

棕壤和草甸土水分扩散率的研究

肖千明

王延松

张玉龙 陈维新

(辽宁省农业科学院土肥所)

(辽宁省环保研究所)

(沈阳农业大学)

土壤水分扩散率作为表征土壤导水特性重要参数之一,对研究土壤水分运动规律和指导调控土壤水分具有重要意义。

本研究应用 KLUTE 提出的水平土柱法⁽¹⁾,对沈阳地区的耕地棕壤及草甸土的水分扩散率进行了研究,并筛选了影响土壤扩散率的因素,从而为合理调控土壤水分提供一定的理论依据。

一、材料与方 法

供试土壤采自沈阳农业大学试验农场耕地。土壤类型分别为耕型壤质黄土状棕壤(棕壤)、耕型壤质草甸土和耕型砂质草甸土。土壤理化性质列于表 1。

测定土壤持水特征曲线用原状土样。 $15 \times 10^5 \text{Pa}$ 以上采用水汽压法⁽²⁾, $2 \times 10^5 - 15 \times 10^5 \text{Pa}$ 采用离心机法⁽²⁾, $0.2 \times 10^5 - 0.6 \times 10^5 \text{Pa}$ 采用压力板法⁽¹⁾, $0.001 \times 10^5 - 0.2 \times 10^5 \text{Pa}$ 采用水头法⁽²⁾测定。

表 1 供 试 土 壤 理 化 性 质

土 壤 类 型	取样深度 (cm)	有机质 (g/kg)	比 重	容 重 (g/cm ³)	孔 隙 度 (%)	物理性粘粒 <0.01mm (%)	凋 萎 含 水 量 (%)	田 间 持 水 量 (%)
棕 壤 土 (棕 壤)	0—20	17.3	2.70	1.19	55.8	36.0	9.8	28.0
	20—30	8.3	2.73	1.47	46.3	43.0	13.2	33.0
	30—40	6.7	2.72	1.41	48.0	50.0	13.5	32.0
	40—60	6.2	2.73	1.42	48.1	52.0	15.2	34.4
草 甸 土	0—20	22.8	2.68	1.19	55.6	19.6	5.2	25.0
	20—30	17.0	2.69	1.46	45.8	22.0	7.1	30.6
	30—40	13.6	2.71	1.43	47.4	25.5	8.6	32.2
	40—60	10.7	2.73	1.41	48.4	21.5	6.4	31.5
砂 质 草 甸 土	0—20	4.8	2.69	1.33	50.7	5.2	3.0	21.4
	20—30	4.6	2.71	1.44	46.8	6.0	3.2	22.6
	30 以下	0.6	2.69	1.42	47.2	0.5	1.5	8.2

注:物理性粘粒用比重计法;凋萎含水量的土水势为 $15 \times 10^5 \text{Pa}$;田间持水量的土水势为 $0.06 \times 10^5 \text{Pa}$;表中含水量均为体积含水量。

土壤有机质、比重、容重、孔隙度、凋萎含水量和田间持水量均采用常规分析方法⁽³⁾,机械组成采用比重计法⁽³⁾测定。

① 中国科学院南京土壤研究所,石英砂—高岭土吸力平板仪说明书,第 6—11 页。

土壤水分扩散率的测定,采用过1mm筛的风干土样,人为控制容重为1.10、1.20、1.30和1.40(g/cm³)。其测定方法采用克曾特(klute)和勃勒斯(Bruce)1965年提出的水平土柱法。

土壤水分扩散率的测定原理为应用土壤水运动基本方程,将求土壤非饱和导水率转为求土壤水分扩散率,通过引入波兹曼变量 $\lambda(\theta)$,最终求得土壤水分扩散率,即

$$D(\theta) = -\frac{1}{2} \int_{\theta}^{\theta_0} \lambda d\theta \left(\frac{d\lambda}{d\theta} \right)$$

式中; $D(\theta)$ 为土壤水分扩散率, θ_0 、 θ 分别作为积分上下限土壤含水量。为了使用方便将 $D(\theta)$ 拟合成计算公式后,作成 $D(\theta) \sim \theta$ 关系曲线。在表征某一土壤水分扩散率大小时,引入平均扩散率 \bar{D} ,即

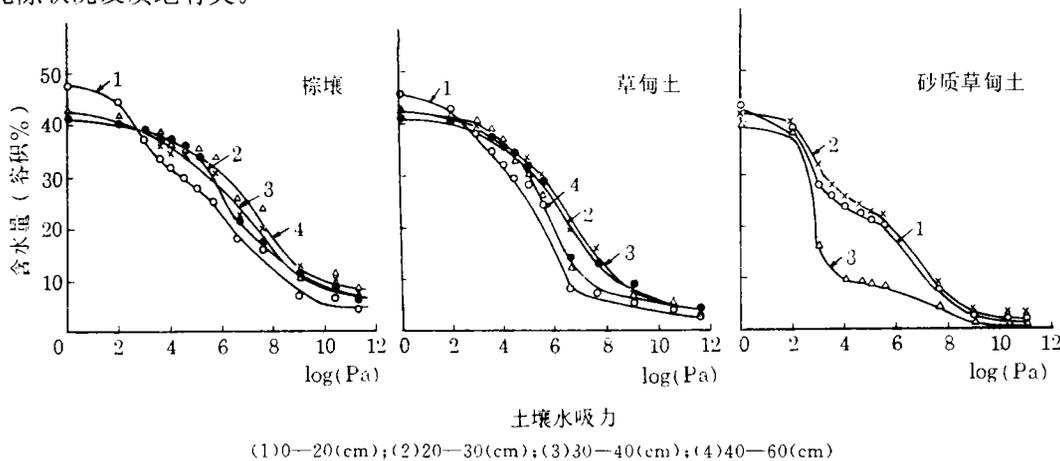
$$\bar{D} = \frac{1}{\theta_s - \theta_0} \int_{\theta_0}^{\theta_s} D(\theta) d\theta$$

式中 θ_s 、 θ_0 分别为土壤饱和及风干土壤含水率。

二、结果与讨论

(一)棕壤与草甸土的持水特性

供测定的3种土壤的持水特征曲线(图1)表明,棕壤各层次土壤持水能力自上而下增强,释水速度以表层较快。两种草甸土由于发育在冲积性母质上,虽然各层土壤的持水能力也都自上而下表现出增强的倾向,但质地不均一性,使上下层间土壤的持水能力变得不规则。3种土壤的相同层次比较,以棕壤的持水能力为最强,草甸土次之,砂质草甸土最小。这主要与土壤的孔隙状况及质地有关。



(1)0—20(cm);(2)20—30(cm);(3)30—40(cm);(4)40—60(cm)

图1 供试土壤各土层的持水特征曲线

(二)棕壤和草甸土水分扩散率及其影响因素

从3种土壤的土壤水分扩散率(表2)可以看出,土壤质地越砂,土壤水分扩散率随含水量变化越剧烈。在含水量较低时,棕壤的水分扩散率较大;而含水量较高时,砂质草甸土的扩散率远远大于棕壤和草甸土。

土壤水分扩散率的大小决定于多种因素。为了探讨土壤水分扩散率同这些因素的关系,我们选取3种土壤不同层次、不同容重土样的测定结果作通径分析,探讨各因素对扩散率的直接影响和间接影响程度。再以 \bar{D} 为因变量,以表1中的物理性粘粒、有机质、比重和表2中的容

表2 供试土壤水分扩散率值

土 壤	土 层 (cm)	水分饱和和 扩散率 D_0 (cm^2/min)	水分扩散率变幅 (cm^2/min)	平均水分扩 散率 \bar{D} (cm^2/min)	容 重 (g/cm^3)	凋萎含水量 (%)
棕黄土(棕壤)	0-20	22.859	$1.24 \times 10^3 - 22.86$	5.082	1.20	9.8
	20-30	4.359	$6.29 \times 10^3 - 4.36$	1.178	1.41	12.7
	30-40	30.774	$8.39 \times 10^3 - 4.90$	7.298	1.10	10.5
	40-60	7.200	$1.06 \times 10^{-2} - 7.20$	1.884	1.30	13.9
草 甸 土	0-20	14.388	$7.85 \times 10^{-4} - 14.39$	3.316	1.19	5.2
	20-30	5.352	$8.40 \times 10^{-4} - 2.63$	1.286	1.40	6.8
	30-40	12.689	$3.47 \times 10^{-3} - 3.86$	3.433	1.11	6.7
	40-60	13.847	$1.18 \times 10^{-3} - 17.22$	3.110	1.28	5.8
砂质草甸土	0-20	145.98	$5.82 \times 10^{-5} - 238.29$	32.027	1.35	3.1
	20-30	121.980	$3.46 \times 10^{-4} - 121.98$	28.264	1.46	3.2
	30以下	258.939	$1.89 \times 10^{-4} - 340.71$	63.075	1.56	1.7

重、凋萎含水量、饱和扩散率为自变量,作计算处理,得出相关系数和通径系数(表3)。

从表3可以看出,就相关系数而言, D_0 、物理性粘粒、有机质、容重、凋萎含水量同平均扩散率(\bar{D})相关程度均达到显著水平,其中饱和扩散率(D_0)与 \bar{D} 极显著相关。通径系数表明,在所选用因素中以饱和扩散率(D_0)对平均扩散率 \bar{D} 影响最大($P_6=1.135$),而 D_0 又与孔隙度极显著相关($r=0.999$);粘粒($P_1=0.190$)、有机质($P_2=0.125$)、容重($P_3=0.046$)、比重($P_4=0.085$)、凋萎含水量($P_5=-0.140$)的直接影响都较小,它们之所以和 \bar{D} 呈显著相关(比重除外),主要是通过 D_0 间接起作用的结果($r_{1.6}P_6=-0.826$; $r_{2.6}P_6=0.755$; $r_{3.6}P_6=-0.735$; $r_{5.6}P_6=-0.802$)。误差项的影响除实验操作误差外,还包含着未考虑到的土壤性质的作用。

表3 相 关 系 数 (r) 和 通 径 系 数 (P)

土 壤 性 状	物理性粘粒 (1)	有机质 (2)	容 重 (3)	比 重 (4)	凋萎含水量 (5)	D_0 (6)	\bar{D}
物理性粘粒 (1)	1	0.128	-0.538	0.686	0.971	-0.728	-0.716
	0.190	0.022	-0.025	0.059	-0.136	-0.826	
有机质 (2)	0.128	1	-0.523	-0.272	0.137	-0.666	-0.664
	0.033	0.125	-0.024	-0.023	-0.019	-0.755	
容 重 (3)	0.538	-0.523	1	-0.170	-0.383	0.648	0.651
	-0.102	-0.066	0.046	-0.015	0.054	0.735	
比 重 (4)	0.686	-0.272	-0.170	1	0.716	0.503	-0.497
	0.130	-0.034	-0.008	0.085	-0.100	-0.571	
凋萎含水量 (5)	0.971	0.137	-0.383	0.716	1	0.707	-0.697
	0.184	0.017	0.018	0.061	-0.140	-0.802	
D_0 (6)	-0.728	-0.666	0.648	-0.503	0.707	1	0.999
	0.138	-0.083	0.030	-0.043	0.099	1.135	

注:表中上面数字为相关系数r;下面数字为通径系数P。

三、小 结

1. 土壤的持水、保水能力以棕壤最强,草甸土次之,砂质草甸土最低。3种土壤各层次土壤持水能力自上而下增强,释水速度以表层最快,这主要与土壤孔隙状况及质地有关。

(下转第310页)

3. CaCO_3 与 P 溶液之间的反应呈现出明显的阶段性,而物理粘粒不具有这个特点。
4. 在 P 浓度小于 $100\mu\text{gml}^{-1}$ 时,物理粘粒的固 P 量明显地高于 CaCO_3 ,而当 P 浓度大于 $100\mu\text{gml}^{-1}$ 后, CaCO_3 的固 P 量大大地超过粘粒。
5. CaCO_3 的固 P 作用严重地降低磷的生物有效性,而物理粘粒的固磷作用主要起着保蓄磷素的功效。

参 考 文 献

- [1] Alan Wild, J. Soil Sci. ,1 : 221—238,1950.
- [2] HemWall, J. B. ,Advances in Agronomy, 9 : 95—112,1957.
- [3] 李祖荫、刘军、孔晓玲,石灰性土壤中粘粒与碳酸钙的固磷作用,土壤肥料,2 : 13—16,1983.
- [4] 吕家珑、李祖荫,石灰性土壤中固磷基质的探讨,土壤通报,22(5) : 204—206,1991.
- [5] 李祖荫,关于石灰性土壤固磷强度与固磷基质问题,土壤通报,23(4) : 190—192,1992.
- [6] Cole, C. V. ,Olsen, S. R. and Scott, C. O. ,Soil Sci. Soc. Amer. Proc. ,17 : 352—356,1953.
- [7] Kuo, S. and Lotse E. G. ,Soil Sci. Soc. Amer. Proc. ,36 : 725—729,1972.
- [8] Griffin, R. A. and Jurinak, J. J. ,Soil Sci. Soc. Amer. Proc. ,37 : 847—850,1973.
- [9] Freeman, J. S. and Rowell, D. L. ,J. Soil Sci. ,32 : 75—84,1981.
- [10] 尹金来、曹翠玉、史瑞和,徐淮地区石灰性土壤磷素固定的研究,土壤学报,26(2) : 131—137,1989.
- [11] Khasawneh, F. E. ,Sample, E. C. ,Kamprath, E. J. ,The Role of phosphorus in Agriculture, ASA—CSSA—SSSA, Madison, Wisconsin, USA. ,263—309,1980.
- [12] 蒋柏藩、顾益初,石灰性土壤无机磷分级体系的研究,中国农业科学,22(3) : 58—66,1989.

~~~~~

(上接第 303 页)

2. 土壤水分的扩散率,质地越砂,其值随含水量变化越剧烈;在含水量较低时,棕壤的水分扩散率较大;而含水量较高时,砂质草甸土的扩散率远远大于棕壤和草甸土。

3. 土壤孔隙状况是影响土壤水分扩散的最重要因素,在一定范围内,二者呈正相关。而扩散率随容重增加而减少,表明孔隙分布状况是决定土壤水分特性的重要因素。

4. 土壤有机质、粘粒含量和容重通过土壤孔隙状况间接地影响着土壤水分扩散率的大小。原状土壤的测定结果表明,对于同一土壤剖面来说,自上而下土壤有机质减少,容重变大,粘粒增加,土壤水分扩散率随之减少,呈递减规律。因此在农业生产中,增施有机肥,并采取合理的耕翻、耙压、铲趟等生产措施,对改善土壤孔隙状况和提高土壤的保水、导水能力具有重要的意义。

#### 参 考 文 献

- [1] 施成熙等,农业水文学,186—194 页,农业出版社,1984.
- [2] 刘孝义编著,土壤物理及土壤改良研究法,第 57—64 页,上海科技出版社,1982.
- [3] 劳家桎主编,土壤农化分析手册,农业出版社,1988.