

分析方法

土壤水分的中子测量法

赵渭生 周月华

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤水分是土壤的重要组成部分,它不仅是作物生长需水的主要给源,而且是土壤中有机无机物质的积累、转化和迁移以及土壤中生物和微生物生命活动的必需条件,因此土壤水分的研究在土壤改良和农业生产实践中具有重要的实际意义。正确测定土壤水分的含量无疑是研究土壤水分必不可少的手段,也是首先要解决的技术问题。目前测定土壤水分的方法,一般以烘干法为主,但它往往不能满足工作的需要,首先它必须采取土样进行烘干称重,这样工作量大,时间长,并且在采取土样过程中常引起土壤结构的破坏而造成测定中的误差,也难以满足野外定点连续观察水分的动态变化。为了满足土壤水分研究中的这些要求,本世纪五十年代以来土壤水分的中子测量法在国外有不少研究^[1-5],随着我国同位素中子源的研制、生产和应用方面的发展,它不仅在原子能研究中而且在地质勘探和石油工业等各个部门也得到了较为广泛的应用。对中子测定土壤水分,有关单位也正在作一些研制工作。这是在自然条件下不经取样测定土壤湿度的有效方法,它具有一定的测量精度(误差约在 $\pm 1\%$ 左右),而且省工,一次测量只需3—5分钟即可得到结果。因它不受土壤中水分的形态(液态、汽态、固态)的限制并能连续观察同一土体中水分的动态变化,还可以在短时间间隔内测量含水量的急速变化,这是重量法难以达到的;而且此法也可以排除利用电阻块法和张力计法测量土壤水分时的滞后现象;此外,它比 γ -射线法的防护措施易于解决,根据中子源的强度设计一定大小的石蜡筒作防护屏是较安全的。由于中子法的这些优点,所以它适合于野外定点观察土壤水分的动态变化。

一、测定原理

中子测定土壤水分的原理是利用中子源射出的快中子的次级效应,即当快中子与周围介质(土壤)中的强慢化体氢原子核相碰撞时,快中子丧失一部分能量慢化成为热中子,而热中子云的密度取决于氢的含量。土壤中的氢绝大部分存在于水分中,所以土壤中水分的含量与热中子数成正比。热中子的数量由热中子探测器测量获得,则根据热中子的计数率与土壤含水量的线性关系,由计数率得出含水量的数值。

二、仪器设备及供试土样

(一)热中子探测器*采用了下列三种:

* 测试探头由土壤所工厂试制。

1. 用普通的卤素计数管(J402 β γ -B型)包上0.4毫米厚的镅片,根据镅屏的俘获产生的 γ -辐射探测热中子(简称 γ 探头)。

2. 用普通的卤素计数管(J402 β γ -B型)包上0.4毫米厚的银片,根据活化的银屏 β -放射性探测热中子(简称 β 探头)。

3. 用三氟化硼(BF_3)正比计数器探测热中子(简称 BF_3 探头)。

(二)野外定标器(国产FH-407)。

(三)快中子源:采用国产钋(Po^{210})-铍(Be)中子源(即利用钋 210 放出的 α 粒子轰击轻元素铍靶而产生中子),工作开始时源的强度为 1.076×10^6 中子/秒(430毫居里),经试验证明源的强度减弱到 1.25×10^4 中子/秒(5毫居里)时也可进行测定。钋-铍源的本征 γ -辐射很弱,但它衰变较快(半衰期138.4天),因此,比较有前途的是 Am^{241} (镅)-Be(铍)源(半衰期458年)和其它一些寿命长而本征 γ -辐射不强的源。

(四)外径50毫米,内径46毫米的硬质铝管,及PK-20电缆6—10米。

(五)供试土样:盐土、垆土和菜园土,其质地分别为砂粉土、粉土和两合土。以及三种不同含盐量的盐土,它们的分析结果分别列于表1和表2。

表1 几种土壤机械组成分析结果(吸管法)

土壤类型	各级颗粒含量百分数% (毫米)							质地
	1—0.25	0.25—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	<0.001	<0.01	
盐土	0.1	28.1	63.4	2.8	2.4	3.2	8.4	沙粉土
垆土	1.0	4.2	57.6	7.9	12.0	17.3	37.3	粉土
菜园土	2.3	30.9	34.2	5.6	10.7	16.3	32.6	两合土

注:由张云同志分析

表2 土壤可溶性盐分组成

土壤类型	全盐量 (%)	阴离子毫克当量/100克土					阳离子毫克当量/100克土		
		CO_3^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	总量	Ca^{++}	Mg^{++}	$\text{K}^+ + \text{Na}^+$
盐土 I	0.991	0	0.26	11.64	1.32	13.22	1.29	4.11	7.82
盐土 II	0.408	0	0.28	4.46	0.64	5.38	0.65	1.64	3.09
盐土 III	0.317	0	0.37	2.76	0.90	4.04	0.63	1.40	2.01

注:由蔡阿兴同志分析。

三、测定方法

(一)在野外测定土壤水分时,先在预测土壤中打一直径略小于50毫米的钻孔,在钻孔中插入外径为50毫米、内径为46毫米底部密封的硬质铝管,深度看其测定要求而定,一般可达6—10米。在铝管中放下用电缆联接的中子湿度仪的探头,探头是由快中子源和热中子探测器两者组成,探头通过电缆和定标器相联接(图1)。为了消除 Po^{210} -Be中子源由于衰变而引起的计数率变化对测定结果的影响,因此先测定在中子标准减速剂中的

计数率 R [次(脉冲数)/分], 然后测定在土体中的计数率 R_n [次(脉冲数)/分], 根据 $R_n: R$ 的比值求出 K 值。由 K 值的大小从标准曲线中求出含水量。中子标准减速剂采用物理性质不变的石蜡圆柱体(体积大小视中子源强度而定)。这种中子减速剂也用做当带中子源的探头放在钻孔外时防止操作人员和周围的人受到辐射的防护设备。

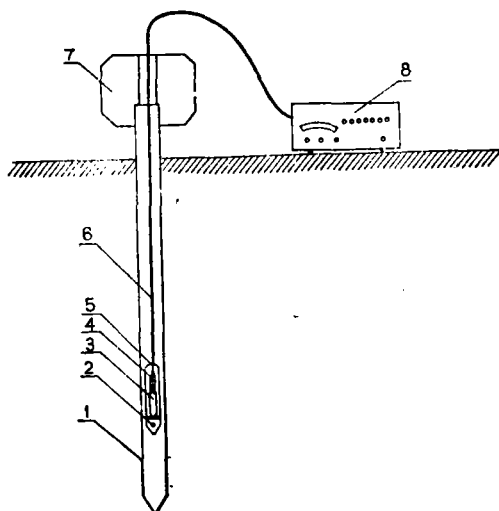


图1 中子测水仪工作示意图

1. 硬质铝管 2. 中子源 3. 计数管 4. 电子线路 5. 探头(包括2,3,4)
6. 电缆 7. 标准减速剂(石蜡筒) 8. FH-407型野外定标器

(二)热中子计数率与土壤含水量关系曲线的制作。在实验室内用直径为50厘米、高60厘米的圆柱形铁皮筒,装满土壤,装土容重为 $1.30\text{克}/\text{厘米}^3$ 左右。土壤湿度由风干土开始,逐渐增加水分,直到田间持水量止。在各个不同土壤含水量情况下测定计数率。用纵座标表示土壤的含水量值(用干土重的百分数表示),横座标表示探头在土体中和在中子标准减速剂中时热中子计数率的比值 K 。绘制成标准曲线,每种热中子探测器具有本身的关系曲线,要分别加以制作(图2、3)。

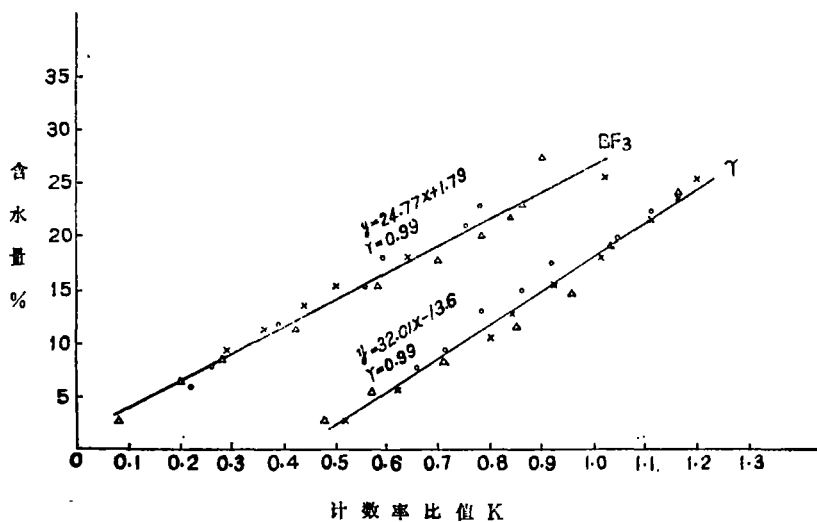


图2 γ 、 BF_3 探头在三种不同质地土壤中测定含水量与计数率比值 K 的关系
 $\triangle$ 沙粉土 $\times$ 两合土 $\circ$ 粉土

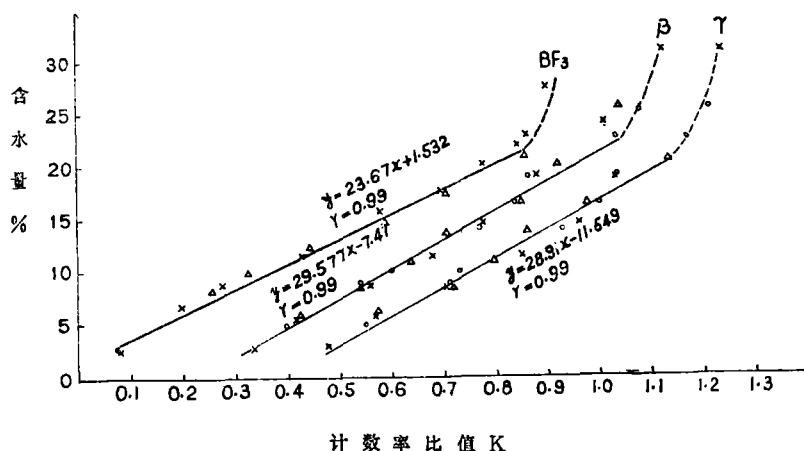


图3 γ 、 β 、 BF_3 探头在三种不同含盐量土壤中测定含水量与计数率比值K的关系

× 盐土 I (含盐量0.991%) ○ 盐土 II (含盐量0.408%) △ 盐土 III (含盐量0.317%)

四、结果及讨论

(一)在试验中采用了三种热中子探测器,从它们所得到的计数率与土壤含水量之间的线性关系都是很好的,其相关系数都在0.98以上*。

(二)三种热中子探测器各有其优缺点,从灵敏度来说 BF_3 探头比 γ 、 β 探头稍高,但它的电子线路比 γ 、 β 探头复杂,它需要前置放大器和1400伏以上的高工作电压。 γ 、 β 探头只需380伏的工作电压,电子线路简单。在中子源强度相同时,单位时间内的计数率 BF_3 与 β 探头比 γ 探头高。虽然三种探头各有其优缺点,但都适用于土壤含水量的测定工作。

(三)三种不同质地的土壤含水量的测定表明,它们的计数率与含水量的关系曲线都在同一条直线上,相关系数为0.98以上(图2)。这说明土壤质地对含水量的测定影响不大。

(四)三种不同含盐量的土壤含水量的测定结果表明,它们的计数率与含水量的关系曲线也是在同一条直线上,相关系数达到0.99(图3),从图3中可见土壤含盐量的不同,在土壤含水量由风干土的含水量到田间持水量的范围内对测定没有影响。当含水量超过田间持水量时,计数率与含水量的关系曲线开始向上弯曲(图中虚线部分),误差较大,不宜应用。

* 试验结果以K值为x,含水量为y按公式

$$\begin{cases} \sum(y) = na + b \sum(x) \\ \sum(xy) = a \sum(x) + b \sum(x^2) \end{cases}$$

进行回归,可得到直线方程 $y = a + bx$

并按公式
$$r^2 = \frac{a \sum(y) + b \sum(xy) - ncy^2}{\sum(y^2) - ncy^2}$$

求出相关系数r,式中n为测定次数, $cy = \frac{\sum y}{n}$ 。

(五)研究土壤容重的改变对测定土壤湿度的影响具有一定的意义,因大多数土层容重并不完全一致,为此,在土壤含水量相同而改变土壤容重的情况下进行了测定。从图4的结果可以看出,用三种探头所测定的土壤容重与计数率都成直线关系,相关系数在0.97以上,因此可以求出校正系数来校正由于容重的变化而引起含水量测定的误差。但是,标准曲线是在某一土壤容重情况下测得的,而野外土壤容重一般与此均有偏离,因此对测得的值就得校正。为此,在打钻孔插入铝管的同时要按土层分别进行容重的测定。因为耕层以下的土层容重一般变化不大,所以除耕层外,一般只需进行一次测定即可。

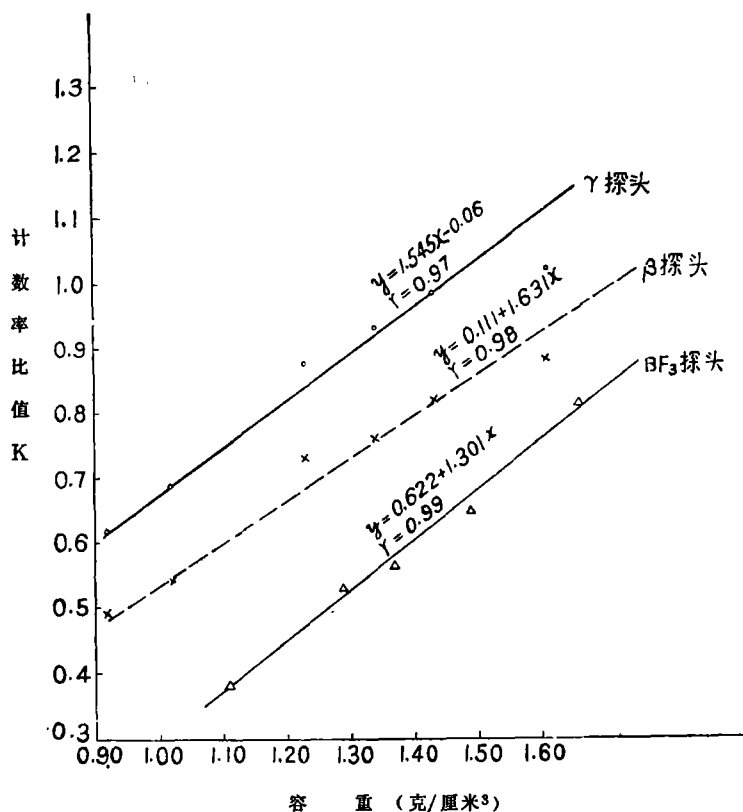


图4 土壤容重与计数率比值K的关系

五、存在问题

(一)中子测量法在测定0—20厘米表层土壤水分时有些困难。这是由于中子有一部分进入大气而使计数率降低,影响测定结果。目前国外的校正方法,有的是在土壤表层覆盖一层含氢量与土壤含氢量相似的材料^[4],有的是在除去土表10厘米土层前和后,在几个不同深度内进行测定,由这些测定的计数率,求出校正系数^[5]。这些方法还待今后的研究工作加以完善。

(二)盐土含水量超过田间持水量以后,标准曲线开始弯曲,测定发生较大的误差。因此,对盐土来说,含水量超过田间持水量时中子测量法有一定困难。

参 考 文 献

- [1] 叶美里扬诺夫等(王玉常译), 同位素应用译丛, 3, 24—28, 1964.
- [2] Л. И. Бескин, Вестник Сельскохозяйственной Науки, 2, 119—121, 1965.
- [3] В. А. Емельянов, Гидротехника и Мелиорация, 9, 34—40, 1964.
- [4] G. Pierpoint, Soil Science, 101(3), 189—192, 1966.
- [5] D. R. Grant, The Journal of soil Science, 26(2), 124—129, 1975.

简易浊度计的制作 及其在土壤速测中的应用

许祖恩 程国福 宋寿英

(甘肃农业大学)

由中央农林部科教局主持, 1975年2月在北京召开的土壤普查与土壤诊断座谈会指出:“特别要注意创造适应于群众性科学种田及土壤普查的诊断方法及其相应的诊断标准和仪器”。

从常用的分析方法来看, 不论是利用四苯硼钠法测钾或者利用联苯胺、氯化钡法测定土壤中水溶性硫酸盐(包括水质分析)均涉及到比浊。为了提高这两项分析工作的效率和精密度, 需要探索更为简便的方法和仪器。根据我们实践中的体会和现有资料的介绍, 采用自制的简易浊度计完全有可能得出较为满意的结果。现将我们在校外教学基点上仿制改装的有关简易浊度计的一些初步经验, 介绍给有关方面参考。

一、简易浊度计的制作

取刨光的薄板数块, 用牛皮胶粘成边长142毫米、底宽60毫米的小方框。本框内侧中间70毫米处的两端各切一小槽, 其中嵌入显微镜用载玻片一块。在木框的顶端钻一小孔, 其直径大小以刚好插入一只口径为12毫米、高度为70毫米的平底比浊管为度。于载玻片下安装6伏直流电压的小灯泡一盏。木框左侧的长边上, 从嵌有玻片处开始, 分别精确地刻划0—7厘米长的刻度标尺一幅; 即成简易浊度计。本装置参考测硫酸根浊度计^[1]仿制改装, 其外形如图1。

二、测定原理

(一) 化学反应

盐酸联苯胺与硫酸盐(或者氯化钡与硫酸盐)可生成不溶解而悬浮着的联苯胺硫酸盐