

应用土壤湿度计(张力计)对塿土 水分特征曲线与持水性能的初步研究

胡定宇 田长山 程文礼

(西北农学院土壤农化系)

塿土是在自然褐土上,经人为长期耕作和大量施用土粪而形成的一种较肥沃的农业土壤。塿土具有良好的水分性质和蓄水性能^[1]。

土壤水分的吸收和保持,水分在土壤中的运动和转化,是由于受到土壤中各种力的作用,使其具有不同能量水平所致。因此,近年来研究土壤水分性能,多用能量指标表示。它可以把土壤(Soil)——植物(plant)——大气(air)水分连续系统(contact),即spac,通过能量观点有机地联系起来,并且可以把土壤水分的能量指标(土壤水吸力)和数量指标(土壤含水量)作成相关曲线来说明土壤持水性能与作物生长的密切关系。我们应用张力计法,从能量观点对塿土水分特征曲线与持水性能进行了初步研究,现将获得的资料整理如下。

一、材料与方法

1. 供试土样:为武功红油土(耕层、覆盖层、粘化层、母质层),黑油土、潮土、塿土。为与塿土进行对照,还选用了渭河冲积土,共八种土壤,包括了重壤、中壤、砂壤三种质地。供试土壤机械组成如表1。

2. 方法步骤:用人工土柱。使用南京土壤所研制的乙种张力计(长度为580毫米),测定土壤不同含水量时的土壤水吸力值。

具体步骤是:人工土柱用165×205毫米试验瓷盆,重复两次。每盆装入通过1毫米孔径筛子的风干土4500克,压实。边上插一直径为12毫米玻璃管。由玻璃管灌水至饱和,中间插入已校正好的张力计,平衡24—48小时,让其自然蒸发,隔日称重一次,记录相应的吸力读数。

表 1

土壤颗粒组成和机械组成(%)*

土 壤	采土深度 (厘米)	粒 径 (mm)						物理粘粒 (<0.01)	质地 名称
		1— 0.25	0.25— 0.05	0.05— 0.01	0.01— 0.005	0.005— 0.001	<0.001		
红油土(耕层)	0—25	0.41	9.36	25.32	10.95	13.41	30.07	54.43	重壤
红油土 (覆盖层)	0—60	0.27	7.89	34.45	9.20	12.93	27.12	49.25	重壤
红油土 (粘化层)	60—120	0.18	9.18	32.05	9.16	12.55	32.75	54.46	重壤
红油土 (母质层)	120以下	0.21	1.55	41.15	8.97	10.24	19.15	38.36	中壤
黑油土	0—25	3.28	0.34	38.66	9.78	11.30	25.37	46.45	重壤
潮 土	0—25	0.74	4.54	36.12	7.65	15.04	25.45	48.18	重壤
培 土	0—25	0.79	4.90	39.34	6.64	12.18	23.45	42.27	中壤
渭河冲积土	0—25	45.17	13.17	16.05	3.60	3.07	9.85	16.52	砂壤

* 土壤机械分析方法用常规吸管法; 质地名称, 用卡茨斯基命名法。

** 以下各表土壤采土深度均同。

为了减小温度的影响, 称重及观察读数均在早晨进行。当吸力值上升至 700 毫米汞柱时停止蒸发, 可以得到土壤脱水过程的水分特征曲线。以后每天加水 30—40 毫升, 平衡 24 小时, 称重, 记录吸力读数, 又可得到土壤吸水过程的水分特征曲线。同时测定土壤容重、孔隙组成、有机质含量、阳离子代换量(表 2)。

表 2

土壤部分理化性质*

供试土壤	有机质 (%)	阳离子代换 量(m.e/ 100g土)	容 重 (g/c ³)	孔 隙 组 成 (%)			<0.01 mm的 物理性粘粒 (%)
				总孔度	毛管孔度	非毛管 孔度	
红油土 (耕层)	1.18	11.82	1.47	46.65	41.93	2.72	54.43
红油土 (覆盖层)	0.85	11.59	1.49	43.71	40.49	3.22	49.25
红油土 (粘化层)	0.60	17.72	1.46	44.91	44.14	0.77	54.46
红油土 (母质层)	0.33	6.82	1.46	44.90	43.32	1.58	38.36
黑油土	1.53	14.53	1.38	47.99	46.55	1.44	46.45
潮 土	1.30	15.38	1.39	47.48	45.48	2.00	48.18

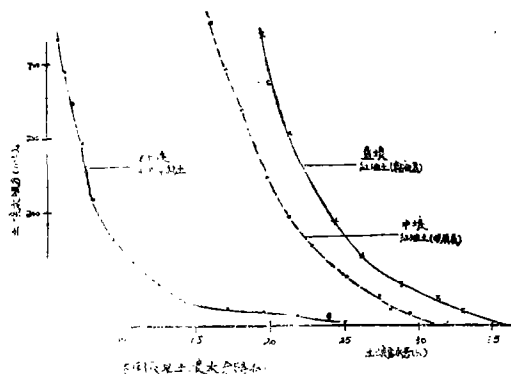
塋 土	0.62	13.00	1.37	48.17	47.74	0.43	42.27
渭河冲积土	0.26	4.51	1.55	41.45	31.93	9.52	16.52

* 有机质测定用重铬酸钾容量法（外加热法），阳离子代换量测定用盐酸——醋酸钙法。土壤容重及孔隙组成用环刀法。

二、结果与分析

1. 塋土不同质地土壤的水分特征曲线

土壤水分特征曲线把土壤水分的两个重要性质，土壤水吸力与土壤含水量联系起来，并反映了它们之间的相互关系。测定结果表明：塋土不同土壤的水分特征曲线不同，而且差别也比较明显（图1）。图1所示为不同土壤脱水过程的水分特征曲线，因为农业生产上多数情况是土壤蒸发失水，所以，以下分析均应用脱水过程土壤水分特征曲线。



使用张力计所测出的土壤水吸力实际上只是土水势中的基质势。因此，土壤作为基质就有吸持和保蓄水分的能力，这种能力主要来自土壤颗粒的吸附力和土壤固—液界面上的表面张力。不同土壤由于机械组成、孔隙状况不同，持水能力有明显的差异。表2分析结果指出：三种不同质地的土壤， <0.01 毫米的物理性粘粒含量，红油土粘化层为54.46%，红油土母质层为38.36%，渭河冲积土为16.52%。除容重外，其它物理性质也可由表中明显看出，均是红油土粘化层大于红油土母质层，大于渭河冲积土。由表3土壤物理性质与土壤含水量相关分析表明，土壤质地与持水性能呈显著正相关。在10—900mb范围内，物理性粘粒与同一吸力下土壤含水量的相关系数变动在0.6505—0.8346之间，均达极显著程度。即随粘粒含量增高，土壤持水能力不断增强。并随土壤水吸力值增高，相关显著水平逐渐提高。

从我们的试验结果还可看到：毛管孔度对土壤持水性有更为突出的作用（表2、表3）。红油土粘化层毛管孔度为44.14%，红油土母质层为43.32%，渭河冲积土为31.93%。在不同吸力下，毛管孔度与土壤水分的相关性极为密切。从10—900mb范围内，相关系数由0.8462提高到0.9432，均达到极显著水平。

不同的土壤水分特征曲线，反映了不同土壤持水性能的大小。从图1看出，在土壤水吸力同为100毫巴时，红油土粘化层含水量为29.38%，红油土母质层为25.75%，而渭河冲积土为12.70%。粘性土壤（红油土粘化层）粘粒含量高，土壤比表面积大，吸附力强，形成的毛管孔隙多，吸持水分的能力就强，在同一吸力下比中壤或砂壤能保持

更多的水分。

表3 同一吸力下含水量与土壤有关性质的相关性 (r)

土壤水吸力 (mb)	有机质(%)	容 重 (g/cm ³)	阳离子代换量 (me/100g干土)	<0.001mm 粘粒 (%)	<0.01mm 物理性粘粒 (%)	0.005—0.001 细粉砂粒(%)	毛 管 孔 (%)	样本容量 (n)
10	0.5029	-0.7525**	0.5749*	0.5685*	0.6505**	0.8175**	0.8162**	15
100	0.5611*	-0.7837**	0.6251*	0.6570**	0.7474**	0.8436**	0.9420**	15
200	0.5891*	-0.7737**	0.6082*	0.6297*	0.7210**	0.8292**	0.9185**	15
300	0.6002*	-0.7783**	—	0.7278**	0.7424**	0.8499**	0.9248**	15
400	0.6174*	-0.7880**	0.6500**	0.6617**	0.7547**	0.8636**	0.9333**	15
500	0.6260*	-0.7826**	—	0.6682**	0.7577**	0.8726**	0.9337**	15
600	0.6434**	-0.7950**	0.6726**	0.6723**	0.7609*	0.8768**	0.9381**	15
700	0.6571*	-0.7988**	—	0.6909**	0.7790**	0.8993**	0.9432**	14
800	0.6749**	-0.8043**	0.6866**	0.6883**	0.7769**	0.8969**	0.9412**	14
900	0.6737*	-0.8285**	—	0.7963**	0.8346**	0.9096**	0.9377**	12
平 均 值	0.6142	-0.7882	0.6362	0.6764	0.7528	0.8659	0.9259	
显著标准	自由度 f = 13	r 0.05 = 0.511 r 0.01 = 0.641	f = 12	r 0.05 = 0.532 r 0.01 = 0.661	f = 10	r 0.05 = 0.576 r 0.01 = 0.708		

2. 武功头、二、三道原不同土壤类型的水分特征曲线

武功头、二、三道原（即渭河的三级阶地、二级阶地、一级阶地），由于地形条件的不同，耕作栽培历史以及利用情况的差异，在长期的土壤形成过程中，形成了不同的土壤类型。头道原称为红油土，二道原为黑油土，三道原为潮土。我们试验时均用这些土壤的耕层土，进行水分特征曲线的测定，结果见图2。

由图2看出，不同土壤之间土壤水分特征曲线也有明显的差异。在相同的含水量情况下，例如20%的含水量时，不同土壤的水吸力差异很大。潮土水吸力为700毫巴，黑油土为550毫巴，红油土只有330毫巴左右。因此，不同土壤水吸力下与相应的含水量绘成的水分特征曲线，就有明显的差异。

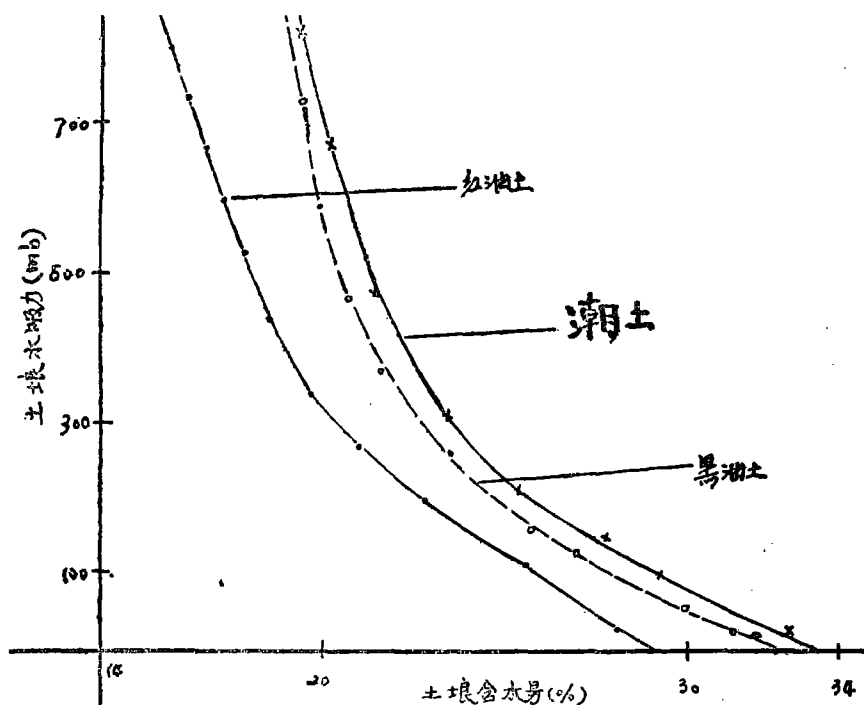


图2. 武功头、二、三道原不同土壤类型水分特征曲线

土壤水分特征曲线是土壤性质，特别是土壤物理性质的综合反映。我们就供试八种土壤的物理化学性质与持水特性之间的关系进行了相关分析（表3）。

表3表明：在样本容量大体相同，不同土壤水吸力条件下，土壤含水量与土壤的部分理化性质，均呈极显著的相关关系。

同时，由武功头、二、三道原土壤主要性质比较表明（表4），不同土壤之间也有差异。由表3、4分析可以看出，土壤颗粒是制约其它物理性质的主要因素。虽然物理粘粒、粘粒、细粉砂粒与土壤含水量在不同吸力下，均达极显著相关，但从相关系数值来看，显然细粉砂粒与含水量的相关性高于相同吸力下粘粒及物理性粘粒与含水量的相关性。这表明细粉砂粒的含量对土壤吸力的影响更为强烈。头道原红油土虽然粘粒含量

最高（为54.43%），但细粉砂粒含量略高于黑油土而低于潮土。我们的试验及分析结果还表明，毛管孔度是所有土壤性质中，土壤水吸力与含水量相关关系最密切的因素，10—900毫巴吸力下平均相关系数最高（ $r = 0.9259$ ）。潮土和黑油土的毛管孔度相对含量均高于红油土，前者为45.48%，后者为46.55%，而红油土为41.93%。以上就是红油土水分特征曲线比潮土较低的主要原因。当然，土壤容重，有机质含量、阳离子代换量等土壤性质对它们的持水特性，也有不同程度的影响。正是由于这许多因素的差异，从而造成了头、二、三道原不同土壤水分特征曲线的变异。

表4 武功头、二、三道原土壤物理性质比较

土壤	有机质 (%)	容重 (g/cm ³)	孔隙组成 (%)			<0.001 mm的粘粒 (%)	<0.01 mm的物理性粘粒 (%)	0.05—0.001粉砂粒 (%)	0.005—0.001细粉粒 (%)	阳离子代换量 (m·e/100g土)
			总孔度	毛管孔度	非毛管孔度					
红油土	1.18	1.47	46.65	41.93	2.72	30.07	54.43	49.68	13.41	14.82
黑油土	1.53	1.38	47.99	46.55	1.44	25.37	46.45	59.73	11.30	14.53
潮土	1.30	1.39	47.48	45.48	2.00	25.45	48.18	58.81	15.04	15.38

3. 塋土剖面不同层次的水分特征曲线

塋土在长期的耕作历史过程中，形成了特殊的剖面构造。最上部土层为覆盖层，中部土层为质地粘重、颜色棕褐的粘化层，其下部为黄土母质层。为了进一步了解塋土不同层次的持水性能，评价塋土的水分特性，我们又对红油土进行了不同层次水分特征曲线的测定（图3）。

图3表明，塋土的粘化层具有较高的吸水、蓄水性能，持水性能最强。在一定吸力条件下，比覆盖层和母质层有较高的水分含量。例如在土壤水吸力500毫巴时，粘化层持水量为22%，母质层和覆盖层分别为18.2%及17.2%，这是我们可以予测到的结果。因为塋土粘化层质地粘重、它的粘粒及物理性粘粒、毛管孔隙度、阳离子代换量等都处于较高的水平（表5）。

塋土母质层的持水性能高于覆盖层，这是我们所没有想到问题。因为覆盖层从质地上看，属于较粘重的土壤，一般来说，它的持水性能必然会高于母质层。然而，实际测定的结果，恰恰相反。从表5塋土不同层次土壤性质的分析结果来看，母质层的有机质含量、阳离子代换量、<0.001mm粘粒含量以及细粉砂粒含量均比覆盖层为低，只是毛管孔度、粉砂粒含量略高于覆盖层，但这些因素的作用，还不足以说明母质层持水力能

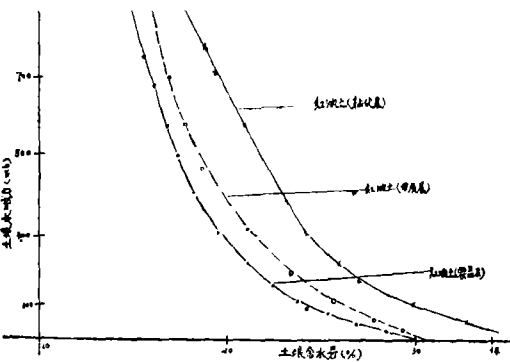


图3 红油土不同层次水分特征曲线

就应该高于覆盖层，因而对这一问题还有待于进一步研究。

表 5 红油土剖面不同层次理化性质比较

土壤剖面 层 次	有机质 (%)	阳离子 代换量 ($m \cdot e / 100g \pm$)	容 重 (g/cm^3)	毛管孔度 (%)	<0.01 mm物理 粘粒(%)	0.05— 0.001mm 粉砂粒 (%)	<0.001 mm粘粒 (%)	0.005— 0.001mm 细粉粒 (%)
覆盖层	0.85	11.59	1.49	43.71	49.25	56.58	27.12	12.93
粘化层	0.60	17.72	1.46	44.91	54.46	53.76	32.75	12.55
母质层	0.33	6.82	1.46	44.90	38.36	60.36	19.15	10.24

4. 土壤水分的能量指标与数量指标的相关性

土壤水吸力与土壤含水量呈明显负相关。根据我们测定的资料，不同的土壤水分特征曲线可用不同的经验公式来表示。这样便可通过水分特征曲线的经验公式，对土壤的含水量和土壤水吸力进行相互换算，这在理论分析和实际应用中都是非常需要的。但也有不同的看法，认为土壤吸附及空隙几何形状的作用太复杂了，所以没有满意地数学模式能够阐明土壤水吸力与湿度之间的复杂关系。

Visser (1966年)曾提出了预示土壤水吸力与含水量的关系式^[6]，

$$\phi = a (f - \theta) n / \theta^m$$

式中 ϕ ，土壤水吸力

f ，土壤孔隙度

θ ，土壤容积含水量

a ， n ， m 经验常数

这个公式的实际应用常受制于常数的计算较为困难。因此，Gardner 等人在1970年又提出了如下的经验公式，

$$\phi = a \theta^{-b}$$

式中 ϕ ，土壤水吸力

θ ，土壤的容积含水量

a 、 b 经验系数（对不同的土壤， a 、 b 不同）

根据我们对测定资料的分析，在低吸力条件下（0—0.8巴），土壤水分特征曲线可以用指数式表示：

$$S = a e^{-b \phi}$$

式中 S ，土壤水吸力（mb）

θ ，土壤的重量含水量（%）

e ，自然对数

a 、 b 经验系数

我们把在几种土壤上求得的指数经验式同 Gardner 幂函数式进行了比较，并作了

方差分析(表6)。

表6 塋土水分特征曲线的指数式与 Gardner 式的相关比较

土 壤	指 数 式	相关系数 (r)	Gardner 式	相关系数 (r)
红 油 土 (耕层)	$S = 15144.03e^{-0.1906\theta}$ **	-0.9893	$S = 1708.37\theta^{-3.8122}$ **	-0.9803
红 油 土 (粘化层)	$S = 40457.20e^{-0.2025\theta}$ **	-0.9859	$S = 332276852.00\theta^{-5.1314}$ **	-0.9864
红 油 土 (母质层)	$S = 56613.34e^{-0.2544\theta}$ **	-0.9859	$S = 5337034374\theta^{-5.5679}$ **	-0.9574
黑 油 土	$S = 37987.03e^{-0.2238\theta}$ **	-0.9569	$S = 731475362.90\theta^{-4.6889}$ **	-0.9639

式中,吸力 S 用毫巴,含水量 θ 用重量含水量表示(%)。

** 方差分析达极显著。

表6表明两种经验式均达极显著水平,且相关系数都比较高。因此,我们认为这两种经验式都适合于关中塋土(在0—0.8巴范围)。

5. 土壤水容量与土壤水分的有效性

土壤吸持水量的多少,并不能完全反映土壤水分有效性的大小。因为在相同含水量下,不同土壤(重壤、中壤、砂壤)水分的有效性差异甚大。图1、2、3就反映了同一含水量下,不同土壤水分所受的土壤吸力大小不同,这必然会影响到作物对水分的吸收和利用。所以,土壤水分的有效性不应单纯以土壤水分的容量指标(土壤含水量)来评价,而应用其强度指标(土壤水容量)来度量。这样更能确切反映作物吸水的实际状况。

由于至今还没有一个理想的函数关系式来表示土壤水分特征曲线,所以其斜率的求法,就难于应用微分法。这里我们用“拟微分法”求得水容量近似值(表7)。

$$\text{土壤水容量} = \frac{\Delta\theta}{\Delta S} = \frac{\text{重量含水量差值 (ml/g)}}{\text{土壤水吸力差值 (b)}}$$

由于水分特征曲线各处的斜率并不相同,因此,各种不同大小吸力下的水容量也不相等。表7指出,在相同吸力差下,随着吸力升高,水容量逐渐降低。红油土耕层水容量从0.1—0.8巴,水容量由0.302毫升/克巴减小为0.053毫升/克巴。这就说明,同样吸力差时,在低吸力范围内,土壤有较多的水分释放,作物吸收水分消耗能量少,而在高吸力范围,作物要吸收同样量的水分就要增大能量的消耗。

从表7分析资料还可看出,不同土壤,在相同水吸力梯度下水容量也不相等。例如在0.3—0.4巴的吸力差时,红油土母质层和塋土水容量为0.168和0.167毫升/克巴,而

黑油土和潮土为0.126和0.141毫升/克巴。若以上四种土壤均为同一含水量时，则红油土母质层和培土的土壤水分有效性就明显高于黑油土和潮土。这表明，不同土壤的水分有效性也有显著的不同。

表7 塋土不同土壤水容量的变化 (ml/gb)

吸力(巴) \ 土 壤	0.01	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	平 均
	—0.1	—0.2	—0.3	—0.4	—0.5	—0.6	—0.7	—0.8	
红 油 土	0.394	0.302	0.228	0.158	0.103	0.077	0.073	0.053	0.174
黑 油 土	0.421	0.361	0.192	0.126	0.098	0.072	0.065	0.052	0.168
潮 土	0.522	0.316	0.196	0.141	0.074	0.070	0.066	0.061	0.181
红油土(覆盖层)	0.768	0.303	0.155	0.104	0.081	0.083	0.032	0.056	0.198
红油土(粘化层)	0.529	0.393	0.182	0.121	0.079	0.084	0.068	0.082	0.192
红油土(母质层)	0.366	0.357	0.241	0.168	0.168	0.106	0.101	0.098	0.190
培 土	0.453	0.288	0.239	0.167	0.120	0.090	0.076	0.060	0.187
渭河冲积土	1.232	0.243	0.165	0.082	0.043	0.062	0.032	0.048	0.238

综上所述可以看出，利用土壤水分特征曲线说明土壤水数量与植物生长的相关性比用土壤湿度表示要清楚得多。

土壤水容量与土壤质地呈显著负相关(表8)。在0—0.8巴土壤水吸力范围，不同土壤平均水容量与<0.01mm物理性粘粒呈反相关。表明质地越细，土壤水容量越小。说明土壤吸持水量是随粘粒的增加而增加(表3)，而供作物吸收利用的水分则随粘粒增加而减少。

表8 物理粘粒、有机质与平均水容量的相关性

项 目	<0.01mm物理性 粘粒与平均水容量	有机质与平均水容量
相关系数	$r = -0.7995^*$	$r = -0.7099^*$
t 值	3.26	2.46
显著标准	$n = 6$ $t_{0.05} = 2.45$ $t_{0.02} = 3.14$	

土壤水容量与有机质的关系，也呈负相关，相关系数 $r = -0.7099$ ，但显著水平较低。

6. 土壤当量孔隙分布与土壤持水性

由水分特征曲线, 可以计算土壤当量孔隙的分布情况, 这样不仅使我们知道在某一吸力下, 水在不同当量孔隙的分布情况, 对了解当时的水分运动和性质是有益的, 而且通过土壤水分当量孔隙的分布, 可以作为判断土壤持水能力的重要指标。

我们运用茹林公式, $d(\text{mm}) = \frac{3}{S(\text{mb})}$ 进行计算, 得到与吸力相对应的不同土壤的当量孔隙分布状况(表9)。

由表9看出, 当量孔隙分布与土壤物理性粘粒密切相关。头、二、三道原土壤(重壤)与渭河冲积土(砂壤)相比较, 重壤土物理性粘粒含量都在45%以上, 吸水能力强, 与吸力相当的小孔隙就多, 三种不同土壤, $<0.0033\text{mm}$ 的当量孔隙都大于20%; 砂壤土物理性粘粒含量为16.52%, 持水能力显然较弱, 与吸力相当的小孔隙就少, $>0.0033\text{mm}$ 当量孔隙仅有9.3%。这说明土壤的物理性粘粒含量越高, 形成的大孔隙越少, 小孔隙越多, 分子引力和毛管作用力越大, 土壤持水能力越强。对于砂壤土来说, 形成的小孔隙少, 而大孔隙多, $0.2-0.0033\text{mm}$ 的当量孔隙为26.04%, 高于头、二、三道原土壤, 因此, 砂壤土的持水能力弱。

7. 塋土水分状况的田间测定

由不同质地土壤水分特征曲线的分析, 以及武功头、二、三道原和塋土剖面不同层次土壤水分特征曲线的比较, 可以明显看出, 塋土的粘化层与母质层和覆盖层相比, 不动一吸力条件下, 能吸持较多的水分, 具有较好的持水性能, 这对农业生产是十分有利的。塋土有上粗下细的土壤剖面构造, 因而具有托水保肥作用^[5]。我们在武功头道原和红油土剖面水分测定结果也说明了这个问题(图4)。

从图4可以看出, 雨季后土壤剖面水分分布较为均匀, 全剖面土壤处于较高的含水量水平, 平均含水量在20%以上。但在雨季前的干旱季节里, 土壤表层含水量甚低, 而下层的粘化层却保持着较高的含水量。雨季中期, 由于蒸发、降雨交替进行, 粘化层含水量仍有高于上、下两层的趋势, 整个土层含水量均高于干旱季节土壤剖面含水量。这说明塋土持水性能和特殊的剖面构造给土壤带来的良好保水作用。

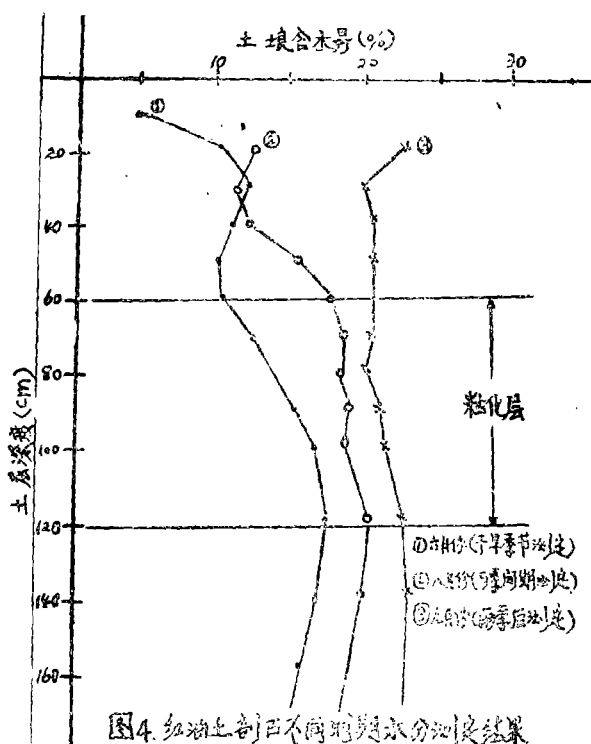


图4 红油土剖面不同时期水分测定结果

三、结 论

1. 垆土水分特征曲线主要受土壤质地和毛管孔度的影响。土壤物理性粘粒及细粉砂粒含量与含水量呈明显正相关，平均相关系数分别为0.7528和0.8659；毛管孔度与含水量平均相关系数 $r = 0.9259$ ，显著性水平最高。因此，土壤质地越粘重，毛管孔度愈发达的土壤，其持水能力愈强。

2. 不同原地垆土土壤的水分特征曲线不同。其持水性能大致顺序是，潮土（三道原土壤）大于黑油土（二道原土壤）大于红油土（头道原土壤），红油土剖面不同层次的持水能力是粘化层大于覆盖层和母质层。

3. 土壤水吸力与土壤含水量呈负相关。垆土不同原地土壤，土壤水吸力与含水量的关系，可用指数式 $S = a e^{-b}$ 或经验式 $S = a \theta^{-b}$ 来概括（在0—0.8巴范围）。

4. 土壤水容量随土壤水吸力增大而减小。水容量与 $<0.01\text{mm}$ 的物理性粘粒含量呈反相关（ $r = 0.7995$ ），土壤吸水量随粘粒增加而增加，而释水量则随粘粒增加而减少。土壤水吸力可作为水分有效性的强度指标。

5. 土壤当量孔径也可看作是土壤水吸力的一种表示。

参 考 文 献

- 〔1〕 李玉山：垆土水分状况与作物生长，土壤学报 10卷3期，1962年。
- 〔2〕 全国统编教材：土壤学（农化专业）41页，1979年。
- 〔3〕 李天杰等：土壤地理学 30—40页，1979年。
- 〔4〕 朱显谟：垆土 27—28页，1964年。
- 〔5〕 刘鹏生：从垆土的水、气条件试论垆土的肥力。
- 〔6〕 华孟、叶和才译：土壤和水分，1979年（油印本）。
- 〔7〕 朱祖祥：土壤水分的近代能量概念及其意义 土壤学进展1979年第一期。
- 〔8〕 E. W. Russell：土壤条件与植物生长，1979年。
- 〔9〕 张君常等译：土壤物理，1972年。
- 〔10〕 日本：土壤物理性测定法，1979年。
- 〔11〕 南京土壤研究所编：土壤理化分析。
- 〔12〕 A. A 罗戴：土壤水，1964年。
- 〔13〕 杨金楼等：上海郊区主要土壤持水特性，1980年（油印本）。
- 〔14〕 袁剑舫、周月华：水分运行与土壤质地的关系，土壤学报 1964年。
- 〔15〕 李玉山、喻宝屏：垆土水分状况。
- 〔16〕 中国科学院南京土壤研究所：中国土壤，1978年。

A Preliminary Study on the Moisture Characteristic Curves and Retention Ability of Lou Soil by Using Soil Humidity-meter (tensiometer)

Hu Ting-yu Tian Chang-shan Cheng wen-li

Summary

The retention ability is an important physical property of soil water. In the past, as far as the retention ability of Lou soil, is concerned greater attention was paid to the study associated with morphology of soil water. From the view point of energy we carried out preliminary studies by means of tensiometer developed by the Nanking Soil Research Institute. The results obtained are as follows:

1. The curves of moisture characteristics of Lou Soil are mainly affected by the soil texture and capillary porosity. The results of experiments showed that: The relationships between the contents of $<0.01\text{mm}$ physical clay, $0.005-0.001\text{mm}$ fine silt particle and water contents of soil can be expressed by positive correlation of utmost significance, and that The mean correlation coefficient (r) is 0.7528^{**} and 0.8659^{**} respectively. The mean correlation coefficient of capillary porosity and water contents of soil are highest.

2. In different yuan land of Lou soil the moisture curves of the soil are different, and so is the retention ability Chao soil $>$ smonitza $>$ red oil-soil; the retention ability in different layers of red oil-soil profile is that argillitic is bigger than mulch horizon and lithic contact.

3. The ratio of water sucking ability to water content can be expressed by negative correlation. The relationship of soil water sucking and water contents may be expressed by the exponential function $S = ae^{-b\theta}$ or Empirical formula of Gardner $S = a\theta^{-b}$.

4. The water capacity of soil decreases with the increasing of soil water sucking. The ratio of the water capacity is expressed by negative correlation to the contents of $<0.01\text{mm}$ physical clay ($r = -0.7995$). The water-holding capacity of the soil increases with the increasing of the clay contents but the water-releasing capacity decreases with the increasing of clay contents.

5. We can also consider the soil equivalent pore radius as a expression of soil water Sucking.