

# 黄淮海平原的几个土壤水分问题

陈 志 雄

(中国科学院南京土壤研究所)

黄淮海平原旱、涝、盐碱、风沙为害,其中前三种灾害与土壤水分有密切关系。土壤水分不足发生干旱,水分过多则造成涝渍。水分是盐分的导体,随着水分在土壤中运动,盐分也跟着移动,或积累于地表,或淋洗至深层。另一方面,土壤水分又是植物的汲源,不论什么形态的水,都要转化为土壤水才能为植物利用,正是由于这一点,使土壤水分在农业生产上十分重要。要使农业获得丰收,必须使土壤水分适时地保持在一个适宜的范围内。因此,研究黄淮海平原的土壤水分问题,不仅对这个地区的旱、涝、盐碱防治,同时对这个地区的农业生产,都有十分重要的意义。

黄淮海平原是一个十分宽广的农业区,但它也和世界上许多地区一样,正日益受到土壤资源和水资源限制的压力,因而促使人们去研究如何更有效地利用这些资源。本文试图从黄淮海的实际出发,运用近年较成熟的理论和方法,对一些土壤水分问题作一探讨。

## 一、土壤有效水

习惯上,把田间持水量至凋萎湿度的土壤水分称为有效水。虽然这样规定没有严格的物理意义,但在实践上却相当有用,它给灌溉农业提供一个根据,即灌溉水量不应超过这个范围的上限——田间持水量,而田地里的水分也不宜低于这个范围的下限,就是说,当田地里的水分达到凋萎湿度之前便应当灌溉了。这个概念纠正了过去人们认为土壤可以无限地吸水因而灌溉也可以无限地供水的错误认识,避免了无节制地灌水使水土流失或抬高地下水位而造成次生盐渍化等弊害。

按田间持水量的定义为:当过量的水排掉后,水分向下运动速度显著下降时土壤保持的水量,对结构和质地均一的土壤来说,这种情况一般在降雨或灌溉后2—3天发生。田间持水量的测定方法,就是根据这一定义规范的。实践证明,在地下水位很深的条件下,它是符合实际的,可以作为一个界限值应用。但是,在黄淮海地区,它是否也可以作为有效水的上限值呢?这个问题值得商榷。因为黄淮海平原地下水埋深较浅,随着地形与季节不同,地下水位一般变化在1—4米之间。在浅水位条件下,田间持水量的测定结果在很大程度上取决于水位的深度<sup>[1]</sup>。因为在这种条件下降雨或灌溉后,水分的分配是一个内排水过程,剖面水分趋于与水位达到水力上的平衡。平衡时,剖面各点吸力与水位的关系为,

$$S = \rho gh \dots \dots \dots (1)$$

式中S为土壤(水)吸力,  $\rho$ 为水的密度,  $g$ 为重力加速度,  $h$ 为测点与水位的垂直距离。

(1)式表明,当内排水达到平衡时,土壤吸力与地下水埋深成正比。例如,当地下水埋深3米时,表土吸力约为0.3巴,埋深2米时,表土吸力约为0.2巴等等。因此可以推论,当水分向下运动速度显著下降(接近平衡)时,不同水位的剖面吸力状态是不同的,因而其湿度状态也是不同的。故田间持水量的测定结果必然因水位不同而不同。由于水位不同而造成田间持

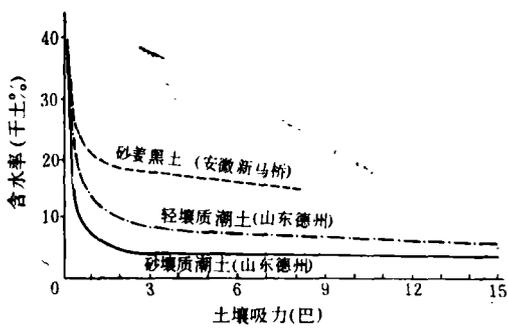


图1 黄淮海平原几种主要土壤的水分特征曲线

水量测定结果的误差,可用土壤水分特征曲线的资料来估算。图1为黄泛平原上广泛分布的两种轻质土壤(砂壤质潮土和轻壤质潮土)以及在淮河流域上广泛分布的粘质土(砂姜黑土)的水分特征曲线。这些资料表明,在低吸力范围内,含水量随吸力的变化十分显著,例如,0.2巴时,砂壤土的含水量为2.14%(干土%),而在0.3巴时含水量为13.5%(干土%),换言之,这种土壤在水位2米测定的田间持水量结果比在水位3米测定的结果要多7.9%(干土%)左右。这样显著的差别是难以忽略的,所以在水位浅的黄淮海地区,不宜把田间持水量作为有效水的上限值应用。同时值得指出,长期以来我国也习惯将田间持水量作为作物适宜湿度的一个参比量,基于上述理由,在这个地区用它作为参比量也是不适宜的。

那么,应当根据什么来确定黄淮海平原的有效水上限呢?我们认为,这个界限值应当根据当地的适宜地下水深度而定,因为原来取田间持水量为有效水上限值时,已经暗喻:有效水上限为田地可容蓄的最大水量,即过量水排掉后的土壤持水量。在浅水位条件下,过量水排掉后,田地可容蓄的最大水量就接近于土壤水与地下水达到水力平衡时的剖面水量。如果我们取平衡时表层土壤的含水量值作为有效水的上限值,据此计算出的灌溉定额就可大致补足田地可容蓄的最大水量而不会有过量之虞。故可认为,本区有效水上限值取决于当地适宜水位。如适宜地下水位为2米,有效水上限值可定为0.2巴相应的含水量,适宜水位为3米时,则可定为0.3巴相应的含水量,等等。固然,当内排水达到平衡时,剖面上、下层的含水量是不同的,表层土壤的含水量低于深层。以表层含水量代表整个剖面来计算灌溉定额时,其结果略低于田地可容蓄的最大水量,即土壤尚可容蓄更多的水。如嫌上述估算精度不够,则可用其有关的水分特征曲线来作精确的估算。例如,封丘某地麦田的地下水位为185厘米,土壤含水量如图2的b线,其灌溉定额便可由其水分特征曲线(图3)估算。当地下水位为185厘米时,与土壤水达到平衡的各层吸力值如表1所示,由各层的水分特征曲线(图3)可得其相应含水量(表1),将这些含水量值标于图2中

土壤含水量(容积%)

图2 应用水分特征曲线确定灌溉定额图解

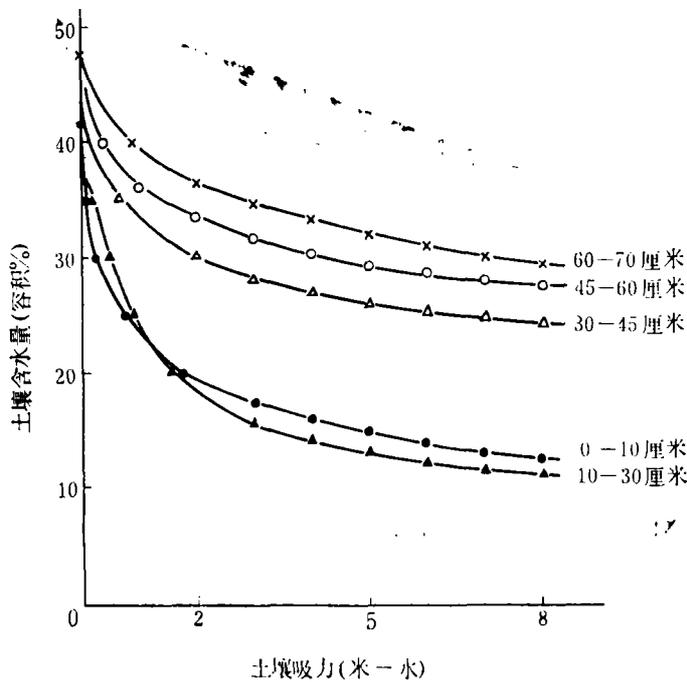


图3 各层土壤的水分特征曲线(吸水过程)

得出图中的a线，积分a、b二线包围的阴影部分便得出应灌溉的水量(31.9毫米)。

可见，土壤水分特征曲线是十分有用的资料，尤其是低吸力范围的资料，对这个地区的灌溉、排涝、防渍设计来说是必不可少的。水分特征曲线的测定方法在我国已渐趋成熟，除压力薄膜法外，在低吸力范围内尚可用张力计法或吸力平衡法测定，图1诸曲线表明，因质地不同，土壤的持水性相差甚大；此外，粘土矿物性质、结构、容重、有机质含量等因素不同，也有一定影响，故对各种土壤应分别进行测定，以取得必要的资料。此项测定在农田水利上应列为常规测定，它将会在实践中发挥很大的作用。

表1 与地下水位(185厘米)平衡时的土壤吸力和含水量

深度(厘米)	吸力(米-水)	含水量(容积%)
0—10	1.85—1.75	18.5—19.0
10—30	1.75—1.55	20.0—20.8
30—45	1.55—1.40	31.2—31.5
45—60	1.40—1.25	35.0—35.5
60—70	1.25—1.15	38.5—38.8

## 二、关于灌溉

实践证明，灌溉在黄淮海地区已经取得一定成效，灌溉的效益似乎没有疑问了。自六十年代本区引用井灌并排以后，这种方法很快就推广开来。由于抽取大量地下水灌溉到盐碱地上，一方面冲洗了土壤盐分，另一方面降低了地下水位，含盐地下水不复沿毛细管上升而使盐分积累于地表，收到了洗盐和灌溉的双重效果。同时，它避免了渠灌引起水位抬高的问题，即使实行大水漫灌，由于抽水量总是大于回归到地下水的水量(因为一部分抽水量用于灌溉时被蒸散了)，所以水位只会下降不会上升。这样，土壤可腾出一部分库容来承接汛期的雨量，避免或缓和这个地区的涝渍灾害，其有利的一面是显而易见的。但是在一些地区，由于井灌引起地下水位大幅度下降，这种情况如果普遍出现，后果将是十分严重的。黄淮海平原本来是一个水资源不足的地区，地下水位下降表明这个地区的水资源进一步枯竭；目前，只是由于能源短缺，

不能大量发展机井灌溉，这种情况才幸免普遍出现。由此可见，在黄淮海地区发展灌溉，不论是井灌或渠灌，不可只见其有利的一面而忽略其不利的一面，故对本区的灌溉问题，从一些基本问题谈起，看来仍然是必要的。

黄淮海平原属于受季风影响的东部半湿润地区，就周年范围来说，其大气蒸发要求超过降雨量，以封丘县为例，近20年的平均潜在蒸散量<sup>[2]</sup>为1159毫米，为其降雨量（610毫米）的2.5倍，若就干旱季节来说，其差别就更大了。封丘县4、5两个月的历年降雨量为74毫米，潜在蒸散量<sup>[2]</sup>则为370毫米，为前者的5倍，故此时进行灌溉显然会有一定效果。但是必须认识到，由于大气蒸散力是如此之强，以致灌溉水一旦流入土壤之后绝大部分都消耗于蒸散，极少能贮存于土壤中。所以，如果灌溉水是从本区的地下水中抽上来的，除非它得到相应的补给，否则必然造成本区水资源的消耗。这就是地下水用于灌溉时在水平衡帐目中的出路。故在发展井灌时，首先应从战略眼光出发，考虑水资源平衡问题。同时，不论利用地下水或引客水灌溉，都应特别注意水的利用效率，权衡得失，避免盲目性。

灌溉水流入农田后，成为土壤水，故灌溉水的利用效率，实质上与土壤水的有效性是一致的。关于土壤水的有效性，至今认识尚有分歧。有的认为有效水范围的土壤水分是等效的，有的则认为不等效。后来有人提出，判断土壤水的有效性，应以满足大气的蒸散要求为依据，因为植物对水分的利用，绝大部分消耗于蒸腾。换言之，大气蒸散力的强度，决定着植物对水分的需要，土壤水分对这一需要的满足程度，就是判断它的有效性的依据。例如，端极地说，如果大气湿度为水汽饱和，那么即使土壤相当干（譬如说接近凋萎湿度），其水分的有效性与很湿的土壤并没有什么差别，因为它们同样能够充分满足这种极弱的蒸散要求，故它们是等效的。但是，如果大气蒸散力很强（譬如10毫米/天），情况便不同了，湿土也可能只满足这一蒸散要求的一部分（譬如8毫米/天，即80%），而在土壤不太干时，植物便可能因水分不能满足这一强烈要求而发生凋萎，只有在土壤很湿的条件下，这种蒸散要求才能充分满足。故在蒸散力强的条件下，不同湿度的土壤水分，其有效性会有显著差别（不等效）。这样来考察土壤水分有效性的观点称为动态观点<sup>[4]</sup>，因为它是从土壤—植物—大气水分运动的角度出发考虑问题的。实践证明这种观点是符合实际的。从植物生理角度看，当植物蒸腾得到满足时，气孔充分开张，呼吸旺盛，吸入的CO<sub>2</sub>能最大限度地满足光化作用之需，同时因蒸腾作用降低了植物体的温度，故植物最终有最高的净同化率<sup>①</sup>。因此，土壤水分能充分满足蒸散要求时，对植物来说，其有效性应最高，部分满足蒸散要求时，其有效性便相对降低。蒸散被满足的程度，适足以用来表征土壤水分的有效性。

大气蒸散力可用潜在蒸散量表征。彭曼根据水分蒸发的理论和经验，提出过一个计算潜在蒸散量的公式。目前，联合国粮农组织推荐用下述彭曼公式的修正式来计算潜在蒸散量<sup>[2]</sup>。

$$E_p = K[W \cdot R_n + (1 - W) \cdot f(u) \cdot (ea - ed)] \dots \dots \dots (2)$$

式中E<sub>p</sub>为潜在蒸散量（毫米/天），W为与温度有关的系数，R<sub>n</sub>为与蒸发当量的净幅射量（毫米/天），f(u)为风速函数，(ea - ed)为日平均气温的大气饱和湿度差（毫巴），K为因昼夜气象因素不同的补偿系数。

上式根据日照时数、温度、湿度和风速等气象资料，就可以估算出潜在蒸散量。它接近于水

① 植物有高的净同化率便有相应的高生长量，但并不一定有高的籽实产量，从作物栽培的角度来看，土壤湿度与作物（籽实）产量的关系仍然是一个复杂的问题。

分充足、植物生长旺盛的陆面蒸散量,故用它作为作物蒸散的参比量<sup>①</sup>是比较合适的。

显然,当土壤水分不足时,实际蒸散量( $E_a$ )低于作物的潜在蒸散量( $E_p$ )<sub>c</sub>,而实际蒸散量与作物的潜在蒸散量之比( $E_a/(E_p)_c$ ),即表明蒸散被满足的程度,如前所述,它适足以表示土壤水的有效性。图3为不同蒸散力下土壤湿度(吸力)与土壤水的相对蒸散量( $E_a/(E_p)_c$ )的关系<sup>[3]</sup>。图中诸曲线表明,土壤水的有效性一般随吸力增加而下降,但是它们的关系因蒸散力不同而有很大的差别。例如大气蒸散力为2.0毫米/天,吸力为2巴的土壤水的有效性接近100%( $E_a/(E_p)_c \approx 1.0$ ),而当大气蒸散力为5.6毫米/天时,吸力为2巴的土壤水的有效性便只有60%( $E_a/(E_p)_c = 0.6$ )左右。因此判断土壤水的有效性时,不仅应参看土壤的湿度条件(吸力),同时应参看大气的蒸散条件(潜在蒸散量)。下面借用图4的资料讨论封丘地区小麦灌溉问题。

表2给出封丘小麦生长期土壤水的有效性与吸力的关系。表中第一行是根据(2)式计算的各月(旬)的潜在蒸散量( $E_p$ ),第二行是根据当地资料综合得出的作物(小麦)系数(C)<sup>②-④</sup>,第三行是根据作物系数算出的小麦潜在蒸散量( $(E_p)_c$ ),下面第四行至第九行表示三月至五月各旬不同的水分有效性( $E_a/(E_p)_c$ )相对应的土壤吸力。例如,四月上旬,要求土壤水的有效性( $E_a/(E_p)_c$ )为0.8时,相应的土壤吸力为1.6巴。这样,我们就能够根据对水分有效性的要求,找出土壤应当维持的吸力值。必须指出,图4的资料不是小麦的试验结果,将它用到当地小麦灌溉上自然是不妥的,故其结果不可直接应用,只能作为一个算例来参考。

从表2中可见,在四、五月份,大气蒸散力相当强,日平均潜在蒸散量达5.3—7.6毫米,加之此时小麦的高度和覆盖度都达到最高值,其作物系数亦高,使小麦的潜在蒸散量达到生育期内的最高值(4—6毫米/天),应当是灌溉最有效的时段。表2第三行给出的作物潜在蒸散量( $(E_p)_c$ ),已隐含地表示它是丰产小麦(千斤/亩)的蒸散量,故如土壤供水不足,使其实际蒸散量低于潜在蒸散量( $E_a/(E_p)_c < 1$ )时,在同样的品种,施肥和管理措施下,其产量照理应当下降。如果我们知道小麦产量与土壤水有效性的关系,则不同产量要求的土壤吸力值便可从表1中查出。

前面已经指出,当土壤水分充分满足蒸散要求时,植物可以得到最高的净同化率,因此,要

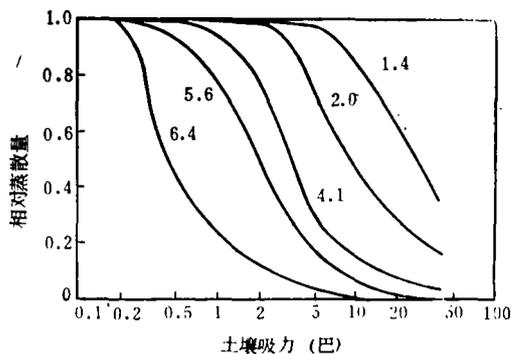


图4 土壤水分的相对蒸散量与吸力的关系<sup>[3]</sup>  
(曲线旁边的数字表示作物潜在蒸散量,毫米/天)

① 在土壤充分供水条件下,因作物种类、高度、覆盖度不同会使蒸散量发生很大的差别,它们与潜在蒸散量之比称为作物系数(C),故作物的潜在蒸散量 $(E_p)_c = C \cdot E_p$ 。当考察土壤水分不足对蒸散的影响时,自然应以 $(E_p)_c$ 而不是以 $E_p$ 作为参比量。

② 刘绪震:河南省东部平原区主要作物需水量分布图(油印本),1983。

③ 陈玉民等:高产冬小麦需水量与灌溉技术研究(油印本)。

④ 由②给出的作物系数(C),反映出当地小麦的密度、高度等(植物)因素对蒸散的影响。但是据此算出封丘小麦全生育期(237天)的潜在蒸散量为786.2毫米,此值显然偏高。根据③的资料,新乡地区丰产小麦(千斤/亩)的耗水量(实际蒸散量)为540毫米左右,为前者(786.2毫米)的0.7倍,故本文给定的作物系数(C)是②的资料乘以0.7的修正值,它既反映作物因素对蒸散的影响,同时也含有丰产小麦需水量的含义;但它可能不是小麦真正的潜在蒸散量。

表 2

封丘县小麦生长期土壤水分的有效性与其土壤吸力的关系

月(旬)	10	11	12	1	2	上/3	中/3	下/3	上/4	中/4	下/4	上/5	中/5	下/5	上/6	中/6
潜在蒸散量 ( $E_p$ ) <sup>*</sup> (毫米/天)	3.4	2.3	1.9	1.7	2.1	3.0	3.6	4.1	5.3	5.4	5.4	6.3	6.8	7.6	8.3	8.4
作物(小麦)系 数(C)	0.43	0.53	0.29	0.43	0.42	0.59	0.68	0.77	0.87	0.96	0.92	0.88	0.84	0.70	0.55	0.41
作物潜在蒸散 量( $E_p$ ) <sub>c</sub> (毫米/天)	1.4	1.2	0.5	0.7	0.9	1.8	2.4	3.2	4.6	5.2	4.9	5.5	5.8	5.3	4.8	3.4
土壤水分有效 性( $E_a/(E_p)_c$ )	土 壤 吸 力 (巴)															
0.98(≈1.0)						3.4	2.3	1.4	0.6	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4		
0.9						5.4	3.2	2.4	1.1	0.9	1.0	0.7	0.6	0.8		
0.8						7.2	4.0	3.1	1.6	1.3	1.4	1.0	0.9	1.1		
0.7						9.4	4.9	3.8	2.0	1.6	1.8	1.3	1.1	1.5		
0.6						12.0	6.1	4.6	2.4	2.0	2.1	1.7	1.4	1.8		
0.5						16.1	8.1	6.0	2.9	2.4	2.6	2.1	1.7	2.3		

\* 由(2)式算出, 未作K值校正。

得到丰产, 使土壤水满足其最高的蒸散要求( $E_a/(E_p)_c \approx 1$ )应当是合理的。但作物产量与土壤水分有效性的关系是一个复杂问题, 因为作物的产量是多种因素构成的, 水分因素只是其中之一。如果其它因素如施肥、管理等措施得不到满足, 单是满足水分的要求, 不但得不到最高产量, 反而降低水分的利用率, 过分消耗水资源。因此, 农田水分的有效性应当维持在一个什么水平, 应当根据其它条件(施肥、管理等等)与水资源的丰歉而定。假定这些条件是丰足的, 则水分无疑应当尽量满足, 使其有效性达到接近于1.0, 谋求最高产量; 假定这些条件是一般的, 则农田水分的有效程度可以略为降低(譬如0.8), 以节约用水维持一般产量; 假定根本没有灌溉条件, 则可以根据农田的吸力状态反过来估算土壤水的有效性, 以估计可能达到的产量。总之, 作物产量和土壤水的有效性的关系是一个很值得研究的问题, 它可以帮助我们更有效地进行灌溉。

综上所述, 要制定出合理的灌溉下限指标, 应当把大气的蒸散力和土壤湿度两个因素综合起来考虑, 同时还要考虑对作物的产量要求及其可能满足的条件, 特别是水资源条件。在黄淮海地区, 总的来说水资源短缺, 提倡低定额灌溉的方向无疑是正确的, 但也应当认识到, 由于低定额灌溉能够提高农田的湿度有限, 土壤水的有效程度必然较低, 它只能满足一定的产量要求而不能超越这一要求, 这在目前仍然是一种客观规律, 我们的任务只是在有限的灌溉水量上尽量提高其效益而已。

### 三、土壤水分动态的监测和预报

前面根据黄淮海地区的条件讨论了灌溉的界限值问题, 然而要适时地进行灌溉排水, 还须随时知道田间土壤的水分状态, 故需对土壤水分动态进行监测和预报。据过去资料表明, 土壤水分动态和某些气象因素(如降雨、蒸散)的变化是同步的, 故有可能利用这些因素监测土壤水分动态。土壤水是水循环过程中的一个环节, 其变化由水量平衡方程的几个分量决定。

$$\Delta S = P + I + U - (R + D + ET) \dots\dots\dots (3)$$

式中 $\Delta S$ 表示土壤(根层)水量的变化,  $P$ 为降水量,  $I$ 为灌溉水量,  $U$ 为向上流入根层的毛管

水量,  $R$  为地面径流量,  $D$  为向下排出根层的水量,  $E T$  为蒸散(蒸发 + 蒸腾)量。

黄淮海平原地形平坦, 坡降甚微, 且土质多为轻质土, 入渗较易, 故除非降雨强度甚大, 径流量( $R$ )一般可以忽略。但在这个地区, 地下水位较浅且土壤导水能力强, 向上流入根层的毛管水量( $U$ )和向下流出根层的水量( $D$ )为量可能较大, 应予重视。要测算出进入或流出根层的水量, 需要知道土壤的导水率和边界的水力条件。最好的办法是在根层边界上安装一组示差式张力计以测出该处的水力梯度, 结合导水率的资料, 用达西公式就能算出进出根层的水量, 这里值得指出, 水文工作者和灌溉工作者通常利用根层土壤水的变化量(按水量平衡公式)来反算蒸散量, 这在地下水位深的地区是可行的。但是, 在水位浅的黄淮海地区, 如果忽略了向上补给的毛管水流量来估算(蒸散量)的话, 其结果可能与实际有较大出入。目前, 不少水文工作者对这个地区的土壤水分(包气带水分)问题十分重视, 这将给土壤水分的研究工作带来更大的活力。

当前, 土壤水分动态的计算机模拟方法正在发展, 看来是一种甚有前途的方法。不过, 模拟结果一般与室内试验结果较为符合, 而与田间试验结果出入较大, 这可能是参数的空间变异造成的结果。目前模拟所用的物理模型一般是扩展到非饱和水流的达西方程, 它没有考虑温度效应。但是在田间, 温度变化(时间的、深度的)是相当显著的, 它不仅影响水势本身, 同时会引起水汽运动, 如果将模拟的物理模型加以(温度)修正, 其结果可望与实际达到更高程度的符合。这种方法目前我国也正在进行研究。

与此同时, 在黄淮海地区正在试用遥感技术监测土壤水分动态, 如果这种方法取得成功, 其效率将是传统方法无法比拟的。同时, 由于它是用扫描法取得整个观测面的资料, 其代表性也是取样方法不能相比的, 它的前景的确诱人。但是, 这种方法最终付诸应用, 还有一段距离。

目前比较实际可行的方法是对田间水分的动态进行监测, 用烘干法测定土壤水分是最实用可靠的方法, 如果注意到田间土壤(湿度)的空间变异而采集一定数量的样本进行统计分析, 可保证结果达到一定的精度。此外, 也可用中子水分计进行观测, 只要在现场布置好观测孔, 就可以很方便地取得一个观测点的资料。它是监测土壤水分动态的一个可靠方法。

土壤水势动态的资料也是十分有用的。虽然水势(常用吸力表示)的概念在我国尚未普及, 但理论和实践已经证明植物对土壤水势的反应比对土壤含水量的反应更加敏感, 因此用水势测量仪器取得的资料直接供灌溉排水应用是很方便的。测量水势最通用的仪器是张力计, 这种仪器结构简单, 容易使用, 在田间按装好后就能连续取得水势变化的资料。灌溉时, 可在作物根系活动层的上部和下部各安装一枚张力计, 当上部张力计水势达到作物需要灌溉的下限值时开始灌水, 而当下部张力计指示的水势达到有效水上限值时停止灌水, 这样就可使根层经常保持在适宜的水势范围内, 满足作物对水分的要求。同时, 在取得了一定时段的水势动态资料之后, 还可以在其动态图上用外插法预测灌溉的日期, 无需再作各种计算。不过, 由于张力计的测量范围有一定限度, 只能达到 0.8 巴吸力值, 而表层土壤的实际水势值有时要超过这个范围, 在这种情况下则需作调整。根据在德州的试验表明, 在地下水位不超过 2.5 米范围内, 在 50 厘米处安装一枚张力计便可测出小麦整个生育期内(该层)水势的变化。

## 结 束 语

根据黄淮海平原的实际情况, 我们提出并讨论了有关土壤水分的几个主要问题及其解决途径。总的来说, 首先要掌握这个地区土壤水分的基本性质, 才能算出土壤水分的各种界限

值。接着应当对这个地区典型土壤的水分性质进行测定研究,取得资料供有关方面使用。此外,还需在这个地区的典型地段进行地下水位、土壤水分和与大气水分有关的因素(如降雨、温度、湿度、日照、风速等)的观测,以取得各环节的动态资料。同时对这些资料加以分析,找出它们之间的规律,根据这些规律制定灌溉排水规范,供实际应用。上述两点如能切实做到,对这个地区的旱、涝、盐碱防治将会是有所裨益的。

黄淮海地区因受季风气候的影响,旱季、雨旱分明,虽然全年雨量并不算太少,但分布很不均匀,以封丘为例,旱季(4、5、6三个月)只占全年降雨量的23%,而雨季(7、8、9三个月)则占59%,容易形成旱、涝灾害。在这种情况下,“土壤水库”的缓冲作用有特别重要的意义,如果土壤在雨季能承接全部雨量,供作物旱季应用,旱涝兼济,应当是本区最合理的水平衡模式。要做到这一点,关键在于地下水位的确定和控制,因为本区的“土壤库容”取决于水位深度。值得指出,在这个地区,即使土壤承接了全部雨季的降雨,一般来说仍难以充分满足旱季作物对水分的要求,这除了因为水量有限之外,更主要的还因为旱季的大气蒸散力极强,要满足作物高程度的水分要求,必须维持相当高的土壤湿度才能办到(表2)。从这一点来说,本区的土壤水分条件是限制作物生长的重要因素之一,补足的办法就是进行灌溉。实践表明,灌溉可以提高作物的产量,但如果不是引客水而是采用地下水灌溉的话,必须消耗本区的水资源,因此需要权衡利弊,合理开发利用。我们认为,应当特别注意研究水的利用率,即土壤水的有效性,只有掌握了水分条件与作物产量的关系,才能在开发利用地下水资源问题上避免盲目性。在已经发展井灌的地区,应当注意水位是否能够大致维持周期的平衡,如水位下降过快(譬如平均每年达20厘米),则应严格控制灌溉定额,如仍迅速下降,宁愿停灌,亦不能继续开采,这是关系到后代用水的大问题,不可不慎也。

不论是引客水或是利用地下水资源,大水漫灌的力式是极不可取的(除了象黄河浸润区这样一些地下水迅速补给的地段可能例外),而低额灌溉或旱作农业的效益如何,也只有掌握土壤水分条件与作物产量的关系之后才能清楚,这是一个相当复杂的问题,因为水分条件与作物产量的关系,是随着作物品种、施肥及其他管理措施的改变而改变的,因此需要不断地加以研究和修正,而非一次试验就能解决的,同时,由于各地的水资源条件以及土壤、大气水分条件的不同,其试验设计也应当是因地制宜的。不过应当明确,这类试验研究的目的是不是单纯追求高产,而是要求切合实际的经济效益。只有这样,我们才能有效地利用当地的水资源,不断地改善这个地区的农业生产面貌。

#### 参 考 文 献

- [1] 中国科学院土壤及水土保持研究所、水利电力部北京勘测设计院土壤调查总队编著:华北平原土壤,318—375,科学出版社,1961。
- [2] Doorenbos J., Pruitt W. O.: Guidelines for Predicting Crop Water Requirements, FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 15-29, 1979.
- [3] Denmead V. T., Shaw R. H.: Agronomy Journal, 154: 385-389, 1962.
- [4] Hillel D.: Applications of Soil Physics, 216-223, Academic Press, 1980.