

不同封育类型灌木林地土壤物理性状研究

杨本琴, 余新晓, 岳永杰, 高志亮

(水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室 北京林业大学 北京 100083)

摘 要: 研究了北京市密云县西沟林场封山育林地区不同封育措施灌木林地土壤物理性状和土壤渗透性能。结果表明: 在封造、封禁、封育3种封育措施的灌木林地中, 土壤容重为: 封造灌木林地>封禁灌木林地>封育灌木林地, 土壤总孔隙度、非毛管孔隙度、毛管孔隙度、饱和蓄水量、有效涵蓄量、毛/饱和蓄水量的顺序为: 封造灌木林地<封禁灌木林地<封育灌木林地。封育灌木林地土壤初始入渗速率是封禁灌木林地的1.45倍, 是封造灌木林地的1.85倍。前30 min累积入渗量顺序为: 封育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地。从土壤物理性状和渗透性能来看, 封育措施能更好的改良土壤结构、降低土壤容重和增加土壤总孔隙度, 提高灌木林土壤水源涵养和理水调洪功能。

关键词: 封山育林; 土壤孔隙度; 水源涵养; 土壤入渗
中图分类号: S 755; S 718.51⁺6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-0009(2009)04-0170-04

土壤层是森林水文效应的第三层次。土壤层水文功能的强弱主要取决于土壤的土层厚度、土壤容重、孔隙度等物理性状^[1]。土壤层是大气降水的主要蓄存库和调节器。由于母岩、气候、地形、植被和生物等的不同, 导致土壤性质存在明显的差异, 使土壤具有空间和时间的异质性; 在较小的尺度上, 主要受植被分布、微立地以及人为或自然干扰的影响^[2,3]。以往关于乔木林以及乔灌混交林对土壤物理性状的研究报道较多, 关于封山育林区不同封育措施对灌木林地土壤物理性状的影响研究还不多见。1983年潮关西沟林场开始实施封山育林, 恢复该区的森林植被。试验研究了北京土石山区封育地区封禁、封育、封造3种封育措施下, 主要灌木林地土壤的物理性状, 分析比较了不同封育措施对灌木林地土壤物理性状、持水能力和渗透性能的影响, 为水源保护区灌木林经营管理模式提供理论支持。

1 研究地点自然概况

1.1 自然概况

研究区位于北京市密云县西沟林场, 其地理坐标为东经117°17'30", 北纬40°36'38"。地势呈东南、西北走向, 东低西高, 海拔210~1 580 m, 属于低山、中山地带。平均坡度25°, 个别陡坡达35°以上。封育区土壤类型主要为山地褐土, 土壤层厚度为20~50 cm, 大多数属于薄土层, 基岩为石灰岩, 植被破坏严重, 疏林地多; 水土流失十分严重, 立地条件很差。年平均降雨量600~900 mm, 70%的降雨量集中在7、8、9月。

1.2 试验地基本特征

为了把造成土壤本身性质空间异质性的因子最小化, 样地选择在相同母质形成的棕壤土上, 土壤形成的生物气候条件和立地条件大致相似。各样地内灌木群落的优势种以荆条(*Vitex negundo* var. *heterophylla*)为主, 主要分布在阳坡和半阳坡, 是适应性特别强的灌木。荆条的伴生灌木较多, 有鼠李(*Rhamnus davurica*)、绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、酸枣(*Ziziphus jujube* Mill)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等。样地基本情况见表1。

表 1 试验地的基本特征

样地号	主要灌木	坡向	海拔/m	盖度/%	土壤类型	封育类型	土壤厚度/cm
1	荆条、酸枣	阳坡	389.6	90	棕壤土	封禁	65
2	荆条、绣线菊	阳坡	321.1	90	棕壤土	封育	40
3	荆条、酸枣	阳坡	319.8	85	棕壤土	封造	40

2 研究方法

试验以野外调查观测、采样与室内分析相结合的方法, 从土壤容重、土壤孔隙度、土壤持水能力和渗透性能几个方面, 对不同封育措施下的灌木林地土壤物理性质变化特征进行分析。

2.1 样地调查

第一作者简介: 杨本琴(1983-), 女, 云南昭通市人, 硕士, 主要研究方向为林业生态工程。E-mail: iamYBQ@163.com。
通讯作者: 余新晓(1961-), 男, 甘肃省平凉人, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为森林水文。E-mail: yuxinxiao@bjfu.edu.cn。
基金项目: 国际科技合作资助项目(2006DFA 01780)。
收稿日期: 2008-11-10

2007 年 6 月分别设置 40 m×40 m 的 3 种封育措施典型固定样地各 1 块,测定其海拔、坡度、坡向、坡角,调查林分的树种、郁闭度、胸径、树高、冠幅盖度和枯落物厚度。

2.2 土壤样本的采集及测定方法

土壤物理性质的测定:采用环刀法,在标准地内挖掘土壤剖面,用环刀按照土层 0~10 cm、10~20 cm、20~40 cm 分层取样,每个组合重复 3 次。确定土壤剖面特征和土壤质地,调查样地内土层厚度、松紧度、结构等。用烘干法测定土壤的自然含水量,土壤容重、毛管孔隙度、非毛管孔隙度和持水性能用环刀浸水法测定。

3 结果与分析

3.1 不同封育类型灌木林地土壤容重

林地土壤物理性状是反映林分水土保持功能强弱的重要指标^[4]。土壤物理性状的优劣直接影响到土壤持水和渗透能力,主要包括土壤容重、孔隙度等指标^[5]。土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,也是表征土壤质量的一个重要参数。它与土壤的孔隙度和渗透率密切相关^[6]。一般来说,容重小,土壤疏松,有利于拦渗蓄水,减缓径流冲刷。容重大则相反。不同封育措施下,各灌木林地土壤容重有较大差异。由表 2 看出,在 0~40 cm 土层内,土壤容重均值排列顺序为封造灌木林地>封禁灌木林地>封育灌木林地,分别为:1.26、1.14、0.88 g/cm³,土壤容重增加了 0.26~0.38 g/cm³。由于高的容重值通常表明土壤有退化的趋势^[7]。所以,封育措施能更好的减少土壤退化。

从容重的垂直变化来看,3 种封育措施下各样地土壤的容重变化趋势有着相同的变化规律,即土壤容重随着土壤层次的加深而逐渐增大,且变化趋势明显。在封育灌木林地内,土壤容重由 0~10 cm 时的 0.82 g/cm³ 增加到 20~40 cm 时的 1.08 g/cm³;在封禁灌木林地内,土壤容重由 0~10 cm 时的 0.93 g/cm³ 增加到 20~40 cm

时的 1.18 g/cm³,在封造灌木林地,土壤容重由 0~10 cm 时的 1.12 g/cm³ 增加到 20~40 cm 时的 1.43 g/cm³。这种变化趋势主要是由于随着深度的增加,土壤有机质含量逐渐减少,土壤团聚性降低,增加了土壤的紧实度;而且不同植被下土壤表层的枯落物组成、分解状况和地下根系的生长发育存在差异,土壤的容重与孔隙度受土壤发育状况的影响,从而造成土壤物理性质的差异^[7]。

3.2 土壤孔隙度

土壤孔隙度的大小、数量及分配是土壤物理性质的基础,也是评价土壤结构特征的重要指标^[8]。由表 2 可知,土壤总孔隙度变化趋势与土壤容重变化趋势相反,即土壤总孔隙度都随着土壤层次的加深而逐渐减小,说明表层土壤比较疏松。不同封育措施下,封育灌木林地的土壤总孔隙度、土壤非毛管孔隙度、土壤毛管孔隙度较封禁措施、封造措施灌木林地的都有不同程度的增加。从土壤总孔隙度来看,封育灌木林地(55.20%)>封禁灌木林地(51.51%)>封造灌木林地(41.53%),分别增加了 3.69%~13.67%。土壤毛管孔隙度以封育灌木林地最大,为 47.28%,封造灌木林地最低,为 35.30%。毛管孔隙度越大,土壤中有效水的贮存容量越大,可供树木根系利用的有效水分的比例增加。土壤非毛管孔隙度均值排列顺序为:封育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地,分别为 9.95%、7.72%和 6.81%。非毛管孔隙度越大的林分,其土壤通透性越好,有利于降水的下渗,从而减少地表径流。

研究表明,在封造、封禁、封育 3 种封育措施中,封育措施能更有效的改善土壤物理性状。在封山育林地区,植被破坏严重、立地条件比较差,植被更新慢。一定强度的人类抚育措施可以加速植被更新,进而增加土壤毛管孔隙和通气孔隙,减少非活性孔隙。

表 2 不同封育措施灌木林地土壤物理性状

样地号	土壤厚度/cm	土壤容重/g·cm ⁻³	总孔隙度/%	毛管孔隙度/%	非毛管孔隙度/%
1	0~10	0.93	56.22	47.95	8.27
	10~20	1.18	51.89	44.56	7.33
	20~40	1.32	46.42	41.23	5.19
2	0~10	0.74	60.23	50.28	9.95
	10~20	0.82	55.75	47.69	8.06
	20~40	1.08	49.63	43.88	5.75
3	0~10	1.12	45.60	37.62	7.98
	10~20	1.22	41.67	35.45	6.22
	20~40	1.43	37.32	32.84	4.48

3.3 不同封育措施灌木林地土壤蓄水能力

林地土壤蓄水性能是反映森林保持水分和涵养水源能力的重要特征之一^[9]。

从表 3 可以看出,各林地土壤饱和蓄水量均值分别为:51.51、55.20、41.53 mm,表现为封育林地>封禁灌木

林>封造灌木林。说明封育措施灌木林地土壤蓄水和调节水分的潜在能力明显高于封禁灌木林地和封造灌木林地。该研究表明,封育措施不仅改善了土壤结构,而且提高了土壤水分的贮存性能。因此,水源涵养功能最强的是封育灌木林,最小的是封造灌木林地。

土壤蓄水性能与土壤前期含水量密切相关,当土壤湿度大时,土壤持水量减少,即使降雨量很小,也会产生地表径流。因此,把饱和蓄水量与土壤前期含水量之差作为衡量土壤涵蓄降水量的指标^[10]。土壤涵蓄降水量最大为封育灌木林地,其次为封禁灌木林地,封造灌木林地最差。该山区土壤饱和贮水量以毛管蓄水量为主,故毛管蓄水量与土壤前期含水量之差更能反映土壤的

蓄水特性,称其为有效涵蓄量⁶⁻¹⁰。有效涵蓄量均值表现为:封育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地。有效涵蓄量大,越有利于减少地表径流,减少降水的无效损失和表土流失。

从毛/饱和持水量看,封禁、封育、封造3种封育措施灌木林地的供水性能差别不大,分别为0.78、0.82、0.75。

表 3 不同封育措施灌木林地土壤水分状况

样地号	土壤厚度/cm	饱和蓄水量/mm	毛管持水量/%	毛管蓄水量/mm	毛/饱和持水量	有效涵蓄量/mm
1	0~10	56.22	38.32	47.95	0.80	46.86
	10~20	51.89	34.38	44.56	0.78	40.04
	20~40	46.42	32.18	41.23	0.75	32.06
2	0~10	60.23	45.56	50.28	0.83	48.45
	10~20	55.75	40.31	47.69	0.81	42.5
	20~40	49.63	37.89	43.88	0.82	33.94
3	0~10	48	30.63	37.62	0.76	39.04
	10~20	41.67	27.89	35.45	0.75	31.93
	20~40	37.32	26.31	32.84	0.75	24.36

3.4 土壤渗透性能比较

土壤的渗透性能是土壤的重要水分物理性质之一。土壤渗透性能的好坏影响到降雨产流量及对土壤水分的补给,直接关系到地表产生径流量的大小,对土壤侵蚀的影响较大^[11]。土壤的渗透性能越好,地表径流就越少,土壤的侵蚀量也会相应地减少。因此,土壤渗透性能是评价林地水分调节能力的主要标志之一。

3.4.1 土壤入渗速度 由表4可知,封育灌木林地初始入渗速率(300 mm/min)明显高于封造灌木林(162 mm/min)地和封禁灌木林地(286.67 mm/min),分别高了1.85和1.45倍。一定范围内土壤水分入渗速率较大即意味着较多降水转化为土壤水和地下水,延缓地表径流形成,侵蚀量减少。稳定入渗率顺序为:封育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地,分别为0.59、0.48和0.42 mm/min,提高了0.11~0.17 mm/min。封造灌木林地初始入渗率和到达稳渗时间远远小于封禁林地

和封育林地,可能是因为频繁的人类活动,压实土壤和破坏了土壤结构,造成土壤一定深度内孔隙度的下降,尤其大孔隙的丧失是土壤渗透速率下降的主要原因。

3.4.2 前30 min 累积入渗量与入渗时间 降雨一般雨强和雨量较大,降雨历时较短。研究土壤前30 min 累计入渗量与入渗率有利于给夏季不同灌木林的水土保持效应和水源涵养提供数据支持。各林地前30 min 的累积入渗量为585~985 mm,最小值出现在封造灌木林地,最大值仍出现封育灌木林地这说明封育灌木林地入渗性能良好,有利于将地表径流迅速转化为壤中流,特别是对于短时高强度的暴雨作用明显。因此封育措施灌木林地水涵养和对径流量的调节功能较好。对试验资料的分析和国内外学者的现有研究成果可知,前30 min 的入渗变化最为强烈,而入渗30 min 以后的变化趋于平缓^[12]。

表 4 不同封育措施灌木林地的入渗速率

样地号	自然含水率	初始入渗速率/mm·min ⁻¹	稳渗速率/mm·min ⁻¹	到达稳渗的时间/min	前30 min 的累积入渗量/mm
1	8.35	286.67	0.48	75.8	775
2	10.3	300	0.59	78.5	985
3	9.18	162	0.42	44.0	585

4 结论

综合各封育措施灌木林地土壤容重和孔隙度特征表明:封育灌木林地透水性、通气性和持水性能比较协调,既有利于林木生长,又具有较好的水源涵养功能。在改良土壤物理性状方面,封育灌木林地好于封禁灌木林地,封禁灌木林地好于封造灌木林地。从土壤垂直变化上来看,随土层厚度增加,各种封育措施灌木林地土壤容重变大,总孔隙度、非毛管孔隙度及土壤持水蓄水能力减小。

土壤饱和蓄水量从大到小为:封育灌木林地(55.20 mm)>封禁灌木林地(51.51 mm)>封造灌木林地(41.53 mm)。封育灌木林地土壤有效涵蓄量最大,为41.63 mm,其次为封禁灌木林地,为39.65 mm,封造灌木林地最差,为31.78 mm。该研究表明,在封育、封禁、封造三类封山育林措施当中,封育灌木林土壤的水源涵养功能是最强的,最差的是封造灌木林。

不同封育措施林地土壤初始入渗率和稳定入渗率相差较大。初始入渗率的顺序为:封育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地。稳渗速率大小表现为:封

育灌木林地>封禁灌木林地>封造灌木林地。土壤入渗速率和前 30 min 入渗量表明,3 种封育措施林地土壤调节水分的潜在能力表现为封育灌木林地明显高于封禁灌木林地,封禁灌木林地高于封造灌木林地。

从总体上看,封育灌木林地土壤的蓄水和调节水分的潜在能力是最强的。从毛管持水量/饱和持水量看,3 种封育措施灌木林地的供水性能差别不大。从土壤有效蓄水量指标来看,封育灌木林对水分的贮蓄和调节能力较强。

依据上述结果,封育区封育效果显著。建议在现有灌木林经营管理当中,对于立地条件比较差的林地,应采取适当的人为封育措施,促使林分更新,加速土壤改良,提高水源涵养能力,以更好的发挥灌木林的多种生态效能。但是该山区流域生态修复工作,还存在部分生态脆弱环节,尚需进一步加大封山育林力度,使灌木林地抗性增强,综合效能得到更好发挥。

参考文献

[1] 刘畅,满秀玲,刘文勇,等.东北东部山地主要林分类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2006,20(6): 30-33.

[2] 张希彪,上官周平.人为干扰对黄土高原子午岭油松人工林土壤物理性质的影响[J].生态学报,2006,26(11): 85-95.
[3] 余新晓,牛健植,徐军亮.山区小流域生态修复研究[J].中国水土保持科学,2004,2(1): 4-10.
[4] 刘培娟,杨吉华.新泰石门林场四种林地土壤蓄水性能及渗透速率的研究[J].水土保持研究,2007,14(6): 31-33.
[5] 马平安,郭全邦,李荣华,等.太行山片麻岩山地植被水土保持效益研究[J].地理与国土研究,1999,15(3): 44-46.
[6] 王贵鑫,李传荣.沙质海岸 5 种植被类型土壤物理性状及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2005,19(2): 142-146.
[7] 孙艳红,张洪江.缙云山不同林地类型土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2006,20(2): 106-109.
[8] 赵世伟,周印东,吴金水.子午岭北部不同植被类型土壤水分特征研究[J].水土保持学报,2002,16(4): 119-122.
[9] 张光灿,夏江宝.鲁中花岗岩山区人工林土壤物理水分性质[J].水土保持学报,2005,19(6): 44-48.
[10] 周择福.北京九龙山低山区不同立地土壤水分生态及综合评价的研究[J].北京水利,1996(4): 28-33.
[11] 李亚娟,宋孝玉.甘肃西峰南小河流域土壤入渗分布规律研究[J].西北农林科技大学学报,2006,34(12): 147-151.
[12] 陈丽华,余新晓.晋西黄土地区水土保持林地土壤入渗性能的研究[J].北京林业大学学报,1995,17(1): 43-47.

Study on Soil Physical Properties of Shrub for Different Exclusion Measures

YANG Ben-qin, YU Xin-xiao, YUE Yong-jie, GAO Zhi-liang

(Soil and Water Conservation College, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

Abstract: Soil physical properties and soil infiltration of shrub for different exclusion measures were researched in exclusion area of Gubeikou in Miyun, Beijing. The results showed as the follows: the sequence of soil bulk density was planting model shrub> closing model shrub> semiarid enclosed shrub among the three exclusion measures. The sequence of soil total porosity was planting model shrub< closing model shrub< semiarid enclosed shrub. Capillary porosity and uncapillary porosity showed the same trend as the total porosity. The soil initial infiltration rate of semiarid enclosed was 1.45 times than that of closing model shrub which was 1.85 times than that of planting model. The sequence of cumulative capacity infiltration capacity within the initial 30 min was: semiarid enclosed shrub> closing model shrub> planting model shrub. According to the soil physical properties and infiltration capacity, semiarid enclosed measure can better improve soil structure, reduce soil bulk density, increase the soil physical properties, and improve soil infiltration capacity, water conservation and flood water function.

Key words: Close forest; Soil porosity; Water conservation; Soil infiltration