

黄土丘陵区不同植被下土体入渗性能研究

李贵玉, 徐学选, 王俊华, 张小平, 陈天琳, 步秀芹

(西北农林科技大学资源与环境学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 采用 PVC 管在野外刺槐林、沙棘林、荒草地 3 种植被类型下取原状土, 土层深度分为 0~30 cm, 30~60 cm, 0~60 cm 三个层次。将土柱放回室内, 采用无压力的供水入渗装置测定土体的入渗性能。对每个土体的入渗过程进行连续跟踪, 测定土体底部稳定出水率, 以此定为该土层深度的稳渗率。同时提出以土层深度界定稳渗率, 并指出低入渗层对一定土层的入渗影响。研究结果表明: 原状土的入渗性能远大于扰动填装土; 不同植被间入渗性能差异很大, 同一植被类型不同土层深度入渗性能差异显著, 表层土的入渗结构好于心土层等等。

关键词: 原状土; 低入渗层; 稳渗率; 黄土

中图分类号: S715.3

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0027-04

The Comparing Study on Soil Infiltration of Vegetation Land in Hilly Area of Loess Plateau

LI Gu-yu, XU Xue-xuan, WANG Jun-hua, ZHANG Xiao-ping, CHEN Tian-lin, BU Xi-qin

(College of Resource and Environment, Northwest Sci-tech University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The original soil was got by PVC tube in *Robinia pseudoacacia*, *Hippophae rhamnoides*, and grassland three forest vegetations, soil depth includes 0~30 cm, 30~60 cm, 0~60 cm. Put the original soil in the room, the special supply water device was used to determinate soil infiltration, which haven't splash erosion and pressure head. Processes of Infiltration about all soil columns are tracked continuously; the steady infiltration rate is represented by steady outflow from the bottom of soil columns. At the same time, it proposed that the steady infiltration rate should be defined by the soil depth, and also proposed the influence of infiltration choke points on a given soil depth. The results showed that the capability of original soil infiltration is greater than disturbed soil; diversity of infiltration is great in different forest types, which is also significant in the same forest types but different soil depth; the capability of original soil infiltration on top soil is greater than bottom soil, and so on.

Key words: original soil; infiltration choke points; the steady infiltration; loess

土壤入渗是指降雨落到地面上的雨水从土壤表面渗入土壤形成土壤水的过程, 它是降雨-径流循环中的关键一环, 也是降水、地表水、土壤水和地下水相互转化过程中的一个重要环节^[1]。对于黄土区超渗产流而言, 探讨土壤入渗变化规律, 为合理有效地利用土壤水库的调节功能、提高土壤水分生产力提供科学依据^[2]。我国是土壤侵蚀最为严重的国家之一, 而土壤渗透性是反映土壤抗侵蚀能力的重要指标, 为此, 近年来许多专家建议将“增加土壤入渗、就地拦蓄降雨径流”作为防治土壤侵蚀的战略对策^[3]。研究土壤入渗也为分析模拟土壤侵蚀过程提供重要参数。通过探讨不同植被条件(乔木林、灌木林、荒草地)下的土体入渗性能, 总结不同因子影响下土壤入渗的变化规律, 将有助于进一步研究地表产流的机理及其规律^[4], 揭示水量转化关系及“五水”(大气降水、地表水、地下水、土壤水、植物水)转化机理, 以从更深层次上摸清水文响应机理。

土体对降水的入渗是水在土体内运行的初级阶段, 土体的入渗性能受许多因素的影响, 诸如: 土体剖面特征、土壤含水量、导水率及土体表面特征等^[5~8]。特别是土壤导水率又取决于土壤孔隙的几何特征(总孔隙度、孔隙大小分布及弯曲度)、流体密度和黏滞度、温度等因子^[5,6]。不同植被条件对土壤内在理化性质的影响差异显著, 从而造成了不同外界条件下土壤入渗性能的差异。本文在总结前人研究成果的基础上, 结合自己的野外试验对不同植被条件下土壤的入渗性能做出分析和评述, 以期今后的深入研究提供一些有价值的信息。

1 试验区概况。

研究区选在黄土高原丘陵沟壑区第副区的延安燕沟, 处于暖温带半湿润气候向半干旱气候过渡带, 年平均气温 9.8℃, 多年平均降水量为 558.4 mm, 其中, 6~9 月份降水量占全年

* 收稿日期: 2006-09-11

基金项目: 国家自然科学基金(40471126, 90202011); 中国科学院“西部之光”人才培养计划, 中国科学院西部行动计划项目资助

作者简介: 李贵玉(1981-), 男, 山东苍山人, 硕士研究生, 通讯作者: 徐学选(1966-), 男, 陕西大荔人, 博士, 研究员, 主要从事土壤水分生态、生态水文、水资源利用方向研究, 曾留学英国, 发表论文 40 余篇。

降水量的 70% 以上,且多以暴雨形式出现,年际变化也很大;年蒸发量 1 000 mm 左右。年径流深 35 mm。流域内成土母质为黄土,山地和沟坡地主要为新黄土和次生黄土覆盖。土壤以黄绵土为主,占 90% 以上。其颗粒组成较均匀,疏松多孔、具有垂直节理,性质与母质相似,没有地带性土壤所具有的剖面特征。黄绵土砂黏粒含量占 42.34%~58.83%,粉黏粒占 27.96%~42.48%,黏粒占 9.36%~15.18%。

2 试验方法及样点布设

试验点布设在康家屹崂沟头,植被类型为刺槐林地、沙棘林地、天然荒草地。取土坡面全部为西坡,3 个样地的高差在 10 m 以内。每个样地设三个重复。试验期为 2006 年 4~5 月。用内径为 15 cm,横断面积为 176.625 cm² 的 PVC 管砸入土中,然后小心挖取原状土,每个重复分别取 0~30 cm、30~60 cm、0~60 cm 的土柱各一个,每种样地取 3 个重复。将土柱放置室内采用无水滴击溅侵蚀、无水头压力的连续供水方式,进行土体入渗试验,测定土体的入渗性能。测定数据包括 30 min 累积入渗量,2 h 累积入渗量,稳渗率,水穿透土柱时间,底部出水时间,底部稳定出水率等等。测定后将土倒出晾干,然后用上下振动法将土重新地实装入管中。供水装置如图 1 所示。

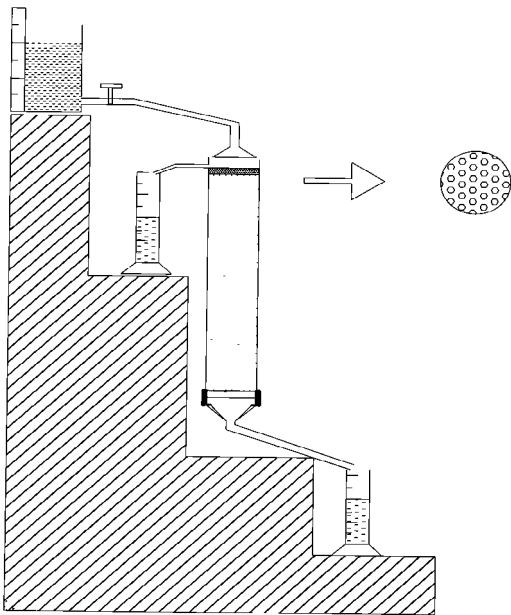


图 1 入渗装置示意图

图 1 为入渗装置简易图,主要由供水容器,上部出水口,土柱,底部出水口四部分组成。PVC 管上端紧挨土体上表面有一内径为 5 mm 的小孔,当土柱上端有水头压力时,水就自动从上端出水小孔流到上端的量筒中。此孔的设计就是为保证土柱在无水头压力的环境下入渗。同时上端出水孔必须保证水流不断,否则就说明供水不足或供水中断,不满足入渗条件。

3 结果与分析

土体的入渗性能主要取决于当量孔径超过 0.1 mm 的非毛管孔隙,因为这种大孔隙中的水分可以在重力作用下排出,所以土体结构,特别是大孔隙的数量,对入渗性能作用巨大。林木影响土体的入渗包括直接和间接作用两个方面。直接影响包括根系生长和腐烂对土体大孔隙的影响,枯枝落

叶层的分解对土体结构的影响。间接影响表现在通过林冠和枯枝落叶层对降水的截流,减少林内降雨,降低雨强,滞缓径流速度,阻延径流历时来提高入渗率,增加入渗量^[7]。刺槐、沙棘和草地的植物群落环境、年耗水量、年生物体积存量、枝叶和根系的生长分布状况大不相同,对土体入渗的影响也必定存在很大差异。

3.1 不同植被类型土体部分物理性能比较

影响土壤入渗的主要因素是物理因素,如土壤质地、容重、含水率、孔隙度、地表结皮、水稳性团粒等因子^[8],而植被的不同使土壤各物理因子发生了较大的变化,从而影响到土体入渗速率,使不同植被之间的入渗性能呈现很大差异。

表 1 不同植被类型部分物理性能对比

植 被 类 型	刺 槐		沙 棘		草 地	
土层深度/ cm	0~ 30	0~ 60	0~ 30	0~ 60	0~ 30	0~ 60
平均硬度/ kPa	476.47	706.5	1028.8	1431.7	631.68	547.6
毛管孔隙度/ %	49.56	49.4	47.35	48.36	52.31	51.26
非毛管孔隙度/ %	4.99	3.05	4.46	2.89	4.10	1.96
容重/(g · cm ⁻³)	1.1091	1.1635	1.1888	1.2265	1.2024	1.2280

由表 1 知:草地的表土硬度稍大于底土层外,刺槐和沙棘林地均小于底土层。刺槐和草地的表层土体毛管孔隙度稍大于底土层,沙棘林林的毛管孔隙度表土层稍低于心土层。三种植被的非毛管孔隙度呈现一致规律:表土层大于心土层,草地差异最大。比较不同植被间 0~60 cm 土层硬度得知:沙棘林地的硬度最大,刺槐林地次之,草地最小。而毛管孔隙度的大小顺序相反,依次为草地>刺槐>沙棘。

由以上结果推知:黄绵土的毛管孔隙度与硬度成反相关。土体受到根系等挤压作用会变得非常紧实,密度增大,在硬度变大的同时毛管孔隙度也大大的减少了。土体毛管孔隙度的降低会导致水分在土体中的运动受阻^[9],土体渗透能力亦随之下降。非毛管空隙却与硬度不直接相关,看不出规律性。非毛管孔隙度的大小顺序为:刺槐>沙棘>草地,即乔木林>灌木林>草地。这与根系的影响深度有关,乔木林根系多、分布广,在增加土体非毛管孔隙的作用上要优于灌木林,灌木林要优于草地。土壤容重也与硬度无直接相关性,与非毛管孔隙度呈反相关,其大小顺序依次为:刺槐林地<沙棘林地<草地,亦即乔木林<灌木林<草地。这说明植被类型对土体容重影响很大,在减小土壤容重、改良土壤结构的作用上,乔木林>灌木林>草地。这一规律与其他学者的研究结果相符。

3.2 不同植被类型原状土与扰动土入渗性能比较

原状土具有对抵抗下渗水流破坏力的稳定结构,良好的层理结构和良好的孔隙结构是扰动土所不具备的。通过比较,观察原状土和扰动土的入渗性能差异,分析造成差异的影响因素,指出原状土的入渗能力研究对探索自然状态下土体的入渗性能和过程的重要意义。

3.2.1 不同植被类型原状土主要入渗性能指标比较

累积入渗量和稳渗率是衡量土体入渗性能的重要指标。累积入渗量是入渗开始后一定时间内,通过地表单位面积入渗到土壤中的总水量,是入渗率关于时间的积分,了解累积入渗量及其随时间的变化关系,对于分析降雨和入渗等问题十分重要。土壤的初始含水量大小也影响累积入渗量。土壤初始含水量低,入渗时表层土体很快饱和,与下面土层间产生很大的吸力梯度,所以水分入渗就快,累积入渗量自然增大。邹焱等研究表明:土壤初始含水量对入渗率也有较大影响,在初始含水量高且非均匀分布的条件下,由于表层土壤变得干燥并且有小裂缝产生,而表层下的土壤含水量较

高,因此在入渗开始后最初几分钟内的累积入渗量、入渗率较大,但几分钟后入渗率就会明显减小^[10]。

表 2 不同植被类型原状土主要入渗性能指标对比			
植被类型	刺槐	沙棘	草地
初始含水率/ %	11. 48	12. 40	9. 69
30min 累积入渗量/ mm	37. 0	17. 3	37. 4
2 h 累积入渗量/ mm	121. 6	59. 5	87. 1
2 h 末入渗速率/(mm • min ^{- 1})	0. 67	0. 43	0. 50
水穿透 60 cm 土柱时间/ min	3 01	519	319

由表 2 可以看出:沙棘林的 30 min 累积入渗量最小,刺槐和草地的较高且值很接近,分别是沙棘的 2. 14 倍、2. 16 倍。这与土体入渗结构的好坏息息相关,沙棘林硬度大,孔隙隙度小,所以 30 min 累积入渗量最小。入渗性能的好坏还与时间尺度有关,开始的短时段高入渗率并不能说明土体入渗性能良好。从 2 h 累积入渗量上看:30 min 累积入渗量相当的刺槐与草地 2 h 累积入渗量相差很远。刺槐林是草地的 1. 4 倍。刺槐林 2 h 末的入渗率为 0. 67,是草地的 1. 34 倍。再从水穿透 60 cm 土柱的时间上看,刺槐林也比草地提前 18 min。沙棘林所用时间最长,耗时 519 min 水分才穿透土柱。因为沙棘林地初始含水量高,硬度大,有效孔隙少,所以耗时最长。

3.2.2 不同植被类型原状土稳渗速率比较

稳渗率这一名词术语在表征土体的入渗性能或能力时应与一定的土层深度息息相关。没有标明土层深度的稳渗率很难说明问题,它不能准确表达土体的入渗性能。因为土体的物理性质有很大的空间差异性,既表现为水平上的差异,又表现为垂直层次上的差异,正是这种差异造成了土体不同深度入渗性能的差异。对于一定厚度的土体而言,总是存在一个入渗性能最小的层次,称之为低入渗层,如表层结皮,犁底层,心土层,硬干土层,沙质夹层等等。低入渗层的类别、位置、厚度不同都会对入渗产生影响。

稳渗率通常用土体上部单位时间内的入渗量来表示,但数值很难说明其代表的土层深度。用土柱底部单位时间稳定出水量表示该深度土层的稳渗率比从上部供水量的变化上判

表 4 不同植被在不同土层深度上稳渗率的差异									
植被类型	白桦林			辽东栎林			山杨林		
采土深度/ cm	0~ 10	20~ 30	80~ 90	0~ 10	20~ 30	80~ 90	0~ 10	20~ 30	80~ 90
稳渗率/(mm • min ^{- 1})	40. 3	3. 1	0. 46	29. 8	4. 3	0. 78	28. 7	3. 8	0. 33

注:表 4 数据源自对甘肃合水县连家砭林场黑垆土的测定而得之^[11]。

张振华等^[4]曾研究证明:入渗过程中土壤容重对入渗率的影响具有稳定性和一致性,表现为对应于同一时刻容重越大入渗率越低^[13]。这不同于本文研究结果。结合表 1、3 知:草地容重最大,但毛管孔隙度却比沙棘和刺槐高,硬度最小,初始含水量最低,所以草地稳渗率也最大。可见稳渗率不是容重的一维函数,而是多种因素共同作用的结果。由表 3 还可以看出 0~ 60 cm 土层的稳渗率小于所对应的心土层的稳渗率,三种植被类型皆如此。这说明入渗过程中的其它因素在阻碍着水的下渗,可能是随着土柱的加深,气体更不易排出造成入渗率降低。因为水分在土体中的运动过程是液相不断排出气相的过程,如果土壤通道畅通的话,气相的排出不会对水分运动产生干扰,反之,则会阻碍水分的运动,伴随气体的间歇性排出,入渗也呈现出一定的波动性^[4]。

3.2.3 不同植被类型扰动土稳渗速率比较

扰动土破坏了土体原来的结构和层次,在填装时人为影

定更具科学准确性,量化了稳渗率的土层深度范围。因此各表所示稳渗率的数值均以土柱的底部出水量为准计算得之。

表 3 不同植被类型原状土稳渗速率对比 mm/min			
植被类型	刺槐	沙棘	草地
0~ 30 cm	0. 7587	0. 1642	0. 7105
30~ 60 cm	0. 2605	0. 1472	0. 4643
0~ 60 cm	0. 2209	0. 1206	0. 4303

由表 3 可知:对表土层而言,刺槐的入渗率最高,为 0. 758 7 mm/min;草地次之,为 0. 710 5 mm/min;沙棘林的最小,仅为 0. 164 2 mm/min。这是因为表土的松紧状况差异对入渗速率的影响很大,刺槐林地表土极为疏松,平均厚度约为 17 cm,沙棘表层松软土层不足 8 cm,草地表层约有 5 cm 厚的紧实层但极易破坏,但下部较为疏松。

30~ 60 cm 的心土层的入渗大小顺序为草地 刺槐 沙棘。得出这一结论是因为 30 cm 以下刺槐林地土体变得紧实坚硬,而草地却比表土变得疏松,水分一旦穿过表土极易下渗。沙棘林地心土层干燥坚硬,稳渗率最小,与沙棘表土层差异不大。

0~ 60 cm 这一深度包含了表土层和心土层,它所表示的稳渗速率是两者相互影响作用的结果。稳渗率的大小顺序为草地 刺槐林 沙棘林。对于刺槐林来讲表土层的稳渗率是心土层的 2. 9 倍。刺槐林心土层阻碍了水分下渗,是阻止水分入渗的瓶颈,减小了整个土层的稳渗率。因此就整体(0~ 60 cm)而言稳渗率大大降低,仅为 0. 2209 mm/min。沙棘林表土层与心土层差异不大,草地表土稳渗率是心土层的 1. 5 倍,心土层为该样地的入渗瓶颈,致使整个 60 cm 土层入渗率从 0. 710 5 mm/min 减至 0. 430 3 mm/min。由此可见:同一土体在不同深度上稳渗率存在差异,表土受植被环境影响大,结构性好,其稳渗率往往大于下部心土层。其他研究也有类似结论(如表 4 所示),同一地点随着土层深度的增加,稳渗率剧减,降幅巨大。所以,对于整个区域土体来讲,随着土层深度的增加,稳渗率呈减小的趋势,减幅随深度增加不断减小直至消除。心土层的入渗能力对水分能否向深层土体下渗,补给深层水分亏缺,增加土体的蓄水能力非常关键。

响的因素加大。测定其入渗性能已不能真正代表土体在自然状态下的入渗能力。水从土壤颗粒或团粒间隙缓慢下渗,入渗路径变得单一化,入渗速率的大小仅仅反映土质地的好坏。土壤质地是土壤的一个稳定的自然属性,也是影响土壤体水分运移的重要因素。不同质地的土壤由于各种矿物质颗粒的相对比例和粗细状况不同,水分的通透性差异很大,对入渗过程也有很大的影响^[9]。

表 5 不同植被类型扰动土稳渗速率对比 mm/min			
植被类型	刺槐	沙棘	草地
0~ 30 cm	0. 1387	0. 1925	0. 1434
30~ 60 cm	0. 1472	0. 1602	0. 1453
0~ 60 cm	0. 1047	0. 1415	0. 1038

由表 5 知:沙棘林表层扰动土的稳渗率比心土层的稍大,约为心土层的 1. 2 倍。其他两种样地表土层与心土层稳渗率相差不大。这是由于黄土的形成特征决定了在小范围

黄土差异性很小,质地较为均一,所以两者的差异不大。通过不同植被间的比较发现:对相同深度的土层而言,沙棘林土体的稳渗率要好于刺槐林和草地。刺槐和草地除 0~ 30 cm 土层稍有差异外,30~ 60 cm、0~ 60 cm 土层两者很接近。这说明扰动填装土并不能表示同一区域不同植被间的土体结构差异,必须用原状土才能证明,它只能用于说明不同土壤类型间的质地差异。

3.2.4 不同植被类型原状土和扰动土稳渗率比较分析

原状土和扰动土的入渗特性差异很大。袁东海等^[12]研究表明,红壤表层的稳渗率远大于心土层的稳渗率,由于心土层的入渗率小,入渗时往往形成一滞水层。这方面在黄土区的研究目前较少。冯杰等^[13]研究指出,因为在回填土的过程中,控制容重与原状土一致,所以孔隙度值基本保持不变;但回填土破坏了土壤中的大孔隙和整体结构,使回填土相对于原状土减小最大毛管进气压,,最大毛管直径,孔隙大小分布指数等指标。马爱生等^[14]研究证明,原状土的土壤水势大于扰动土,原状土的水分特征曲线与扰动土有较大差异。可见,原状土与扰动土在诸多方面存在很大差异,研究原状土的入渗性能对揭示土体的某些自然属性及其规律有重大意义。

表 6 不同植被类型原状土和扰动土稳渗率对比 mm/min

植被类型	0~ 30 cm			30~ 60 cm			0~ 60 cm		
	原状土	扰动土	原状土/ 扰动土	原状土	扰动土	原状土/ 扰动土	原状土	扰动土	原状土/ 扰动土
刺槐	0.7587	0.1387	5.47	0.2605	0.1472	1.77	0.2309	0.1047	2.11
沙棘	0.1642	0.1925	0.85	0.1472	0.1602	0.92	0.1206	0.1415	0.85
草地	0.7105	0.1434	4.95	0.4643	0.1453	3.20	0.4303	0.1088	4.15

由表 6 可知:沙棘林地原状土的稳渗率小于其扰动土的稳渗率。因为沙棘林处于衰亡时期,土中水分严重亏缺,虽然根系分布也较多,但大都是死亡根系。沙棘地硬度也远远大于另外两个植被类型,底土比较坚硬,根系没有彻底腐烂,只有少数稍粗的活根系与土体紧紧贴实不利于水分下渗,因此得出此结论。

除沙棘外,同一植被条件下刺槐和草地原状土的稳渗率要远大于其扰动土的稳渗率。由原状土/扰动土稳渗率比值看出:0~ 30 cm 比值最大,0~ 60 cm 比值次之,30~ 60 cm 最小。这一事实说明:在黄土丘陵区,土体的结构比土壤质参考文献:

[1] 蒋定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.

[2] 刘贤赵, 康绍忠. 黄土高原沟壑区小流域土壤入渗分布规律的研究[J]. 吉林林学院学报, 1997, 13(4): 203– 208.

[3] 朱显谟. 再论黄土高原国土整治“ 28 字方略” [J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1995, 1(1): 4– 11.

[4] 张振华, 谢恒星, 刘继龙, 等. 气相阻力与土壤容重对一维垂直入渗影响的定量分析[J]. 水土保持学报, 2005, 19(4): 36– 39.

[5] 郭忠升, 吴钦孝, 任锁堂. 森林植被对土壤入渗速率的影响[J]. 陕西林业科技, 1996, (3): 27– 31.

[6] Dao T H, Tillage and winter wheat residue management effects on water infiltration and storage [J]. Soil Science Society of America Journal, 1993, 157: 1586– 1594.

[7] 吴钦孝, 陈云明, 刘向东, 等. 森林保持水土机理及功能调空技术[M]. 北京: 科学出版社, 2005.

[8] 袁建平, 张素丽, 张春燕, 等. 黄土丘陵区小流域土壤稳定入渗速率空间变异[J]. 土壤学报, 2001, 38(4): 579– 583.

[9] 张振华, 杨润呀, 李庆志, 等. 土壤质地、密度、及供水方式对点源入渗特性的影响[J]. 农业系统科学与综合研究, 2004, 20(2): 81– 84.

[10] 邹焱, 陈洪松, 苏以荣, 等. 红壤积水入渗及土壤水分再分布规律室内模拟试验研[J]. 水土保持学报, 2005, 19(3): 174– 177.

[11] 穆兴民, 徐学选, 陈霁巍, 等. 黄土高原生态水文研究[M]. 北京: 中国林业出版社, 2001.

[12] 袁东海, 陈明亮. 红壤水分扩散率和入渗性能研究[J]. 安徽农业大学学报, 1994, 21(2): 161– 166.

[13] 冯杰, 郝振纯, 刘方贵. 大孔隙对土壤水分特征曲线的影响[J]. 灌溉排水, 2002, 21(3): 4– 7.

[14] 马爱生, 刘思春, 吕家珑, 等. 黄土高原地区几种土壤的水分状况与能量水平[J]. 西北农林科技大学学报, 2005, 33(11): 117– 120.

地对入渗的影响更大。植被条件对表土结构影响很大,对 0 ~ 30 cm 土层的影响大于 30~ 60 cm 土层。良好的土体结构对于拦蓄降水,合理利用雨水资源具有重大意义。土体结构的塑造归因于多个因素,如地质因素,自然因素,人为因素等等。在诸多因素中,进入土体的水分运动和再分布对土体结构的重塑作用与土体的入渗影响最为直接而密切。土体的干湿交替,水分的上下运动都伴随着结构的变化,如土体的疏松与紧瘠,空隙的阻塞与疏通,裂隙的冲蚀与淤塞等等一系列结构的变化。

原状土与扰动土的差别主要体现在结构上,所以两者入渗速率的差异体现出结构性的好坏。不考虑植被类型和土层深度差别,单比较原状土和扰动土两大类别就能发现:原状土之间的差异远大于扰动土,原状土的最大差值为 0.68,扰动土仅为 0.09。在同一植被类型和土层深度内比较发现:刺槐和草地的原状土的稳渗率远大于其扰动土,不同层次差异也很大,0~ 30 cm 的差值刺槐为 0.62,草地为 0.58,而 30~ 60 cm、0~ 60 cm 稳渗率的差值仅在 0.11~ 0.32 之间。以上比较表明:原状土具有一定的空隙和孔隙,穿透性能和结构要好于扰动土;刺槐和草地的结构要好于沙棘;刺槐和沙棘表层的结构要好于心土层。

4 结 论

(1) 结合容重、非毛管孔隙和毛管孔隙度三项指标得出刺棘林下土体的物理性状最好,草地次之,沙棘林最差。

(2) 沙棘林的 30 min 累积入渗量最小,刺槐和草地分别是沙棘的 2.14 倍、2.16 倍。刺槐和草地 2 h 累积入渗量相差很远,刺槐林是草地的 1.34 倍。

(3) 三种植被下 3 个土层深度的稳渗率呈现一致规律:0 ~ 30 cm> 30~ 60 cm> 0~ 60 cm。三种植被类型 0~ 60 cm 土层的稳渗率均小于所对应的心土层的稳渗率。

(4) 扰动填装土不能表示同一区域不同植被间的土体结构差异,必须用原状土证明。扰动填装土入渗试验只能用于说明不同土壤类型间的质地差异。

(5) 除沙棘外,同一植被条件下原状土的稳渗率要远大于其扰动土的稳渗率。土体的结构比土壤质地对入渗的影响更大。