

东北地区土壤持水性能及土壤水分类型

刘孝义 依艳丽

(沈阳农学院)

为了全面地正确地评价土壤水分保持性、移动性及可给性,单从水分形态角度来讨论是不够的,还必须考虑土壤水分的能量状态。

关于土壤水分形态概念及能量概念问题,曾有人介绍过不同的观点^①。我们认为这两种概念既有不同,也有内在的联系。本文根据联系的观点就东北地区几种主要土壤的持水特性及其与土壤水分类型间的关系,初步讨论了土壤水分的保持性及可给性。

一、试验方法及供试土壤

土壤持水特性分别用水汽压法、砂蕊漏斗法以及超速离心机法测定;质地及土壤微团聚体用吸管法^[1,2],土壤比表面用动力平衡法中的醋酸钾法^[3]。

供试土壤为东北地区的棕壤、褐土、白浆土、黑土及黑钙土。所用土样均为1毫米筛孔的风干土。供试土壤的颗粒组成微团聚体及有机质含量等列于表1。

表1 土壤物理性质及有机质含量

土 壤	层深(厘米)	颗粒组成(%)		微团聚体(%)		土壤比表面 (米 ² /克)	有机质(%)
		<0.01 (毫米)	<0.001 (毫米)	<0.01 (毫米)	<0.001 (毫米)		
棕 壤	0—20	48.60	31.61	11.89	2.02	74.95	1.72
	20—40	58.41	47.74	18.66	4.18	98.37	0.80
褐 土	0—20	40.08	26.88	7.49	1.10	77.70	1.09
	20—40	42.01	23.77	7.28	1.95	80.23	1.04
白 浆 土	0—20	67.71	40.30	23.60	4.50	121.70	12.93
	20—40	70.37	42.92	33.62	7.01	119.63	2.43
黑 土	0—20	53.82	36.84	21.37	3.51	87.32	2.50
	20—40	59.59	44.35	11.94	1.76	88.44	1.73
黑 钙 土	0—20	42.38	25.18	12.95	2.97	98.19	3.04
	20—40	48.13	28.62	14.15	2.44	105.74	2.43

二、试验结果

(一)土壤持水特性及其相关因素

①董剑舫:试论土壤水分研究中的形态观点和能量观点间的关系,南京土壤研究所土壤物理研究汇编,第191—200页,1982。

土壤水分低势能段(吸湿水段,空气相对湿度 P/P_0 为0.20—0.98。式中: P 为不同盐类过饱和溶液形成的气压; P_0 为纯水形成的气压)的测定结果列于表2。将表2有关参数进行统计结果表明,低势能段的土壤吸湿量与土壤比表面呈极显著正相关,其相关系数为0.96**—0.99**($n=15$)^[3]。低势能段五种土壤吸湿量大小次序为:白浆土>黑钙土>黑土>棕壤>褐土。此种相关性亦与表1中所列的<0.01毫米和<0.001毫米颗粒含量以及土壤有机质含量基本上相吻合。

一般烘干土样在空气相对湿度(P/P_0)增加过程中,土样吸湿初期(P/P_0 为0—0.4),吸湿速度十分迅速,以后,吸湿速度曲线较为平缓,当 P/P_0 达0.8—0.9时,吸湿速度曲线急剧上升。

表2 低势能段土壤颗粒表面吸湿量(%)

土壤	层 深 (厘米)	吸 力 (巴)						
		43	233	286	653	946	1155	2031
棕壤	0—20	7.41	4.74	4.08	3.95	3.28	3.25	2.07
	20—40	9.69	6.47	5.55	5.23	4.25	3.84	2.72
	40—60	9.26	6.21	5.30	5.02	4.06	3.74	2.69
褐土	0—20	6.32	4.64	3.96	3.57	3.11	2.74	2.15
	20—40	6.45	4.77	4.14	3.66	3.37	2.80	2.22
	40—60	8.25	6.21	4.84	4.68	3.93	3.35	2.78
白浆土	0—20	11.13	8.31	7.28	6.14	5.22	4.35	3.35
	20—40	10.01	7.67	6.57	5.52	4.75	4.01	3.26
	40—60	10.02	7.92	6.84	5.69	4.87	4.16	3.13
黑土	0—20	7.79	5.91	4.82	4.45	3.80	3.40	2.42
	20—40	8.44	6.39	5.56	4.53	4.06	2.97	2.58
	40—60	8.34	6.32	5.50	4.45	3.92	3.35	2.53
黑钙土	0—20	8.84	6.56	5.79	4.95	4.35	3.85	2.71
	20—40	9.58	7.23	6.31	5.45	4.73	4.18	2.90
	40—60	9.28	6.89	6.10	5.22	4.53	4.12	2.82

表3 土壤水分高势能段(毛管支持水)土壤持水量(%)

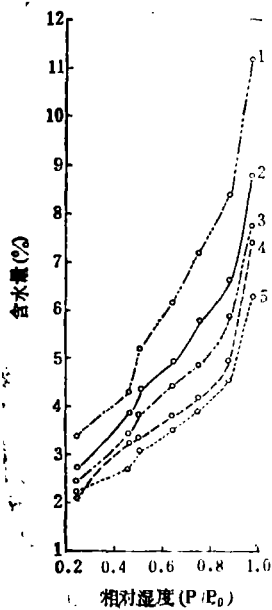
土壤	层 深 (厘米)	吸力 (厘米水柱)			
		0	40	80	120
棕壤	0—20	45.08	36.65	35.36	32.82
	20—40	47.60	41.16	39.16	37.34
褐土	0—20	50.15	41.55	38.17	32.82
	20—40	48.62	38.74	35.80	32.72
白浆土	0—20	75.32	65.53	60.41	57.16
	20—40	50.16	40.00	36.50	35.17
黑土	0—20	57.65	41.01	36.50	31.91
	20—40	47.85	41.41	38.78	35.95
黑钙土	0—20	55.76	44.43	39.84	37.26
	20—40	54.39	45.66	41.64	38.74

此种现象为水分的毛管凝结。本研究的五种土壤在 P/P_0 达0.8—0.9时,都发生毛管凝结现象(图1)。

土壤水分高势能段(毛管支持水段)测定结果列于表3。从吸力40厘米至120厘米水柱,0—20厘米土壤中的持水量为:棕壤32.82—36.65%;褐土32.82—41.55%;白浆土57.16—65.53%;黑土31.91—41.01%;黑钙土37.26—44.43%。五种土壤毛管支持水含量次序,基本上与吸湿水段的次序相一致。

(二)土壤水分有效性及水分类型分类

土壤中水分所受的力不同,决定着水分存在的形态不同,而不同形态水分的有效性



1—白浆土, 2—黑钙土, 3—黑土, 4—棕壤, 5—褐土

图1 不同相对湿度条件下, 土壤吸湿过程曲线
(10—20厘米土层)

也是不同的。所以, 形态概念与能量概念并不对立, 而是有内在联系的。从势能角度分析土壤水分的有效性, 而从水分类型加以补充说明, 更有利于了解土壤持水及供水能力。从表4可看出土壤水分有效性与水分类型的关系。在不同吸力段土壤(0—40厘米土层)保持的各类型水分分别为, 吸湿水(>31巴): 棕壤7.41—9.69%; 褐土6.32—6.45%; 白浆土11.13—10.01%; 黑土7.29—7.89%; 黑钙土8.84—9.58%。毛管—膜状水(15—31巴): 棕壤7.75—9.12%; 褐土9.09—8.53%; 白浆土13.34—12.75%; 黑土13.51—11.77%; 黑钙土11.92—10.67%。毛管水(0.1—15巴): 棕壤10.54—10.53%; 褐土6.83—9.11%; 黑土11.55—13.74%; 黑钙土11.78—14.13%。0—20厘米土层有效水与无效水比值(表5)说明, 白浆土供水能力较好, 而黑钙土供水能力则最差。但是, 20—60厘米土层白浆土的白浆层该比值却显著下降(降至0.42)。

表4 五种土壤不同吸力段的含水量(%)与水分形态类型的关系

土 壤	层 深 (厘米)	重力水		毛 管 水			毛管—膜状水	最大吸湿水—单分子水层				
		多余水		有 效 水			无 效 水					
		吸 力									(巴)	
		0	0—0.1	0.1—1.0	1.0—6.0	6.0—15	15—31	>31	31—2031	>2031		
棕 壤	0—20	45.08	19.38	4.84	2.95	2.75	7.75	7.41	5.34	2.07		
	20—40	47.60	18.26	5.19	3.19	2.15	9.12	9.69	6.97	2.72		
褐 土	0—20	50.15	27.91	3.36	3.36	0.11	9.09	6.32	4.17	2.15		
	20—40	48.62	24.53	4.95	2.66	1.53	8.53	6.45	4.23	2.22		
白 浆 土	0—20	75.32	26.35	—	—	11.27	13.34	11.13	7.78	3.35		
	20—40	50.18	17.93	—	—	2.13	12.75	10.01	6.75	3.26		
黑 土	0—20	57.65	25.30	7.88	0.75	2.92	13.51	7.29	4.87	2.42		
	20—40	47.85	14.45	8.16	1.59	3.99	11.77	7.89	5.31	2.58		
黑 钙 土	0—20	55.76	23.22	6.84	2.09	2.85	11.92	8.84	6.13	2.71		
	20—40	54.39	18.21	8.43	3.65	2.05	10.67	9.58	6.68	2.90		

观测不同肥力条件下土壤有效水与无效水比值(表6)说明, 肥力高的土壤该比值大于肥力低的土壤。根据土壤有效水比值研究分析, 可初步提出用此比值作为土壤供水能力大小的参考指标, 即比值>0.50时, 土壤供水能力良好, <0.50时, 土壤供水能力弱。至于用此比值能否成为供水能力定量指标, 还有待于今后的研究。

(三)土壤当量孔隙

表5 土壤有效水和无效水贮量(毫米)

层深 (厘米)	棕壤			褐土			白浆土			黑土			黑钙土		
	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无
0—20	9.54	15.16	0.52	8.19	18.49	0.44	29.40	29.36	1.00	12.58	24.96	0.50	14.14	26.11	0.30
20—60	24.27	43.99	0.55	22.48	41.83	0.53	23.97	52.59	0.45	22.40	52.29	0.42	—	—	—
60—100	22.70	43.89	0.51	17.65	48.09	0.37	23.78	56.13	0.42	—	—	—	—	—	—

表6 不同肥力土壤有效水和无效水贮量(毫米)

层深 (厘米)	棕壤						褐土						黑土					
	高肥			低肥			高肥			低肥			高肥			低肥		
	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无	有效水	无效水	有/无
0—20	9.54	15.16	0.62	10.44	18.08	0.57	7.83	14.41	0.54	9.60	19.07	0.50	11.55	20.80	0.55	10.69	19.33	0.55
20—40	11.53	18.81	0.61	9.84	19.01	0.51	9.11	14.98	0.60	8.89	19.02	0.46	13.74	19.66	0.69	10.87	19.87	0.54

半膨胀性土壤可由土壤水分特征曲线,并根据土壤水分吸力,用茹林公式^[4,5]($d = 3/H$)式中 d 为当量孔隙直径,毫米; H 为吸力,厘米水柱)求出与吸力相对应的有效孔径,从而得出各孔隙直径的各级有效孔径分布(表7)。这对于了解土壤通透性,持水特性以及土壤水分移动性均有重要意义。

由表7可见,0—100厘米土层内褐土0.08—15巴(当量孔径0.04—0.0002毫米)段的全程有效水比棕壤多(前者含21.06—23.53%)后者为19.18—20.35%),而细小的无效孔隙(<0.0002毫米)则棕壤居多。从该表中还可见到,白浆土表层的有效孔隙与无效孔隙均列为首位(35.94及24.47%),但在20—40厘米土层则比较少。棕壤及褐土的有效孔隙要比黑土及黑钙土多1—3%。

三、结 论

本文研究了东北地区主要土壤的持水特性及其与土壤水分类型的关系:

1. 土壤水分低势能段(P/p_0 为0.20—0.98)的土壤持水量与土壤比表面呈极显著相关,其相关系数 r 为0.96~0.99**。五种土壤持水量的次序为:白浆土>黑钙土>黑土>棕壤>褐土,毛管支持水量的次序基本上与此相同。

2. 五种土壤在 P/p_0 达0.8—0.9时,发生毛管凝结现象。

3. 土层0—20厘米有效水与无效水比值为:棕壤0.52;褐土0.44;白浆土1.00;黑土0.50;黑钙土0.39。白浆土20—60厘米土层此比值显著下降(降至0.42),这说明白浆土的白浆层供水能力明显变差。根据不同肥力土壤的有效水与无效水的比值,可初步提出0.50为土壤供水能力好坏的界限,高于此值土壤供水能力较好,低于此值供水能力则较差。

表 7

五种土壤当量孔隙分析(%)

土 壤 (厘米)	层 深	吸 力 (巴)								
		≤0.03	0.03—0.08	0.08—0.3	0.3—0.5	0.5—3.0	3.0—6.0	6.0—15.0	0.08—15	>15
		孔 径 (毫 米)								
		>0.1	0.1—0.04	0.04—0.01	0.01—0.06	0.06—0.001	0.001—0.005	0.005—0.0002	0.04—0.0002	<0.0002
棕 壤	0—20	8.43	1.29	10.95	0.28	5.44	0.78	2.75	20.20	15.16
	20—40	6.44	2.00	12.34	0.63	—	0.91	3.53	20.35	18.81
	40—60	5.48	3.05	12.75	1.67	—	—	1.79	19.85	17.85
	60—80	7.99	2.20	11.17	—	—	1.66	2.43	19.72	16.77
	80—100	3.47	1.42	11.81	—	0.70	1.81	2.13	19.18	17.99
褐 土	0—20	7.50	2.70	11.67	—	—	1.72	3.14	21.94	11.21
	20—40	7.89	4.29	13.43	1.36	2.34	2.17	2.63	22.71	13.38
	40—60	8.91	5.65	13.54	3.12	2.45	1.76	1.21	21.06	14.08
	60—80	11.21	4.95	14.65	2.03	2.54	0.36	5.46	23.73	12.31
	80—100	0.60	5.42	14.54	2.29	0.88	3.62	1.86	23.53	13.60
白 浆 土	0—20	9.79	5.12	13.02	—	—	4.06	11.27	35.94	24.47
	20—40	10.16	3.50	5.53	—	—	2.13	2.13	13.74	22.76
黑 土	0—20	10.94	3.36	11.05	0.11	3.48	—	2.92	17.46	20.80
	20—40	9.84	9.57	10.74	—	2.94	—	3.99	16.15	19.66
黑 钙 土	0—20	11.33	4.59	0.99	0.89	3.76	—	2.85	19.08	20.78
	20—40	8.73	4.02	1.74	—	6.39	—	2.05	19.59	22.05

参 考 文 献

- [1] 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。
- [2] 刘孝义, 东北地区主要土壤持水特性的研究。沈阳农学院学报, 第2期, 第31—37页, 1985。
- [3] 依艳丽, 土壤比表面的研究。辽宁农业科学, 第6期, 第9—12页, 1986。
- [4] 杨金楼等, 上海地区土壤持水特性的研究。土壤学报, 第19卷4期, 第331—343页。
- [5] O. Г. Растворова, Физика, почв. Практическое руководство. Л. Изд ЛГУ, 123—152, 1983.