

不同灌溉方式下林地土壤水分物理性质的初探

李蕊

(白银市水电勘测设计院,甘肃 白银 730900)

摘 要:对兰州市北山不同灌溉方式下人工林地 50 cm 土壤深度以内的土壤容重、孔隙度、持水量等指标做测定,探讨不同灌溉方式下林地土壤水分物理性质。结果表明:在喷灌地中土壤容重比无水灌溉地和大水漫灌均有所降低;土壤总孔隙度、毛管孔隙度比无水灌溉和大水漫灌均有所增加,非毛管孔隙度由于一些未知的原因没有呈现出预期的结果;土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量均比无水灌溉和大水漫灌有所增加。喷灌能在一定条件下降低土壤容重,改善土壤孔隙状况,提高土壤的持水能力,从而改善了土壤水分的物理性质。而大水漫灌不但不能改善土壤水分的物理性质,还导致水的利用率降低。因此在林地灌溉中应首选喷灌方式。

关键词:兰州北山;灌溉方式;土壤容重;孔隙度;持水量

中图分类号:S 607⁺.1 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2010)17-0016-05

森林具有保持水土、涵养水源、改善生态环境等功能,而土壤水分是林木生长发育的必要环境因子之一,同时也是生态环境系统中最活跃、最有影响的因素之一。土壤的质地、结构决定了土壤蓄水能力的强弱,进而决定了土壤水分供给的有效性,使之成为林木生长和发育的主导因子^[1]。降雨和灌溉是土壤水分的主要来源,但是兰州地处半荒漠地带,年均降水在 320 mm 左右,那么灌水方式基本上就决定了该区土壤水分的物理性质。探讨不同灌溉方式下的林地土壤水分物理性质与涵养水源功能的关系,对合理经营森林资源、改善水环境、实现水资源的科学管理和利用具有十分重要的意义^[2]。

由于受水资源短缺的影响,近年来土壤水分物理性质的研究成为热点问题^[3]。Al-Nabulsi 等国外学者研究了不同水质灌溉和作物对土壤水分物理性质的影响^[4]。而国内学者多把注意力集中在不同林分^[5]、不同林龄^[6]、不同植被^[7]和不同整地^[8]类型对水源涵养和水土保持林地水分物理性质的研究上^[9-12]。但从灌水方式的角度进行水分物理性质的研究报道还较少,现以兰州市北山区不同灌溉方式下的人工林地研究对象,采集土样,室内分析,进行了林地土壤水分物理性质的探查。从而为研究兰州市森林的水源涵养作用提供科学依据。

作者简介:李蕊(1985-),女,本科,助理工程师,现从事水利工程设计工作。E-mail:diudiu_283590504@foxmail.com。
收稿日期:2010-05-25

1 试验区概况

兰州市南北两山地处黄土高原西部的丘陵沟壑区,气候属温带半干旱大陆性季风气候,长年干燥少雨,水土流失严重,再加上多年来造林技术措施选取不当,使造林成活率极低,绿化难度大,生态环境失调。北山区为黄河以北的绿化地带,东起城关区青白石乡张儿沟,西至西固区达川乡达家沟,南临黄河,北以面城主山脊线为界,属半荒漠地带,降水在 320 mm 左右。地势北高南低,由西北向东南方向倾斜,海拔 1 560~2 067 m。坡度一般在 30°以上,土壤以淡灰钙土为主,颗粒较粗,沟坡分布有红胶泥和红沙土,pH 值为 8.0~9.0。

2 试验方法

2.1 样地选设及土样采集

样地选取甘肃农业大学造林点—兰州市北山九州台喷灌林地、大水漫灌林地和无水灌溉林地。在以上 3 种样地内各选取 10 m×10 m 的样方一块,进行每木检尺测定株高、冠幅、胸径(地径)等林分特征,找出平均木。并在平均木下挖掘采样的土壤剖面,按由下向上的顺序分 5 个层次取样(每层厚度依次为 0~10、10~20、20~30、30~40、40~50 cm),3 次重复,取土样后逐层回填,并将环刀采集的土样密封后带回实验室测定,试验地概况如表 1 所示。

2.2 试验方法

采用“环刀法”测定土壤物理性质,分别为:容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度^[13],饱和持水量(最大持水量)、毛管持水量、田间持水量;通常采用“烘干法”测定土壤水分含量。土壤水分—物理性质的测定参照

表 1

试验地基本概况

Table 1

The basic profiles of experimental field

灌溉类型	土壤类型	坡向	坡位	海拔	树种组成	平均株高	平均冠幅	Average	平均地径
Irrigation methods	Agro type	Slope aspect	Slope position	Elevation /m	Species composition	Average height /m	canopy diameter /cm×cm	stem base /cm	Average stem base /cm
喷水灌溉 Sprinkler Irrigation	暗灰 钙土	SE	中下	1 661	侧柏	1.95	85×68		5.0
					桃树	2.74	158×120		3.33
					红砂	0.49	65×65		0.9
大水漫灌 Flood irrigation	暗灰 钙土	SE	中	1 714	侧柏	1.70	120×80		3.0
					红砂	0.30	30×20		—
					草本	0.12	6×5		—
无水灌溉 Non-irrigation	暗灰 钙土	SE	中	1 715	侧柏	0.9	20×30		1.5
					红砂	0.25	15×10		—
					草本	0.02	1×2		—

中华人民共和国林业行业标准《森林土壤分析方法》^[14]。
采用 Excel 表格对所测得的数据进行统计和处理。

3 结果与分析

3.1 土壤容重和孔隙度特征

土壤容重和孔隙度是土壤的基本物理性质,直接影响着土壤的蓄水功能和通气透水性能,并间接影响到土壤肥力状况^[15]。土壤容重是土壤紧实度的指标之一,它与许多土壤物理性质如孔隙度、渗透率、持水性等紧密相关^[16]。土壤容重的大小主要受土壤有机质含量、土壤结构等影响。不同灌溉方式下各土层深度处的土壤容重如图 1 所示,孔隙度如图 2 所示。

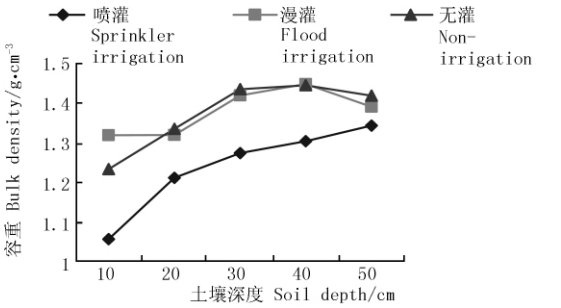


图 1 不同灌溉方式下的土壤容重

Fig. 1 The soil bulk density under the different irrigation

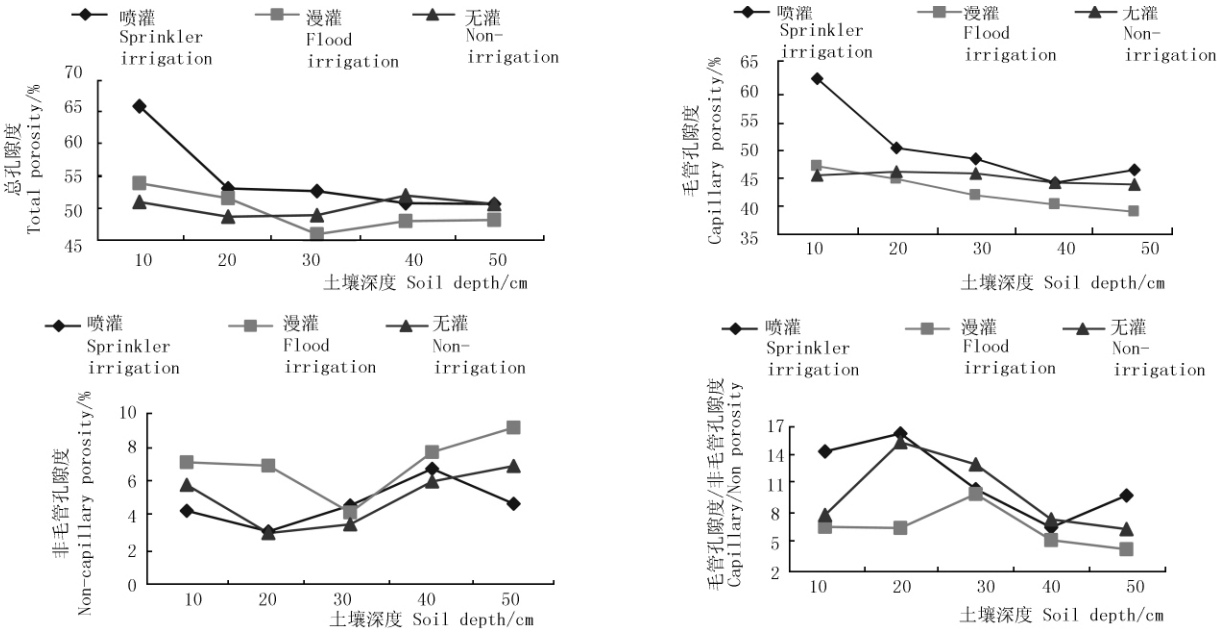


图 2 不同灌溉方式下的土壤孔隙度

Fig. 2 The soil porosity under the different irrigation

从图 1 可看出,在 3 种灌溉方式下,土壤容重的发展趋势基本一致,在 0~40 cm 深度处同一灌溉条件下土

壤容重均随土层深度的增加而增大,而在 40~50 cm 土层处土壤容重有所降低,这是因为 3 种林地内均有幼年的侧柏、红砂等乔灌木,幼苗的根系多分布在地下 50 cm

这一层,因此使土壤容重降低。在0~50 cm各土层深度处,喷灌地的土壤容重依次为1.056、1.211、1.274、1.303、1.343 g/cm³,均比无水灌溉地相同土层土壤容重1.233、1.334、1.435、1.445、1.419 g/cm³小。与无水灌溉地相比,喷灌林地不同深度处的土壤容重分别是其它地的0.85、0.91、0.89、0.90、0.95倍,说明喷灌方式林地可以降低土壤容重,并且能有效改变土壤的通气透水性。而大水漫灌在各土层深度处的土壤容重依次为1.319、1.320、1.419、1.448、1.391 g/cm³,比无水灌溉地相同土层土壤容重略有提高,说明大水漫灌方式对土壤容重降低不明显。这是因为与无水灌溉相比,喷灌方式增大了土壤的孔隙度,由于喷灌与自然降雨类似,水流从表层入渗到土层中去时,能在一定程度上疏松土壤的紧密度,从而降低了土壤的容重。而大水漫灌时,土壤表面被水层覆盖,堵塞了土壤非毛管孔隙,使水分不能很迅速的下渗,从而增加了土壤的紧密度,使土壤容重有所增大。

由图2可看出,在0~50 cm以内,各种灌溉方式下土壤的总孔隙度和毛管孔隙度均随着土层深度的增加而减小;而非毛管孔隙度表现出先减小后增加的规律,这是由于采样地点的根系多少不同而引起的。

在0~50 cm以内,各层土壤深度处不同灌溉方式下的毛管孔隙度表现为:喷灌>无水灌溉>大水漫灌。无水灌溉地的毛管孔隙度随土层深度的增加变化不大,说明在无水灌溉方式下毛管孔隙度与土层深度的变化影响不大。喷灌地各层毛管孔隙度分别为61.74%、50.11%、48.18%、44.19%、46.10%,均大于大水漫灌地相同土层的毛管孔隙度:46.93%、44.76%、41.85%、40.41%、39.16%。与大水漫灌相比,不同深度处喷灌地土壤毛管孔隙度分别增加了31.56%、11.95%、15.13%、9.35%、17.72%。而大水漫灌与无水灌溉相比,毛管孔隙度则没有增加,反而呈减小趋势,说明喷灌方式可以增加土壤毛管孔隙度的数量,有利于植物根系的吸收和保持土壤水分,而大水漫灌方式则不利于植物根系的发展。

在0~50 cm以内,不同灌溉方式下各层土壤非毛管孔隙度表现为:大水漫灌>喷灌>无水灌溉。由于大水漫灌地要承受经常性的灌水,所以其非毛管孔隙能够较快吸收(降水或)灌水并及时下渗,喷灌地非毛管孔隙次之,但也能吸收适量的(降水或)灌水,将之导入地下根层。而无水灌溉地非毛管孔隙度最小,平均为5.08%,是大水漫灌地非毛管孔隙度(平均值为7.02%)的0.724倍。

在0~50 cm以内,不同灌溉方式下各层土壤深度处的土壤总孔隙度表现为:喷灌>无水灌溉>大水漫灌。喷灌地各层土壤总孔隙度分别为66.04%、53.21%、52.78%、50.91%、50.80%,均大于无水灌溉地的51.09%、48.82%、49.05%、52.10%、50.78%和大水漫灌地的54.05%、51.69%、46.05%、48.13%、48.31%。与无水灌溉地相比,喷灌地各层土壤总孔隙度分别增加了29%、9.0%、7.6%、1.7%、0.04%;与大水漫灌地相比,土壤总孔隙度分别增加了22%、2.9%、15%、5.8%、5.2%。说明喷灌方式比大水漫灌方式更能有效地增加土壤总孔隙度。

在0~50 cm土层内,3种灌溉方式的林地中,土壤总孔隙度平均为:喷灌54.75%、大水漫灌49.646%、无水灌溉49.968%,喷灌比无水灌溉土壤总孔隙度平均增大了9.57%,比大水漫灌增大了10.28%;土壤毛管孔隙度平均为:喷灌50.064%、大水漫灌42.622%、无水灌溉44.93%,喷灌比无水灌溉土壤毛管孔隙度平均增大了11.34%,比大水漫灌增大了17.14%;土壤非毛管孔隙度平均为:喷灌4.69%、大水漫灌7.02%、无水灌溉5.04%,非毛管孔隙度由于采样地的复杂性和其它一些特殊原因没有呈现出预期的结果。综合以上分析,认为喷灌方式可以改善土壤的物理结构和土壤的孔隙性,增大林地的通气性和透水性。

3.2 土壤水分含量及其特征

土壤含水量反映了土壤中水分多寡的瞬时状态,是土壤液气两相互为消长的重要指标,其值越大,土壤中水分保持得越多、气体则越少。不同灌溉方式下的土壤含水量如图3所示。

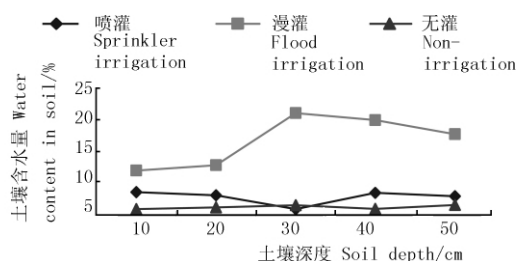


图3 不同灌溉方式下的土壤含水量

Fig.3 The soil moisture under the different irrigation

从图3可看出,在0~50 cm土层内,3种灌溉方式下林地的土壤含水量表现为:大水漫灌>喷灌>无水灌溉。各林地土壤含水量平均值分别为喷灌7.98%,大水漫灌16.72%,无水灌溉6.44%。由于兰州市北山比较干旱,降雨量少,蒸发量大,并且植被正处于耗水期,而

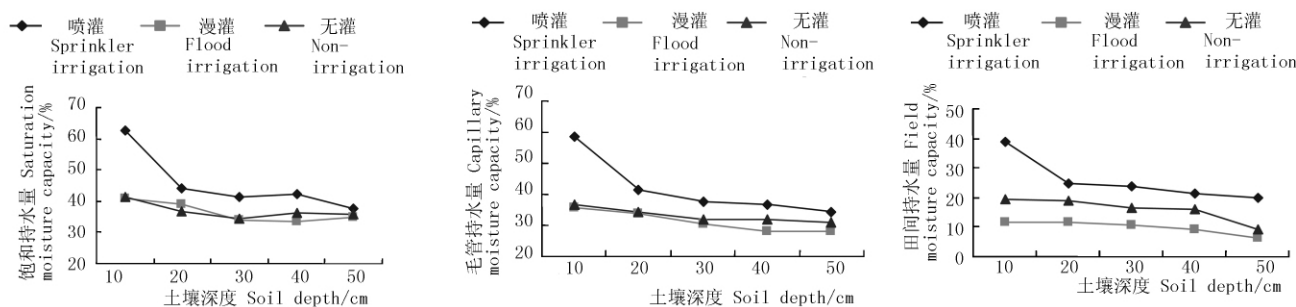


图4 不同灌溉方式下的土壤持水量

Fig. 4 The soil water-holding capacity under the different irrigation

大水漫灌地由于承受经常性灌水所以土壤含水量较喷灌地和无水灌溉地为高。

3.3 土壤水分物理特征及其变化

土壤水分物理性质是衡量土壤水分供应状况和评价森林土壤水源涵养能力的重要指标,其性状的优劣直接影响到土壤的持水和渗透能力。土壤水分物理性状优良的土壤对于减少地表径流、涵养水源、保持水土具有重要的作用。不同灌溉方式下的土壤持水量见图4。

由图4可看出,在0~50 cm土层以内,相同灌溉方式下土壤的持水量表现出基本一致的变化规律:土壤饱和持水量、土壤毛管持水量、土壤田间持水量均随着土层深度的增加而减小;3种不同灌溉方式下各土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量表现为:喷灌地>无水灌溉地>大水漫灌地。

在0~50 cm土层内,喷灌地中不同土层深度处土壤饱和持水量(即最大持水量)依次为:62.51%、43.93%、41.42%、42.33%、37.82%,无水灌溉地依次为:41.42%、36.58%、34.18%、36.04%、35.77%。与无水灌溉地相比,喷灌地中同层土壤饱和持水量分别增大了50.9%、20.1%、21.2%、17.5%、5.73%,说明喷灌方式能够增加土壤的总孔隙度进而增加蓄水能力。在大水漫灌地中不同土层深度处的土壤饱和持水量依次为:40.99%、39.17%、34.08%、33.23%、34.73%,均比喷灌地的饱和持水量要小。与喷灌地相比,大水漫灌地中同层土壤饱和持水量减小了34.41%、10.84%、17.72%、24.50%、8.17%,说明喷灌方式比大水漫灌更能有效地增加土壤的饱和持水量。

在0~50 cm土层内,喷灌地中不同土层处的土壤毛管持水量依次为:58.45%、41.38%、37.82%、36.73%、34.32%,均比同层下无水灌溉地的毛管持水量大(无水灌溉地的毛管持水量依次为:36.72%、34.33%、31.74%、31.76%、30.92%),平均每层毛管持水量提高

约59.2%、20.5%、19.2%、15.7%、11.0%。由于毛管持水能力对应于土壤实际持水能力,所以喷灌方式下的土壤实际持水能力较无水灌溉地强。大水漫灌地中不同土层深度处毛管持水量依次为:35.59%、33.93%、30.38%、27.90%、28.16%,比同层喷灌地的土壤毛管持水量要小。与喷灌地相比,大水漫灌地中同层土壤深度处毛管持水量分别减小了39.11%、18.00%、19.67%、24.04%、17.95%。由于大水漫灌方式流量很大,水分很快灌入林地,并充满林地土层的表面,堵塞了表层土壤的非毛管孔隙,使水流不能均匀地被土壤吸收,降低了土壤持水能力。说明大水漫灌方式不能够增加毛管持水量,反而会影响土壤水分物理性质,不利于透水 and 林地的发育。

从图4可看出,在0~50 cm土层内,无水灌溉地中不同土层深度处田间持水量依次为:19.28%、18.97%、16.55%、16.06%、9.07%,喷灌地的田间持水量依次为:38.85%、24.86%、23.93%、21.22%、21.02%,平均每层增大了101.5%、31.0%、44.6%、32.1%、120.7%。在大水漫灌地中各层土壤田间持水量依次为:11.48%、11.57%、10.58%、9.24%、6.12%,均比无水灌溉地要小,平均每层比喷灌地减小了70.45%、53.46%、55.79%、56.46%、69.43%。由此说明,喷灌方式可以有效地增大土壤孔隙度和持水量,从而增强林地透水性和持水能力;而大水漫灌则不能够提高土壤的持水量,却只能浪费水资源和增加经济投入,是不可取的灌水方式。

由以上数据可知,喷灌方式下的土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量平均比无水灌溉下土壤的饱和、毛管、田间持水量分别增大了23.09%、25.12%、65.98%;比大水漫灌下土壤的饱和、毛管、田间持水量分别增大了24.5%、32.82%、167%。再次说明,喷灌方式可以有效的增加林地土壤持水量;而大水漫灌不但不能增加土壤有效持水量,反而浪费大量的水资源和财力。

4 结论

在 0~50 cm 土层以内,3 种灌溉方式下林地土壤容重均随土层深度的增加而增加,土壤总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度随土层深度的增加而减小。在不同灌溉方式下,喷灌林地土壤容重重要小于大水漫灌林地土壤容重;喷灌林地土壤总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度均较大水漫灌林地高。

0~50 cm 土层以内,在同一灌溉方式下,林地土壤含水量没有特定的变化规律。在不同灌溉方式下,喷灌林地土壤含水量要低于大水漫灌林地土壤含水量。在 0~50 cm 土层以内,3 种灌溉方式下林地土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量均随土层深度的增加而减小。在不同灌溉方式下,喷灌林地土壤饱和持水量、毛管持水量、田间持水量均较大水漫灌林地高。

由于大水漫灌堵塞了土壤非毛管孔隙,导致水流不能及时、均匀下渗,因而不利于植物根系的发展,所以对于改善林地水源涵养起不到作用。而喷灌能够较好地改善土壤水分的物理性质,调节水分循环,增强土壤的持水能力和增大林地的通气透水性,从而增强了土壤的水源涵养能力。

参考文献

- [1] 任青山. 西藏冷杉原始森林土壤物理性质特征分析[J]. 林业科学, 2002, 38(3): 57-62.
- [2] 黄庆丰, 高健, 吴泽民. 不同林地类型土壤肥力及水源涵养功能的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 82-86.

究[J]. 安徽农业大学学报, 2002, 29(1): 82-86.

- [3] Peter A C. Developments in soil-water physics since the mid 1960s [J]. Geoderma, 2001, 100: 355-387.
- [4] Al-Nabulsi Y A. Saline Drainage Water Irrigation Frequency and Crop Species Effects on Some Physical Properties of Soils [J]. Agronomy & Crop Science, 2001, 186: 15-20.
- [5] 彭明俊, 郎南军, 温绍龙, 等. 金沙江流域不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能的研究[J]. 水土保持学报, 2005, 19(6): 106-109.
- [6] 张社奇, 王国栋, 刘建军, 等. 黄土高原刺槐林地土壤水分物理性质研究[J]. 西北林学院学报, 2004, 19(3): 11-14.
- [7] 周择福, 李昌哲. 北京九龙山不同植被土壤水分特征研究[J]. 林业科学研究, 1994, 7(11): 48-53.
- [8] 李艳梅, 王克勤, 刘芝芹, 等. 云南干热河谷不同坡面整地方式对土壤水分环境的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(1): 15-19.
- [9] 贺康宁. 水土保持林地土壤水分物理性质的研究[J]. 北京林业大学学报, 1995, 17(3): 44-50.
- [10] 张雷燕, 刘常富, 王彦辉, 等. 宁夏六盘山地区不同森林类型土壤的蓄水和渗透能力比较[J]. 水土保持学报, 2007, 21(1): 95-98.
- [11] 吴文强, 李吉跃, 张志明, 等. 北京西山地区人工林土壤水分特性的研究[J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 51-55.
- [12] 罗跃初, 韩单恒, 王宏昌, 等. 辽西半干旱区几种人工林生态系统涵养水源功能研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(6): 921-922.
- [13] 张万儒, 许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京: 中国林业出版社, 1984: 16-38.
- [14] 张万儒. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999.
- [15] 华孟, 工坚. 土壤物理学[M]. 北京: 北京农业大学出版社, 1993.
- [16] 严升. 土壤肥力研究方法[M]. 北京: 农业出版社, 1988.

Preliminary Study on Different Irrigation Methods in Woodland of the Physical Properties of Soil Moisture

LI Rui

(Baiyin Survey and Design Institute of Water Resource and Hydropower, Baiyin, Gansu 730900)

Abstract: Conclusions was drawn out through measurement of bulk density, porosity and water-holding capacity within 50 cm under the different irrigations for woodland land soil at north-mountain of Lanzhou. The results showed that the soil bulk density decreased in sprinkle irrigated soil than that of non-irrigated and flood irrigated soil, but capillary porosity and total porosity of soil increased, accordingly soil saturated moisture capacity, capillary moisture capacity, and field moisture capacity was also increased, however, non-capillary porosity hadn't shown the desire results due to unknown reasons. This indicated that sprinkle irrigation can reduce soil bulk density to a certain extent, in addition to improves soil porosity conditions and soil moisture capacity, finally improves physical properties of soil moisture. Instead, the flood irrigation had not improved the physical properties of soil moisture, but also led to decreased utilization of the water. Therefore, sprinkle irrigation should be the preferred method in woodland.

Key words: north-mountain in Lanzhou; irrigation methods; soil bulk density; soil porosity; soil moisture capacity