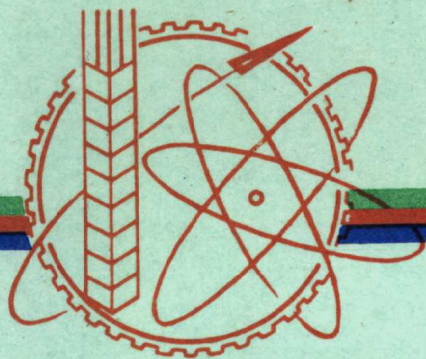


重点农业生产技术示范推广培训讲义

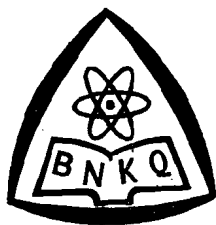


# 农业节水技术

北京市水利局农水处编著



北京市人民政府农林办公室



## **重点农业生产技术示范推广培训讲义**

---

主办单位：北京市人民政府农林办公室

编辑出版：北京市农林科学院情报所

印刷：北京市农林科学院情报所印刷厂

发行：北京市农林科学院情报所编辑室

---

## 前 言

为了提高农村基层干部和广大农民的科学文化水平，适应北京郊区农村商品经济发展的需要，加快专业化、商品化、现代化的进程，我们商请市人民政府有关农业方面的顾问团（组）的专家和粮食攻关组的专家，从建设农业商品生产基地的实际出发，充分运用各种实用的新技术、新成果综合配套，编写出《重点农业生产技术示范推广培训讲义》一套，供各县（区）、乡培训推广应用。

《讲义》的编辑印刷工作委托市农林科学院情报研究所承担。

由于时间仓促和缺乏经验，《讲义》中难免存在一些不足之处，殷切希望广大读者和各方面专家指正。

北京市人民政府农林办公室

1986.12

## 目 录

|                                           |               |
|-------------------------------------------|---------------|
| <b>农村用水供需状况与发展趋势</b> .....                | <b>( 1 )</b>  |
| 一、北京市水资源状况.....                           | <b>( 1 )</b>  |
| 二、农村用水情况.....                             | <b>( 3 )</b>  |
| <b>农业节水措施</b> .....                       | <b>( 5 )</b>  |
| 一、有效地渗蓄雨水, 扩充土壤水库与地下水库<br>.....           | <b>( 6 )</b>  |
| 二、合理灌溉, 减少灌溉用水量.....                      | <b>( 12 )</b> |
| 三、改进传统的地面灌水技术, 因地制宜地推广喷<br>灌、滴灌等灌水技术..... | <b>( 18 )</b> |
| 四、采取土壤保墒措施, 减少土壤水分的无效消耗<br>.....          | <b>( 23 )</b> |
| 五、推广渠道衬砌和管道输水技术, 减少输水损失<br>.....          | <b>( 26 )</b> |
| 六、制定政策法规, 加强用水管理.....                     | <b>( 32 )</b> |

# 农村用水供需状况与发展趋势

## 一、北京市水资源状况

北京市水资源来自境内的大气降水 and 外省入境水量两部分。全市16800平方公里范围内，多年平均降水量为626毫米，折合成105亿立方米。外省流入本市境内的水量，多年平均约为18亿立方米，合计为123亿立方米，这就是本市水量的总收入。

这些水量约有一半被土壤渗蓄吸收后，经植物蒸腾和地面蒸发消耗掉，约18亿立方米水因6000平方公里平原和4000平方公里山区无法控制而流出本市，只有42亿立方米的水转化为地表水和地下水，这就是本市的天然水资源。

北京按人口平均占有的水量是很少的，只及全国人均占有水量的 $1/6$ ，为世界人均占有水量的 $1/25$ ，在世界120个国家和地区的首都中，居百位之后。可见北京是严重缺水的城市。

水资源分天然水资源与可供利用的水资源两类。上面讲的是天然水资源。可供利用的水资源是指通过已修建的各种水利设施加以调蓄后，可以提供利用的水资源。其数量随各年度降水和外省来水情况而变。目前的情况是：当 $P=50\%$ （指保证率为50%，平水年）时，可供水量为47.6亿立方米；当 $P=75\%$ （指保证率为75%，偏枯水年），为40.5亿立方米；当 $P=95\%$ （指保证率为95%，枯水年），为33亿立方米（详见表1）。

表1

北京市可供水量表(亿立方米)

| 时 间   | 水 源 | 保 证 率 |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-------|
|       |     | 50%   | 75%   | 95%   |
| 现 状   | 地表水 | 24.00 | 16.90 | 9.40  |
|       | 地下水 | 23.60 | 23.60 | 23.60 |
|       | 总 量 | 47.60 | 40.50 | 33.00 |
| 1990年 | 地表水 | 20.70 | 14.20 | 9.80  |
|       | 地下水 | 23.00 | 23.00 | 23.00 |
|       | 总 量 | 43.70 | 37.20 | 32.80 |
| 2000年 | 地表水 | 19.5  | 13.3  | 9.4   |
|       | 地下水 | 23.0  | 23.0  | 23.0  |
|       | 总 量 | 42.5  | 36.3  | 32.4  |

今后可供水量是减少的趋势。这是因为本市地表水的可供量,主要依靠密云、官厅两大水库调蓄的水量,其可供水量占全市地表水可供水量的90%左右。但是,这两大水库的来水量主要来自北京境外,上游情况变化,直接影响水库的来水量。例如,官厅水库上游已修建大中小型水库200多座,晋北、张北能源基地、坑口电站建设规模逐渐扩大。上游用水量逐年增加。建库三十多年来,官厅水库来水量逐年减少:五十年代年平均来水19.4亿立方米,六十年代来水13亿立方米,七十年代来水8亿立方米,1980—1985年平均来水5.1亿立方米,其中1984、1985年只有3亿立方米。另外,官厅水库已淤积6亿立方米,若遇大沙年,已形成的汾水河口拦门

沙坎，将继续升高，这将加速官厅水库可供水量的衰减。从地下水看，全市地下水可开采量约24亿立方米。近几年来由于连续干旱，以大量超采地下水弥补用水不足，地下水位普遍大幅度下降。全市超采30亿立方米，其中以市区1000平方公里范围内超采最为严重，达18亿立方米，部分地区地下水已接近疏干状态。从发展趋势看，今后地下水可开采量将减少，这是由于各种建设面积越来越大，影响了降雨入渗补给地下水，农业上采取各种节水措施，也减少了地下水的补给。根据预测分析，1990年和2000年可供水量如表1所示。

## 二、农村用水情况

全市工农业和生活用水量，已达44亿立方米（不包括使用工业退水和污水4亿立方米），接近于现有水利设施平水年的供水能力，遇偏枯水年或枯水年已不能满足要求。在全市用水量中农村用水是一个大户，1981~1985年平均每年用水量24.2亿立方米，占全市用水量的60%以上。农村的用水量中主要是种植业（包括果树和养鱼等）的灌溉用水，占农村总用水量的85%以上。从所用水源来看，主要依靠地下水。官厅、密云两大水库向农村供水量逐年减少，六十年代平均每年7亿立方米，七十年代平均每年6亿立方米，1981~1984年，平均每年5亿立方米，而1985、1986年只有1.8亿立方米，今后遇偏枯年，将无水供给农村。

从最近几年看，农村生产之所以没有因为缺水而受到严重影响，主要是靠大量开采地下水，挖了地下水的库存。近几年地下水位每年平均下降0.9米，更换深井泵和潜水泵14400多台。今后，农村的经济要进一步发展，人民的生活水平要进一步提高，种植业、工业和生活用水都要相应的增加。据

预测，到1990年和2000年，农村需水量将增加到25.3亿和27.6亿立方米，比现状需水量增加1.1亿立方米和3.4亿立方米（详见表2）。需要说明，这些需水量的数字是在充分考虑了节水的前提下预测出来的。需水量在增加，而农村的可供水量，不仅不能增加，反而要减少，这就势必使农村水的供需间产生亏额。据预测，到1990年，平水年亏缺3.1亿立方米，偏枯水年亏缺4.8亿立方米；到2000年，平水年亏缺5.4亿立方米，偏枯年亏缺7.1亿立方米（见表3）。

表2 北京市农村需水量（亿立方米）

| 时间    | 种植业   | 乡镇企业及农村人畜饮水 | 工业用水 | 合计   |
|-------|-------|-------------|------|------|
| 现状    | 20.90 | 3.3         | 0    | 24.2 |
| 1990年 | 19.0  | 4.3         | 2.0  | 25.3 |
| 2000年 | 19.0  | 5.3         | 3.3  | 27.6 |

说明：(1)种植业中，包括果树及养鱼等用水；(2)现状，采用1981—1985年平均值；(3)农村，包括近郊区农村。

表3 北京市农村用水供需平衡表

| 项 目        | 1990年 |       | 2000年 |       |
|------------|-------|-------|-------|-------|
|            | 50%   | 75%   | 50%   | 75%   |
| 可供水量(亿立方米) | 22.2  | 20.50 | 22.2  | 20.50 |
| 需水量(亿立方米)  | 25.3  | 25.30 | 27.6  | 27.6  |
| 盈亏水量(亿立方米) | -3.1  | -4.8  | -5.40 | -7.10 |



北京市是一个水资源严重缺乏的城市，不仅农村用水紧张，城市用水也是紧张的。在这种情况下，保证生活用水，限制工业用水，压缩农业用水，将是一个不可逆转的趋势。农村用水问题的解决只能依靠自身的节约用水，走节水型农业的道路。而且我们也应当看到，一方面农村用水面临着困难，另一方面又存在着比较严重的浪费水的现象，有较大的节水潜力可挖。因此，农业节水不仅是必需的，而且也是可能的。

## 农业节水措施

在具体讲农业节水措施之前，有两个问题需要首先加以明确：一什么是农业节水 and 农业节水措施？二是农业上水的浪费表现在哪些方面呢？

所谓农业节水，简单地说，就是在农业生产中，合理地调蓄利用各种形式的水资源（包括降水、地表水、土壤水和地下水），尽力消除水的非生产性消耗，使一定量水的投入与其他生产投入相结合，获得较高的经济效益与环境效益。为实现此目的而采取的一切措施，都是农业节水措施。

农业上水的浪费主要表现在以下几方面：

1. 大气降水未得到充分而适度的渗蓄，造成水的流失。
2. 降水或灌溉进入土壤中的水分，因耕作措施不力，造成蒸发失墒。
3. 地面不平整，灌溉不科学，次数过多，水量过大，湿润不匀，跑水漏水。
4. 在灌溉条件下，肥料、种籽、耕作、植保等措施不配

套，灌溉的水量未得到应有的产量和产值。

5.在输水过程中，沿途渗漏、蒸发和跑水。

6.水的管理无章法，用水无制度，浇地不按量交费，喝“大锅水”，滥采乱用。

7.发展工业和乡镇企业，不注意环境保护，污染水源，使水质变劣。

从上述情况可以看出，农业节水问题涉及的方面很多，涉及到包括大气降水、地表水、土壤水和地下水在内的各种形式水资源的调蓄利用问题；涉及到农业、水利、工业等各个领域的问题；涉及到技术政策、经济政策和法规等各个方面的问题。因此，应把农业节水作为一个系统来看待，要把水源的涵养、保护与利用相结合，水利措施与农业措施相结合，工程措施与管理措施相结合，技术措施与经济、法规措施相结合，走综合节水的道路，单靠哪一个部门，哪一招措施都是难以奏效的。应当从本地区的实际出发，针对节水中的主要问题，因地制宜地确定一种或几种措施作为主要措施，配合其他辅助措施，构成一个节水措施体系，从各个环节上杜绝水的浪费现象。下面介绍一些节水措施，供大家研究本地区节水措施时参考。

### **一、有效地渗蓄雨水，扩充土壤水库与地下水库**

北京气候的一个重要特点是降水量在年际间和季节间分配的极不均匀，旱季与涝季，旱年与涝年交替出现。一年的降水量85%集中在汛期，40—70%的降水量集中在30天内，14—30%的降水量集中在3天内。雨季降水又多以暴雨的形式出现，大量的降水来不及就地蓄渗而以地面径流的形式流走了。据1961—1983年的出境水量的统计资料，本市永定

河、潮白河、北运河、沟错河、琉璃河等五条河流，平均每年出境水量为13.67亿立方米，1964年竟达29亿立方米。一方面，本市地下水位逐年下降，地下水累计超采30亿立方米；一方面又有大量的雨水被排走，这是十分可惜的。我们不可能也没有必要把出境水量全部阻截，但是通过各项措施，增加就地蓄渗，减少水量流失却是可以做到的。如果能有20%被蓄渗利用，即可增加2.8亿立方米的水。

五十年代末，我们曾经执行过“以蓄为主”的方针，口号是“一块地对一块天”，水不出境，结果是到处筑埝挡坝，修平原水库，大引大灌，造成涝碱灾害的加重。后来又转向以排为主，旱能灌，涝能排。但是，现在仅考虑灌和排已不够了，在地下水已经严重超采，水资源深感不足的情况下，蓄的问题已提到日程上来了。不仅需要蓄，而且也有条件蓄，通过蓄，增加土壤水库和地下水库的蓄水量。为此，需在以下几方面采取措施：

### 1. 开采利用浅层地下水，调节控制潜水位

本市平原地区地下水有两种类型，一种是承压水；一种是潜水（俗称浅层地下水）。承压水是埋藏在两个隔水层之间的地下水，由于被限制在两个隔水层之间而承受一定的压力，当打穿顶上隔水层时，水就会上涌到某一高度，该高度叫承压水位。潜水是埋藏在地表下第一个隔水层以上的地下水，它具有承受一个大气压力的自由水面，这个水面叫潜水面，其绝对标高叫潜水位，潜水面至地表的距离叫潜水的埋藏深度。由于潜水平埋藏较浅，容易得到大气降水的补给，开采也比较容易，其埋藏深度直接关系到土壤水库与地下水库的库容大小问题。因此，通过开采利用浅层地下水，调节控

制潜水位成为建立土壤水库与地下水库的关键所在。从本市平原地区多数土壤情况看,地下水位每升高一米,约可蓄纳降雨100毫米左右。如果汛前将潜水位控制在6米左右,地下水面上土层的蓄水能力可达600毫米,加上这期间的蒸腾、蒸发消耗,可将一般年份的降雨就地蓄纳。市水科所在大兴县南各庄乡和礼贤乡进行的观测研究表明,在当地土壤透水性较强的条件下,汛前地下水埋深控制在5—6米,一般年份的降雨几乎可以全部渗蓄地下。如1984年8月6日至12日降雨259.1毫米,产生的地面径流很少。在春季抽水灌溉的同时,使潜水位下降,腾出地下蓄水库容,为夏秋多雨季节蓄纳雨水作准备,雨季所蓄的水量又为冬春灌溉准备了水源,作到秋雨春用,春旱秋抗。

## 2. 适当拦蓄降雨地表径流,为地下水的回灌补给创造条件

利用排水河道上的水闸在适当时机拦蓄降雨径流,利用山前砂砾河滩、沙子坑、平原水库等场所蓄水,回补地下水,已被实践证明是增加地下蓄水的好办法,在许多县乡已注意采用。此外,一些排水困难的低洼易涝地,应当有计划地通过改变种植制度,在雨季作为滞蓄雨水的场所。例如适当恢复高粱的种植面积。高粱在旱作物中是抗涝能力最强的一种,在孕穗期允许地里积水6—7天,孕穗之后允许积水的时间更长。低洼易涝地种植高粱,就可减少排水,为降雨的入渗创造条件。种植高粱,如能合理密植、加强管理、产量也是不低的,而且价格也比玉米高。也可以考虑采用一麦一肥(绿肥)或一麦一稻(旱稻)的种植制度,既有利于蓄水,也有利于培肥土壤。目前,在一些低洼易涝地上,不恰

当地推行小麦、玉米两茬平播，这就势必要求强化排水，违背自然规律，是不可取的。另外，还应当结合新农村的村镇建设，将村周围的取土坑、废坑塘加以整治疏挖，成为蓄水场所，既美化环境，又拦蓄了雨水。

### 3. 改善土壤的物理性质，增强蓄渗能力

如果说地下水面以下的土层孔隙是地下水库，那么，地下水面以上的土层孔隙就是土壤水库。无论是土壤水库还是地下水库，其蓄水效果的好坏，主要决定于三个因素，即水源、库容和水的入渗。后两个因素都和土壤的物理性质有关。

所谓改善土壤的物理性质，最主要的就是要通过深翻改土，结合施用大量的有机肥料，使土壤具有疏松、深厚的肥沃土层，具有良好的保水性和透水性。只有这样，才能多蓄水。

中壤以上的粘重土壤，由于农机具长期在同一深度内耕作，犁底挤压和粘粒沉积形成厚约数厘米紧实的犁底层，其容重高达 $1.6\text{克}/\text{厘米}^3$ ，总孔隙度只有35—42%，比耕作层低8—10%，透水性差，不利于蓄渗雨水，深耕打破犁底层，可增加土壤孔隙度和透水性。据测定，通过深耕后，犁底层的孔隙度可增加8—10%，从而提高了蓄渗水的能力。深耕也要适度，过深会影响作物产量，从全国各地的经验看，25—30厘米是比较合适的深度。

此外，本市有102万亩地属于粘性低平地 和夹有砂姜或厚粘土层的易渍土壤。砂姜层和粘土层一般在地表下70厘米左右出现，厚度不等，在海淀的山后、昌平南部、顺义西南部、朝阳北部和南苑一带大量分布。这种土壤，降雨以后，

易在隔水层以上形成滞水层，既容易浸渍作物根系，造成渍灾，又阻碍了上层土壤水向深层渗透补给地下水。如何打破这一隔水层，使整个土体的透水性得到改善，目前还没有一种好的办法，有人曾试用打钻孔填砂砾料形成透水孔的办法，效果也不太理想。有一种办法可以试验，即在隔水层以上的土层里铺设排水暗管，并将许多暗管连通起来。降雨后，土壤中水渗入暗管，汇集起来之后使之流入机井，补充地下水。当然这只是一种设想，成不成还有待于实验。

改善土壤物理性质的另一项有效措施，就是增施有机肥，促进土壤团粒结构的形成。“土壤水库”，实质上是由无数的“小水库”构成的。这些“小水库”就是土壤的团粒和微团粒结构。有团粒结构的土壤，总孔隙率较高，团粒内部是毛管孔隙，能大量吸持水分，团粒之间是以毛管孔隙，有利于水分的渗入，既有良好的保水性，又有良好的透水性。本市郊区土壤有机质含量低，除近郊菜田外，有机质含量仅为1%左右，土壤结构很差，板结紧实，不利于水分的渗蓄。实践表明，增施有机肥料，土壤中水稳性团粒( $>0.25$ 毫米)数量有增加的趋势，比未施有机肥的土壤多5—7%。由于土壤结构的改善，紧实度变小了，孔隙度增加了。据中国农科院土壤肥料研究所测定(1975年)，亩施新鲜粗有机肥300公斤，土壤孔隙度为43.3%，亩施450公斤为47.7%，亩施600公斤为57.2%。

绿肥是一种优质的有机肥料，翻压绿肥对于改善土壤结构状况，降低土壤容重，增加土壤孔隙率作用明显。江苏省新洋试验站测定，种植一年绿肥，团粒( $>0.25$ 毫米)增加6.84%，孔隙度增加2.43%，种植二年绿肥，团粒增加

14.85%，孔隙度增加4.97%，种植3年绿肥，团粒增加18.96%，孔隙度增加8.01%。

表4 种植绿肥后土壤物理性质的变化

| 年<br>限 \ 项<br>目 | 容重减少<br>(克/厘米 <sup>3</sup> ) | 孔隙增加<br>(%) | >0.25毫米水稳<br>准团粒增加(%) |
|-----------------|------------------------------|-------------|-----------------------|
| 种植一年            | 0.07                         | 2.43        | 6.86                  |
| 种植二年            | 0.12                         | 4.97        | 14.85                 |
| 种植三年            | 0.14                         | 8.01        | 18.96                 |

#### 4. 搞好水土保持，涵养水源

本市近三分之二的面积即10800平方公里在山区。山区的特点是坡陡土薄，植被稀疏，一遇暴雨产生大量水土流失，不仅大量浪费水资源，也恶化了山区的生产条件。搞好山区水土保持，涵养山区水源，不仅是发展山区生产所必需，也是缓和平原地区的水资源紧缺状况，优化生态环境所必需。山区水土保持，主要是以小流域为单元，全面规划，综合治理。陡坡造林种草，缓坡兴修梯田，沟道打坝淤地，控制水土流失，发展山区生产。

平原地区，从大地势看是平坦的，实质上是大平小不平，中小地形起伏，岗、坡、洼相间。每逢暴雨，岗坡之水流向洼地，使洼地形成“天落一寸，地涨半尺”的局面，既加重了洼地的涝灾程度，也造成了水的流失。平原地区也还要继续搞好平整土地。

以上讲的开采浅层地下水，调节控制潜水位；利用河沟、坑塘、洼地、平原水库等滞蓄雨水；深耕破犁底层，增

施有机肥料种植绿肥改善土壤结构状况，以及搞好水土保持工作等，都是围绕着一个“蓄”字。通过“蓄”，扩充土壤水库和地下水库，在这方面是大有作为的。这是要讲的一个方面的节水措施。

## 二、合理灌溉，减少灌溉用水量

前面我们讲过，1981—1985年平均每年用水量24.2亿立方米，其中种植业的灌溉用水量是20.9亿立方米，占农村总用水量的86.4%。如何合理灌溉，减少灌溉用水量是农业节水的一个重要问题。

### 1. 合理灌溉应满足以下基本要求

(1) 高产，通过灌溉为农作物的正常生长发育和耕作栽培创造一个适宜的土壤水分、温度、空气和养分的供应条件，获得高额而稳定的产量。大家知道，土壤水分是土壤肥力水、热、气、肥四要素中最活跃的一项因素。灌水不单是为满足作物的生理需水要求，而且也是为了以水调温、以水调气、以水调肥，配合其他农业措施，促进或控制作物的某些器官的生长发育，达到稳产高产的目的。

(2) 不破坏土壤结构，不造成土壤养分的流失，不引起土壤盐碱化、沼泽化，使土壤的物理、化学性质不断得到改良，肥力不断提高。

(3) 省水，充分而有效地利用水资源，水的利用率最高，一定数量的水能获取较高的经济效益与环境效益。

(4) 灌溉成本低，耗能少，浇地劳动效率高。

为满足以上要求，应当研究作物的需水规律，根据需水规律和其他一系列要求制定科学的灌溉制度，并用先进的灌水方法实现所制定的灌溉制度。



## 2. 按作物的需水规律灌水

作物体内含有大量的水，通常占其鲜重的60—80%，蔬菜体内90%都是水。作物体内只有含水充足时，才能保持植株挺立，叶片舒展，有利于接受阳光的照射和与周围环境进行气体交换，形成旺盛的生理代谢活动。供水不足，作物就萎蔫，严重供水不足就要死亡。

据测定，北京郊区，在适宜土壤水分条件下，一亩冬小麦的耗水量达300—370立方米，一亩夏玉米的耗水量达300立方米左右。这些水真正用来形成作物机体的只占0.15—0.2%，其余的水量为作物的叶面蒸腾和作物植株间的土壤蒸发所消耗。叶面蒸腾水量与植株间的土壤蒸发量大体上是7:3。水稻的耗水量更大，传统的淹灌水稻，除了叶面蒸腾、棵间水面蒸发以外，还有大量的水的渗漏损失，其耗水量每亩达1000立方米以上。

不同的作物需水量不同，同一种作物在不同的生育阶段的需水量也不相同。一般是前期需水量较少，生长盛期需水量较多，转入后期又逐渐减少。

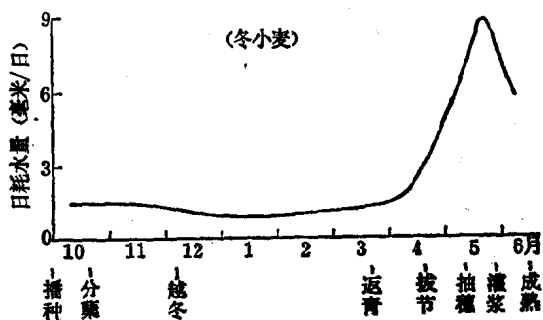


图1 冬小麦日耗水量变化（市水科所提供）