

# 中国几种主要土壤的持水性质

陈志雄 汪仁真

(中国科学院南京土壤研究所)

土壤的持水性是指土壤吸持水分的能力。在对植物的有效范围内,土壤所吸持的水分是由土壤孔隙的毛管引力和土壤颗粒的分子引力所引起的,这两种力现在统称为土壤吸力,或基质吸力,它相当于土壤总水势中的基质势。土壤吸力与土壤水分的关系,可由土壤的持水曲线表征,它是研究土壤水分特性的重要资料。

土壤持水曲线的斜率为  $d\theta/ds$  ( $\theta$ —土壤含水率,  $s$ —土壤吸力),称为水容量 (Daniel, 1972),表示吸力变化时土壤可吸入或释出的水量。它是土壤持水性的一个特征。由于滞后现象,土壤吸水过程和释水过程的持水曲线不同,因此其水容量亦因过程的不同而异,但一般都以释水过程的持水曲线表示土壤的持水性。

## 试验材料与方法

供试土壤为砖红壤,红壤(母质),黄土,紫色土以及浅色草甸土。浅色草甸土分别取用三种质地类型——中壤质、轻壤质和砂壤质。它们的颗粒组成分别列于表1。

表1 几种土壤的颗粒组成

土 壤	地 点	颗粒组成(%)(粒径:毫米)						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		<0.01
砖红壤	广东省徐闻	0.61	11.47	8.28	3.10	13.16	63.38	79.64	中粘土
红壤(母质)	江西省进贤	2.76	8.04	20.01	9.04	11.85	48.30	69.19	轻粘土
黄土	陕西省武功	0.63	2.80	46.11	13.44	17.81	19.21	50.46	重壤土
紫色土	四川省北碚	2.29	37.68	22.63	9.40	19.37	8.63	37.40	中壤土
中壤质浅色草甸土	山东省益都	6.97	12.80	47.08	7.13	9.89	16.13	33.15	中壤土
轻壤质浅色草甸土	山东省德州	1.51	18.00	59.79	7.21	4.07	9.42	20.70	轻壤土
砂壤质浅色草甸土	江苏省徐州	0.17	27.29	62.43	3.79	0.61	5.71	10.11	砂壤土

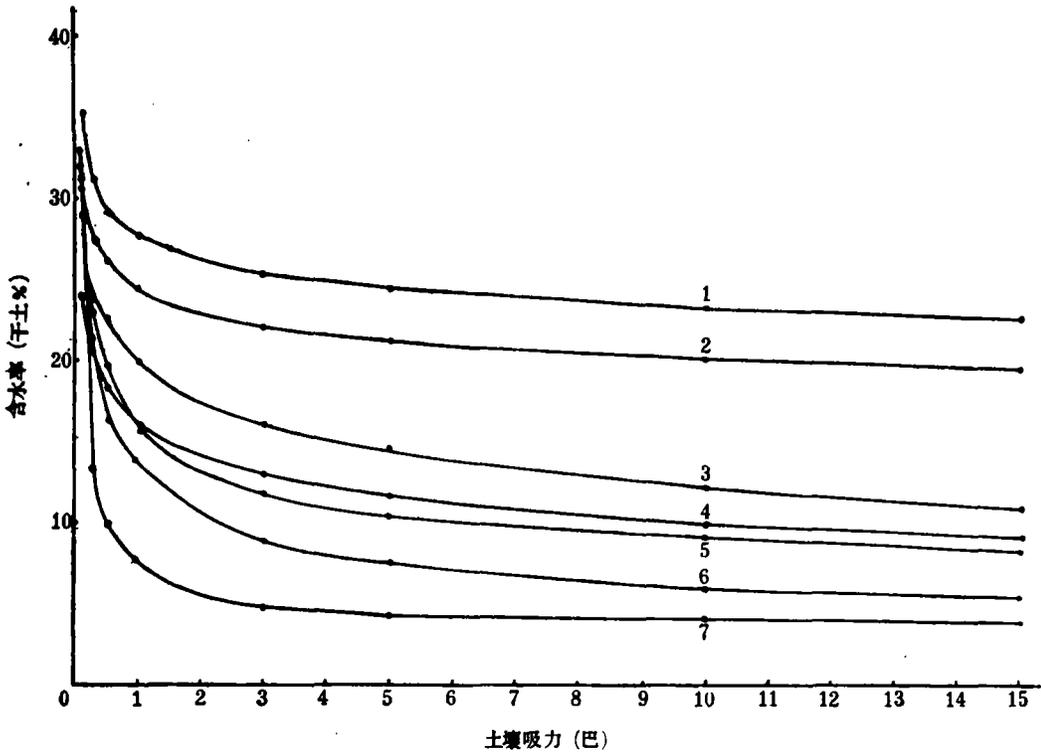
注:砖红壤标本由何电源同志提供;红壤标本由姚贤良同志提供;黄土标本由李玉山同志提供;紫色土标本由龙再忠同志提供。

将风干、过2毫米筛的土样置于容重杯中,制备成容重1.25克/厘米<sup>3</sup>的标本,然后置于压力薄膜器底盘中的膜(陶土板或玻璃纸)上,浸润过夜,再放入压力薄膜器中进行加压测定。所施加的压力为 $\frac{1}{2}$ 0.02、0.1、0.3、0.5、1、3、5、10、15巴,待压力与土壤吸力平衡后(即再没有水从仪器中流出时),取出样本,在105℃下测定其含水率,即为对应于该土壤吸力的含水率。

测定重复 2 次, 平行差  $< 1\%$  (含水率)。

## 结果与讨论

1. 各种土壤的持水曲线列于图 1。从图 1 可见, 持水曲线为双曲线型。

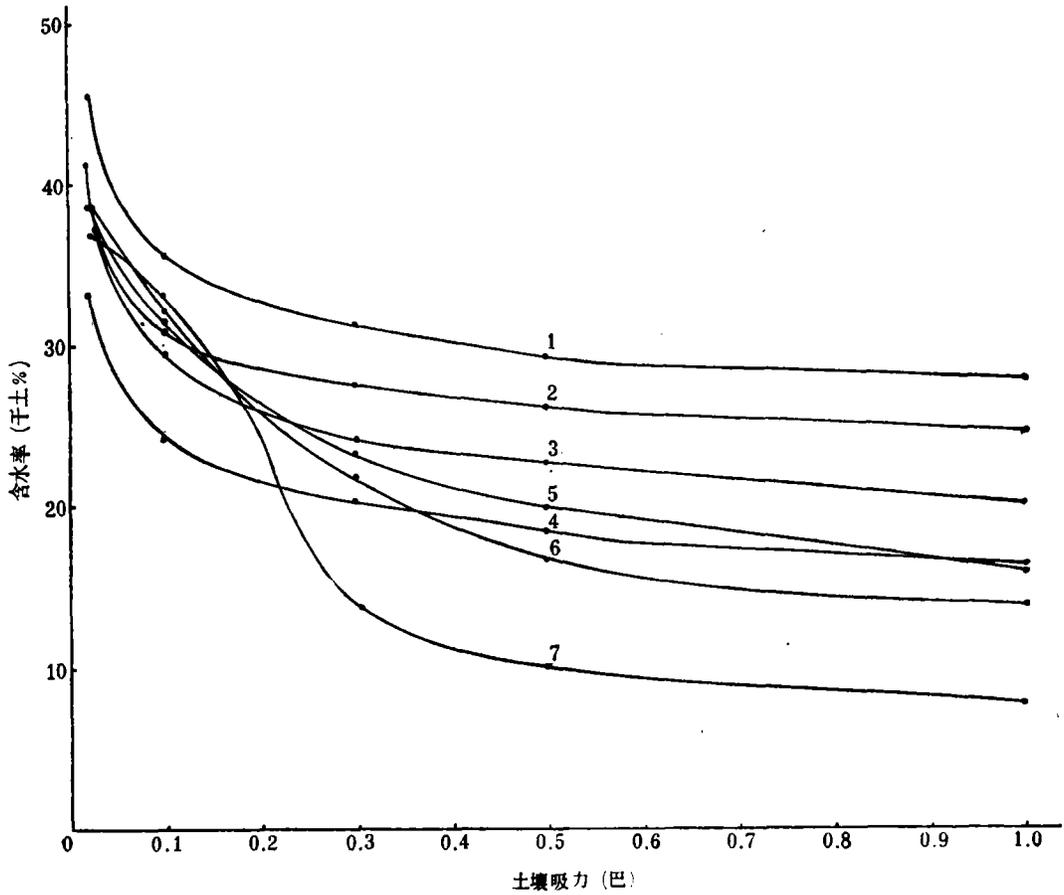


1 —— 砖红壤; 2 —— 红壤; 3 —— 黄土; 4 —— 紫色土; 5 —— 中壤  
质浅色草甸土; 6 —— 轻壤质浅色草甸土; 7 —— 砂壤质浅色草甸土。

图 1 土壤的持水曲线

2. 土壤的持水量与土壤质地有密切关系。在一定的吸力范围内, 质地愈细, 持水量愈高。在本试验中, 各种土样的物理性粘粒 ( $< 0.01$  毫米) 含量的顺序为: 砖红壤  $>$  红壤  $>$  黄土  $>$  紫色土  $>$  中壤质浅色草甸土  $>$  轻壤质浅色草甸土  $>$  砂壤质浅色草甸土。当土壤吸力高于 1 巴时, 各种土样的持水量亦依此顺序排列。可见, 较高吸力的土壤持水量主要决定于土壤比面, 亦即主要决定于土壤颗粒的分子引力。

但是, 当吸力较低时, 情况略有不同。如将 0.02—1 巴范围的持水曲线比例放大 (图 2), 便可看出壤质 (重壤—砂壤) 土壤的持水曲线交错在一起, 在相同的吸力下, 例如, 在 0.1 巴时持水量的顺序为: 砂壤质浅色草甸土  $>$  轻壤质浅色草甸土  $>$  中壤质浅色草甸土  $>$  重壤质黄土, 而在 0.5 巴时次序正好相反, 为重壤质黄土  $>$  中壤质浅色草甸土  $>$  轻壤质浅色草甸土  $>$  砂壤质浅色草甸土。由此可见, 在吸力较低时, 土壤的持水量并不完全取决于土壤的质地, 同时还取决于土壤的其它性质, 这些性质很可能与土壤的孔隙数量和孔隙特性有关。



1 ——砖红壤； 2 ——红壤； 3 ——黄土； 4 ——紫色土； 5 ——中壤质浅色草甸土； 6 ——轻壤质浅色草甸土； 7 ——砂壤质浅色草甸土。

图2 0.02—1巴的土壤持水曲线

表2 有机质对土壤持水量的影响

土 壤	有机质(%)	<0.01 毫米颗粒(%)	土壤吸力(巴)				
			0.1	0.3	0.5	1	3
			含水量(干土%)				
黑土	3.15	66.16	43.57	35.56	32.31	29.39	26.68
红壤(母质)	0.42*	69.19	30.67	27.53	26.16	24.52	22.06

\* 曾壁容同志分析

土壤的持水量还与土壤的有机质含量有关，以物理性粘粒含量相近的黑土和红壤作比较(表2)，结果表明：有机质含量高的黑土持水量明显高于有机质含量低的红壤。

3. 大家知道，土壤吸持的水分对植物的有效性，不在于含水量的高低而在于吸(水)力的大小。例如，在15巴吸力时，砖红壤的含水量(22.67%)虽然显著高于砂壤质浅色草甸土(3.89%)，但这时它们所保持的水分对植物的有效性都是一样的，都很难使凋萎的植物恢复膨压。因此，土壤水分(对植物)的有效性，不应以土壤水分的容量指标(含水率)来量

度,而应以土壤水分的强度指标(吸力)来量度。过去,人们根据实践的经验,已经把土壤有效水的范围限定在“田间持水量”与“凋萎含水率”之间,后来发现,凋萎含水率和 15 巴吸力的土壤含水率十分相近,而田间持水量则在 1/10—1/2 巴之间(一般来说,砂质土接近于 1/10 巴,粘质土接近于 1/2 巴)。由于土壤吸力的测定比较简便,故这两个吸力值也渐渐地作为土壤有效水的上限和下限了。至于这样来划分田间的土壤有效水范围是否恰当,还有许多争论(Gardner, 1977),但在实践上,因为它简单明了,至今还为一般所公认和应用。某些土壤的水分常数与相应的吸力值资料列于表 3,可供应用时作参考。

表 3 某些土壤的水分常数与相应土壤吸力值的对比

土 壤	田间持水量*	0.1 巴	0.3 巴	0.5 巴	凋萎系数*	15 巴
	含水率(干土%)					
砂壤质浅色草甸土	22—30	33.04	13.48	10.02	4—6	3.89
轻壤质浅色草甸土	22—28	31.94	21.44	16.57	4—9	5.44
中壤质浅色草甸土	22—28	31.31	23.00	19.85	6—10	8.31

\* 参见《华北平原土壤》第 323 页

4. 在有效水范围内的土壤水分是否同等有效,长期以来存在不同的看法(Gardner, 1977),于此,我们着重从持水曲线的斜率来加以讨论。

如前所述,持水曲线的斜率  $d\theta/ds$ ,称为水容量,表示吸力变化时吸入或释出的水量。由于持水曲线是非线性的,故各吸力的水容量并不相等,因此土壤可供植物吸收的水分也应随吸力的不同而不同,这一事实似乎支持着有效水范围内的水分是非等效的意见。

表 4 所列是用图解法求出的土壤水容量。各种土壤水容量的变化,有其自身的特点。有的土壤质地虽然相差较大,但其水容量的变化却比较接近一致,例如砖红壤和紫色土就

表 4 土壤的水容量(毫升/巴·克)

土 壤	土 壤 吸 力 (巴)							
	0.1	0.3	0.5	1	3	5	10	15
砖红壤	$4.5 \times 10^{-1}$	$1.25 \times 10^{-1}$	$5.6 \times 10^{-2}$	$2.0 \times 10^{-2}$	$0.6 \times 10^{-2}$	$3.5 \times 10^{-3}$	$2.2 \times 10^{-3}$	$1.04 \times 10^{-3}$
红壤(母质)	$5.33 \times 10^{-1}$	$0.7 \times 10^{-1}$	$5.0 \times 10^{-2}$	$3.4 \times 10^{-2}$	$0.6 \times 10^{-2}$	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.25 \times 10^{-3}$	$1.04 \times 10^{-3}$
黄土	$5.33 \times 10^{-1}$	$1.26 \times 10^{-1}$	$5.7 \times 10^{-2}$	$3.65 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-2}$	$5.1 \times 10^{-3}$	$3.5 \times 10^{-3}$	$2.52 \times 10^{-3}$
紫色土	$4.5 \times 10^{-1}$	$1.15 \times 10^{-1}$	$6.0 \times 10^{-2}$	$2.65 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-2}$	$3.0 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-3}$	$1.42 \times 10^{-3}$
中壤质浅色草甸土	$7.2 \times 10^{-1}$	$2.2 \times 10^{-1}$	$10.0 \times 10^{-2}$	$4.9 \times 10^{-2}$	$0.925 \times 10^{-2}$	$3.75 \times 10^{-3}$	$2.35 \times 10^{-3}$	$1.82 \times 10^{-3}$
轻壤质浅色草甸土	$7.0 \times 10^{-1}$	$3.5 \times 10^{-1}$	$15.0 \times 10^{-2}$	$4.7 \times 10^{-2}$	$1.3 \times 10^{-2}$	$4.0 \times 10^{-3}$	$2.2 \times 10^{-3}$	$1.14 \times 10^{-3}$
砂壤质浅色草甸土	$6.3 \times 10^{-1}$	$5.75 \times 10^{-1}$	$5.0 \times 10^{-2}$	$3.3 \times 10^{-2}$	$0.5 \times 10^{-2}$	$1.0 \times 10^{-3}$	$0.5 \times 10^{-3}$	$0.4 \times 10^{-3}$

是这样。故水容量的变化与土壤质地并无一定的关系。这一事实说明,虽然土壤可吸持水量随土壤粘粒的增加而增多,但它可释出供植物吸收的水量却并不一定也因此而增多,粘土有时也很容易显出其干旱性,就是这个道理。所以,土壤的耐旱性(或保水性),应当以水容量为其指标,是比较恰当的。

从表 4 中可看出,各种土壤的水容量是随着吸力的增大而迅速减少的,当吸力为 0.1—0.3 巴时,其水容量为  $10^{-1}$  级(毫升/巴·克),当吸力达 10—15 巴时,其水容量下降了 100 倍,而达到  $10^{-3}$  级(毫升/巴·克)。土壤水容量的这些变化,反映出土壤在不同的

吸力时可释出的水量的巨大差别,如果植物以同等的力量来吸水,则在不同的吸力下从各种土壤中所吸收到的水分也会因此有很大的差别,这就是以水容量来反映土壤水分的有效性的意义所在。植物本来具有很大的吸水力,尤其在被动吸水的时候(朱祖祥,1979),当土壤吸力接近 15 巴(凋萎湿度)时,它们之间还会有很大的吸力差,照理是可以吸收到水分的,然而,可能正是这个时候,土壤可以释出的水量,亦即植物可以吸收到的水量是这样少,加上这时邻近土壤水分补充到根际的速度甚缓,以致植物不得不因缺水而凋萎。

由此可见,在研究土壤的持水性时,不能只着眼于土壤持水量的高低,也不能只着眼于土壤有效水量的多寡,还应着重讨论土壤的水容量,才能作出一个全面的评价。

### 参 考 文 献

朱祖祥, 1979: 土壤水分的能量概念及其意义。土壤学进展, 第 1 期, 1—20 页。

Daniel Hillel, 1972: Soil and Water. p. 61—65, Academic Press, Inc.

Gardner, W. H., 1977: Historical highlights in American soil physics, 1776—1976. J. Soil Sci. Soc. Amer., 41: 221—229.

## THE MOISTURE RETENTION OF SEVERAL IMPORTANT SOILS IN CHINA

Chen Zhi-xiong and Wang Ren-zhen

(Nanjing Institute of Soil Science, Academia Sinica)

### Summary

The moisture retention of several important soils in China have been measured with the pressure membrane apparatus. These soils are the laterite, the red soil (parent material), the loess, the purple soil and the light meadow soil of different textures, namely sandy loam, light loam and medium loam. The results obtained showed that the finer the soil texture, the higher the soil moisture capacity is in a higher soil suction range; whereas in the lower soil suction range, the moisture capacity might not be related to soil texture. The field capacity and wilting percentage of the light meadow soils with the three textures mentioned above in North China Plain were compared with those of the same soils under the soil suction of 0.1—0.3 and 15 bars respectively. Results showed that the wilting percentage of all these soils of the three textures approximated to that under the soil suction of 15 bars. The soil moisture retention and the availability of soil moisture under different soil suction are discussed with the concept of specific water capacity. It is indicated that specific water capacity was decreased rapidly with the increase of soil suction, i.e., the water released from soil to the plant would rapidly decrease. Thus, the availability of soil moisture would decrease too. The calculated results showed that the specific water capacity of soil under soil suction of 10—15 bars was about 100 times less than that under soil suction of 0.1—0.3 bars.