在结冰时的密度与水在4℃时最大密度相比，其数值为0.92:1，因此在水体上的冰冻现象总是从表面向下逐步结冰。冰块也总是浮在水体表面，这种现象就有利于水生生物越冬。此外，由于水的这种膨胀特性，使在土壤中的水冻融作用，可以起到疏松土壤的功能，这对植物根系的生长造成良好条件；同时对土壤演化、颗粒破碎、养分元素的释放等都是有利的。

除上述之外，水尚有汽化潜热大，电离度小，热传导高等特性，这些特性在农业生产中都起着有利的作用。

水资源对农业生产无疑是非常重要的，俗语常说：“有收无收在于水”。没有水作物就不能生长，水分不足则作物生长不良，但水分也不能过多，过多对植物同样不利。如果植物长期淹在水里，使根系缺乏氧气，影响对水肥吸收而窒息死亡。所以我们在组织农业生产之时，要按各种作物的需水规律，实行合理灌溉，使作物有良好的水分条件，保证作物正常生长发育。保证水分及时适量供应是取得作物高产的基本条件。

（二）水资源的主要特征

水资源主要来自降水（包括降雪）。土壤水与地下水也来自降水浸入土壤或地下而形成。水资源的特征是由降水情况及水的三相衍生的，其主要特征如下：

1. 水的流动性

世界上一切事物都是运动着的。水的运动除水分循环的宏观现象外，液态水的流动是我们日常见惯的。其实气态水的流动更速，因为在空气中没有受阻碍，其流动速度因当时当地的大气压力及环流而定。固态的水也是运动着的，冰雪融化为液态就是一种运动过程，变成液

态后就易于流动。即寒冷的高山或冰川，冰雪终年不化，但仍在运动，不过非常缓慢，即每年融化的程度很少，少到在短期看不出有任何变化。水资源的更新和调节是依赖自然界的水分循环和大气循环，因为有这种运动水资源才得以保持平衡。

水有一定重量，每一立方厘米的液态纯水为一克重。液态水是流质，没有一定形态，受地心引力作用，所以一有出路或空隙就向下流，向地表较低处或向地下流去，形成地表水体如河流、湖泊、冰川、沼泽等和地下水。

由于水的流动性较大，一旦降雨量多，集流于低地，如排泄不及时则造成河流泛滥，淹没农田。但水的流动性对农业生产的^自流灌溉或人工灌溉均有利。此外，水的流动性可以产生能量，而成为水力资源。特别是地势落差大，水流急，形成丰富水力资源。只要我们善于利用水的流动性，改造和建设适当的水利设施，这一水资源的特征能为人类创造巨大的经济效益。

2. 水的贮存性

水的贮存特征是指水在自然界中，因气候、地形地势等因素的影响，形成相对固定并贮存在某处地上空间或地下。如地下水，高山积雪、冰山等都是有贮存性的而且是相对固定的水。地下水是液态，由降水浸透到地下的岩层空隙和地下岩洞而成，如有出口流出地面则成为泉水。积雪和冰山是固态，因终年积贮在寒冷的高山，很少融化，有长期贮存特性。另一些则非地处高寒，而是在冬季山顶积雪，春季气温转暖即融化，这些只有短期季节性的贮存特性。此外，在地面因地势关系，液体水积集在相对较低处形成湖泊，因与河流相连，湖泊的水是不断流动，但也经常保持一定水量，所以也成了自然的地面贮

水。人类为了改善水资源，建筑山塘水库，是属于人工的地面贮水。

水的贮存特征对农业生产和人类生活都很重要。高原的冰山积雪，虽融化缓慢，但河流往往发源于此。我国的长江和黄河均发源于西部高原。冰雪无论是长期或短期贮存，都是在春暖以后开始融解，变成液态下流，而这一时期正是农作生长季节，及时为灌溉提供水源。我国属季风气候，冬季雨水稀少，土地经过冬季干旱异常，到春暖开始种植之时，如无足够水分供应，则很难开耕。冰雪的融水能起到解决春耕用水作用。

水的贮存特征，特别表现在地下水。地下水的贮存在数量和质量均较稳定，不少地方因降雨量不足，靠地下水补充灌溉。也有不少地方靠地下水解决生活用水。

总之，水的贮存性，无论是^{地上城}地下贮存都能对人类利用水资源起调节作用。各地的降水都有季节性，且一般很不均匀，如降水后即从地表流入江河、海洋，无贮存现象，则水资源的作用将大大减少，经济效益也大大降低。为了充分发挥水资源的作用，应该利用其贮存性进行调节，使水分条件在时间和数量上的供求能达到平衡。

3. 空间分布差异

不同地区的水资源在数量上有很大差异。这种空间分布的差异主要受大气环流和地形影响降水量所形成。这种现象在全球范围也存在。因为水资源主要来自降水，而降水的空间差异是很大的。我国的台湾省是降水量非常大的，该省的火烧寮地方，在1936年9月10日至11日，降雨量达1245毫米，是世界上最大的一日降水量记录地区之一。而在苏丹的沃地哈发(Wadi Halfa)，在39年中总共才降雨0.5毫米；智利的依奇丘(Iquique)连续14年根本没

有降水，这是世界上降水量最少的记录。

我国降水量的分布，东南沿海较多，向西北大陆越内进越少。不同空间的降雨量大致如下：

我国各地降水量分布差异比较

台湾山脉一带	3000~4000毫米
浙、闽、粤	1500~2000毫米
长江下游地区	1200~1400毫米
秦岭淮河及四川盆地中心	900毫米
黄河下游、渭河流域海河流域	500~700毫米
东北东部及青藏高原东南部	≥500毫米
东北西部	200~500毫米
内蒙及河西走廊	≤250毫米
北疆	≥100毫米
南疆	≤100毫米

水资源的空间分布不均导致农业区的形成各有不同。水分条件的差异，不仅影响农作物的产量，更重要的是决定作物布局和生产结构。没有水田条件就不能种水稻，没有水体则不能生长水生作物或养殖鱼类。农业生产结构的确定，除气候、土壤和市场情况之外，水分条件也是重要决定因素之一。

4. 时间分布不均

水资源的时间分布就是在一年内降水的季节性。全球各地都有在不同季节，降水量分布不同的情况，这是由于各地的地理位置，气候条件和地形地势等因素所影响。

我国降水量夏多冬少，这是季风气候的重要特征。据统计全国夏

季(6~8月)的降水量占全年降水量的53.3%,冬季(12~2月)的降水量只占全年的8.6%。夏半年(春分至秋分)降水量为78.5%,秋半年(秋分至春分)降水量占21.5%。而夏半年的气温较高,形成雨热同期,是比较优越的农业气候条件,但也造成不同程度的水涝灾害。

由于水资源的时间分配不均,造成对作物供水不及时。虽然雨热同期,但夏半年降水量占全年四分之三以上,超过作物需水量,造成大量水分流失耗费,甚至为灾。而秋半年降水量只占全年五分之一强,往往不能满足作物需要,造成冬旱现象。为了使农作物需水得到及时供求,对水资源的季节性分配不均进行人工调节是必要的。因为人类的科学进步尚未能做到呼风唤雨,水资源的人工时间调节,当前主要是进行各种水利建设以便进行人工排灌。水利建设往往需用一笔投资,平时还要花管理费,造成生产成本增加。但实践证明,由于水分条件改善而提高产量和增加收入部分,远比排灌费用的增加部分为多。而且有水能资源的水利建设,如兴建水库,拦河坝等往往与水力发电结合进行。由于电力生产的收入,可以大大降低农业生产的排灌费用。但无论如何水资源的时间分布不均的特征,虽然人类能设法调节补救,终究是一个不利的因素。

5. 水的循环供应性

水是自然界中最活跃的物质。在各种自然资源中,水资源的最重要性就是它在水循环过程的作用下,可以周而复始,不断供应。从长远的平均值来看,水资源在全球和各地都有一定数量,即基本上接近一个常数。除非遭受到严重破坏,其数量往往是保持不变或年际的一定幅度变化。这种现象是水分的动态循环中发生蒸发、流动和降水等

水分交换运动使其得以维持。在水循环中，各种形式的水其交换周期不一样。如全球大洋中的水全部更换一次大约要3000年，而河流的水则只要11.4天。

各种形式的水的交换周期

水的存在形式	水分交换周期
世界海洋	3000年
全部地下水平均	5000年
其中：水分交换带	531年
土壤根系带	1年
冰川	8600年
湖泊	10年
河流	0.032年(11.4天)
大气中的水	0.027年(9.7天)
植物体中的水	2~3天
全部水圈	2800年

以上各种水存在形式的动态演化速率，可为人类控制和改造水资源提供有价值的参考条件。水的各种形式的交换时间虽有长有短，但是全球的水是一个整体，它们的交换是相互联系的，因此其交换速度也大致保持平衡。水分的循环交换是保持水分不断供应的基本条件。

水资源的各种特征是自然资源的整体性所决定，而这些主要特征也是相互联系的。我们在改造和利用水资源之时，必须综合考虑这些特征，利用和发挥其有利方面，改造和避免其不利方面。

二、水资源的利用

从整体来说，水资源包括大洋的海水，但因海水含盐分多，除海水养殖外，一般农业很少能利用。所以这节讨论的水资源利用，仅限于淡水利用。

(一) 水资源利用的种类

按用途水资源利用可分为下列各类：

1. 农业用水

农业用水是整个水资源中需水量最多的项目，每生产一公斤干物质，需要1000公斤以上的水分，一斤小麦需水750~2000斤，一斤棉花5000斤，水田每亩600立方，如使用不合理尚不只此数。

2. 工业用水（工矿用水）

工业生产也离不开水，在开矿业更是用不少水，如用高压水喷射掘矿、洗矿等，生产一斤化肥用水4000斤，一吨钢用水100吨以上，工矿用过的水，往往污染水质，应特别加以注意。

3. 生活用水

在大城市生活，有自来水设备，生活用水的消耗程度与当地经济社会发展，人民生活等情况有关。发达国家的大城市，水的消耗较多。城市人民每人每天一般需用400斤水（我国低于此数）。

4. 作为动力资源

传统的水磨是作为动力用来碾米等工作，近代还用作水力发电，把水力转化为电能。水力发电的成本远较火力发电和原子能发电成本为低。

5. 作为水路运输的通道

许多河流，自古就利用来作水路交通运输，而且运费低廉。

6. 淡水养殖

利用山塘、水库、湖泊、江河进行养鱼在我国有悠久历史。这种鱼类养殖，如饲养得法往往收到很高的经济效益。此外，淡水水体也有用作种植水生作物如莲藕、菱角等。

(二) 合理利用水资源的基本原则

水资源在自然环境中是与气候资源、土地资源和生物资源（特别是森林资源）有密切关系的。我们在利用水资源之时，必须结合其他资源的情况加以考虑。从这一观念出发，利用水资源之时，下列一些基本原则是要遵循的。

1. 全面规划

地球上水资源的现状是自然界四大循环的长期运动和发展所形成，而且总是保持平衡，全球水资源的变化要以万年计才能看出。所以在一定历史阶段，一个国家，一个地区的水资源总是稳定在一定状况。合理利用水资源就必须按照水资源的自然分布，流动规律以及农业与非农业对供水的需要进行全面规划。其原因是：第一，水资源是以液态形式供应农业生产的需要，而自然的液态水均由河流或地下水取得，而且河流的水源往往发源于很远地方，其下游可能流经许多地区然后流入湖泊或海洋。局部地区对水资源的利用，必然涉及其他地区，故须要全局考虑。第二，水资源利用的方式，用途和各种水利工程的兴建对某一范围地区水资源的数量和质量都会产生影响，所以要从整体出发加以研究。第三，本地区水资源如何充分发挥作用，使水资源得到及时更新，水质保持良好，也必须全面考虑。为此，就有必要制订水资源利用的全面规划。

水资源利用规划应由逐级行政区进行。全国有全国规划，一个省有该省的规划，一个县甚至一个区都要有水资源规划。一般是纳入农业区划中进行。作为农业区划的一个内容。县级综合农业区划，应有较详细的水资源利用规划。

水资源利用规划的内容因各地的水资源情况不同而异。一般来说，应包括：当地水文资料及水资源特点、旱涝灾害分析、当前水资源利用情况、水利建设及其经济效益分析、改善水资源利用的方向、近期及远期水利建设的目标等内容。为了使水资源利用规划有科学依据，应在详细调查和搜集水文资料的基础上进行，使规划尽可能符合客观。

2. 综合利用

综合利用就是要充分、高效和节约利用水资源，使同一的水资源尽可能发挥最大的效用和多种用途。上述各种水资源的用途，除工业和生活用水经使用后受一定程度的污染（工业用水中有些用途，如作为冷却用不会污染或较少污染），必须经过处理才能作其他用途外，其余各种用途均可兼用。在设计水资源利用时，同一水源安排多种用途，是一条很重要的经济原则。在各种用途中，水资源用在农业生产的灌溉最多。灌溉用水可直接来自江河、湖泊或地下水，但是为了调节用水时间和数量，现代农业往往兴建水库，拦河坝等水利工程。进行水利建设应综合考虑在灌溉之前，如水源的数量与落差具备适当条件，应先用作水力发电。倘若落差较大，还可以实行两级或三级发电。而在发电之前，水库的水源尚可利用来养鱼。水库养鱼捕捞困难问题应研究解决。有些地方因地形关系，须要抽水，也可尽量利用水力推动的水轮机进行提水。总之，要尽一切可能，利用水资源的潜力。

3. 提高效益

水资源在全球或任何一个地区的总量，每年有一些变化，有些地区的变率也很大，但总的来说，在长期的平均值来说，各地的水资源是有一定限量的，所以提高有限的水资源的利用效益是非常必要的。

在农业上，特别是在种植业生产中，水资源主要是用作灌溉，所以提高灌溉的效益，便成为农业生产中合理利用水资源的头等重要问题。

灌溉的经济实质是提高土壤经济肥力。从作物需要来说，灌溉是补充天然降水量的不足或不及时。因此，要提高灌溉用水的效益，就须要从两方面下功夫：一是要搞好灌溉系统的建设，进行农田规划及平整土地，这不仅节约用水，而且提高灌溉效率；二是根据土壤性质，作物种类及其需水量，按当时的科学观察确定灌溉的方法、数量和时间，这样可使作物及时得到适量的水分供应。

先进的灌溉方法，如滴灌和喷灌，不仅可以节约用水量，且提高产量。以下大豆不同灌溉方法的试验，充分说明问题。

大豆不同灌溉方法的产量和用水量比较

灌溉方法	每次灌水量(毫米)	灌溉次数	每亩灌水量(毫米)	亩产(斤)	比不灌水增产(%)
滴灌	5~9	4~6	25~45	406.9	40.1
喷灌	20~25	2~4	40~90	354.0	25.3
沟灌	60~70	1~2	65~130	323.6	11.4
不灌水				290.5	

资料来源：吉林省农业科学院机械化耕作栽培研究所1976
~79三年平均数字。

农作物在整个生产过程，既要有一个总的水量供应，又要求在不同的生长发育阶段合理分配一定的供水量。这就是说，作物对水分的需要既要充分，又要及时。因此，就有必要了解各种农作物的需水规律，按照作物的生长特点及需水要求，创造一个比较良好的水分条件，既有利作物的正常生长，又是节约用水的重要途径。

根据试验一些主要农作物的需水情况如下：

主要作物的需水量

作物	全生育期总需水量 米 ³ /亩	生育阶段	阶段需水量占总需水量(%)
水稻	220~550	返青—分蘖	17
		分蘖—拔节	29
		拔节—抽穗	16
		抽穗—乳熟	15
		乳熟—成熟	23
春小麦	200~370	幼苗	13
		分蘖—拔节	10
		拔节—抽穗	35
		抽穗—灌浆	24
		灌浆—成熟	10
		成熟	8