

中子湿度计测定土壤水分的研究

唐掌雄

黄世益

(中国农科院原子能利用研究所)

(基础课部)

摘 要 中子湿度计的田间和实验室的校正曲线,两者有差别. 不同土壤容重也有差别,但它们呈平行关系. 实验室内校正曲线相关系数为 0.97~0.99;田间校正曲线相关系数为 0.54~0.91. 中子法与称重法两者在测量土壤水分时,它们之间的相对误差小于 8%(容积水分 15%~45%). 电阻湿度计的相对测量误差小于 10%. 称重法的测量误差,在容积水分低于 20%时大于 5%;水分低时,误差更大;水分高时,误差变小.

关键词 土壤水分;中子湿度计

分类号 O571.53

0 引 言

土壤含水量与植物生长和产量是紧密相关的,是土壤重要特性之一. 在我国,雨水季节性的自然分布不均,常有涝灾和湿害,旱季则有缺水现象,影响农业生产. 随着农业科学技术的迅速发展,为提高农田用水的经济效益,对于土壤含水特性的知识要求更为迫切. 测量土壤水分的方法甚多,有传统的取土烘干称重法、电阻法、张力计法、红外线透射和散射法、微波透射法和核技术方法(中子或 γ 射线)等.

中子测水分法的主要优点是不扰动土壤、不受水分物理状态变化的影响,能做任何深度的测定,快速、简便. 特别是能定点实地连续测定,观察土壤水分在一个时间内的动态变化,并且不受土壤水分滞后现象的影响,一般几乎不受土壤盐类的影响,所以越来越引起重视. 在我国中子水分仪已广泛应用于土壤水分的研究.

1 中子湿度计的刻度

中子湿度计的刻度,在非饱和含水量下,通常有两种刻度方法,即室内刻度和田间刻度. 中子湿度计的容积含水量 P_v 与计数率之比,近似地用直线方程来表示:

收稿日期:1995-03-06.

唐掌雄,男,1934年生,研究员

$$P_v=A+B\times C/C_s$$

(1)

其中 A 和 B 为常数,是与土壤的密度、质地等有关,也是回归直线方程的截距和斜率. C/C_s 是中子湿度计在土壤中计数与在参考物质中计数(标准计数)之比,这种表示方法是为了减少由于仪器在一定时间内的变化而引起的误差.

1.1 室内刻度

我们使用国产的 Lwn - 50 型和美国 CPN 公司的 503 型两种中子湿度计做实验.

室内刻度时,采用直径为 80cm,高度为 80cm 的圆柱形木桶. 在桶中心安置一个内径为 5cm 的铝质导管,其底端呈密封状;在桶的内壁上,每隔 5cm 作一刻度线作为装土时用的标尺. 由于不同土壤密度和质地对含水分的刻度有影响,因此,对不同密度下和不同土壤类型条件下做多条刻度曲线才能精确和广泛的使用. 北京地区的土壤为壤土,采集土样时需进行细

表 1 土桶中刻曲线实验

仪 器	实验条件	参 量	实 验 刻 度 点				容 重	相关系数
			1	2	3	4		
Lwn - 50	实验室 壤土	C/C_s	0.3598	0.4406	0.4802	0.5532	1.5	0.9924
		P_v	15.0	22.5	30.0	37.5		
		方程	$P_v = -28.39 + 119.18 \times C/C_s$					
	实验室 壤土	C/C_s	0.3050	0.3710	0.3918	0.5853	1.4	0.9764
		P_v	15.0	22.5	30.0	45.0		
		方程	$P_v = -14.77 + 103.79 \times C/C_s$					
	工 厂 砂粘壤土	C/C_s	0.2662	0.3251	0.4495	0.4831	1.3	0.9960
		P_v	6.90	12.55	24.57	30.38		
		方程	$P_v = -21.29 + 104.73 \times C/C_s$					
CPN - 503	实验室 壤土	C/C_s	0.9591	1.269	1.457	1.721	1.5	0.9960
		P_v	15.0	22.5	30.0	37.5		
		方程	$P_v = -14.4 + 30.07 \times C/C_s$					

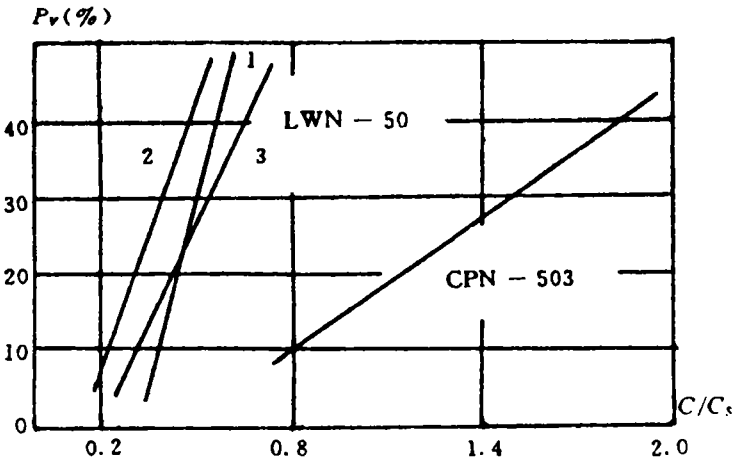


图 1 土桶中刻度曲线

碎和过筛,以便在加水配制不同含水量时能做到有均匀水分的分布. 结果见表 1 和图 1.

1.2 田间刻度

中子湿度计在田间刻度分两个方面进行,一方面是在有代表性的裸田块中,选择剖面情况比较一致的非扰动土壤,并以人工加水的方法建立有一定水分级差的几个点,在作中子湿度测量的同时取土样进行烘干称重法的水分的测定. 另一方面在种植作物(玉米)的田间,在整个作物生长期进行中子湿度计的测定,并同时取土样进行实验. 对一般大田作物,其根系分布,大部分在 1m 以内深,有些牧草根系(苜蓿)可达 2m 深. 因此,在田间埋设铝管深度为 1.2m,各铝管之间的距离大于 5m. 用作校正用的称重法样品采集,主要在距铝管 15~20cm 处,也采集 1m 和 2m 处的土样做比较实验. 所采集的样品深度为 20、40、60、80 和 100cm(其中对应平均密度分别为 1.40、1.45、1.47、1.51、1.56g/cm³). 在田间刻度实验中,针对下面几个可能影响中子湿度计刻度的问题进行测定和比较:

- (1) 裸地和有根系情况下田间水分标准曲线的比较;
- (2) 精确刻度 ESCM(即进行密度修正)与简单刻度 SMC(不进行密度修正)之间的刻度曲线的差异;
- (3) 采用不同尺寸的取土钻取样对刻度曲线的影响.

表 2 田间刻度曲线

深度 (cm)	根 系	回 归 方 程	相关系数	测量点数
20	有	$P_v = -17.54 + 91.02 \times C/C_i$	0.6562	10
	无	$P_v = 13.63 + 21.96 \times C/C_i$	0.5385	10
40	有	$P_v = -20.45 + 92.67 \times C/C_i$	0.8359	49
	无	$P_v = 5.01 + 38.12 \times C/C_i$	0.5483	10
60	有	$P_v = -18.79 + 93.36 \times C/C_i$	0.8210	10
	无	$P_v = 8.42 + 40.90 \times C/C_i$	0.5863	10
80	有	$P_v = -10.55 + 78.98 \times C/C_i$	0.7800	49
	无	$P_v = 9.95 + 79.40 \times C/C_i$	0.8917	10
100	有	$P_v = -3.52 + 67.42 \times C/C_i$	0.6928	10
	无	$P_v = -18.81 + 98.25 \times C/C_i$	0.9079	10

表 3 不同修正和不同样本尺寸下,刻度曲线相关系数的比较

校 正 方 法	大样本直径(50)		小样本直径(25)	
	深 度		深 度	
	40cm	80cm	40cm	80cm
精密修正(ESCM)	0.8028	0.8598	0.5808	0.8352
简单修正(SMC)	0.5483	0.7884	0.5442	0.5700

2 表层土水分的测定的问题

利用中子散射原理测量土壤表层水分时,由于土壤的深度不能达到“显著范围”容积的要求,引起一部分中子由土壤——空气界面逃逸而降低计数率.我们采用在土壤表面加适当尺寸的石蜡板作反射层(亦可用含氢塑料板),使逃逸的中子返回土壤,从而提高测量的精密度.从实验结果看出,土壤水分高时所需石蜡厚度小,而水分低时所需石蜡厚度大.从我们的实验中看出,距表层 15cm 以下时,石蜡板几乎不起反散射效果,而 10cm 之内的土壤则石蜡板的反散较明显.一般来说,测量表层(10cm 左右)土壤水分时,采用 10cm 厚、面积为 $40 \times 40 \text{cm}^2$ 的石蜡板作反射层已足够.

3 结果和讨论

(1) 称重法测量土壤水分,其测量精度($\sigma/\bar{X}$)为 3.0~7.5%,当土壤容积水分低于 20% 时,误差小于 5%.水分低时,误差更大.

(2) 中子法测量土壤水分,仪器自身的计数涨落小于 1%.与称重法比较,从大多数情况看,其相对误差:

1) 当用 $\phi 50$ 土钻取土时相对误差小于 6%;而用 $\phi 25$ 土钻时相对误差小于 8%,大样品比小样品的刻度曲线相关系数好.

2) 中子湿度计的不同修正方法的刻度曲线,ESCM 比 SMC 有更大的相关系数值.

3) 中子湿度计在不同深度(20、40、60、80、100cm)的刻度曲线,随着深度的增加,其刻度曲线的相关系数值趋向更大;裸地与有根系情况下的刻度曲线相比,无明显规律差异.

4) 我们做过距中子通道管不同距离取土样作称重测量,其结果无明显差异,因此,中子法测水分具有较大面积内的代表性.

(3) 中子湿度计的田间和实验室的刻度曲线,两者有差异性.而不同容重下的刻度曲线也有差异性,但它们之间呈平行的直线关系.实验室的相关性良好,其相关系数为 0.97~0.99.而田间刻度曲线的相关性差,其相关系数为 0.54~0.91.

(4) 工厂提供的中子湿度计的刻度曲线一般只能作参考,必须要由自己做刻度曲线,这是由于两者之间土壤类型不同,而条件也不一致.例如 Lwn-50 型中子湿度计,工厂是采用我国南方的粉砂质粘壤土,标准土桶的土壤容重为 1.3g/cm^3 ;北京地区是壤土,田间土壤容重为 $1.4 \sim 1.6 \text{g/cm}^3$ 之间.因此两者之间有较大的差异.

(5) 不同类型的中子湿度计,虽然它们的刻度曲线不同,但相似,它们之间的相关性很好,为 0.9991.

(6) 有关表面层水分的中子湿度计刻度问题,在土壤表层加石蜡板(或富含氢塑料)可提高表面层水分测量精度.在本地区土壤条件下,采用厚度为 10cm,面积为 $40 \times 40 \text{cm}^2$ 的石蜡板已足够了.在距表面层 15cm 以下时,则不起反射作用.

(7) 在深度为 1.2m 内埋设铝管要比其它测量方法省工,且没有滞后效应,并能多年使用.

参 考 文 献

- 1 刘圣康. 中子水分计. 北京:原子能出版社,1992. 56
- 2 滕敏康. 实验误差与数据处理. 南京:南京大学出版社,1989. 202
- 3 Carneiro C, et al. Soil Sci. 1985. 139~250
- 4 Chanasyk D S, et al. Can. J. Soil Sci. 1986. 66~173
- 5 Reginato R J, et al. Soil Sci. 1988. 145~381

Research on Soil Moisture for Measure of Neutron Moisturemeter

Tang Zhangxiong Huang Shiyi

Abstract

The Calibration curves of neutron hygrometer between field and laboratory were different. Soil bulk density also had an influence on the curves, which showed the parallel straight line relationship. When the calibration curve was done in the laboratory, the correlation coefficient was 0.97~0.99. When in the field, it was 0.54~0.91. The error between weighing method and neutron method was about 8% (15~45% bulk density moisture). The error of soil moisture measured by resistance meter method was 10%.

The accuracy of soil moisture was measured by weighing method. When the soil bulk density moisture was smaller than 20%; its error was greater than 5%. When the moisture was much smaller, its error became greater. While the moisture was higher, its error was smaller.

Key words

Soil moisture; Neutron hygrometer