

黄土丘陵沟壑区人工柠条林土壤水分物理性质变化研究

刘娜娜¹, 赵世伟^{1,2}, 王恒俊²

(1. 西北农林科技大学 资源环境学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 中国科学院 水利部 水土保持研究所, 陕西 杨凌 712100)

摘要: 对黄土丘陵沟壑区 3 个种植年限典型的人工柠条林及对照坡耕地和荒坡地表层土壤的几个水分物理常数、水分特征曲线和比水容量进行了测定, 结果表明: 50 a 以内的人工柠条林对土壤的黏化过程已经有一定影响, 同时也较明显地改善土壤容重; 通过对土壤持水和供水能力的大小比较得出, 其持水和供水能力的大小均为 46 a 柠条林 > 30 a 柠条林和 21 a 柠条林 > 荒坡地 > 坡耕地。由此可见, 尽管人工柠条林不能快速地提高侵蚀土壤的发育状况, 但能够通过改善土壤持水和供水能力, 促进土壤正向发育。

关键词: 人工柠条林; 种植年限; 水分物理常数; 持水能力; 供水能力

文献标识码: A 文章编号: 1000-288X(2006)03-0015-03 中图分类号: S152.75, S793.3

Changes of Soil Moisture Physical Property of *Caragana* Plantation in Hilly and Gully of Loess Plateau

LIU Na-na¹, ZHAO Shi-wei^{1,2}, WANG Heng-jun²

(1. College of Resources and Environment, Northwest University of Agriculture

and Forest, Yangling 712100, Shaanxi Province, China; 2. Institute of Soil and Water Conservation,

Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, Shaanxi Province, China)

Abstract: Moisture physical constants, soil water characteristic curve and specific water capacity of three *Caragana* Fabr. in typical planting years were studied by contrasting slope plantations and waste hillside fields. Results showed that *Caragana* Fabr. physical clay content of soil was less influenced, and soil bulk density was improved obviously within 50 years of plantation. Through comparing with soil's holding and supplying water capability in different plantation years, an obvious trend of 46 a *Caragana* Fabr. > 30 a and 21 a *Caragana* Fabr. > slope plantations > waste hillside fields was found. Therefore, *Caragana* Fabr. plantations may promote the development of soil and improve soil holding and supplying water ability.

Keywords: *Caragana* Fabr. plantations; planting years; moisture physical constants; holding water capability; supplying water capability

柠条是锦鸡儿属(*Caragana* Fabr.) 植物栽培种的通称, 为豆科灌木类植物^[1], 其具有强大的防风固沙和保持水土的能力, 也是优质的灌木饲料资源, 具有较高的生态经济学价值^[1-2], 因此作为重要的水土保持树种, 在黄土高原丘陵沟壑区广泛栽种, 目前已成为人工水土保持林面积最大的树种之一^[3]。

关于人工柠条林的研究很多, 主要集中在其水保效应的生物机理^[1,4]、种植柠条后土壤抗冲、抗蚀和入渗性能^[1-2,5]的研究上, 牛西午等人指出晋西北地区种植 5 a 的人工柠条林地的土壤物理性状就已经得到改善^[6], 而关于大时间尺度上的人工柠条林土壤的持水和保水能力及土壤性质变化研究较少。

高维森等在对柠条林地土壤抗蚀性规律的研究中^[7]取同一土壤剖面的 0—10, 20—30, 40—50 cm 这 3 个层次进行分析, 表层土壤有机质含量与农田和草地的比值是最高的, 同时不同林龄的根系 85% 以上集中在 0—10 cm 土层, 表层土壤结构状况最好。因此对人工柠条林地表层土壤水分物理性质的变化研究具有重要意义。

本文对延安安塞纸坊沟流域大时间尺度种植年限典型的表层土壤水分物理性质及其持水和保水能力进行研究, 并与坡耕地和荒坡进行对比, 以此来探讨黄土区坡地退耕还林后土壤水分状况的变化规律, 为黄土高原退耕还林建设提供理论依据。

收稿日期: 2006-03-20

资助项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目“黄土高原水土保持的区域环境效应”(KZCX3-SW-421)

作者简介: 刘娜娜(1980—), 女(汉族), 陕西省韩城县人, 硕士研究生, 主要从事土壤环境效应研究。

通讯作者: 赵世伟(1962—), 男(汉族), 四川省人, 研究员, 主要从事土壤—植被关系研究。E-mail: sw.zhao@ms.isw.c.ac.cn.

1 材料与方 法

1.1 研究区自然概况

研究区选设于中国科学院水土保持研究所安塞县纸坊沟流域试验区。该试验区海拔 1 068~ 1 309 m, 属典型黄土丘陵沟壑区, 在土壤类型上处于黄绵土与沙黄土交错区, 在气候上处于暖温带半湿润向半干旱过渡区, 年均温 8.8℃, 年平均降水量 500 mm; 植被类型处于暖温带落叶阔叶林向草原过渡的森林草原区, 同时又是典型的水土流失严重区^[8]。该区资源丰富、土地类型多样; 流域土壤属黄绵土, 土体疏松, 抗蚀性极弱, 主要分布在坡地, 自然植被稀少, 水土流失严重。营造柠条水保林的造林地为丘陵黄土坡, 采用直播造林, 行距×丛距一般为 2 m×1.5 m 或 3 m×1 m, 种植密度控制在 3 000 丛/hm² 左右。

1.2 研究方法

选取纸坊沟内 3 个具有代表性年限的柠条林地、对照坡耕地和荒坡各 3 块, 具体样地条件见表 1。

表 1 样地基本情况

编号	类型	经纬度	海拔/m	坡向	坡度	备注
1	46 a 柠条林	109° 17' 31" E 36° 44' 31" N	1 272	SE85°	28°	1959 年直播, 有 0—0.5 cm 腐殖质层
2	30 a 柠条林	109° 15' 37" E 36° 44' 22" N	1 256	NW80°	12°	1975 年直播, 有 0—0.5 cm 腐殖质层
3	21 a 柠条林	109° 14' 58" E 36° 44' 47" N	1 190	SE60°	11°	1984 年直播, 有 0—0.3 cm 腐殖质层
4	坡耕地	109° 15' 13" E 36° 44' 09" N	1 268	NE80°	19°	无明显的腐殖质层
5	荒坡	109° 17' 47" E 36° 44' 30" N	1 275	NW10°	20°	未种植的荒坡, 有 0—0.3 cm 腐殖质层

在每个采样区按对角线布置 5 个采样点, 采样时去掉表层的腐殖质层, 采集表层 0—5 cm 的环刀和原状土, 同时采集混合土样待分析。

1.3 测定方法

土壤容重用环刀法测定^[9], 机械组成用 X-ray 颗粒光栅扫描分析仪分析^[10-11], 土壤水分特征曲线用离心机法^[12]。

2 结果与分析

2.1 基本水分物理常数比较

基本土壤水分物理常数测定结果见表 2。除了 46 a 柠条林的土壤容重最低为 0.87 g/cm³ 以外, 其余

表层土壤容重差异不大, 种植 30 a 和 21 a 柠条林的容重基本处于 1.10 g/cm³, 略低于荒坡和坡耕地 1.15~1.16 g/cm³。物理性黏粒含量与容重的情况相反, 即 46 a 柠条林含量较高以外, 30 a 和 21 a 柠条林的含量略高于坡耕地和荒坡, 坡耕地和荒坡基本相等。由此说明, 黄土高原丘陵沟壑区 50 a 内的人工柠条林对土壤容重和机械组成已经产生了一定影响。

表 2 基本水分物理常数测定结果

样地编号	土层/cm	容重/(g·cm ⁻³)	物理性黏粒/%
1	0—5	0.87	27.2
2	0—5	1.09	24.7
3	0—5	1.08	24.7
4	0—5	1.16	21.0
5	0—5	1.15	21.5

张航等人对陕西 5 种农业土壤的持水性进行分析指出, 土壤持水量、孔径分布和比水容量都与土壤质地密切相关^[13]。贾宏涛等人在研究土不同层次的土壤水分物理常数后指出土壤物理性黏粒和土壤容重与不同类型土壤水呈显著相关^[11]。通过对土壤容重和物理性黏粒含量与各不同类型土壤水(表 3)和比水容量(表 4)进行对照, 可得出土壤物理性黏粒与不同类型土壤水和比水容量确实成一定的相关性。

2.2 土壤的持水和供水能力比较

由结果知, 土壤水分特征曲线即土壤水分的能量与数量的关系曲线, 通常用来表征土壤吸持水分的能力。在 10~1 800 kPa 有效水范围内, 土壤持水量与吸力间存在着幂函数关系: $\theta = aS^{-b}$ ^[14]。可通过土壤水分特征曲线对土壤水分进行分类^[15](见表 3)。

土壤比水容量是指土壤吸力变化所引起的含水量变化, 能够说明土壤的有效性和供水能力的强弱, 是土壤的耐旱性指标^[16]。其数量为土壤持水曲线的斜率, 即: $C_{\theta} = -d\theta/dS = abS^{-(b+1)}$ 。式中: C_{θ} ——比水容量; θ ——土壤含水量; S ——土壤水吸力。其中 ab 的值与土壤吸力为 1.0×10² kPa 时的比水容量的值相等, $(b+1)$ 的值能够反映土壤失水的快慢。 $(b+1)$ 的值越大失水越快, 即比水容量变化越大; ab 值越大, 土壤比水容量达到 1.0×10⁻² 数量级的吸力值越大, 土壤耐旱性越差。

由表 3 可知土壤的持水能力大小为: 46 a 柠条林 > 30 a 柠条林和 21 a 柠条林 > 荒坡地 > 坡耕地。通过对参数 ab 值的比较可以看出, 种植柠条林时间最长的 1 号样的土壤供水能力最强, 剩下的依次为 30 a 和 21 a 柠条林 > 荒坡地 > 坡耕地。即土壤的持水和供水能力情况一致, 均为: 46 a 柠条林 > 30 a 柠条林和 21 a 柠条林 > 荒坡地 > 坡耕地。

表3 不同土地土壤水分类型含水量

%

编号	重力水 < 0.3×10^2 kPa	有效水/ kPa			无效水 (萎蔫含水量) > 15×10^2 kPa	田间持水量 > 0.3×10^2 kPa
		全有效水 ($0.3 \sim 5$) $\times 10^2$	速效水 ($0.3 \sim 6$) $\times 10^2$	迟效水 ($6 \sim 15$) $\times 10^2$		
1	44.49	15.36	13.11	2.24	7.59	22.94
2	30.32	10.89	10.35	1.60	4.86	16.82
3	32.38	12.04	10.40	1.64	4.78	16.81
4	27.75	9.65	8.34	1.31	3.83	13.48
5	26.83	10.95	9.33	1.62	5.62	16.58

表4 不同土地土壤在不同吸力下的比水容量

 10^{-5} ml/g

编号	吸力/ 10^2 kPa						回归参数	
	0.1	0.3	0.4	2.0	4.0	15.0	ab	b+1
1	7.7×10^{-1}	1.9×10^{-1}	1.3×10^{-1}	1.7×10^{-2}	7.2×10^{-3}	1.4×10^{-3}	4.16	1.27
2	5.9×10^{-1}	1.5×10^{-1}	1.0×10^{-1}	1.3×10^{-2}	5.4×10^{-3}	1.0×10^{-3}	3.13	1.27
3	6.1×10^{-1}	1.5×10^{-1}	1.0×10^{-1}	1.3×10^{-2}	5.3×10^{-3}	1.0×10^{-3}	3.14	1.29
4	5.8×10^{-1}	1.4×10^{-1}	9.6×10^{-2}	1.2×10^{-2}	4.8×10^{-3}	1.0×10^{-3}	2.93	1.30
5	5.6×10^{-1}	1.4×10^{-1}	9.8×10^{-2}	1.3×10^{-2}	5.4×10^{-3}	1.0×10^{-3}	3.10	1.26

3 结论

研究表明: 50 a 以内的人工柠条林对土壤的黏化过程有一定影响, 同时也较明显地改善土壤容重; 通过对土壤持水和供水能力的大小比较得出, 其持水和供水能力的大小均为 46 a 柠条林 > 30 a 柠条林和 21 a 柠条林 > 荒坡地 > 坡耕地。由此可见, 尽管人工柠条林不能快速地提高土壤的发育状况, 但能够通过改善土壤持水和供水能力。而促进土壤正向发育。有研究表明, 人工柠条林种植初期土壤理化性状就有了一定的改善^[6], 但从大时间尺度土壤黏粒含量的研究结果看, 黄土高原沟壑区通过种植人工柠条林的坡地土壤恢复还是一个相当漫长的过程。

人工柠条林表层土壤的持水性和供水性随着种植年限而逐渐加强, 土壤的持水性能越大其抗冲刷能力就越强; 供水能力的提高又可增加柠条植株的生物量, 由此进入良性循环。尤其是与未种植荒坡相比, 人工柠条林显然比该地区自然植被恢复的土壤条件好, 因此该地区坡地必须实施退耕还林建设, 以提高该区的水土流失防治速度, 从而改善生态环境。

[参 考 文 献]

- [1] 牛西午. 柠条生物学特性研究[J]. 华北农学报, 1998, 13(4): 123—129.
- [2] 张继敏, 梁桂英, 徐朗然. 陕北柠条的种类分类及其与水土保持和固沙的关系[J]. 陕西林业科技, 1996, 3: 18—22.
- [3] 王世忠, 赵雪然, 王孝军, 等. 柠条灌木林的营造与管理[J]. 林业科技开发, 2005, 19(5): 77—78.
- [4] 王孟本, 李洪建, 柴宝峰. 柠条的水分生理生态学特性[J]. 植物生态学报, 1996, 20(6): 494—501.
- [5] 侯喜禄, 白岗栓, 曹清玉. 刺槐、柠条、沙棘林土壤入渗及抗冲性对比试验[J]. 水土保持学报, 1995, 9(3): 90—95.
- [6] 牛西午, 张强, 杨治平, 等. 柠条人工林对晋西北土壤理化性质变化的影响研究[J]. 西北植物学报, 2003, 23(4): 628—632.
- [7] 高维森, 王佑民. 黄土丘陵沟壑区柠条林地土壤抗蚀性规律研究[J]. 西北林学院学报, 1991, 6(3): 71—78.
- [8] 黄思光, 李世清, 王启勇, 等. 黄土高原丘陵沟壑区植被恢复过程对土壤剖面矿质氮积累影响——以纸坊流域试验区为例[J]. 水土保持学报, 2004, 18(6): 58—62.
- [9] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 北京: 科学出版社, 1964.
- [10] 贾宏涛, 刘文兆, 赵军. MICROSCAN II 型 X-ray 颗粒分析仪原理剖析及故障处理[J]. 国外分析仪器, 2001, 3: 31—33.
- [11] 贾宏涛, 白光宏, 武红旗, 等. 土水分子物理性质初步研究[J]. 新疆农业大学学报, 2000, 23(1): 12—17.
- [12] 史竹叶, 赵世伟. 黄土高原土壤持水曲线的计算方法[J]. 西北农业学报, 1999, 8(6): 44—47.
- [13] 张航, 徐明岗, 张富仓, 等. 陕西农业土壤持水性能及其与土壤性质的关系[J]. 干旱地区农业研究, 1994, 12(2): 32—37.
- [14] 雷志栋, 杨诗秀, 谢森传. 土壤水动力学[M]. 北京: 清华大学出版社, 1988. 19—24.
- [15] 李玉山, 韩仕峰, 汪正华. 黄土高原土壤水分性质及其分区. 中国科学院西北水土保持研究所集刊, 1985, 1: 1—17.
- [16] 陈志雄, 汪仁真. 中国几种主要土壤的持水性[J]. 土壤学报, 1979, 16(3): 277—281.