

黄土高原地区几种土壤的水分状况与能量水平

马爱生¹, 刘思春¹, 吕家珑¹, 权定国², 郭文龙³, 赵 懿²

(1 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100;

2 陕西省乾县土肥站, 陕西 乾县 713300;

3 陕西省仪祉农业学校, 陕西 泾阳 713702)

[摘 要] 采用土壤张力计和土壤吸力平板仪测定了黄绵土、黑垆土、黄壤土和瘠土4种土壤的原状土样和扰动土样的水分特征曲线,并研究了4种土壤水分能量状况。结果表明,在20℃条件下,4种土壤的水分特征曲线皆呈现一定的规律性,当土壤含水量在170~280 g/kg时,土壤水势大小顺序为黄绵土>黑垆土>黄壤土>瘠土。田间原状土的土壤水分特征曲线与扰动土有较大差异,当土壤含水量在170~280 g/kg时,在土壤含水量相同条件下,原状土的土壤水势大于扰动土,土壤水势在0~90 kPa时,原状土的含水量小于扰动土,原状土与扰动土土壤水势的差异大小为瘠土>黄壤土、黑垆土>黄绵土。土壤水势为0~20 kPa时,土壤比水容量随水势降低而逐渐降低,土壤在高水势段的比水容量呈现出瘠土>黄壤土>黑垆土>黄绵土的趋势,原状土的比水容量大于扰动土。

[关键词] 原状土;扰动土;土壤水分特征曲线;土壤水势;比水容量

[中图分类号] S152.7

[文献标识码] A

[文章编号] 1671-9387(2005)11-0117-04

土壤水分是农作物生长的重要条件之一,也是评价土壤生产力的主要参数^[1~3]。土壤水分对土壤生物活性、土壤养分分解与转化、土壤温度与土壤空气等均有不同程度的影响^[4~6],而且也是影响作物生长发育、植被恢复的关键性限制因素。因此,研究土壤水分对农田节水灌溉、水分最优调控以及农作物的适宜密度、合理布局等具有重要意义,特别是对于雨养农业地区,水分是农业生产丰缺的主要决定因素^[7~9],合理利用降水资源,提高土壤水分生产效率就显得尤为重要。

土壤水分是影响黄土高原地区农作物丰缺的主要因素之一,因此,土壤水分保蓄显得尤为重要和迫切。特别是在干旱与半干旱地区,每年10月下旬至翌年4月下旬的土壤水分含量很低,在土壤水势较低的情况下,土壤持水性能主要取决于土壤孔隙状况及土壤质地、结构等^[2,3,5,6],而影响低吸力段持水性能的土壤因素首先是土壤质地,其次是土壤有机质,土壤温度则是影响土壤水势的最重要环境因素之一。因此,对黄土高原地区几种主要土壤的水分状况与能量水平进行研究,以取得不同土壤水分的能量指标显得尤为重要。但由于土壤质地的差异,传统的土壤含水量不能准确反映不同土壤水分的有效性

与运动状况,如土壤含水量同为150 g/kg时,对于沙土而言,水分有效性较高,能够满足作物正常生长需要;而对于粘土,水分就显得不足,不能满足作物正常生长需求。本研究对黄绵土、黑垆土、黄壤土和瘠土4种不同质地土壤的原状土样和扰动土样的水分特征曲线进行了分析,以期判断土壤水分移动方向和获得水分丰缺指标提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

供试土壤为黄土高原地区4种具有一定代表性的耕作土壤。黄绵土采自陕西榆林,质地为轻壤土;黑垆土采自陕西洛川县塬区耕层土壤,质地为中壤土;黄壤土采自黄土高原南部台塬区的陕西乾县北乾陵乡,质地为轻粘土;瘠土采自陕西杨凌西北农林科技大学农作二站,质地为重壤。采样深度都为0~20 cm的耕层土壤。供试土壤的基本性质见表1。

1.2 试验方法

原状土柱是指用环刀在田间直接采集的土柱;扰动土柱是指在田间采集土样,然后在室内风干,磨碎过2 mm筛,按田间原状土壤容重重新填装的土柱。土柱规格有2种,其中用土壤张力计^[10](U型管

[收稿日期] 2005-02-21

[基金项目] 教育部博士点基金项目(20040712001)

[作者简介] 马爱生(1963—),女,陕西绥德人,实验师,主要从事土壤学研究。

[通讯作者] 吕家珑(1962—),男,甘肃民乐人,教授,博士生导师,主要从事土壤学研究。

式水银张力计)测定土壤水势的土柱高 15 cm,直径 直径 5 cm。土壤含水量用烘干法测定。10 cm;用吸力平板仪测定土壤水势的土柱高 2 cm,

表 1 供试土壤的基本性质

Table 1 Basic properties of experimental soil

土壤 Soil	采样地点 Locate of sampling	有机质/ (g · kg ⁻¹) Organic matter	容重/ (g · cm ⁻³) Bulk density	物理性粘粒 (<0.01 mm)/ (g · kg ⁻¹) Physical clay	粘粒 (<0.001 mm)/ (g · kg ⁻¹) Clay	比表面积/ (m ² · g ⁻¹) Specific surface
黄绵土 Loessal soil	陕西榆林 Yulin Shaanxi	10.4	1.34	134.2	99.1	179.3
黑垆土 Heilu soil	陕西洛川 Luo-chuan Shaanxi	11.3	1.35	338.3	125.0	217.1
黄壤土 Huangshan soil	陕西乾县 Qianxian Shaanxi	12.1	1.36	443.5	191.1	272.6
塋土 Lou soil	陕西杨凌 Yangling Shaanxi	13.4	1.36	522.8	265.4	308.2

2 结果与分析

2.1 土壤水分特征曲线的特点

在 20℃条件下,对黄绵土、黑垆土、黄壤土和塋土的原状土与扰动土中土壤含水量与土壤水势的关系进行了研究,得到了相应的土壤水分特征曲线,结果见图 1。由图 1 可知,4 种土壤的水分特征曲线皆呈现一定的规律性,即随着土壤含水量增大,土壤水势也增大;当土壤含水量在 170~280 g/kg 时,4 种土壤原状土与扰动土的水势变化表现出相同趋势,即土壤水势大小顺序为黄绵土>黑垆土>黄壤土>

塋土。这可能是由于塋土、黄壤土的质地相对粘重,土壤中粘粒含量高,比表面积较大^[2,5~7],而黑垆土的质地、土壤中粘粒含量和比表面积次之,黄绵土较低。由图 1 还可以看出,当土壤水势在 0~-20 kPa 时(如土壤水势在-5 kPa 左右),土壤含水量变化对土壤水势的影响不显著;当土壤水势在-80~-90 kPa 时(如-90 kPa),土壤含水量变化对土壤水势的影响较显著。即在土壤水势为 0~-20 kPa 时,在一定压力下土壤质地较轻的黄绵土释放的水分较质地较粘重的塋土多。

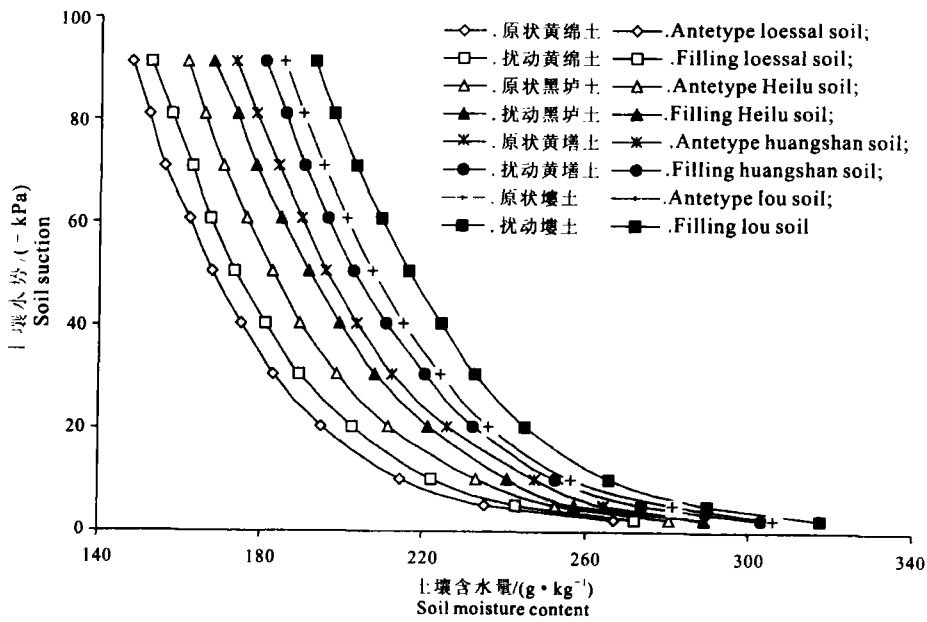


图 1 4 种土壤的水分特征曲线

Fig. 1 Moisture characteristic curve of four soils

对于这 4 种土壤来说,土壤含水量为 170~280 g/kg 时,在土壤含水量相同条件下,原状土的土壤水势大于扰动土,所以用实验室填装土柱法测得的土壤水势与田间土壤水势有一定差异,这为指导农

业生产实践带来困难,故实验室测定土壤水势最好用原状土,这样才能较真实地反映田间土壤水势状况;由于填装土在过 2 mm 筛时,磨土破坏了较大团粒结构,无形中增大了土壤比表面积^[2,3,6],所以在土壤水势相同时,原状土的含水量小于填装土。

从图 1 还可以看出,在同一土壤含水量(170~280 g/kg)条件下,4 种土壤的原状土与扰动土间土壤水势差异大小顺序为塬土>黄塬土、黑垆土>黄绵土。这是由于 4 种土壤的有机质含量和土壤团粒结构不同,因此,土壤经过干燥、压碎和过筛后对 4 种土壤孔隙结构和孔隙排列的破坏不同,其顺序为塬土>黄塬土>黑垆土>黄绵土。

2.2 4 种土壤吸持水分的有效性和比水容量

2.2.1 土壤的比水容量 由表 2 可见,无论是原状土还是扰动土,在相同的土壤水势条件下,4 种土壤在高水势段(0~-20 kPa)的比水容量均呈现出塬土>黄塬土、黑垆土>黄绵土的趋势。这主要是由于塬土肥力较高,土壤团粒结构性好,有机质含量较多,土壤吸持水量也较其他供试土壤高得多,而黄塬土、黑垆土次之,黄绵土最低。在同一水势条件下,4 种土壤原状土的比水容量大于扰动土,这是由于扰动土破坏了田间原土壤结构和土壤孔隙的排列。4 种土壤相比,在相同的土壤水势条件下,塬土的比水容量最高,表明作物可以从塬土中获取较多的水分^[2,9]。总之,土壤水分特征曲线通常仅能反映持水

量的多寡,但如果结合高水势段的比水容量进行研究,则能较准确地评价土壤的持水性能和水分的有效程度。

2.2.2 土壤吸持水分的有效性 经典概念的土壤最大有效水范围是指从田间持水量(FC)到凋萎湿度(PWP)。通常是将 30 kPa(0.3 巴)作为一般壤质土壤有效水的上限(砂质土约为 10 kPa),1 500 kPa(15 巴)作为其下限。到目前为止,已有研究证实^[1,5],有效水范围内的水分并非同等有效。在有效水范围内还可以根据其有效程度,以生长毛管联系断裂湿度(BCM)为界,将土壤有效水划分为两段:FC~BCM 为易效水(黄绵土水势大于-78 kPa,黑垆土水势大于-72 kPa,黄塬土水势大于-65 kPa,塬土水势大于-58 kPa);BCM~PWP 为难效水(黄绵土水势小于-78 kPa,黑垆土小于-72 kPa,黄塬土小于-65 kPa,塬土小于-58 kPa)。因此,当土壤含水量低于 BCM 时,虽然尚未达到 PWP 值,但水分的运动性和有效性显著降低,作物生长已受到影响,甚至已有可能导致减产^[5]。

由表 2 可见,在高水势段(0~-20 kPa),土壤比水容量随着水势降低而逐渐降低,因此,即使在易效水 FC~BCM 内,水分的有效程度也并不相等。因此,假如植物以相同的水势从不同土壤中吸取水分,由于比水容量的差异,在该水势下所能取得的水量也是不可能相等的。

表 2 不同土壤水势下土壤的比水容量

Table 2 Specific water capacities (SWC) of soils under different soil water potentials $\mu\text{L}/(\text{g} \cdot \text{kPa})$

土壤 Soil	土壤水势/kPa Soil water potential										
	-5	-10	-20	-30	-40	-50	-60	-70	-80	-90	-100
原状黄绵土 Intact Loessal soil	8.028	3.546	1.575	0.984	0.695	0.552	0.450	0.378	0.311	0.287	0.247
扰动黄绵土 Disturbed Loessal soil	7.879	3.189	1.548	0.973	0.692	0.534	0.435	0.361	0.300	0.277	0.238
原状黑垆土 Intact Heilu soil	8.054	3.536	1.589	1.005	0.717	0.564	0.516	0.392	0.334	0.288	0.268
扰动黑垆土 Disturbed Heilu soil	7.944	3.522	1.576	0.990	0.709	0.540	0.501	0.374	0.328	0.275	0.247
原状黄塬土 Intact Huang-shan soil	8.089	3.500	1.604	1.042	0.738	0.577	0.527	0.510	0.346	0.298	0.251
扰动黄塬土 Disturbed Huang-shan soil	7.986	3.509	1.600	1.001	0.713	0.557	0.512	0.502	0.337	0.286	0.242
原状塬土 Intact Lou soil	8.496	3.685	1.673	1.055	0.760	0.591	0.542	0.519	0.508	0.453	0.224
扰动塬土 Disturbed Lou soil	8.118	3.543	1.608	1.012	0.729	0.571	0.525	0.508	0.491	0.434	0.214

3 结 论

本研究结果表明,土壤含水量在 170~280 g/kg 时,土壤水势大小顺序为黄绵土>黑垆土>黄

塬土>塬土,且同一土壤原状土与扰动土的土壤水分特征曲线有一定差异,其差异大小顺序为塬土>黄塬土、黑垆土>黄绵土;在土壤含水量相同条件下原状土的土壤水势大于扰动土,这一结论在

目前所查阅资料中尚未见描述。土壤水势在 0~ -90 kPa 时,在同一水势条件下 4 种土壤原状土的含水量小于扰动土,这与前人的研究结果^[1,3,6,7]一致;在高水势段(0~-20 kPa),土壤比水容量随着

水势降低而逐渐降低,比水容量呈现出塋土>黄塋土>黑垆土>黄绵土趋势。由于张力计受环境因素(温度、湿度、风、光等)影响,仪器正确使用及操作技巧是获得准确数据的关键。

[参考文献]

- [1] 朱祖祥. 土壤水分的能量概念及其意义[J]. 土壤学进展, 1979, (1): 11-21.
- [2] 陈志雄, 汪任真. 中国几种主要土壤的持水性质[J]. 土壤学报, 1979, 16(3): 21-27.
- [3] 杨金楼. 上海地区土壤持水性的研究[J]. 土壤学报, 1982, 19(1): 33-38.
- [4] 吕家珑, 张一平, 刘思存, 等. 施磷水平对水分能量特征的影响[J]. 生态学报, 2000, 20(2): 255-263.
- [5] 庄季屏, 王一伟. 土壤低吸力段持水性能及其与早期土壤干旱的关系研究[J]. 土壤学报, 1986, 23(4): 306-312.
- [6] 张一平, 白锦麟, 张君常, 等. 温度对土壤水势影响研究[J]. 土壤学报, 1990, 27(1): 154-158.
- [7] 刘思存, 王一玉, 吕家珑, 等. 不同肥力水平农田生态系统水分状态及能量特征[J]. 生态学报, 2002, 22(12): 2104-2110.
- [8] 刘思存, 张一平, 朱建楚, 等. 温度对非饱和土壤水分运动的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2000, 28(1): 28-33.
- [9] 美]Hanks R J, Ashcroft G L. 应用土壤物理——土壤水和温度的应用[M]. 杨诗秀, 刘一仁, 陆锦文, 译. 北京: 水利电力出版社, 1981. 26-71.
- [10] 刘思存, 张一平, 朱建楚, 等. 负压式土壤张力计测定法改进及应用[J]. 西北农业学报, 2002, 11(2): 29-33.

Moisture characteristics and energy balance of several soils in Loess Plateau

MA Ai-sheng¹, LIU Si-chun¹, LU Jia-long¹, QUAN Ding-guo², GUO Wen-long¹, ZHAO Yi³

(1 College of Resources & Environment, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Qianxian Soil and Fertilizer Station, Shaanxi, Qianxian 713300, China;

3 Shaanxi Yizhi Agricultural College, Jingyang, Shaanxi 713702, China)

Abstract: By using tensiometer and soil suction plane-table, the soil characteristics and water potential of 4 soils Loess soil (L), Hei lou soil (H), Huang shan soil (Hu) and Lou soil (Lou), in Loess plateau were determined. The results showed that water characteristic curves of 4 tested soils had the similar trend under certain temperature (20 °C). The order of soil water potentials of these soils was L>H>Hu>Lou when soil moisture content ranged from 170 g/kg to 280 g/kg. There was a big difference on soil water characteristic curves between intact soils and disturbed (refilled) soils. Water potential of intact soils were bigger than that of disturbed soil when soil moisture content ranged from 170 g/kg to 280 g/kg. While when soil water potential ranged from 0 to -90 kPa, soil water content in intact soils were smaller than that of disturbed soils. The difference of water potentials between intact soil and disturbed soil was in the order of Lou>Hu>H>L. The specific water capacities (SWC) of soils reduced with the decrease of soil water potential when soil water potential ranged from 0 to -20 kPa. SWC of these soils were ranked as Lou>Hu>H>L in higher water potential part, while SWC of intact soils were bigger than that in disturbed soils.

Key words: undisturbed soil; disturbed soil; characteristic curve of soil water; soil water potential; specific water capacities