

不同针叶林对祁连山森林灰褐土理化性质和 水源涵养功能的影响

秦嘉海¹, 魏淑莲², 金自学³, 刘金荣⁴, 谢晓蓉⁴

(1. 河西学院 农学系, 甘肃 张掖 734000; 2. 甘肃南县西营河林业实验场, 甘肃 武威 733014;
3. 河西生态研究所, 甘肃 张掖 734000; 4. 西部资源环境化学重点实验室, 甘肃 张掖 734000)

摘要: 以祁连山针叶林树种青海云杉、油松、侧柏 3 种树种为研究材料, 探讨了不同树种对祁连山森林灰褐土理化性质和水分涵养功能之间的关系。研究表明, 土壤孔隙度、团粒结构、物理性黏粒含量均为青海云杉 > 油松 > 侧柏; 土壤容重、物理性砂粒含量均为侧柏 < 油松 < 青海云杉; 土壤有机质、CEC 均为青海云杉 > 油松 > 侧柏; CaCO₃ 含量、pH 值、全盐含量均为侧柏 < 油松 < 青海云杉; 土壤蓄水量和树种枯落物持水量均为青海云杉 > 油松 > 侧柏。

关键词: 针叶林; 祁连山; 森林灰褐土; 理化性质; 水源涵养

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0084-04

中图分类号: S157.5

Effects of Tree Species on Gray-brown Soil Properties and Water Conservation in Qilian Mountains

QIN Jia-hai¹, WEI Shu-lian², JIN Zi-xue³, LIU Jin-rong⁴, XIE Xiao-rong⁴

(1. Department of Agriculture, Hexi College, Zhangye, Gansu 734000, China; 2. Xiyinghe Forestry

Experiment Site of Sunan County, Wuwei, Gansu 733014, China; 3. Hexi Institute of Ecology, Zhangye, Gansu

734000, China; 4. Key Laboratory of Resources and Environmental Chemistry of West Area, Zhangye, Gansu 734000, China)

Abstract: The effects of tree species (*Picea crassifolia*, *Pinus tabulaeformis*, and *Platycladus orientalis*) on gray-brown soil properties and water conservation in Qilian Mountains are studied. Results show that by total soil porosity, soil granular-structure, and soil clay content, tree species are in the order of *Picea crassifolia* > *Pinus tabulaeformis* > *Platycladus orientalis*; by soil density and soil sand content, in the order of *Picea crassifolia* > *Pinus tabulaeformis* > *Platycladus orientalis*; by soil organic matter and CEC, in the order of *Picea crassifolia* > *Pinus tabulaeformis* > *Platycladus orientalis*; by CaCO₃, pH, and total soil salt, in the order of *Picea crassifolia* > *Pinus tabulaeformis* > *Platycladus orientalis*; and by soil water storage and litter holding capacity, in the order of *Picea crassifolia* > *Pinus tabulaeformis* > *Platycladus orientalis*.

Keywords: coniferous forest; Qilian Mountains; gray-brown soil; soil physiochemical property; water conservation

祁连山位于青藏高原北缘, 地跨甘肃、青海 2 省。东经 97°25′—103°46′, 北纬 36°43′—39°36′, 东起乌鞘岭, 西至阿尔金山东段, 总面积 2.65×10⁶ hm², 林地面积 4.79×10⁵ hm²[1], 海拔高度 1 800~5 808 m, 雪线 4 200~5 000 m, 4 500 m 以上发育着现代冰川, 是甘肃、青海、内蒙诸内陆河的发源地。

祁连山 3 200~3 500 m 是灌木林植被带; 3 000~3 200 m 是阔叶林植被带; 2 650~3 000 m 是针叶林植被带。祁连山主要土壤类型有高山寒漠土、高山

草甸土、亚高山灌丛草甸土、高山草原土、亚高山草原土、森林灰褐土、山地黑钙土、山地栗钙土、山地棕钙土、山地灰钙土。

本文以祁连山的针叶林树种青海云杉 (*Picea crassifolia*)、油松 (*Pinus tabulaeformis*)、侧柏 (*Platycladus orientalis*) 为研究材料, 采集土样, 进行室内化验分析, 探讨不同针叶林树种对祁连山森林灰褐土理化性质和水分涵养功能的关系, 为祁连山水源涵养研究提供科学依据。

1 研究区概况与研究方法

1.1 试验地点概况

本研究试验地点位于祁连山西水林场, 海拔高度 2 950~3 750 m, 年均降水量 435.50 mm, 年均蒸发量 1 012 mm, 成土母质是残积—坡积物。土壤类型是森林灰褐土, 表层为枯枝落叶层, 其下是 5—10 cm 的苔藓层, 10—40 cm 是腐殖质层, 呈黑褐色, 40 cm 以下黏化层, 土色呈灰褐色。植被有青海云杉、油松、侧柏、山杨(*Populus davidiana*)、白桦(*Betula platyphylla*)、

红桦(*B. alblsinensis*)、金露梅(*Dasiphora fruticosa*)、银露梅(*D. davurica*)、小叶锦鸡儿(*Caragana microphylla*)、珠牙蓼(*Polygonum viviparum*)、针茅(*Stipa* spp)、棘豆(*Oxytropis* spp)等。

1.2 研究方法

1.2.1 样品采集区概况调查 以祁连山西水林场的针叶林树种青海云杉、油松、侧柏为研究对象, 根据树种分布位置、海拔高度设定标准样品采集区(10 m×10 m), 记录其坡度、海拔高度、林木高度、林木密度、郁闭度(表 1)。

表 1 样品采集区基本概况

林分	坡度/(°)	海拔高度/m	林木高度/m	林木密度/(株·hm ⁻²)	郁闭度
青海云杉	24~25	3 125	8.63	2 400	0.95
油松	22~24	3 125	7.59	1 800	0.81
侧柏	20~22	3 125	0.64	1 200	0.52

1.2.2 样品采集方法 于 2005—2007 年, 每年 11 月中旬(枯落物凋谢后)在标准样品采集区内按 S 形布点挖掘土壤剖面, 每个标准样品采集区挖掘 3 个土壤剖面, 采集 0—40 cm 土样 6 kg, 用四分法带回 1 kg 混合土样, 室内风干化验分析其理化性质(土壤容重、团粒结构用环刀取原状土)。在标准样品采集区对角线交点及四角处设面积为 100 cm×100 cm 的枯落物调查样方 5 个, 收集植被枯落物, 在室内测定最大持水率和最大持水量。

1.2.3 测定项目及方法^[3]

本研究各项目计算公式如下:

(1) 土壤容重: 环刀内湿土质量/(100+自然含水量%);

(2) 总孔隙度 = [(土壤密度 - 土壤容重)/土壤密度]×100;

(3) 毛管孔隙度 = 自然含水量% × 土壤容重;

(4) 非毛管孔隙度 = 总孔隙度 - 毛管孔隙度;

(5) 自然含水量 = [(湿土重 - 烘干土重)/烘干土重]×100;

(6) 土壤饱和蓄水量 = (面积×总孔隙度×土层深度);

(7) 土壤毛管蓄水量 = (面积×毛管孔隙度×土层深度);

(8) 土壤非毛管蓄水量按公式(面积×非毛管孔隙度×土层深度);

(9) 枯落物最大持水率 = [(浸水后枯落物质量 - 枯落物干质量)/枯落物干质量]×100%;

(10) 枯落物最大持水量 = (枯落物累积干质量×枯落物最大持水率)。

团粒结构采用约尔得法测定; 物理性砂粒、物理性黏粒采用鲍氏比重计法测定; 土壤有机质采用 K₂Cr₂O₇ 法测定; 阳离子交换量(CEC)采用 NH₄OAc—NH₄Cl 法测定; 全盐采用电导法测定(水:土为 5:1); pH 值采用酸度计法测定(水提); CaCO₃采用气量法测定。

1.2.4 数据统计方法 取 2005—2007 年平均数统计分析, 进行多重比较, LSR 检验。

2 结果与分析

2.1 不同树种对土壤物理性质的影响

从表 2 可以看出, 祁连山不同树种 0—40 cm 土层孔隙度、团粒结构、物理性黏粒含量变化顺序是: 青海云杉>油松>侧柏。土壤总孔隙度最大的是青海云杉, 平均为 50.56%, 最小的为侧柏, 平均为 41.13%。青海云杉与油松、侧柏比较, 总孔隙度分别增加了 5.28%和 9.43%。土壤毛管孔隙度最大的是青海云杉, 平均为 24.14%, 最小的为侧柏, 平均为 20.45%。青海云杉与油松、侧柏比较, 毛管孔隙度分别增加了 2.45%和 3.69%。土壤非毛管孔隙度最大的是青海云杉, 平均为 26.42, 最小的为侧柏, 平均为 20.68%, 青海云杉与油松、侧柏比较, 毛管孔隙度分别增加了 2.83%和 5.74%。土壤团粒结构最多的是青海云杉, 平均为 25.40%, 最少的为侧柏, 平均为 8.15%。青海云杉与油松、侧柏比较, 团粒结构分别增加了 10.17%和 17.25%。土壤物理性黏粒含量最多的是青海云杉, 平均为 26.62%, 最少的为侧柏, 平均为 10.18%。青海云杉与油松、侧柏比较, 物理性黏粒含量分别增加了 9.32%和 16.44%。土壤容重最小的是青海云杉, 平

均为 1.31 g/cm^3 ，最大的为侧柏，平均为 1.56 g/cm^3 。青海云杉与油松、侧柏比较，容重分别降低了 0.14 g/cm^3 和 0.25 g/cm^3 。土壤物理性砂粒含量最少的是青海云杉，平均为 20.69% ，最多的为侧柏，平均为 33.30% ，青海云杉与油松、侧柏比较，物理性砂粒含量分别降低了 8.27% 和 12.61% 。这主要是因

为青海云杉的林木密度和郁闭度大，根系多，由于根系的穿插使得土壤疏松，改善了土壤的孔隙状况和一系列物理性质。而油松、侧柏杉林木密度、郁闭度比青海云杉小，根系少，根系穿插作用小，土壤得不到改善，使得土壤容重大，孔隙度小。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 2)。

表 2 不同树种对土壤物理性质的影响

林分	采样深度/ cm	土壤容重/ ($\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$)	总孔隙 度/%	毛管孔隙 度/%	非毛管 孔隙度/%	> 0.25 mm 团粒结构/%	物理性 砂粒/%	物理性 黏粒/%
青海云杉	0—40	1.31cC	50.56aA	24.14aA	26.42aA	25.40aA	20.69cC	26.62aA
油松	0—40	1.45bB	45.28bB	21.69bB	23.59bB	15.23bB	28.96bB	17.30bB
侧柏	0—40	1.56aA	41.13cC	20.45cB	20.68cC	8.15cC	33.30aA	10.18cC

注: A, B, C 为 $\text{LSR}_{0.01}$; a, b, c 为 $\text{LSR}_{0.05}$ 显著差异水平。下同。

2.2 不同树种对土壤蓄水量的影响

从表 3 可以看出，不同树种土壤水源涵养功能有明显的差异^[3-6]，土壤蓄水量变化顺序是青海云杉 > 油松 > 侧柏。其中，青海云杉 0—40 cm 土层自然含水量、饱和蓄水量、毛管蓄水量和非毛管蓄水量分别为 184.28 g/kg 、 2022.40 t/hm^2 、 965.60 t/hm^2 和 1056.80 t/hm^2 ；与油松比较，分别增加了 34.65 g/

kg 、 211.20 t/hm^2 、 98.00 t/hm^2 和 113.20 t/hm^2 ；与侧柏比较，分别增加了 53.19 g/kg 、 377.20 t/hm^2 、 147.60 t/hm^2 和 229.60 t/hm^2 。分析这一结果产生的原因是青海云杉地表枯落物累积厚度、枯落物累积干质量、土壤毛管孔隙度比油松、侧柏大，因而提高了土壤的蓄水量。处理间的差异显著性经 LSR 检验，达到显著和极显著水平(表 3)。

表 3 不同树种对土壤蓄水量的影响

林分	采样深度/ cm	自然含水量/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	饱和蓄水量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	毛管蓄水量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	非毛管蓄水量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)
青海云杉	0—40	184.28aA	2022.40aA	965.60aA	1056.80aA
油松	0—40	149.63bB	1811.20bB	867.60bB	943.60bA
侧柏	0—40	131.09cC	1645.20cC	818.00cB	827.20cB

2.3 不同树种枯落物持水量

地表枯落物是土壤涵养水源的主要物质^[7-8]，不同树种枯落物持水量变化顺序是青海云杉 > 油松 > 侧柏，这是因为青海云杉林木密度和郁闭度大，枯落物累积数量多。从表 4 可以看出，青海云杉枯落物累积厚度、枯落物累积干质量、最大持水量、最大持水率

分别为 5.24 cm 、 17.22 t/hm^2 、 37.88 t/hm^2 和 219.98% ，与油松比较，分别增加了 1.68 cm 、 7.98 t/hm^2 、 19.95 t/hm^2 和 21.60% ；与侧柏比较，分别增加了 4.38 cm 、 14.68 t/hm^2 、 26.98 t/hm^2 和 39.27% 。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 4)。

表 4 不同树种枯落物持水量

林分	枯落物累积厚度/ cm	枯落物累积干质量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	浸水后枯落物质量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	最大持水量/ ($\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$)	最大持水率/ %
青海云杉	5.24aA	17.22aA	55.10aA	37.88aA	219.98aA
油松	3.56bB	9.24bB	27.56bB	17.93bB	198.38bB
侧柏	0.86cC	2.54cC	7.13cC	4.59cC	180.71cC

2.4 不同树种对土壤化学性质的影响

从表 5 可以看出，土壤有机质、CEC 变化顺序是：青海云杉 > 油松 > 侧柏。其中，青海云杉 0—40 cm 土层有机质、CEC 分别为 172.40 g/kg 和 28.15 cmol/kg ，

与油松比较，分别增加了 43.10 g/kg 和 4.22 cmol/kg ，与侧柏比较，分别增加了 71.55 g/kg 和 7.81 cmol/kg 。而 CaCO_3 含量、pH 值、全盐变化顺序是：侧柏 > 油松 > 青海云杉，其中青海云杉 0—40 cm 土层 CaCO_3 含

量、pH 值、全盐含量分别为 162.40, 6.83 和 3.51 g/kg, 与油松比较, 分别降低了 16.24, 0.68, 0.70 g/kg; 与侧柏比较, 分别降低了 34.10, 0.91 和 1.12 g/kg。分析这一结果产生的原因, 一是青海云杉林木密度、郁闭度大, 地表枯落物累积厚度和枯落物累积干质量

比油松、侧柏大, 因而提高了土壤的有机质和 CEC。二是青海云杉根系多, 土壤疏松, 孔隙度大, 雨水的淋溶强度大, CaCO₃ 向下淋溶后降低了土壤的 pH 和全盐。处理间的差异显著性经 LSR 检验达到显著和极显著水平(表 5)。

表 5 不同树种对土壤化学性质的影响

林分	采样深度/ cm	有机质含量/ (g · kg ⁻¹)	CEC/ (cmol · kg ⁻¹)	pH 值	CaCO ₃ 含量/ (g · kg ⁻¹)	全盐/ (g · kg ⁻¹)
青海云杉	0—40	172.40aA	28.15aA	6.83cA	162.40cC	3.51cA
油松	0—40	129.30bB	23.93bB	7.51bA	178.64bB	4.21bA
侧柏	0—40	100.85cC	20.34cC	7.74aA	196.50aA	4.63aA

3 结论

青海云杉、油松、侧柏 3 种树种的土壤理化性质和 水源涵养功能具有明显的差异。土壤孔隙度、团粒结构、物理性黏粒变化顺序为青海云杉>油松>侧柏, 而土壤容重、物理性砂粒变化顺序为侧柏>油松>青海云杉; 土壤有机质、CEC 变化顺序为青海云杉>油松>侧柏, 而 CaCO₃ 含量、pH 值、全盐变化顺序为侧柏>油松>青海云杉。土壤蓄水量和树种枯落物持水量变化顺序为青海云杉>油松>侧柏。

[参 考 文 献]

[1] 中国科学院兰州沙漠研究所河西考察队. 甘肃省河西地区水土资源的合理开发利用[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 2-8.

[2] 张万儒. 森林土壤分析方法[M]. 北京: 中国标准出版社, 1999: 56-68.

[3] 安韶山, 常庆瑞, 李壁成. 不同林龄植被培肥改良土壤效益研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(3): 75-77.

[4] 张社奇, 王国栋, 时新玲. 黄土高原油松人工林地土壤水分物理性质研究[J]. 干旱地区农业研究, 2005, 23(1): 60-63.

[5] 林德喜, 樊后保, 苏兵强. 马尾松下套种阔叶林对土壤理化性质的影响[J]. 土壤学报, 2004, 41(4): 655-659.

[6] 庞学勇, 刘世全, 刘庆. 川西亚高山人工云杉林有机物和养分库的退化与调控[J]. 土壤学报, 2004, 41(1): 126-132.

[7] 郑祥, 鲍毅新, 孔军苗. 金华北山阔叶林大型土壤动物群落的初步研究[J]. 土壤, 2005, 37(5): 551-554.

[8] 于东升, 史学正, 王洪杰, 等. 发生分类高山土与系统分类参比特征[J]. 土壤, 2005, 37(6): 613-619.

(上接第 38 页)

[8] 李月臣, 刘春霞, 赵纯勇, 等. 三峡库区重庆段水土流失的时空格局特征[J]. 地理学报, 2008, 63(5): 502-513.

[9] 张明阳, 王克林, 陈洪松. 基于 RS 和 GIS 的喀斯特区域水土流失动态监测与分析: 以广西环江县为例[J]. 资源科学, 2007, 29(3): 124-131.

[10] 许月卿, 彭建. 贵州猫跳河流域土地利用变化及其对土壤侵蚀的影响[J]. 资源科学, 2008, 30(8): 1218-1225.

[11] 邱扬, 傅伯杰, 王军, 等. 黄土丘陵小流域土壤侵蚀的时空变异及其影响因子[J]. 生态学报, 2004, 24(9): 1872-1877.

[12] 梁音, 潘贤章, 孙波. 42 年来兴宁县土壤侵蚀时空变化规律研究[J]. 水土保持通报, 2006, 26(6): 24-24.

[13] 陈利顶, 刘洋, 吕一河, 等. 景观生态学中的格局分析: 现状、困境与未来[J]. 生态学报, 2008, 28(11): 5521-5531.

[14] 姜鲁光, 张祖陆. 基于地貌演进背景的流域自然与人为侵蚀定量评估: 以鲁中南山地为例[J]. 山地学报, 2005, 23(4): 462-468.

[15] 孙希华, 姚孝友, 周虹, 等. 基于 DEM 的山东沂沭泗河流域地貌演化与水土流失研究[J]. 水土保持通报, 2005, 25(4): 24-28.

[16] 中华人民共和国水利部. 土壤侵蚀分类分级标准 SL190-96[J]. 北京: 中国水利水电出版社, 1997.

[17] 岳彩英, 田昆, 徐天蜀. 利用卫星遥感和 GIS 技术进行昭通地区土壤侵蚀调查研究[J]. 水土保持通报, 2003, 23(2): 36-39.

[18] 谭炳香, 李增元, 王彦辉, 等. 基于遥感数据的流域土壤侵蚀强度快速估测方法[J]. 遥感技术与应用, 2005, 20(2): 215-220.

[19] 彭征, 廖和平, 郭月婷, 等. 山地城市土地覆盖变化对地表温度的影响[J]. 地理研究, 2009, 28(3): 674-684.

[20] Yang Q K, David JUPP, Li Rui, et al. Re-scaling lower resolution slopes by histogram Matching. Advances in Digital Terrain Analysis[M]. Springer Berlin Heidelberg, 2008: 193-210.