

甘肃省黄绵土低吸力段持水特性的研究

李小刚 刘淑英

(甘肃农业大学)

摘 要

用张力计对甘肃黄绵土低吸力段持水特征及水分有效性进行了研究。结果表明,黄绵土水分特征曲线可以分为两种类型,一种是具有一个拐点,呈“S”型,另一种不具拐点。黄绵土水分特征曲线的这一特征直接受结构状况的影响。低吸力段水分特征曲线用双曲线表达拟合性最好。

甘肃黄土高原丘陵沟壑地区普遍分布着黄绵土,该区都属旱作农业生产,常受干旱的威胁。为了研究黄绵土的抗旱能力,指导水分管理,我们对该地区黄绵土低吸力段持水特性及其水分的有效状况进行了研究。

一、材料与方法

供试土壤采自典型黄绵土地区,采样深度为100cm。水分特征曲线用张力计测定。将土壤风干,过5mm筛,然后装入塑料盆钵(高20cm,直径16cm)中,控制容重使其尽量接近田间真实容重。最后由筒底进水,使土壤饱和,插入张力计,平衡一昼夜后,开始观察记载张力,并通过称重计算其含水量。土壤质地用甲种比重计测定,凋萎系数用植物生长法测定,团聚体用干筛法和湿筛法测定。

供试土壤及其基本性质列于表1。

表1 供试土壤及其基本性质

采集地点	深度(cm)	<0.01mm 颗粒含量(gkg ⁻¹)	质地类别	>0.25mm 团聚体含量(gkg ⁻¹)		实验容重(gcm ⁻³)	有机质(gkg ⁻¹)
				干筛法	湿筛法		
天水	0-20	306	中壤土	402	145	1.29	7.2
	20-100	286	轻砂土	260	74	1.23	—
会宁	0-20	302	中壤土	326	24	1.29	9.0
	20-100	262	轻壤土	232	8.8	1.29	—
定西	0-15	387	中壤土	357	122	1.30	10.5
	15-100	306	中壤土	320	51	1.20	—
镇原	0-15	347	中壤土	612	153	1.28	5.5
	15-50	377	中壤土	405	110	1.30	—
	50-100	387	中壤土	474	165	1.20	—
灵台	0-20	348	中壤土	667	285	1.28	9.1
	20-100	419	中壤土	632	238	1.21	—

二、结果与讨论

(一)水分特征曲线及其数学表达式

以重量含水量(W/W)为横座标,土壤水吸力为纵座标,绘出供试土壤水分特征曲线如图1和图2所示。由图可以看出,水分特征曲线可以分为两种类型,其一是在接近饱和点不具有拐点,曲线首先经过一个平缓上升区段,而后渐陡,转为急速上升;其二是在20—30KPa之间具有一个拐点,曲线一开始就比较陡,使平缓上升区段向后稍推移,而后转为急速上升过程,曲线呈典型的“S”型。

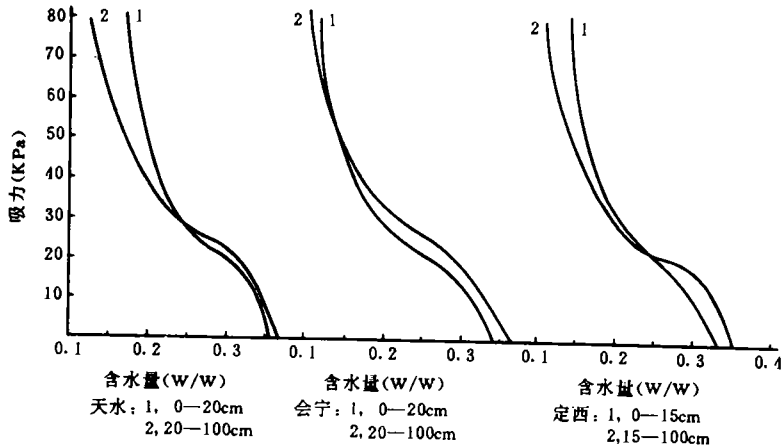


图1 甘肃省黄绵土水分特征曲线

关于水分特征曲线的数学表达式,常见的有3种类型,即幂函数、指数式和双曲线式^[1-3],本文分别计算出了供试土壤低吸力段的这3种表达式,列于表2。这些表达式的相关系数均达到极显著水准,很好地表达了低吸力段吸力和含水量间的关系。从相关系数看,双曲线表达式要优于其他两种表达式。

(二)影响水分特征曲线的因素

1. 质地 质地对土壤水分特征曲线的影响十分明显,质地越细,土壤表面积越大,在同一含水量时吸力就越大,含水量少量的变化就会引起吸力较大的变化,曲线斜率就越陡。在图1和图2中,供试土壤物理性粘粒含量越高,30KPa吸力以上时的斜率越大,曲线越靠右。

2. 结构 结构影响水分特征曲线的形

状。比较不同供试土壤水分特征曲线发现,除灵台黄绵土及镇原黄绵土的表层之外,其余黄绵土的曲线都有一个拐点。茹连梅曾通过对陕北的黄绵土低吸力段水分特征曲线的研究,报道了同样的现象^[4]。我们通过研究认为,这一现象正是由于结构状况的不同所致,在供试土壤中,曲

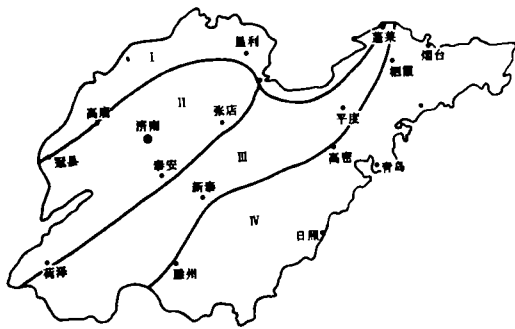


图2 甘肃省黄绵土水分特征曲线

表2 供试黄绵土水分特征曲线数学表达式

采集地点	深度 (cm)	n	S=aθ ^{-b}			S=ae ^{-bθ}			S= $\frac{b}{\theta} - a$			适用范围
			a	b	-r	a	b	-r	a	b	r	
天水	0-20	22	9.790×10 ⁻²	4.130	0.7693	1817	16.05	0.8073	47.80	19.80	0.9714	0.175<θ<0.365
	20-100	28	1.598	1.948	0.9044	2451	8.963	0.9316	12.38	22.42	0.9903	0.127<θ<0.370
会宁	0-20	16	2.161	1.631	0.9899	160.3	8.155	0.9870	10.30	20.66	0.9925	0.118<θ<0.348
	20-100	31	1.570	1.845	0.8566	166.5	7.820	0.9585	12.77	9.204	0.9874	0.104<θ<0.375
定西	0-15	23	1.113×10 ⁻¹	3.693	0.6902	1104	16.49	0.7285	39.44	15.19	0.9826	0.135<θ<0.334
	15-100	26	1.069	2.042	0.8363	227.2	9.758	0.8669	19.52	10.27	0.9863	0.106<θ<0.350
镇原	0-15	25	3.283×10 ⁻³	4.286	0.8188	1517	18.21	0.8609	40.39	15.15	0.9930	0.149<θ<0.380
	15-50	30	9.025×10 ⁻¹	2.238	0.9471	238.2	9.381	0.9594	28.82	13.06	0.9897	0.149<θ<0.392
	50-100	28	8.514×10 ⁻¹	2.469	0.9106	321.7	9.737	0.9395	29.88	14.61	0.9934	0.157<θ<0.398
灵台	0-20	24	2.224×10 ⁻²	4.830	0.9608	2052	18.33	0.9810	54.30	19.88	0.9822	0.171<θ<0.385
	20-100	26	4.463×10 ⁻²	4.244	0.9516	1514	17.72	0.9744	60.45	20.71	0.9930	0.128<θ<0.365

注：1. 表中 S 为土壤水吸力(KPa), θ 为重量含水量(W/W)。

2. 表中的相关系数 r 值均达到 1% 显著水平。

线有拐点的土壤其 >0.25mm 干筛团聚体都小于 500gkg⁻¹, 团聚体含量越少, 拐点越明显。

结构状况对水分特征曲线的这一影响是通过对孔隙状况的影响实现的。>0.25mm 团聚体垒结形成的是大孔隙, 而微团聚体及单位垒结起来形成的是中等大小的及小孔隙, 所以 >0.25mm 团聚体越多, 土壤中大孔隙就越多, 中等大小及小孔隙就越少。大孔隙中水吸力小, 如果大孔隙多, 在这种吸力下吸持的水就多, 当这部分水排出时, 吸力只发生很小的变化, 于是斜率小, 曲线平缓; 如果大孔隙少, 在这种吸力下吸持的水就少, 当这部分水排出时, 吸力就可能发生较大的变化, 于是斜率大, 曲线比较陡。表 3 供试土壤的孔隙分布正好说明了这一点。由表 3 可见, 灵台黄绵土及镇原黄绵土的表层 >0.03mm 孔隙明显多于其他土壤, 所以在 0-10KPa 之间曲线比其他土壤平缓, 而 0.03-0.01mm 孔隙明显少于其它土壤, 所以在 10-30KPa 之间曲线比其他土壤陡, 其他土壤在此区间则要平缓得多。

表3 供试黄绵土孔隙分布 (%)

采集地点	深度 (cm)	当量孔径(mm)				总孔隙度
		>0.03	0.03-0.01	0.01-0.005	<0.005	
天水	0-20	3.23	12.4	7.10	24.1	46.8
	20-100	3.08	13.3	10.6	18.6	45.5
会宁	0-20	2.97	15.5	9.03	16.8	44.2
	20-100	5.16	14.8	12.1	16.3	48.4
定西	0-15	3.38	12.6	7.54	19.9	43.2
	15-100	1.80	15.8	8.76	15.6	42.0
镇原	0-15	9.73	13.3	5.63	20.0	48.6
	15-50	4.81	14.6	7.67	19.5	51.0
	50-100	4.08	14.9	8.64	20.2	47.8
灵台	0-20	10.2	10.2	5.76	23.0	49.3
	20-100	8.71	8.83	5.43	21.2	44.2

(三)比水容量

比水容量是反映土壤水分有效性的一个强度指标, 它是土壤水吸力增加一个单位时所释出的水量, 也即水分特征曲线斜率的倒数, 可用以判断土壤抗旱能力的大小。表 4 为根据水分

特征曲线获得的不同土壤在不同吸力范围内的比水容量。由表可见,不同土壤比水容量各不相同,当吸力达 80KPa 时,供试土壤比水容量均达 10^{-2} 级。一般认为当比水容量达 10^{-2} 级时,水分有效性就明显降低,所以可用 10^{-2} 级为标准,将土壤有效水分分为易效水和难效水两部分^[5-6],照此标准,供试土壤 80KPa 吸力以下的有效水基本上都为速效水。

表4 供试黄绵土的比水容量(ml/10⁵Pakg)

采集地点	深度(cm)	吸力变化(KPa)							
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
天水	0-20	2.5×10^{-1}	2.9×10^{-1}	6.7×10^{-1}	2.5×10^{-1}	1.5×10^{-1}	1.5×10^{-1}	5.0×10^{-2}	7.2×10^{-2}
	20-100	2.5×10^{-1}	2.5×10^{-1}	8.3×10^{-1}	4.0×10^{-1}	2.7×10^{-1}	1.9×10^{-1}	1.6×10^{-1}	8.0×10^{-2}
会宁	0-20	2.5×10^{-1}	5.6×10^{-1}	6.4×10^{-1}	3.5×10^{-1}	2.1×10^{-1}	1.4×10^{-1}	7.0×10^{-2}	5.0×10^{-2}
	20-100	4.0×10^{-1}	4.8×10^{-1}	6.7×10^{-1}	4.9×10^{-1}	2.6×10^{-1}	1.9×10^{-1}	1.3×10^{-1}	9.0×10^{-2}
定西	0-15	2.6×10^{-1}	4.4×10^{-1}	5.3×10^{-1}	2.9×10^{-1}	9.0×10^{-2}	8.0×10^{-2}	8.0×10^{-2}	9.0×10^{-2}
	15-100	1.5×10^{-1}	5.5×10^{-1}	8.7×10^{-1}	3.3×10^{-1}	2.2×10^{-1}	1.8×10^{-1}	1.5×10^{-1}	9.0×10^{-2}
镇原	0-15	7.6×10^{-1}	6.9×10^{-1}	3.5×10^{-1}	1.8×10^{-1}	1.8×10^{-1}	8.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}	5.0×10^{-2}
	15-50	3.7×10^{-1}	9.1×10^{-1}	5.5×10^{-1}	2.8×10^{-1}	1.9×10^{-1}	1.2×10^{-1}	7.0×10^{-2}	4.0×10^{-2}
	50-100	3.4×10^{-1}	6.4×10^{-1}	4.0×10^{-1}	3.6×10^{-1}	2.4×10^{-1}	1.2×10^{-1}	5.0×10^{-2}	6.0×10^{-2}
灵台	0-20	8.0×10^{-1}	5.3×10^{-1}	2.7×10^{-1}	2.0×10^{-1}	1.5×10^{-1}	1.0×10^{-1}	6.0×10^{-2}	3.0×10^{-2}
	20-100	7.2×10^{-1}	4.1×10^{-1}	3.0×10^{-1}	1.7×10^{-1}	1.6×10^{-1}	1.2×10^{-1}	1.0×10^{-1}	7.0×10^{-2}

表5 供试黄绵土不同吸力下的含水量及有效水量(gkg⁻¹)

采集地点	深度(cm)	吸力(KPa)								凋萎系数	有效水含量	1m 土层中有效水贮量(mm)
		10	20	30	40	50	60	70	80			
天水	0-20	338	309	242	217	202	187	182	175	64	179	216
	20-100	345	320	237	197	170	151	135	127	64	173	
会宁	0-20	320	264	200	165	144	130	123	118	62	138	210
	20-100	335	287	220	171	145	126	113	104	51	169	
定西	0-15	308	264	211	182	165	153	145	136	67	144	169
	15-100	335	290	203	170	148	130	115	106	65	138	
镇原	0-15	304	235	200	182	164	156	153	149	74	126	184
	15-50	355	264	209	181	162	150	143	1369	76	133	
	50-100	364	300	240	204	180	168	163	157	75	165	
灵台	0-20	305	252	225	205	190	180	174	171	68	157	176
	20-100	293	250	220	203	187	175	165	158	80	140	

(四)有效水含量

表5为供试黄绵土不同吸力下的含水量及其有效水含量,由表可见,不同土壤在同一吸力下的含水量由于其颗粒组成、结构状况等的不同而相差很大。如以 30KPa 吸力下的含水量作为田间持水量,则供试土壤田间持水量变动在 200—242gkg⁻¹之间。表5中的有效水含量由 30KPa 时的含水量与凋萎系数之差获得,其最高为 179gkg⁻¹,最低为 126gkg⁻¹,供试土壤 1m 土层中的有效水贮量为 169—216mm。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院禹城综合试验站, 农田水分与能量试验研究, 科学出版社, 1990。
- [2] 张景略等, 黄泛平原不同质地土壤的持水特性, 土壤学报, 22: (4)350—355, 1985。
- [3] 姚其华等, 土壤水分特征曲线模型及其预测方法的研究进展, 土壤通报, 22(3): 142—145, 1992。
- [4] 茹连梅, 陕西黄土的水分特征曲线及其水分特性的初步研究, 土壤通报, 22(2): 61—64, 1991。
- [5] 陈志雄等, 中国几种主要土壤的持水性质, 土壤学报, 16(3): 277—281, 1979。
- [6] 庄季屏等, 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, 23(4): 306—313, 1986。

(上接第 232 页)

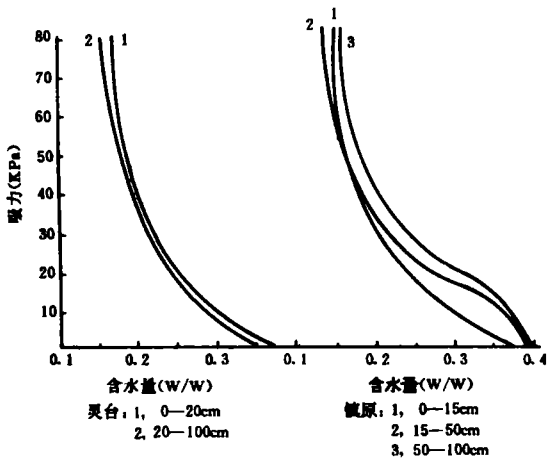


图 4 山东省各地夏玉米需水量分区图

水量为 520—540 毫米, 夏玉米生育期降水 450—480 毫米, 8 月份土壤有效水贮量潮土区为 113.45 毫米, 棕壤区为 126.84 毫米, 降水能满足夏玉米的需水要求。本区夏玉米生育期日照时数为 1000—1200 小时。

IV. 包括滕州、新泰、平度、栖霞以南的鲁南山地和胶东半岛南部。夏玉米需水量在 520 毫米以下, 该时期降水量为 560—600 毫米, 土壤有效水贮量在 8 月份为 126.84 毫米, 能充分保证夏玉米需水, 并有盈余, 故在低洼地带应注意防涝。本区夏玉米生育期日照时数为 600—700 小时。

从以上分区结果可以看出, 降水量较多的地区, 冬小麦、夏玉米需水较少, 而降水较少的地区则相反, 这是因为降水多的地区, 阴天较多, 蒸发、蒸腾量较少, 故作物需水量较少。

分区图显示各分区几乎均呈东西方向展开。笔者认为, 这可能是本省主体山脉大都为东南、西北走向造成的。

参 考 文 献

- [1] 联合国粮农组织, 产量与水的关系, 罗马, 1979。
- [2] 余松烈主编, 山东小麦, 农业出版社, 1990。
- [3] 山东省农科院编, 中国玉米栽培学, 上海科学技术出版社, 1986。
- [4] 聂俊华等, 山东省旱地冬小麦——夏玉米土壤水分状况的研究, 选自《土壤、资源、生态、环境》, 徐琪、李永昌主编, 青岛海洋大学出版社, 1992。
- [5] 中国农业区划委员会, 中国综合农业区划, 农业出版社, 1981。