

土壤水库的功能和作用

李 玉 山

(中国科学院西北水土保持研究所)

在我国国民经济发展中,水资源不足的矛盾促使人们重新估价旱作农业的增产潜力和考虑灌溉农业中的节水灌溉问题。在这中间,土壤水库及其对作物供水的调节功能正日益被人们所重视。实际上,土壤水是一项重要的水资源,在解决农田供水、提高旱作产量和节约灌溉水方面,有其自身的特殊作用。本文拟就此问题以黄土高原南部塬区为例,做一阐述。

土壤水库的性质和功能

当谈到农田水资源问题时,一般只包括地面水和地下水,殊不知忽略了一个更大的水资源——土壤水。降水落到地面以后,一部分以径流形式汇入江河,形成地面水;一部分入渗地下,受不透水层顶托,形成地下水;但更大部分却被土壤截流、蓄存,形成土壤水。在黄土高原南部塬区农田中,被土壤截存的降水量占90%以上。地面水、地下水和土壤水只不过是降水重新分配的不同形态,因为土壤水不具备自由水流动的形态,所以一直被人们忽略。

土壤作为一个水库,同样具备两个条件:一是库容,一是水源。土壤是一个持水孔隙占土体约30%的多孔体,如果作物利用层以2米深计算,则每亩土壤可蓄存550—600毫米水分,即360—400立方米。一个100万亩耕地的县,土壤蓄水能力可达3.6—4亿立方米,相当于几个大型地面水库。

土壤水库中无效储水量占库容量的33—50%。在有效储水量中,实际可被作物利用的数量,也因作物种类、生长优劣、农作制合理与否和实际蓄水量等而有很大差别。这就使我们有可能通过不断动用土壤水库有效储水量和提高水分生产效率的办法,实现节约灌溉用水和农业增产。例如,现在一般小麦的水分生产效率为每毫米耗水量生产籽粒0.6—0.8斤,如果提高到1.2—1.5斤,在同样耗水量下单产即可增加1倍。

土壤水库具有显著的调节作物供水的功能。由于降水年际和季节间分配不均所形成的旱情,因这一功能的存在易得到极大缓和,以致旱年依然有可能获得较高产量。

土壤水库的充满程度,决定于水源,即降水量及其分配和水分收支间的平衡情况。库满程度愈高,对作物调节供水的作用愈强。由于水分支出的主要方式是蒸腾,所以一块农田中种植的次数愈多,或所种植作物生长期愈长,则造成土壤水库的亏缺程度愈大;在相同降水量补给下,库满程度则愈低;当作物受旱时,调节作用则愈小。

一年中，土壤水库区分为充水阶段和失水阶段。并和雨季相一致。雨季末期土壤水库蓄存量达到年内最大值，渗入土壤水库中的水分因田间稳定湿度的存在，能长期保存下来为作物旱季用。黄土高原南部一年一作的农田中，雨季降水可渗至2米，充满大部库容。

作物利用土壤水库储水的能力

水分在土壤水库中分布在不同深度，依靠深层发育的根系为作物吸收利用。黄土高原的土壤深厚、疏松，通气性强，具有根系向深层伸展的条件。发达的根系，如水泵的吸水管，密布于土壤水库之中。

小麦的根系在拔节以前已伸至2.5米深，最深为3.2米；棉花超过2米；春玉米也达到2米；苜蓿和沙打旺等多年生牧草，根深超过7米。很重要的一点是深层根系分布的密度很大，小麦、棉花在1.5米以下土层内，最低一级毛根的间距尚小于1厘米。深而密布的根系赋予作物以强大的吸水能力。我们以作物吸水量占有效水全储量之比，即有效水田间利用率来表示吸水能力，则各种作物对不同深度土层储水利用的能力如下：0—1米上层麦、棉、苜蓿约可达到100%，即具有把有效水全部用完的能力；1—2米上层小麦为91—93%，棉、苜蓿为90—100%；2—3米土层小麦为48—78%，苜蓿为96%；3—4米土层苜蓿仍达82%；4—5米土层苜蓿达66%。据陕西蒲城县测定，1981年小麦耗水量中，土壤供水量普遍多于200毫米，占小麦耗水量60%以上，故在早年仍能取得平丰年的产量。

但是，复种小麦和夏播玉米，其根系分布限于1米深度，缺乏底墒的秋茬棉花，根深只有1.06米，这些农田1米以下土壤储水由于茬口原因，蓄存量很少，又因根弱不能利用，一遇旱情，受旱严重。

以上所指，系作物对土壤水库的利用能力。实际吸水量则视生长优劣、生长期降水量多少而有变化。小麦生长期降水量超过350毫米的丰水年份，土壤储水很少消耗。肥力高、产量高的田块，土壤储水则被大量利用。例如，在一个深耕施肥试验中，亩产605斤较380斤的小区，从土壤中多吸收了58毫米水份，相当于一次灌水量。在实践中，低产的田块，在作物生长后期，其土壤储水量往往高一些，而不是低一些，表现出有水用不上。

土壤水库与旱作农业

土壤水库功能发挥的好坏，要看农业利用方式合理与否。土壤水库的库容、蓄积水量的丰歉以及消长的变化有其自然规律，采用的农业措施符合了这个规律，才能达到抗旱增产的效果。

黄土高原南部塬区的旱作农业，历来以种植小麦为主，实行夏季休闲种植制度。一般亩产水平为100—300斤，也出现过亩产800斤的纪录，需水量范围为300—450毫米。产量相差许多倍，耗水量相差50%，说明用水效率差别甚大。旱塬大部地区生产1斤小

麦，耗水系数为1,600—2,200，有的高达3,000以上。如压低到800—1,100，在不增加供水量情况下，单产可提高1倍。

据陕西渭北旱塬研究资料，耗水量350毫米能产400斤小麦，耗水量400毫米能产600斤小麦，耗水量450毫米能产800斤小麦。每增加50毫米耗水量，产量可增100—200斤。水分利用效率则由每毫米水生产1.1斤小麦上升到1.8斤。这表明，产量愈高用水愈经济，水的生产效率也愈高。同样的耗水量可以生产不同数量的小麦。

小麦所耗水量有两个来源：一是生长期降水量150—250毫米；一是来自土壤水库，即播种年份蓄存在土壤中的底墒水100—200毫米。两部分水源可互相补偿。这种补偿，即余缺调剂的作用增加了小麦的稳产性。只有二者俱缺（两年连旱时发生这种情况），才能形成灾情。小麦生长期降水量我们无法控制，但底墒水的丰歉则能够通过农业措施加以调节。夏季休闲就是增加底墒水的基本措施。在半干旱地区搞种植业，农田休闲不能视为可有可无的环节。夏季休闲期间土壤并未休息，它在那里补充水分，释放养分。

一季作物种植后，土壤中会造成很大的水分亏缺。其亏缺度可达到有效水库容的100%，全库容的60%。黄土高原南部塬区6—10月份降水量多为300—450毫米，减去同期蒸发量250毫米左右，实补充水量约为100—200毫米，入渗土壤140—220厘米深。假若在夏作后增加一茬晚秋作物，一部分雨季降水复被作物蒸腾所消耗，减少了土壤水库的水源补充，而使水分入渗深度减少。秋田一般只有1米，偏早年只有40—70厘米。秋茬地底墒蓄存量大幅度减少，不仅在数量上减少了来年春季对小麦的调节水量，而且土壤被连续利用造成的干层，以及养分的过量消耗，将显著削弱后茬小麦的长势和根系发育，降低用水能力，升高耗水系数，造成轮作周期中总产降低的后果。延安地区农业科学研究所试验，在夏田倒秋田时，插种一次绿肥纳入轮作中代替一茬晚秋作物，则是一个可行措施。所以说，对该区主体作物小麦来说，坚持夏闲是目前必须的。

土壤水库与节水灌溉

在干燥度为1.5左右的黄土高原南部塬区，目前实行的常规灌溉定额为每季作物150立方米/亩（即225毫米）左右。通过不断发挥土壤水库对作物供水的调节功能，有可能大幅度降低现行常规灌溉定额，达到节水、节能和增产的目的。

据1977—1980年在陕西洛川塬区研究结果，生长期降水和土壤水库二者供水总量，较丰产小麦需水量仅缺100毫米左右，依此而确定的灌溉定额较目前实行的常规灌溉定额降低了一半。实行低定额灌溉单产可达常规高定额灌溉的96%，而灌溉水生产率（即每立方米灌溉水的增产量）可提高60%。

春玉米灌溉研究表明，降低玉米灌溉定额有更大的潜力。由于春玉米生长需水动态和该地区降水的季节分布有更好的吻合性，所以常态降水年份中，降水量及土壤水库季节间调节量已可满足玉米亩产1,000斤的需水量（440毫米），可不进行灌溉。只有干旱年，才需补充少量灌溉水。

这样，在黄土高原南部塬区，灌溉水资源有限，完全可以通过实行低定额灌溉来增加灌溉面积，把有限灌溉水源用到灌溉增产效率高的作物的途径，来提高灌溉水的产量

和经济效益。

鉴于作物水分供需平衡有很大的地域性，常规灌溉定额压低的幅度也将因地而异。但下述一点是明确的：在黄土高原地区，特别在一年一作地区，由于土壤水库效应的存在，节水灌溉的潜力应该认为是很大的。

以肥调水 增加给源

本区降水量不足，加之分配不均，固然是造成干旱的直接原因，但土壤瘠薄对形成低产和加重旱情的影响是不可低估的。从解决问题上讲，关键问题是肥。这里的肥，包括地力和肥料。以肥调水也包含两重含义：一是增强作物利用土壤储水，特别是利用深层储水的能力；二是改善营养，可使作物消耗同等水量合成较多的干物质。这一点对旱作和灌溉农业同样具有重要意义。试举几例：陕西澄城县埽村大队1961—1970年10年中，旱作粮食耕地亩产最低为84斤，最高也不过210斤；蒲城县1962—1981年，20年平均旱作小麦亩产172斤。本区农田水资源提供的产量潜力显然高于这个水平。1974年埽村大队小麦平均亩产264斤，同一气候年份中，四队40亩为444斤，六队10亩为510斤；同年合阳县大伏六大队平均亩产412斤。产量高的原因全在于施肥数量多。1977—1980年洛川县北10里的良种场，旱地小麦稳产在400斤，而县南10里的来往大队灌溉试验田亩产只有280—320斤，为什么水浇地打不过旱地？关键在于肥。1979—1980年陕西洛川塬春玉米灌溉施肥试验中，施土粪1万斤，尿素40斤，不灌区玉米亩产1,177斤，灌77立方米水亩产1,171斤，灌140立方米水亩产1,178斤，产量相近，耗水量递增为434、543和610毫米。但施土粪减半、尿素8斤情况下，灌水140立方米每亩仍减产150斤。灌溉水没有形成产品，表现为灌溉的产量效应小于肥料。

这些情况提醒我们，现在新灌区已逐渐发展到每人平均耕地较多的中、低产地区。这些地区土壤肥力本底水平约为亩产粮食200斤左右。如不配合土壤培肥等农业综合技术措施，灌溉的增产效应将受到严重限制，甚至会出现水地产量落后于旱作的异常情况。

历史上，这个地区平衡肥力的办法主要有三个，即夏季休闲，施用粪肥和生物养田（种豌豆、苜蓿）。哪个地区每人平均耕地少，粪肥多，即可减少生物养田的面积。后来在肥力平衡中又增加了化肥这个因素，生物养田面积进一步减少，这是正常的。多年来，我们做了一些效果不好的事情，大多出于忽视了土壤肥力平衡这一规律。例如，在旱作情况下，期望利用有限的水分、养分，增种一茬作物来提高总产量；新的肥料平衡没建立之前大幅度压缩养田作物面积；平整土地时把千百年来培肥的近似土粪的表土深埋地下，然后再把几万斤类似表土的土粪运到田里等。在灌溉农业中，忽视培肥等农业综合技术措施的配合，误认为水一到田，产量倍增，结果事与愿违，灌溉效益甚差。

培肥地力是黄土高原改善农田供水条件的方向性措施。需要建立长期、系统、定位的科学实验，建立大面积实验区。通过培肥土壤，加强根系的深层发育，充分利用土壤水库储水以增加作物需水给源，此即所谓以肥调水。