

文章编号:1007-9432(2007)02-0116-03

耕作土壤入渗能力衰减机理

曹崇文,樊贵盛

(太原理工大学 水利科学与工程学院,山西 太原 030024)

摘要:基于大田土壤水分入渗试验与相关参数的测定,分析了耕作土壤入渗能力衰减过程,探讨了耕作土壤入渗能力衰减机理。试验结果表明:耕作土壤的入渗能力在农业生产周期内变化较大;耕作土壤由高含水量到低含水量的变化过程中,土壤干容重呈增大趋势,土壤入渗能力呈减小趋势;作物生育期内,耕作土壤入渗能力衰减主要是由于土壤结构的变化所导致的。研究结果可为灌水技术参数的确定及水资源的合理利用提供参考。

关键词:水分入渗;土壤干容重;相对稳定入渗率;土壤胀缩

中图分类号:TV93

文献标识码:A

目前,世界上尤其是发展中国家普遍采用的灌水方法是地面灌溉,我国有97%以上的灌溉面积采用地面灌溉。而田间水利用率低是地面灌溉最突出的缺点。在水资源供需矛盾日趋紧张,农业用水不断被挤占的情况下,如何提高地面灌溉的田间水利用系数,便成为急待解决的问题。前人对土壤水分入渗规律做了大量的研究,但都是定性的、静态的研究。而水分入渗能力的研究正是从定性到定量转化,从静态到动态转化。

近期研究结果发现:耕作土壤入渗能力的变化主要有两种,一种是与农业耕作有关;另一种是与土壤含水量的变化有关,即某次降水后,到下一次降水前,土壤由高含水量到低含水量的变化有关。笔者基于大田土壤水分入渗试验与相关参数的测定,主要分析讨论了降水后到下次降水前,耕作土壤入渗能力衰减的机理。

1 试验条件

1.1 土壤条件

大田土壤水分入渗试验是在山西省潇河灌区进行的。山西省潇河灌区土壤母质为河流洪积、沉积物和黄土状堆积物,土壤类型为草甸土和褐土。土壤耕层深度一般为20~25 cm,质地为壤土。土壤粘粒比表面积大,粒间排列密实,毛管孔隙多,非毛

管孔隙少,有机质分解慢,多形成腐殖质积累于土壤内,田间持水量大,保水抗旱力强,耕层土壤肥力好。有机质质量分数为0.97%。大田土壤颗粒分析结果:土壤粒径 <0.01 mm,粘粒质量分数为42.5%;粒径 <0.002 mm,粘粒质量分数11.5%。

1.2 试验方案与试验设备

本试验是对一种质地的大田耕作土壤进行测定,实验田为一块玉米地,依据作物需水进行灌溉。试验从五月开始,一直到七月底结束,共进行了7次试验,包括土壤入渗试验,土壤含水量测定,土壤干容重测定。试验分别在5月27日、6月6日、6月17日、6月29日、7月11日、7月22日、7月30日进行,其中5月26日降水12.8 mm,6月26日、6月28日、6月29日共降水37.6 mm。

试验采用常规积水入渗试验方法,利用自制双套环入渗仪进行,双套环内环直径26.0 cm,外环直径64.4 cm,内外环高度均为25 cm。入渗内环供水用量筒进行计量,并用特制的水位控制装置控制内、外环水位,入渗结束时间由相对稳定入渗条件控制,即入渗率达到相对稳定时结束试验。试验中采用90 min为入渗结束时间。含水量测定采用常规人工取土,烘箱烘干称重的方法。通常使用的仪器有烘箱、干燥器、天平和铝盒;对于土壤干容重采用常规环刀法进行,使用的仪器有天平、环刀(容积为

收稿日期:2006-05-29

基金项目:山西省自然科学基金资助项目(20051074)

作者简介:曹崇文(1982—),女,山西孝义人,在读硕士,主要从事灌排理论与实践的研究,(Tel)0351-6011665,
(E-mail)caochongwen1982@163.com

通讯联系人:樊贵盛,博导,教授,(Tel)0351-6010102

100 cm³ 或 66.7 cm³)烘箱、削土刀、铁铲等。

2 试验结果与分析

2.1 农业生产周期内,土壤入渗能力的变化

在表征土壤水分入渗过程的各种数学模型中,将土壤水分入渗基本趋于稳定时的入渗速度定义为相对稳定入渗率。土壤的相对稳定入渗率、土壤 90 min 的累积入渗量(H_{90})在某种程度上能反映土壤入渗能力的强弱。

图1、图2分别为玉米生育期内,土壤稳定入渗率、土壤 90 min 累积入渗量随时间的变化曲线。

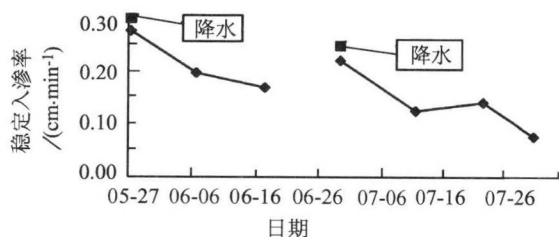


图1 土壤稳定入渗率随时间的变化曲线

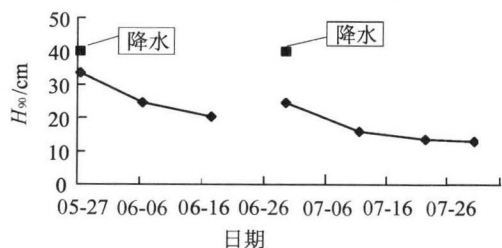


图2 土壤 H_{90} 随时间的变化曲线

由图1、2知:耕作土壤的入渗能力在农业生产周期内变化较大;5月26日降水后,到下次降水前,土壤的相对稳定入渗率、土壤 90 min 的累积入渗量随着时间的推移呈减小趋势;6月28日降水后,相对稳定入渗率、土壤 H_{90} 入渗量随着时间的推移也呈减小趋势。由此可知,降水后到下次降水前,土壤入渗能力呈衰减趋势。

2.2 农业生产周期内,入渗界面(地表 0~10 cm)土壤结构变化

土壤学及土壤物理学理论认为,土粒在其内部和外部因素的综合作用下,形成大小不一,形状不同的团聚体,称之为土壤结构。土壤结构反映耕层土壤的密实程度、孔隙状况和板结程度。以土壤干容重作为反映土壤结构的指标。

图3、图4分别为玉米生育期内土壤含水量、土壤干容重随时间的变化曲线。由图知,某次降水后,一直到下次降水前,土壤含水量呈减小趋势,而土壤干容重呈增大趋势,因此,土壤由高含水量到低含水量的变化过程中,土壤干容重随着含水量的减

小而增大。

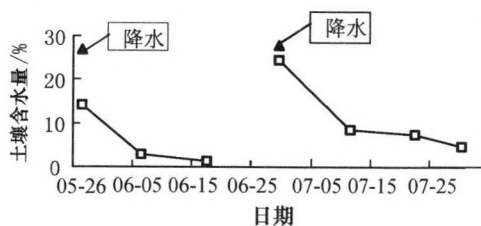


图3 土壤含水量随时间的变化曲线

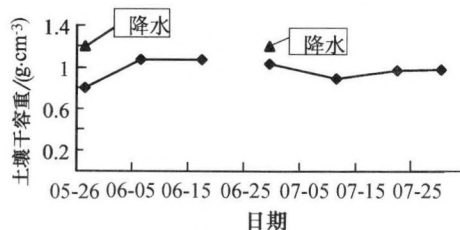


图4 土壤干容重随时间的变化曲线

入渗界面(地表)土壤结构变化导致了土壤干容重的变化:当土壤干容重变大时,土壤处于密实状态;当土壤干容重变小时,土壤处于疏松状态。降水后,土壤干容重变小,土壤处于疏松状态。由于水分不断蒸发入渗和作物吸收,土壤含水量越来越小,土壤干容重越来越大,土壤越来越密实。

2.3 入渗能力与土壤干容重的关系

随着土壤干容重的增大,大田土壤的相对稳定入渗率呈减小趋势,即大田土壤的入渗能力呈减小趋势。由图5可知,它们的关系可由线性函数表示:

$$i_f = -0.402\gamma + 0.6008, R^2 = 0.8448.$$

式中: γ 为土壤干容重, i_f 为土壤稳定入渗率。

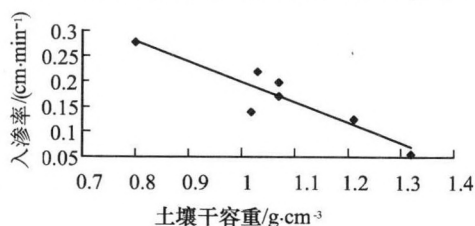


图5 土壤稳定入渗率与干容重的关系曲线

土壤结构的不同意味着板结程度、密实度、孔隙状况不同。土壤密实通过对土壤孔隙状况的影响,对土壤的水力传导度和土水势梯度,进而对土壤入渗能力产生影响。

降水后,由于土壤中的粘粒吸水,整个土壤容积膨胀,土壤干容重变小,土壤较疏松,对其中运动水流的阻力较小,因而在单位势梯度下,土壤水分通量大,即土壤水力传导度大。随着土壤中水分的不断损失,土壤体积缩小,土壤干容重增大,土壤较密实,对其中运动水流的阻力大,土壤水力传导度较小。因此可知,土壤由疏松到密实,干容重增大,土壤的

水力传导度 $k(\theta)$ 逐渐减小。

另一方面,随着土壤密实程度的增加,孔隙程度减小,含水量相同时,土壤水吸力增大。在积水入渗情况下,土壤水吸力的增大或许使水分入渗的势梯度增大,有利于入渗能力的增大,但由于势梯度增大使土壤入渗能力增加的影响远小于水力传导度减小使土壤入渗能力减小的影响^[1],其综合影响的结果是随着土壤结构由疏松变密实,土壤入渗的能力由大变小;耕作土壤入渗能力衰减主要是由于土壤结构的变化所导致的。

土壤相对稳定入渗率 i_t , 作为入渗界面处的饱和导水率,其大小主要取决于土壤孔隙的多少和大小。土壤结构的变化引起土壤孔隙多少和大小的变化,因而引起 i_t 的变化。土壤越疏松,土壤孔隙也就越多,孔隙率也越大,故土壤相对稳定入渗率 i_t 也越大。所以,随着土壤结构由疏松变密实,即土壤干容重由小变大,土壤相对稳定入渗率 i_t 由大变小,土壤入渗能力也由大变小。

2.4 土壤干容重变化的原因

土壤胀缩运动包括土壤收缩与膨胀两个过程,它是自然改变土壤环境的一种特殊扰动行为,是一个复杂的动力学过程,属于自然干扰因素之一^[2]。产生胀缩现象的土壤因素有3个:粘粒含量、粘土矿物类型、土壤结构,其中粘粒含量是基本要素,而导致土壤胀缩运动的直接原因则是气候条件——季节性冻融作用和季节性干湿交替作用。本试验土壤干容重变化是土壤干湿交替作用的结果^[3]。

降水后,土壤干容重较小主要是由于土壤中的粘粒有极强的水化作用引起的。粘粒吸水后使之成为水分子所包围,对内发生排斥相邻的土粒,缩小了机模中孔隙的孔径,改变了对水的传导性,对外则整个土壤容积膨胀,单位体积内土粒含量减少,土壤干容重减小。

由于气温较高,造成表层土壤水分急剧蒸发,致使表土层含水量降低,低到一定程度时,土壤有可能产生裂缝。在这一过程中,土壤相继出现三种收缩现象:结构孔隙性收缩、收缩孔隙性收缩和剩余收缩^[2]。水从稳定的大孔隙内开始损失时,体积变化较小,甚至无变化,称结构孔隙性。随着水分在膨胀限与收缩限范围内继续减少,体积变化是颗粒间孔隙水分损失的函数,称收缩孔隙性。随着水分继续超出收缩限损失,就不再有明显的体积变化。这种在低土壤基质势情况下发生的收缩,主要是层间水和阳离子溶解水的损失,称剩余收缩。

随着土壤内自由水及毛管水的丧失,包围着土粒的结合水膜厚度减小,造成土粒在分子引力的作用下互相靠拢,土壤体积缩小,单位体积内土粒含量增多,土壤干容重增大。

3 结束语

玉米生育期内,通过对大田土壤水分入渗的试验研究,得出如下结论。

1) 耕作土壤的入渗能力在农业生产周期内变化较大;耕作土壤由高含水量到低含水量的变化过程中,土壤干容重呈增大趋势,土壤入渗能力呈减小趋势。

2) 对于给定土壤质地,随着土壤干容重的增大,大田土壤的相对稳定入渗率呈减小趋势,即大田土壤的入渗能力呈减小趋势。

3) 降水会改变土壤的入渗能力,即土壤相对较疏松,土壤的入渗能力较大。随着水分不断蒸发和下渗,土壤干容重变大,即土壤相对密实,土壤的入渗能力相对较小。

土壤水分入渗问题比较复杂,影响因素也比较多。本文仅就给定质地大田入渗试验,对耕作土壤入渗能力衰减进行了定性分析和讨论。

参考文献:

- [1] 解文艳. 土壤结构对土壤入渗能力的影响[J]. 太原理工大学学报, 2004, 35(4): 381-384.
- [2] Wilding L P, Tessier D. 变形土的发生——膨胀收缩现象[J]. 土壤学进展, 1990, 18(5): 30-36.
- [3] 吕殿青. 土壤干湿收缩特征研究进展[J]. 土壤通报, 2003, 34(3): 225-228.

700℃ to 850℃ in 50℃ steps. The results showed CO was the main gas product, also the volume fraction of all gas products increased from the range of 700~850℃ except CO₂, the content of CO₂ decreased above 800℃. Furthermore, the gas products were studied from 0.5 to 1.7 MPa at 800℃. The volume fraction of CO and H₂ decreased with the increasing pressure, but the volume fraction of CO₂, CH₄ and C_nH_m were increased. The m_s/m_B varied from 1.1 to 2.6 in the air-steam gasification experiment. As the m_s/m_B mass ratio rose up, the volume fraction of CO₂ and H₂ increased. The higher temperature will benefit to the gasification of biomass. On the other side, the higher pressure contributed more the formation of hydrocarbon products such as methane, and promoted cracking reaction undergoing at lower temperature. The presence of steam reduced the consumption of air and increased the yield of H₂, and so improved the quality of the production gas.

Key words: biomass; pressurized fluidized bed; gasification

(编辑:张红霞)

(上接第 118 页)

Attenuation Mechanism of Infiltration Capacity In Field Soil

CAO Chong-wen, FAN Gui-sheng

(College of Hydroscience and Engineering of TUT, Taiyuan 030024, China)

Abstract: Based on soil water infiltration testing and related parameters measured in field, tillage soil water infiltration capacity attenuation process was analyzed and the mechanism was discussed. The results indicated that tillage soil water infiltration capacity has larger changes in agricultural production cycle, with the change of soil water content from high to low water content; soil dry bulk density showed a trend of increase and soil water infiltration capacity showed a trend of decrease; in the period of crop growth, the change in the structure of the soil caused infiltration capacity attenuation. The result is of practical meaning in determining the technical parameters of surface irrigation reasonable and the rational use of water resources.

Key words: water infiltration; soil dry bulk density; the rate of relative steady infiltration; soil shrinkage

(编辑:贾丽红)