

# 黄泛平原不同质地土壤的持水特性\*

张景略 苗付山  
(河南农学院)

## 摘 要

用压力膜法对黄泛平原不同质地潮土的持水特性进行了研究。结果指出,土壤的持水性、孔径分布和水容量都与土壤质地有密切关系。在高吸力情况下,土壤的持水性随土壤质地变粘而增强。

土壤孔径分布与土壤质地的关系是:重力水孔隙随土壤质地变粘而减小;迟效水孔隙和无效水孔隙随质地变粘而增加;而易效水孔隙偏粘的土壤有减小的趋势。

土壤水容量也受土壤质地的影响,重力水水容量随质地变粘而增加,易效水水容量是壤土高于砂性土和粘性大,而迟效水水容量则是轻粘土高于其它质地的土壤。

黄泛平原广泛分布的潮土(过去称为浅色草甸土或石灰性冲积土),有机质缺乏,熟化度低,结构性差,而土壤孔隙的孔径分布和水物理特性主要决定于土壤质地,因此对本区不同质地土壤的持水特性及其水容量的研究,有助于探明土壤的孔径分布与水分的有效性,为合理的水分管理措施提供科学依据。

## 一、试验材料和方法

供试土壤样品采自豫东地区熟化度较低的潮土。共计 12 个样品,分属青砂土、碱化青砂土、两合土、淤土和胶泥等五个土属。其质地有砂壤土、轻壤土、轻粘土、中粘土和重粘土等五种(表 1)。

土壤持水性用土壤脱水过程曲线来表示,采用压力膜装置测定。土壤机械组成用土壤比重计法测定,按卡庆斯基质地系统进行分类。土壤孔径分布与水容量均按有关公式计算而得<sup>[1]</sup>。

## 二、结果分析

### (一) 土壤的持水性

土壤的持水性是指土壤的持水能力。在土壤有效水范围内,它是由土壤的表面引力和毛管引力所引起的,一般以土壤的吸力与土壤含水量的关系制成的土壤持水曲线(也称土壤水分特征曲线)来表示,结果绘成图 1。根据图 1 的曲线,计算出土壤吸力( $x$ )与含水量( $y$ )的关系式列入表 2。

\* 土壤吸力由中国科学院南京土壤所汪仁真同志协助测定;王瑞新、李有田二位同志参加部分工作;西北农学院张君常副教授对本文进行了审阅。特此一并致谢。

表 1 土壤的机械组成

Table 1 The mechanical composition of soil

样品编号 Sample No.	土壤名称 Soil	颗粒组成(粒径 mm)% Particle composition(diameter of particle mm) %					物理性粘粒 ( $<0.01\text{mm}$ )% Physical clay ( $<0.01\text{mm}$ ) %	质地 Texture
		1—0.05	0.05—0.01	0.01—0.005	0.005—0.001	$<0.001$		
1	青砂土	43.2	42.6	3.1	6.1	5.1	14.3	砂壤土
2	青砂土	32.8	53.2	2.5	5.6	5.9	14.0	砂壤土
3	碱化青砂土	17.8	64.3	5.6	5.2	7.1	17.9	砂壤土
4	两合土	16.0	58.1	10.4	8.1	7.4	25.9	轻壤土
5	两合土	13.7	61.1	6.5	9.2	9.5	25.2	轻壤土
6	淤土	3.6	31.8	18.0	23.3	23.3	64.6	轻壤土
7	淤土	4.4	32.6	14.8	24.9	23.3	63.0	轻壤土
8	淤土	4.0	29.8	16.4	24.1	25.7	66.2	轻壤土
9	淤土	4.8	34.4	14.2	21.7	24.9	60.8	轻壤土
10	淤土	6.5	29.1	12.1	23.5	28.8	64.4	轻壤土
11	胶泥	3.0	13.7	8.5	31.0	43.8	83.3	中粘土
12	胶泥	1.3	1.6	8.4	33.5	55.2	97.1	重粘土

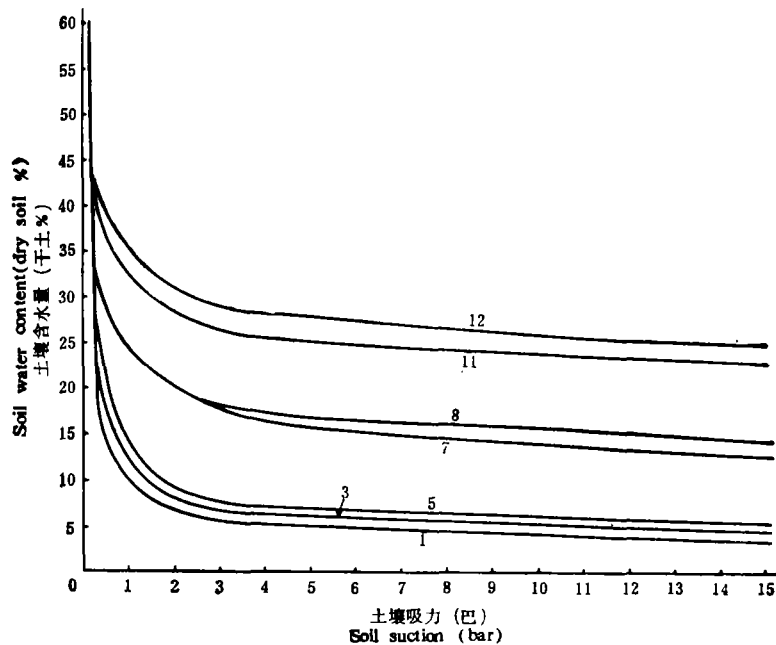


图 1 黄泛平原不同质地土壤的持水曲线

Fig. 1 The moisture retention curves of soils with different texture in the flood plain of the Huanghe River

1. 青砂土(砂壤土); 3. 碱化青砂土(砂壤土); 5. 两合土(轻壤土); 7. 淤土(轻粘土);  
8. 淤土(轻粘土); 11. 胶泥(中粘土); 12. 胶泥(重粘土)

根据表 2, 就有可能对降雨后或灌水后土壤的含水量和土壤吸力进行互算, 用以指导水分管理。同时还可根据土壤持水曲线计算出土壤水分有效性范围<sup>[9]</sup>, 所得结果列入表

表 2 土壤吸力(x)与含水量(y)的相关性

Table 2 Correlation between soil suction(x) and water content(y)

样品代号 Sample No.	土壤名称 Soil	质地 Texture	回归方程 Regression equation	相关系数 Correlation coefficient
1	青砂土	砂壤土	$y = 9.682x^{-0.3391}$	$r = -0.9632^{**}$
3	碱化青砂土	砂壤土	$y = 11.2177x^{-0.3269}$	$r = -0.9645^{**}$
5	两合土	轻壤土	$y = 14.3522x^{-0.2551}$	$r = -0.9844^{**}$
7	淤土	轻壤土	$y = 21.7806x^{-0.1866}$	$r = -0.9943^{**}$
11	胶泥	中粘土	$y = 31.4813x^{-0.1299}$	$r = -0.9905^{**}$
12	胶泥	重粘土	$y = 33.21x^{-0.1181}$	$r = -0.9979^{**}$

表 3 黄泛平原不同质地土壤的几种水分含量(干土%)

Table 3 Water content of soils with different textures in the flood plain of the Huanghe River(dry soil %)

样品编号 Sample No.	土壤名称 Soil	质地 Texture	重力流出水 ( $< 0.3$ 巴) Gravitational water ( $< 0.3\text{bar}$ )	有效水 Available water			无效水 ( $> 15$ 巴) Unavailable water ( $> 15\text{bar}$ )
				全有效水 ( $0.3-15$ 巴) Total available water ( $0.3-15\text{bar}$ )	速效水 ( $0.3-6$ 巴) Rapidly available water ( $0.3-6\text{bar}$ )	迟效水 ( $6-15$ 巴) Slowly available water ( $6-15\text{bar}$ )	
1	青砂土	砂壤土	$> 14.9$	11.0	9.9	1.1	$< 3.9$
2	青砂土	砂壤土	$> 16.9$	12.5	11.4	1.1	$< 4.4$
3	碱化青砂土	砂壤土	$> 27.6$	22.8	21.6	1.2	$< 4.8$
4	两合土	轻壤土	$> 21.0$	14.2	11.0	3.2	$< 6.8$
5	两合土	轻壤土	$> 20.2$	15.7	14.8	0.9	$< 4.5$
6	淤土	轻粘土	$> 30.6$	19.2	14.4	4.8	$< 11.4$
7	淤土	轻粘土	$> 28.4$	16.0	13.5	2.5	$< 12.4$
8	淤土	轻粘土	$> 29.0$	16.0	13.9	2.3	$< 13.0$
9	淤土	轻粘土	$> 29.4$	15.2	12.3	2.9	$< 14.2$
10	淤土	轻粘土	$> 29.9$	14.9	12.4	2.5	$< 15.0$
11	胶泥	中粘土	$> 37.0$	14.5	13.0	1.5	$< 22.0$
12	胶泥	重粘土	$> 39.0$	15.0	13.1	1.9	$< 24.1$

3。

从表 3 看出,不同质地土壤在同一水分常数(或吸力)下所保持的水分数量是不同的,质地愈粘,所保持的水分愈多,但从土壤水分对作物的有效性来说,有效水范围大小的顺序为轻壤土、轻粘土 $>$ 中粘土、重粘土 $>$ 砂壤土。质地过砂过粘,所保存的有效水都少。从表 3 和参照图 1 还可明显地看出,土壤持水量的大小与土壤质地关系极为密切。在一定范围内,质地愈粘,持水量愈高。在高吸力范围内表现尤为明显。

据报道<sup>[1]</sup>,在低吸力的情况下,土壤持水曲线有交错现象。我们的结果(图 2)也证明了这一点。出现这种现象,有的可能是土壤胶体的亲水性与电性引起的,像 5 号土与 3 号土的持水曲线交错在一起,可能是因为 3 号土是碱化青砂土,而 5 号土是两合土,与两者的胶体特性不同有关。而 1 号土与 2 号土同属青砂土,其持水曲线也出现交错现象,可能与土壤孔隙特性有关。从表 4 看出,1 号土小于 0.3 巴的孔隙比 2 号土多,而 0.3—3 巴的孔

隙比 2 号土少, 孔径分布的差异, 势必影响土壤的持水性。

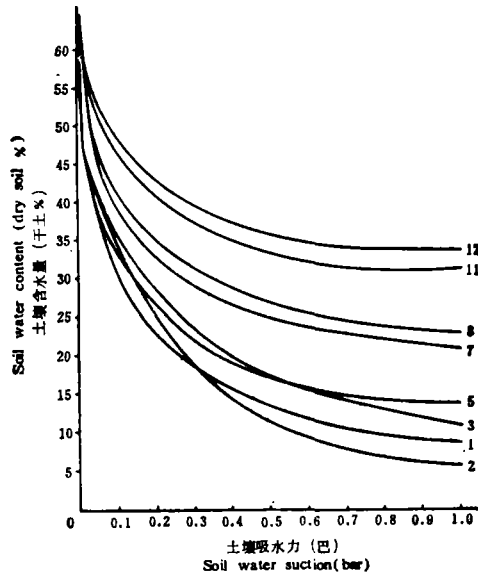


图 2 黄泛平原不同质地土壤 0.005—1 巴持水曲线

Fig. 2 The moisture retention curves of soils with different textures in the flood plain of the Huanghe River (at 0.005—1 bar suction)

1. 青砂土(砂壤土); 2. 青砂土(砂壤土); 3. 碱化青砂土(砂壤土); 5. 两合土(轻壤土)  
7. 淤土(轻粘土); 8. 淤土(轻粘土); 11. 胶泥(中粘土); 12. 胶泥(重粘土)

## (二) 土壤的孔径分布

上面已经指出, 不同质地土壤的持水曲线所表现的特征是不同的, 而且孔隙大小的分配比例是影响持水性的重要因素。根据持水曲线利用有关公式<sup>[4]</sup>便可算出不同孔隙的容积百分数。这是由于当土壤吸力提高时, 就会有相应容积的水释放出来, 这部分水所占的容积, 事实上, 就等于当量孔径孔隙的容积。因此, 只要算出土壤吸力增加时的水分释出量, 就可计算出当量孔径的容积百分数。弄清土壤的孔径分布, 对于了解土壤的通气透水性、保水性和水分在土壤中的移动都有重要意义。

从表 4 看出, 土壤的孔径分布与土壤质地有密切关系。土壤的通气孔隙 ( $> 0.01\text{mm}$ ) 随土壤的变粘而减少; 而迟效水孔隙 ( $0.001—0.0002\text{mm}$ ) 与无效水孔隙 ( $< 0.0002\text{mm}$ ) 则随质地变粘而增多; 速效水孔隙 ( $0.01—0.001\text{mm}$ ) 总的来看, 过粘的土壤有减少的趋向。

## (三) 土壤的水容量(容水度)

土壤水分特征曲线的斜率即水容量。它标志着当土壤吸力发生变化时土壤能释出或吸入的水量, 它是与土壤水贮量和水分对植物有效程度有关的一个重要特性。由于土壤水分特征曲线是非线性的, 所以不同土壤吸力范围内的水容量也不相等, 一般是在低吸力情况下, 土壤释出的水量比较多, 作物吸水的耗能量也较少; 在高吸力情况下, 土壤释出

表 4 黄泛平原不同质地土壤的孔径分布

Table 4 Distribution of pore space of soils with different textures in the flood plain of the Huanghe River

样品编号 Sample No.	土壤名称 Soil	质地 Texture	孔隙度 (%) Pore space	孔隙状况(%) Porosity					
				孔径(mm) Pore diameter					
				>0.01	0.01— 0.001	0.001— 0.0005	0.0005— 0.0002	<0.0002	
				土壤吸力(巴) Soil suction(bar)					
					<0.3	0.3—3	3—6	6—15	>15
1	青砂土	砂壤土	52.2	32.8	11.7	1.2	1.4	5.1	
2	青砂土	砂壤土	49.6	27.6	13.4	1.4	1.4	5.5	
3	碱化青砂土	砂壤土	52.2	15.9	26.4	2.1	1.6	6.2	
4	两合土	轻壤土	51.4	25.1	13.0	1.3	4.2	8.8	
5	两合土	轻壤土	51.0	24.8	17.7	1.6	1.2	5.9	
6	淤土	轻粘土	50.7	11.0	16.7	2.0	6.2	14.8	
7	淤土	轻粘土	50.4	13.5	13.9	3.5	3.4	16.1	
8	淤土	轻粘土	49.2	11.6	13.7	4.2	3.0	16.9	
9	淤土	轻粘土	51.5	13.2	12.2	3.8	3.8	18.5	
10	淤土	轻粘土	52.6	13.6	12.4	3.8	3.3	19.5	
11	胶泥	中粘土	51.9	4.7	12.7	4.2	2.0	28.3	
12	胶泥	重粘土	52.9	3.2	13.4	3.4	2.5	30.3	

表 5 黄泛平原不同质地土壤的水容量(毫升/巴·克)

Table 5 Water capacity of soils with different textures in the flood plain of the Huanghe River(ml/bar·g)

样品编号 Sample No.	土壤名称 soil	质地 Texture	重力水(<0.3巴) Gravitational water(<0.3bar)	有效水 Available water	
				速效水(0.3—6巴) Rapidly available water(0.3—6bar)	迟效水(6—15巴) Slowly available water (6—15bar)
1	青砂土	砂壤土	>0.49	0.0173	0.0012
2	青砂土	砂壤土	>0.56	0.0200	0.0012
3	碱化青砂土	砂壤土	>0.92	0.0379	0.0013
4	两合土	轻壤土	>0.70	0.0193	0.0036
5	两合土	轻壤土	>0.67	0.0260	0.0010
6	淤土	轻粘土	>1.00	0.0253	0.0053
7	淤土	轻粘土	>0.95	0.0237	0.0028
8	淤土	轻粘土	>0.97	0.0240	0.0026
9	淤土	轻粘土	>0.98	0.0216	0.0032
10	淤土	轻粘土	>0.99	0.0217	0.0028
11	胶泥	中粘土	>1.23	0.0228	0.0017
12	胶泥	重粘土	>1.30	0.0230	0.0021

的水量减少,作物吸收同样多的水量就要消耗比较多的能量。这一事实说明,在有效水范围内,水分对作物来说是不等效的。从表 5 看出,土壤吸力为 0.3—6 巴时土壤的释水量要

比土壤吸力为 6—15 巴时的释出量大 10 倍左右。这说明, 作物以同等的力量来吸水, 在不同土壤吸力条件下从土壤中吸收到的水分也会因此而有很大差别。因此, 土壤水容量可作为土壤水分有效性的重要标志。此外, 土壤水容量也能反映土壤的水分贮量。水容量大, 表示土壤吸力减小时释放出来的水分也多, 也即土壤贮存的水分也多, 反之则少。

黄泛平原区, 由于土壤质地对土壤孔隙的孔径分布有直接影响, 因此也影响土壤的水容量。土壤吸力 < 0.3 巴的重力水的水容量随质地变粘而增加; 土壤吸力 0.3—6 巴的速效水的水容量以轻壤土为多, 质地变粘或变砂都有减少的趋势。土壤吸力 6—15 巴的迟效水的水容量则以轻粘土较高, 过砂过粘都随之减小。这一结果说明, 在干旱水分不足的情况下, 生长在砂性土壤上的作物不耐旱, 生长在过粘的胶泥地上的作物也不耐旱, 而生长在淤土地上的作物, 由于土壤在高吸力情况下释放出的水量多而能正常生长, 这就是一般所说的淤土地上生长的作物耐旱的原因。因此, 土壤水容量也可作为土壤耐旱性的指标。

### 三、结 语

1. 土壤的持水性主要决定于土壤质地, 即土壤的物理性粘粒含量。在高吸力情况下, 土壤愈粘, 土壤的持水量也愈大; 在低吸力情况下, 有些土壤的水分特征曲线出现交错现象, 这可能与土壤孔隙的孔径分布或土壤胶体的电性有关。

2. 土壤的孔径分布与土壤质地有密切关系, 土壤中通气孔隙的数量随土壤变粘而减少, 土壤迟效水孔隙和无效水孔隙随土壤变粘而增多, 而速效水孔隙则以轻壤土至轻粘土较多, 过砂过粘的土壤都有减少的趋势。

3. 土壤水容量是土壤贮水量与水分有效性的标志。一般在土壤低吸力情况下水容量较大; 在高吸力情况下, 土壤水容量较小。速效水的水容量以两合土较高, 过砂过粘都有减少的趋势。淤土的迟效水水容量高于砂性土和胶泥, 这可能是淤土地在干旱情况下生长的作物比较耐旱的主要原因。

### 参 考 文 献

- [1] 陈志雄、汪仁真, 1979: 中国几种主要土壤的持水性质。土壤学报, 第 16 卷 3 期, 277—281 页。
- [2] 杨金楼等, 1982: 上海地区土壤持水性的研究。土壤学报, 第 19 卷 4 期, 331—343 页。
- [3] 日本土壤物理性测定委员会编(翁德衡译), 1979: 土壤物理性测定法。科学技术文献出版社重庆分社。
- [4] D. 希勒尔著(华孟、叶和才译, 1981), 1971: 土壤和水。农业出版社。

## THE CHARACTERISTICS OF MOISTURE RETENTION OF SOILS WITH DIFFERENT TEXTURES IN THE FLOOD PLAIN OF THE HUANGHE RIVER

Zhang Jingluo Miao Fushan  
(Henan Agricultural College)

### Summary

The characteristics of moisture retention of fluvo-aquic soils with different textures in the flood plain of the Huanghe River were studied by pressure membrane method. Results showed that the moisture retention, distribution of pore space and specific water capacity of the soil were generally closely related to soil texture. The moisture retention was increasing with the soil texture getting clayey. As to the relationship between the pore space distribution and soil texture, it was found that the gravitational water pore space was decreasing with soil texture getting clayey; and the slowly available water pore space and unavailable water pore space were increasing with soil texture getting clayey; however, available water pore space in clayey soils tended to be decreasing with soil texture getting clayey. The specific water capacity of gravitational water was increasing with soil texture getting clayey; and the specific water capacity of rapidly available water of loamy soil was higher than that of the soils with sandy and clayey textures; while the specific water of slowly available water of light-clayey soil was higher than that of the soils with other textures.