

土壤曲折系数的主要影响因素*

徐明岗 张一平 刘渭宁**

(西北农业大学)

摘 要

对陕西省4种不同质地土壤在不同含水量和不同容重下的曲折系数进行了研究。结果表明,土壤曲折系数随土壤水分增加和容重增大而近乎线性增大;在有效水范围内随水分增加的幅度是黄绵土>黑垆土>塬土>黄褐土,呈现为随质地变粘增幅减小;而随容重增加的幅度与土壤水分含量密切相关,同一土壤一般是高含水量>低含水量。相同水吸力下,土壤质地越粘,曲折系数越大,曲折系数与土壤粘粒含量呈显著正相关。

曲折系数(transmission factor)是表征土壤几何性质、进行土壤养分离子扩散估测的重要参数(Hira,1977;Meisheri,1986)。因此,研究曲折系数具有十分重要的意义。大量研究表明,土壤曲折系数受土壤的水分、容重、质地和有机质等因素的影响(Barraclough,1981;Sharma,1988),其中以水分和容重影响最大,因为这两个因素在土壤中最活跃。为揭示曲折系数与土壤水分、容重等物理性质的关系,并为预测土壤养分离子的扩散提供参数,特进行本研究。

一、材料和方法

供试土壤为陕西省代表性的农业土壤——黄绵土、黑垆土、塬土和黄褐土,分别采自米脂、洛川、杨陵和汉中等地。土壤质地分属轻壤、中壤、重壤和轻粘土(表1)。

表1 供试土壤基本性质*

样号	土 壤	pH (水/土1:1)	有机质 (g/kg)	颗粒组成(g/kg)			质 地 名 称
				<0.002mm	<0.001mm	<0.01mm	
I	黄绵土	8.2	2.9	103	85	141	轻壤土
II	黑垆土	7.8	9.1	172	137	348	中壤土
III	塬土	8.0	11.4	286	221	488	重壤土
IV	黄褐土	6.8	5.8	422	386	607	轻粘土

* 采土深度黄绵土0—60cm,其余0—20cm;颗粒组成用吸管法测定。

土壤曲折系数(f)由下述关系式求得(Hira,1977;Sharma,1988):

$$f = D/D_0$$

式中: D_0 为25℃时 Cl^- 在自由溶液中的扩散系数,其值为 $2.03 \times 10^{-5} cm^2/s$;D为同温下土壤中 Cl^- 的扩散系数,它们都是用 ^{36}Cl 标记扩散池法测得(Sharma,1988;Meisheri,1986)。其测定步骤为:称取经相同处理后的标记和非标记土壤分装入两个扩散半池,合池密封后,置于25℃

* 本文为第一作者(现在中国科学院南京土壤所电化室作博士后)在张君常教授和张一平教授指导下所完成博士论文之一部分。

** 现为北农大土资系硕士研究生。

下(恒温)扩散 24 小时,再分池,测定未标记半池土壤的³⁶Cl 放射性强度,依下式计算得出 Cl⁻ 的扩散系数:

$$D = \pi L^2 (Q_t / Q_0)^2 / 4t$$

式中:Q_t/Q₀ 为扩散 Cl⁻ 占总量的分数;L 为扩散池厚度(cm);t 是扩散时间(s);π 是常数 3.1416。

二、结果与讨论

(一) 土壤含水量对曲折系数的影响

曲折系数与含水量的关系近乎线性关系(图 1)。回归分析表明,以线性方程 $f = a + bw$ 拟合较好(表 2)。这和 Barraclough(1981)等的研究结果一致。由图和方程的斜率可知,在试验的有效水范围内,曲折系数随水分含量增加的速率是以黄绵土 > 黑垆土 > 塬土 > 黄褐土,呈现出增速有随土壤质地变粘而减少的趋势。说明增加含水量对轻质土壤几何因素影响较大。这主要是由于轻质土壤粘粒含量少,水分增加,扩散实际路途缩短较多,因而曲折系数提高较快;粘重土壤粘粒含量多,水分增加时扩散实际路途缩短相对较少,因而曲折系数增加较慢。

(二) 土壤容重对曲折系数的影响

在容重 1.1—1.6g/cm³ 范围内,供试 4

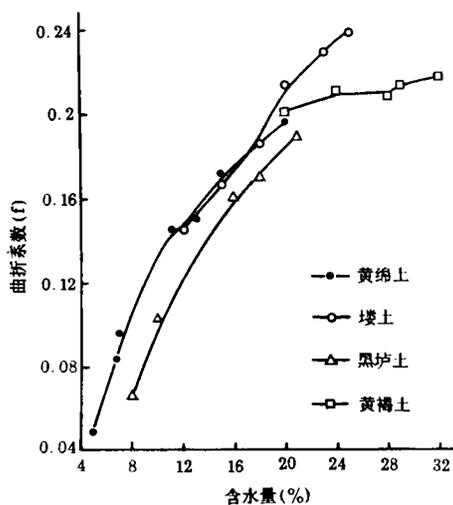


图 1 土壤曲折系数与含水量关系

表 2 曲折系数 f 与土壤含水量 w (%) 拟合方程参数

样号	模型 $f = a + bw$			模型 $f = a + blnw$			模型 $f = a + aw^b$		
	$a \times 10^2$	$b \times 10^3$	r	a	b	r	a	b	r
I	2.27	9.46	0.960	-0.114	0.105	0.994	0.0122	0.975	0.959
II	4.38	9.01	0.982	-0.208	0.131	0.992	0.0063	0.0145	0.969
III	5.52	7.53	0.993	-0.192	0.134	0.990	0.0248	0.709	0.993
IV	17.76	1.24	0.913	0.107	0.0316	0.916	0.1284	0.151	0.916

I、III 样, $n=6, r_{0.01}=0.917$; II、IV 样, $n=5, r_{0.01}=0.959, r_{0.01}=0.878$ 。土壤容重 1.4g/cm³。

种土壤曲折系数随容重增加而增大(表 3)。这主要是因为相同含水量下,容重增加,土壤容积含水量增加,扩散的实际路径缩短,土壤曲折率(path factor)增大。统计表明(表 4),在试验条件下,土壤曲折系数与容重大致呈线性关系。同一土壤高含水量时,曲折系数随容重增加的幅度较大。说明水分含量高时,容重对提高曲折系数的作用较大。

(三) 土壤质地对曲折系数的影响

在同一含水量和容重 1.2~1.6g/cm³ 范围内(同一容重下)曲折系数大致呈现为塬土和黄褐土大于黑垆土和黄绵土的趋势。即容积含水量相同时,粘重土壤曲折率较轻质土壤为大。

根据土壤水分特征曲线(张航、徐明岗,1994)求得与图 1 土壤含水量相当的土壤水吸力所

表3 相同含水量不同容重下的土壤曲折系数

样号	含水量 (%)	容重(g/cm ³)					
		1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6
I	11	0.126	0.136	0.151	0.181	0.200	0.204
	20	0.189	0.188	0.215	0.225	0.240	0.265
II	16	0.156	0.169	0.187	0.196	0.207	0.226
	20	0.184	0.189	0.204	0.205	0.253	0.260
III	20	0.181	0.193	0.257	0.248	0.280	0.306
	24	0.231	0.245	0.269	0.340	0.359	0.374
IV	20	0.183	0.212	0.210	0.233	0.261	0.283
	30	0.212	0.252	0.299	0.322	0.324	0.382

表4 曲折系数(f)与容重(d)线性拟合方程(f=a+bd)参数

样号	含水量 (%)	a	b	r	样号	含水量 (%)	a	b	r
I	11	-0.0954	0.198	0.919**	II	20	-0.122	0.271	0.961**
	20	-0.0513	0.204	0.952**		24	-0.158	0.342	0.967**
II	16	-0.0758	0.318	0.980**	IV	20	-0.0401	0.200	0.972**
	20	-0.350	0.186	0.939**		30	-0.143	0.327	0.975**

注: r 为相关系数, ** 为 1% 水平显著。

对应的曲折系数。结果表明,在同一水吸力下,不同质地土壤曲折系数总体上呈现为黄绵土<黑垆土<垆土<黄褐土。即随质地变粘,曲折系数依次增大。这和 Meisheri(1986)所得规律相吻合。相关分析表明,在同一吸力下, f 值与土壤粘粒含量基本上呈显著正相关(表 5)。

表5 土壤曲折系数与粘粒含量的相关系数(r)

颗粒	土壤水吸力(10 ⁵ Pa)				
	15	6	1	0.5	0.3
<0.001mm	0.970*	0.972*	0.976*	0.858	0.842
<0.002mm	0.985*	0.986*	0.996**	0.919△	0.907△
<0.01mm	0.930*	0.926*	0.978*	0.950*	0.945△

注: n=4, r_{0.01}=0.990, r_{0.05}=0.950; r_{0.1}=0.900; △、

*、** 分别为达 10%、5% 和 1% 显著水平。

(四) 土壤水分和容重相互作用对曲折系数的影响

采用非线性二次多项式模型,对曲折系数与容重、土壤含水量的关系进行逐步回归,删除非显著项,结果表明,它们之间也是简单的线性关系。对曲折系数(f),4 种土壤回归方程分别为:

黄绵土 $f = -0.183 + 0.153d + 0.01503w$ (n=18, R=0.918**)

黑垆土 $f = -0.256 + 0.152d + 0.01403w$ (n=18, R=0.949**)

垆土 $f = -0.437 + 0.286d + 0.01471w$ (n=12, R=0.970**)

黄褐土 $f = -0.296 + 0.291d + 0.00676w$ (n=18, R=0.953**)

式中: d 为容重(g/cm³); w 为含水量(%)。

上述方程表明,曲折系数随土壤容重、含水量增加大致上呈线性增大,容重与水分之间没有交互作用。

参 考 文 献

[1] 张航、徐明岗、张富仓等, 陕西农业土壤持水性能及其与土壤性质的关系, 干旱地区农业研究, 12(2): 32—37, 1994。
 [2] Barraclough, P. B. and Tinker, P. B., J. Soil Sci. 32: 225—236, 1981。
 [3] Hira, G. S. and Singh, N. T., Soil Sci. Soc. Am. J. 41(3): 537—540, 1977。
 [4] Meisheri, M. B. and Deb, D. L., J. Indian Soc. Soil Sci. 34: 458—463, 1986。
 [5] Sharma, K. N. and Deb, D. L., J. Nuclear Agr. Biol. 15(3): 145—149, 1986。
 [6] Sharma, K. N. and Deb, D. L., J. Nuclear Agr. Biol. 17: 151—155, 1988。