

# 淮北主要土壤持水性能及其与颗粒组成的关系\*

沈思渊 席承藩

(中国科学院南京土壤研究所)

## 摘 要

本文研究了淮北主要耕作土壤的持水曲线、颗粒组成和微团聚体组成等物理性质,发现经验方程  $\theta = AS^{-B}$  在中、低吸力段对土壤持水曲线有良好的模拟性,  $F$  检验都达到 0.001 的显著性水平。由此推导出比水容量为:  $C_s = -\frac{d\theta}{dS} = ABS^{-(B+1)}$ , 用解析法计算出各吸力值下不同土壤的比水容量,并认为  $AB$  值可作为土壤持水性能好坏的评价指标。同时尝试了以对数  $S$  型曲线的 I 型:  $P = \frac{1}{a_1 + b_1 e^{-lg D}}$  拟合土壤的颗粒大小分配曲线,以 II 型:  $N(\mu, \sigma) = a_2 + b_2 \lg D$  拟合微团聚体分布曲线,得到了较好的结果。并分析了土壤水分性质与其它物理性质的关系,以及这三个拟合方程中各参数的意义与相互关系,说明该区域土壤持水性能与颗粒组成、微团聚体有密切相关。

淮北平原的光、热、水、土资源在黄淮海平原中较为优越。农业利用的土壤资源主要有黄泛母质发育的潮土、全新世 ( $Q_4$ ) 河湖相沉积物发育的砂姜黑土和晚更新世 ( $Q_3$ ) 黄土性母质上发育的土壤<sup>[2]</sup>。由于该区域特定的气候,地貌和土壤条件,因此农业生产中水与土的矛盾突出<sup>[6]</sup>。土壤水分状况是影响农业生产的重要因素,也是评价土壤生产力的项目之一。而研究土壤的持水性质及其与其它土壤性质的关系,可以为制定土壤资源评价指标提供依据。

## 一、持水曲线的模拟方程及其对我国土壤的适用性

土壤持水曲线方程在土壤资源评价、规划和管理中都是十分有用的,特别是当方程中的参数能够由其它土壤性质计算而得时,实用性就更大。但由于土壤吸附和孔隙几何形状的作用太复杂,不能用简单的模型说明,到目前为止还没有满意的理论公式表明土壤吸力与含水量的关系,只是在某些土壤和有限的吸力范围内曾提出过几个经验公式,如:

$$\begin{aligned} S &= a(f - \theta)^c / \theta^b && (\text{Visser, 1966})^{[6]} \\ S &= a\theta^{-b} && (\text{Gardner 等, 1970})^{[6]} \\ S &= S_s(\theta/\theta_s)^{-b} && (\text{Campbell, 1974})^{[10]} \end{aligned}$$

\* 本文承陈志雄、任仁真同志提供部分资料,姚贤良教授提出宝贵意见,特此致谢。

式中  $S$  为土壤吸力。  $\theta$  为含水量,  $f$  为孔隙度,  $S_e$  为进气 (air-entry) 土壤吸力,  $\theta_s$  为饱和含水量,  $a, b, c$  都是常数。 Visser 得出  $C$  在 0 到 10 之间变动, Hutson 认为  $S_e$  实际上也是拟合常数。 所以当  $C = 0$ , 或设  $a = S_e \theta_s^c$ , 则上述三式相同。 这种关系在美国、印度、南非和英国等土壤中试用过, 至少在土壤水再分配或内排水过程的范围内是有效的<sup>[7,9,10]</sup>。 因此, 可采用持水曲线拟合方程的最基本形式:  $S = a\theta^{-b}$ 。 为了得到土壤含水量对应于吸力的变化, 将公式变换为:

$$\theta = a^{\frac{1}{b}} \cdot S^{-\frac{1}{b}}$$

设  $A = a^{\frac{1}{b}}$ ,  $B = \frac{1}{b}$ , 则可得:

$$\theta = AS^{-B} \quad (1)$$

根据比水容量 ( $C_\theta$ ) 的定义<sup>[5,7]</sup>, 对(1)式求导得到:

$$C_\theta = \frac{d\theta}{d\psi} = -\frac{d\theta}{dS} = ABS^{-(B+1)} \quad (2)$$

式中  $\psi$  为土水势。 根据(2)式就能精确地计算土壤在特定吸力下的比水容量。

对于(1)式, 如果  $S = 1$  巴, 则  $\theta = A$ 。 由此可见方程中的参数  $A$  是土壤吸力为 1 巴时的含水量。 当  $A$  值固定时,  $B$  值越大 ( $0 \leq B \leq 1$ ) 则曲线越靠近  $S$  轴, 说明  $B$  值表征了  $A$  值一定时持水曲线对土壤吸力轴方向的贴近程度, 反映了土壤吸力值变化时, 土壤含水量变化的快慢程度。

由(2)式可见, 当  $S = 1$  巴时,  $C_\theta = A \cdot B$ , 也即  $A \cdot B/100$  (ml/bar · g) 是土壤吸力为 1 巴时的比水容量。 而  $(B + 1)$  表明, 比水容量随吸力的变化远比含水量的变化快, 且此时  $B$  值的影响远较(1)式中小。

为了验证方程的适用性, 用该方程对我国几种主要土壤<sup>[6]</sup>和东北 5 种耕作土壤<sup>[3]</sup>的持

表 1 持水曲线经验方程对我国土壤的拟合效果  
Table 1 Fitting effects of soil water-retention model in China

土壤 Soil	$A$	$B$	$r$	$A \cdot B$	$B + 1$	数据来源 Source of the data
砖红壤	28.52	0.103	-0.985	2.94	1.103	据陈志雄、汪仁真的资料
黑土	30.33	0.141	-0.994	4.28	1.141	
红壤	24.99	0.107	-0.983	2.67	1.107	
黄壤	19.18	0.184	-0.996	3.53	1.184	
紫色土	15.77	0.191	-0.998	3.01	1.191	
中壤质潮土	16.20	0.250	-0.995	4.05	1.250	
轻壤质潮土	13.09	0.327	-0.991	4.28	1.327	
砂壤质潮土	9.23	0.423	-0.967	3.91	1.423	
黑土	26.13	0.179	-0.990	4.68	1.179	据文献[3]
改良盐土	17.25	0.252	-0.996	4.35	1.252	
棕壤	16.81	0.234	-0.998	3.93	1.234	
草甸棕壤	15.06	0.279	-0.998	4.20	1.279	
冲积性草甸土	7.68	0.271	-0.997	2.08	1.271	

水曲线进行了拟合(表 1)。所得结果的  $F$  检验皆达到 0.001 显著性水平。可见方程较好地模拟了 0.02—15 巴的中、低吸力段持水曲线,而这正处在植物有效水的范围中。

在所得方程参数中,比较紫色土和中壤质潮土的  $A \cdot B$  值,就可知道前者的持水曲线变化较后者平缓,所以尽管在低吸力段前者的含水量稍低于后者,在中吸力段就会出现相反的情况。而砖红壤和紫色土的  $A \cdot B$  与  $(B + 1)$  值,很清楚地表明了两者比水容量变化的近似性。由此可见,方程(1)适用于我国土壤,而且其参数表征了持水曲线的特性。

## 二、样品与测定方法

供试土壤为淮北分布面积广、具有代表性的主要土属:黄潮土的沙粉土、两合土、淤土属,砂姜黑土的姜黑土、姜黄土、青白土属,及黄土性母质上发育的坡黄土、白黄土属各一个剖面。8 个土壤剖面分别采自安徽省的亳州、涡阳、蒙城、怀远四县市。

将风干、过 2 毫米筛的土样装入容重杯中,制备为容重 1.25 克/厘米<sup>3</sup>左右,置于土壤水分测定仪(美国 SANTA BARBARA 制造)的陶土板上,浸润并放入膜器中,分别加压 0.025, 0.06, 0.1, 0.3, 0.5, 1, 3, 15 巴,每次待压力与土壤吸力平衡,没有水再从仪器出水管流出时,取出称重。最后在 105℃ 下烘至恒重,称得土样的烘干重量,则  $i$  巴吸力下的土壤重量含水量为:

$$\theta_i(\%) = \frac{i \text{ 巴时土样重} - \text{烘干土样重}}{\text{烘干土样重}} \times 100$$

测定重复 3 次,取算术平均值,平行误差为  $\pm 1\%$ 。

土壤颗粒组成、微团聚体用吸管法,土壤容重、毛管水含量用环刀法测定。

## 三、结果讨论

### (一) 淮北主要土壤持水性能及其评价

对测定的淮北主要土壤持水曲线(表 2),计算出方程(1)的各参数值(表 3),结果也全部达到 0.001 的显著性水平。由此可以计算土壤的比水容量(表 4)。

如果以 0.3 巴时土壤含水量为田间持水量,其大小仅说明当时土壤中含有的水量,并不反映其中能供植物利用的水量。而在 0.3 巴与 15 巴含水量之差的有效含水量中,水分的有效程度也是不同的<sup>[3]</sup>。

比水容量反映了土壤释出可供植物吸收的水量,可作为土壤耐旱性的指标<sup>[4]</sup>。如果在土壤有效水范围内划分出易效水和难效水,则一般认为比水容量  $10^{-2}$  级的出现,基本上标志土壤水分已处于难效水范围,可以根据各土壤比水容量出现  $10^{-2}$  的吸力值大小来评价其持水性能<sup>[3]</sup>。而  $A \cdot B$  值越大,就要到越大的吸力值时比水容量才达到  $10^{-2}$  级。即在同一吸力值,例如 0.5 巴时,土壤比水容量随  $A \cdot B$  值的增大而增多。所以土壤的  $A \cdot B$  值越大,说明其持水性能越好。

根据淮北主要土壤耕层的  $A \cdot B$  值,可将各土属按持水性能由好到差排列为:坡黄土 > 青白土 > 两合土 > 沙粉土 > 淤土 > 白黄土 > 姜黑土 > 姜黄土。从表 4 中可进一步看出,坡黄土、青白土在 0.55 巴才达到  $10^{-2}$  级,姜黑土、姜黄土却在 0.46 巴就达到  $10^{-2}$  级,其它土壤在 0.5 巴达到  $10^{-2}$  级。可见姜黑土中并不是所有土属的持水性能都较差,青白

表 2 淮北主要土壤的持水量(%)  
Table 2 Water retention of main soils in north Anhui Province

土样编号 Soil No.	0.025bar	0.06bar	0.1bar	0.3bar	0.5bar	1bar	3bar	15bar
8601-1	47.54	40.3	35.53	23.63	22.28	20.59	16.39	15.84
2	60.51	50.49	45.71	32.15	30.5	28.32	23.88	22.53
3	56.22	47.21	43.22	31.54	30.09	27.54	22.14	20.74
8602-1	40.24	33.92	30.49	20.02	17.57	14.82	10.26	9.38
2	40.16	34.12	30.59	21.73	20.52	18.07	13.5	12.16
3	50.47	42.43	38.84	28.56	27.08	24.49	19.94	18.6
8603-1	40.53	34.69	31.82	20.61	17.88	15.21	10.71	10.5
2	40.37	33.94	30.89	18.9	17.08	15.44	11.59	10.72
3	36.78	33.25	31.73	23.24	17.76	13.77	9.04	6.24
8604-1	44.38	39.12	35.5	24.56	22.89	20.88	17.22	16.53
2	42.69	37.32	33.68	24.44	23.18	21.08	17.06	16.49
3	55.01	49.62	46.06	35.73	34.24	31.62	26.47	25.27
8605-1	43.39	35.47	33.38	25.5	22.53	19.25	13.58	12.03
2	38.55	33.2	30.38	21.5	19.23	16.78	12.31	11.23
3	40.25	34.9	31.78	23.48	21.38	18.81	14.2	12.63
8606-1	42.85	37.81	34.78	24.32	20.91	17.85	12.81	11.77
2	36.93	33.33	32.08	23.8	19.48	16.77	12.25	10.84
3	41.71	37.54	37.06	27.74	23.81	20.85	16.17	14.62
8607-1	40.89	35.82	35.58	25.23	21.69	19.68	16	15.08
2	41.71	38.08	37.15	28.44	24.74	22.18	18.11	16.97
3	42.89	39.15	37.98	29.31	25.16	22.35	18.2	16.89
8609-1	36.25	32.57	31.59	23.77	18.77	16.13	12.28	10.85
2	43.51	40.19	39.36	30.56	25.9	22.78	18.19	16.82
3	47.31	43.44	42.23	34.38	29.51	26.4	21.77	20.26

土的持水性能就比较好。当然这种评价还仅仅是不同土壤类型间的排序, 需要野外土壤类型中结构变异性研究的补充。

## (二) 土壤性质对持水性能的影响

土壤的持水量与土壤质地有密切关系, 质地愈细, 持水量愈高<sup>[3,4]</sup>, 特别是在中吸力段, 这种关系比在低吸力段更明显。

在淮北主要土壤中, 坡黄土、淤土和姜黑土的质地比较粘重, 砂粉土、两合土质地较轻, 而白黄土、青白土是上壤下粘(表 5)。如果设  $\theta_{15}$  为 15 巴时土壤含水量,  $x_1$  为  $<0.01\text{mm}$  的颗粒含量,  $x_2$  为  $<0.001\text{mm}$  的颗粒含量, 则对淮北主要土壤的回归分析可得:

表3 淮北主要土壤持水曲线方程的拟合参数值  
Table 3 Fitting parameters of simulation model for water retention of main soils in north Anhui Province

土壤及其编号 Soil No.	深度 Depth	A	B	r	A · B	B + 1
8601	0—17	21.63	0.204	-0.959	4.41	1.204
坡黄土	17—30	29.80	0.178	-0.960	5.30	1.178
	30—80	28.34	0.174	-0.975	4.93	1.174
8602	0—18	15.54	0.261	-0.982	4.06	1.261
白黄土	18—29	18.33	0.206	-0.985	3.78	1.206
	29—38	25.44	0.174	-0.976	4.43	1.174
8603	0—19	16.35	0.254	-0.973	4.15	1.254
沙粉土	19—30	16.24	0.243	-0.970	3.95	1.243
	30—79	13.99	0.310	-0.988	4.34	1.310
8604	0—18	22.25	0.185	-0.963	4.12	1.185
淤土	18—29	21.78	0.173	-0.969	3.77	1.173
	29—70	32.25	0.139	-0.976	4.48	1.139
8605	0—17	19.39	0.218	-0.990	4.23	1.218
两合土	17—29	17.28	0.218	-0.985	3.77	1.218
	29—70	19.18	0.200	-0.989	3.84	1.200
8606	0—17	18.74	0.235	-0.983	4.40	1.235
青白土	17—30	17.48	0.223	-0.984	3.90	1.223
	30—85	21.63	0.190	-0.984	4.11	1.190
8607	0—18	20.93	0.186	-0.972	3.89	1.186
姜黑土	18—30	23.60	0.167	-0.979	3.94	1.167
	30—55	23.81	0.178	-0.974	4.24	1.178
8609	0—17	17.23	0.221	-0.982	3.81	1.221
姜黄土	17—30	24.06	0.177	-0.980	4.26	1.177
	30—70	27.58	0.155	-0.982	4.27	1.155

$$\theta_{15} = 1.337 + 0.283x_1, \quad r = 0.878^{***}, \quad n = 24$$

$$\theta_{15} = 4.415 + 0.449x_2, \quad r = 0.896^{***}, \quad n = 24$$

低吸力段的持水量则不仅受土壤质地的影响，还取决于土壤孔隙性质和有机质含量等因子，而这些因子在土壤微团聚体上有一定的反映。因此土壤持水量也与微团聚体有相关性：

$$\theta_{0.3} = 18.7 + 0.386x_3, \quad r = 0.609^*, \quad n = 16$$

式中  $\theta_{0.3}$  是土壤 0.3 巴持水量， $x_3$  则是  $< 0.001\text{mm}$  颗粒的机械分析含量与微团聚体含量之差。说明以扰动土样测定的持水曲线反映了土壤的基本持水性能，也可以代表土壤耕

表 4 淮北主要土壤的比水容量 (ml/bar·g)  
Table 4 Specific water capacities of main soils in north Anhui Province

土壤及其编号 Soil No.	深度 Depth	土壤吸力(巴) Soil suction (bar)				
		0.4	0.45	0.5	0.55	0.6
8601 坡黄土	0—17	$1.33 \times 10^{-1}$	$1.15 \times 10^{-1}$	$1.02 \times 10^{-1}$	$9.06 \times 10^{-2}$	$8.16 \times 10^{-2}$
	17—30	$1.56 \times 10^{-1}$	$1.36 \times 10^{-1}$	$1.20 \times 10^{-1}$	$1.07 \times 10^{-1}$	$9.67 \times 10^{-2}$
	30—80	$1.45 \times 10^{-1}$	$1.26 \times 10^{-1}$	$1.11 \times 10^{-1}$	$9.95 \times 10^{-2}$	$8.98 \times 10^{-2}$
8602 白黄土	0—18	$1.29 \times 10^{-1}$	$1.11 \times 10^{-1}$	$9.73 \times 10^{-2}$	$8.63 \times 10^{-2}$	$7.73 \times 10^{-2}$
	18—29	$1.14 \times 10^{-1}$	$9.90 \times 10^{-2}$	$8.72 \times 10^{-2}$	$7.77 \times 10^{-2}$	$7.00 \times 10^{-2}$
	29—38	$1.30 \times 10^{-1}$	$1.13 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$8.94 \times 10^{-2}$	$8.07 \times 10^{-2}$
8603 沙粉土	0—19	$1.31 \times 10^{-1}$	$1.13 \times 10^{-1}$	$9.90 \times 10^{-2}$	$8.79 \times 10^{-2}$	$7.87 \times 10^{-2}$
	19—30	$1.23 \times 10^{-1}$	$1.07 \times 10^{-1}$	$9.35 \times 10^{-2}$	$8.03 \times 10^{-2}$	$7.45 \times 10^{-2}$
	30—79	$1.44 \times 10^{-1}$	$1.24 \times 10^{-1}$	$1.08 \times 10^{-1}$	$9.50 \times 10^{-2}$	$8.47 \times 10^{-2}$
8604 淤土	0—18	$1.22 \times 10^{-1}$	$1.06 \times 10^{-1}$	$9.37 \times 10^{-2}$	$8.37 \times 10^{-2}$	$7.55 \times 10^{-2}$
	18—29	$1.10 \times 10^{-1}$	$9.62 \times 10^{-2}$	$8.50 \times 10^{-2}$	$7.60 \times 10^{-2}$	$6.86 \times 10^{-2}$
	29—70	$1.27 \times 10^{-1}$	$1.11 \times 10^{-1}$	$9.87 \times 10^{-2}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$8.02 \times 10^{-2}$
8605 两合土	0—17	$1.29 \times 10^{-1}$	$1.12 \times 10^{-1}$	$9.84 \times 10^{-2}$	$8.76 \times 10^{-2}$	$7.88 \times 10^{-2}$
	17—29	$1.15 \times 10^{-1}$	$9.97 \times 10^{-2}$	$8.77 \times 10^{-2}$	$7.81 \times 10^{-2}$	$7.02 \times 10^{-2}$
	29—70	$1.15 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$8.82 \times 10^{-2}$	$7.82 \times 10^{-2}$	$7.09 \times 10^{-2}$
8606 青白土	0—17	$1.36 \times 10^{-1}$	$1.18 \times 10^{-1}$	$1.04 \times 10^{-1}$	$9.21 \times 10^{-2}$	$8.27 \times 10^{-2}$
	17—30	$1.20 \times 10^{-1}$	$1.04 \times 10^{-1}$	$9.10 \times 10^{-2}$	$8.10 \times 10^{-2}$	$7.28 \times 10^{-2}$
	30—85	$1.22 \times 10^{-1}$	$1.06 \times 10^{-1}$	$9.38 \times 10^{-2}$	$8.37 \times 10^{-2}$	$7.55 \times 10^{-2}$
8607 姜黑土	0—18	$1.15 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$7.90 \times 10^{-2}$	$7.13 \times 10^{-2}$
	18—30	$1.15 \times 10^{-1}$	$1.00 \times 10^{-1}$	$8.85 \times 10^{-2}$	$7.92 \times 10^{-2}$	$7.15 \times 10^{-2}$
	30—55	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.09 \times 10^{-1}$	$9.59 \times 10^{-2}$	$8.57 \times 10^{-2}$	$7.74 \times 10^{-2}$
8609 姜黄土	0—17	$1.17 \times 10^{-1}$	$1.01 \times 10^{-1}$	$8.88 \times 10^{-2}$	$7.91 \times 10^{-2}$	$7.11 \times 10^{-2}$
	17—30	$1.25 \times 10^{-1}$	$1.09 \times 10^{-1}$	$9.63 \times 10^{-2}$	$8.61 \times 10^{-2}$	$7.77 \times 10^{-2}$
	30—70	$1.23 \times 10^{-1}$	$1.07 \times 10^{-1}$	$9.51 \times 10^{-2}$	$8.52 \times 10^{-2}$	$7.70 \times 10^{-2}$

翻后结构打破时的情况。

如果采用原状土样,即在保持土壤原有结构下,测得的土壤毛管水含量 ( $\theta_p$ ) 也与土壤质地有一定的关系:

$$\theta_p = 29.46 + 0.334x_1, r = 0.425^*, n = 16$$

式中  $x_1$  为土壤中 ( $<0.005\text{mm}$  颗粒含量)/( $0.05-0.005\text{mm}$  颗粒含量)的比值。

但毛管水含量与土壤容重 ( $\rho$ ) 更密切相关:

$$\theta_p = 85.87 - 41.587\rho, r = -0.888^{**}, n = 16$$

说明对于田间土壤,其孔隙性、容重等土壤结构特性对土壤持水性能的影响更重要,这也

表 5 淮北主要土壤的物理性质  
Table 5 Physical properties of main soils in north Anhui Province

土壤及其编号 Soil No.	采样深度 Depth (cm)	容重 Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	分散系数 Coefficient of dispersion (%)	毛管水含量 Capillary water (%)	颗粒组成(%) Particulate size distribution					
					1—0.25 (mm)	0.25—0.05 (mm)	0.05—0.01 (mm)	0.01—0.005 (mm)	0.005—0.001 (mm)	<0.001 (mm)
8601 坡黄土	0—17	1.21	23.7	33.55	1.0	19.1	32.1	6.2	10.8	30.8
	17—30	1.41	30.7	23.36	0.2	11.9	29.5	9.1	10.9	38.4
	30—80				0.4	12.0	31.1	6.8	10.8	38.9
8602 白黄土	0—18	1.38	27.1	27.65	2.1	14.6	53.9	3.5	11.9	14.0
	18—29	1.42	32.7	25.16	1.7	11.4	46.3	12.0	8.7	19.9
8603 沙粘土	29—38				2.2	7.3	39.0	9.3	12.3	30.0
	0—19	1.26	28.0	35.67	0.7	13.1	55.3	7.9	10.5	12.5
8604 壤土	19—30	1.38	30.0	30.63	0.6	11.7	54.7	8.3	10.6	14.0
	30—79				0	7.6	71.4	8.6	5.0	7.4
8605 两合土	0—18	1.28	27.6	32.16	0.8	5.5	27.6	15.8	25.3	25.0
	18—29	1.46	36.1	27.53	0.3	4.9	25.8	19.3	28.1	21.6
8606 青白土	29—70				0	3.7	9.2	19.3	30.1	37.7
	0—17	1.21	47.5	37.42	1.7	3.0	56.0	11.3	14.1	13.9
8607 姜黑土	17—29	1.38	28.9	27.98	0.7	7.3	52.4	11.3	13.6	14.9
	29—70				0.7	3.1	52.6	13.2	13.5	16.9
8608 姜黄土	0—17	1.35	19.9	30.34	2.2	3.9	57.3	8.0	12.5	16.1
	17—30	1.47	24.2	24.85	1.7	6.7	52.8	7.8	13.2	17.8
8609 姜黄土	30—85				1.7	1.8	47.1	8.2	9.0	32.2
	0—18	1.22	35.0	38.11	0.4	11.4	40.1	10.7	19.1	18.3
8610 姜黄土	18—30	1.29	39.7	30.73	0.6	11.8	35.3	10.5	19.7	22.4
	30—55				0.4	6.7	42.7	9.8	16.4	24.0
8611 姜黄土	0—17	1.26	15.0	33.69	0.4	5.9	51.6	10.1	9.4	22.6
	17—30	1.40	33.1	28.90	1.1	8.2	36.9	7.7	12.1	33.5
	30—70				0.6	5.1	44.1	7.5	10.6	32.1

是能对土壤持水性能进行改良的依据之一。

土壤结构改良的一个重要措施是施加有机物。土壤有机质含量(OM)与<0.001mm粘粒的比值能在一定程度上反映土壤有机-无机的相互作用及其对土壤结构的影响。如果设  $x_s = \frac{OM \times 100}{\text{粘粒}}$ , 则在涡河流域土壤中:

$$\theta_p = 27.77 + 0.767x_s, r = 0.703^*, n = 8$$

表明有机质与粘粒比也同土壤水分性质密切相关,该指标可用于土壤资源评价。

### (三) 土壤颗粒组成和微团聚体分布曲线的拟合及其与持水曲线方程的关系

在半对数方格纸上绘制淮北主要土壤颗粒大小分配曲线和微团聚体分布曲线。可以看出,曲线皆成S型。土壤的发育时间越长,则颗粒大小分配曲线越光滑,而且曲线的波折性随质地变化而不同。因此尝试了用I型S型曲线方程:

$$P = \frac{1}{a_2 + b_2 e^{-1/8D}} = \frac{1}{a^2 + b_2 D^{-0.434}} \quad (3)$$

表 6 淮北主要土壤颗粒组成和微团聚体分布曲线拟合方程的参数值  
 Table 6 Fitting parameters of S-shape curve for the particle and microaggregate compositions of main soils in north Anhui Province

土样编号 Soil No.	$a_1$	$b_1$	$r$	$a_2$	$b_2$	$r$
8601-1	0.924	0.124	0.977	8.0	1.616	0.990
2	0.924	0.090	0.977	8.3	1.645	0.972
3	0.940	0.088	0.972			
8602-1	0.473	0.336	0.991	8.0	1.737	0.989
2	0.699	0.227	0.981	8.1	1.623	0.994
3	0.841	0.130	0.985			
8603-1	0.284	0.384	0.995	8.2	1.781	0.989
2	0.393	0.340	0.993	8.3	1.774	0.988
3	-0.252	0.704	0.986			
8604-1	0.588	0.160	0.982	8.2	1.594	0.998
2	0.447	0.193	0.970	8.1	1.634	0.990
3	0.714	0.084	0.921			
8605-1	0.253	0.338	0.992	8.1	1.635	0.991
2	0.346	0.313	0.994	8.2	1.721	0.992
3	0.348	0.271	0.992			
8606-1	0.482	0.287	0.993	8.0	1.720	0.993
2	0.557	0.254	0.993	8.1	1.719	0.988
3	0.920	0.124	0.924			
8607-1	0.464	0.241	0.992	8.0	1.613	0.992
2	0.613	0.187	0.995	8.1	1.574	0.993
3	0.651	0.174	0.994			
8609-1	0.745	0.194	0.977	8.2	1.803	0.988
2	0.885	0.111	0.980	8.1	1.584	0.992
3	0.875	0.120	0.970			

对曲线进行拟合。式中  $P$  为小于粒径  $D$  的颗粒累积含量,  $a_2, b_2$  是常数。从拟合结果(表 6)可知,  $F$  检验都达到 0.001 的显著性水平。

土壤团聚体分布大多符合对数正态分布<sup>[8]</sup>, 则可以用正态分布的累积频率曲线方程(即 II 型 S 型曲线)进行拟合:

$$N(\mu, \sigma) = a_3 + b_3 \lg D \quad (4)$$

式中  $N(\mu, \sigma)$  表示粒径为  $D$  的微团聚体以正态分布的累积百分比的概率单位值<sup>[9]</sup>。所得结果(表 6)的  $F$  检验也都达到了 0.001 的显著性水平。

土壤颗粒组成和微团聚体与土壤持水性能间的关系, 也会在它们的拟合方程参数中有所反映:

$$A = 27.614 - 27.382b_2, \quad r = -0.781^{***}, \quad n = 24$$

$$B = -0.31 + 0.311b_3, \quad r = -0.829^{***}, \quad n = 24$$

式中  $A, B$  为持水曲线经验方程中的参数,  $b_2, b_3$  分别为土壤颗粒组成和微团聚体拟合方



程中的参数。

由此可见,在母质粘土矿物类型近似的土壤中,土壤持水性能与颗粒组成、微团聚体特点有着密切的关系。利用以上经验公式,可以由土壤颗粒组成等性质,计算出持水曲线方程中的参数  $A, B$ , 并根据  $A \cdot B$  值的大小来评价土壤的持水性能,也可作为土壤资源评价系统中的指标之一。

### 参 考 文 献

- [1] 北京林学院, 1980: 数理统计。223—231 页, 中国林业出版社。
- [2] 安徽水利局勘测设计院、中科院南京土壤所, 1976: 安徽淮北平原土壤。上海人民出版社。
- [3] 庄季屏等, 1986: 土壤低吸力段持水性能及其与早期土壤干旱的关系研究。土壤学报, 第 23 卷 4 期: 306—313 页。
- [4] 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。
- [5] 姚贤良等, 1986: 土壤物理学。农业出版社。
- [6] 席承藩等, 1985: 黄淮海平原综合治理与农业发展问题。科学出版社。
- [7] D. 希勒尔(华孟、叶和才译), 1982: 土壤和水—物理原理和过程。农业出版社。
- [8] Gardner, W. R., 1956: Representation of soil aggregate-size distribution by a logarithmicnormal distribution. Soil Sci. Soc. Am. Proc., 20(2): 151—153.
- [9] Gardner, W. R. et al, 1970: Post irrigation movement of soil water: I. Redistribution, Water Resources Res., 5(3): 851—861.
- [10] Hutson, J. L. & Cass, A., 1987: A fertility function for use in soil-water simulation models. J. Soil Sci., 38(1): 105—114.

## SOIL WATER RETENTION AND ITS RELATIONSHIP WITH PARTICLE SIZE DISTRIBUTION IN NORTH ANHUI PROVINCE

Shen Siyuan and Xi Chengfan

(Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing)

### Summary

The water retention, texture, microaggregate composition and other physical properties of main soils in north Anhui Province were measured. It has been found that the function  $\theta = AS^{-B}$  could well simulate the soil water-retention curves under condition of medium and low suction, from this the specific water capacities of these soils were derived; and then the specific water capacities were obtained by analytical solution:  $C_{\theta} = -\frac{d\theta}{dS} = ABS^{-(B+1)}$ . It is suggested that  $A \cdot B$  value might be used to evaluate soil water retention ability. Function type I of S-shape curve  $\left(P = \frac{1}{a_2 + b_2 e^{-lg D}}\right)$  has been used to fit the particle distribution curve and type II  $(N(\mu, \sigma) = a_3 + b_3 \lg D)$  to fit the microaggregate distribution curve. The results obtained were satisfactory. Parameters of these functions and their relationship to soil water condition and other physical properties are also discussed.