

川西亚高山3种不同林分类型对土壤理化性质的影响

张发会¹ 吴雪仙¹ 蔡小虎¹ 王琛²

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 四川南河国家湿地公园管理处, 四川 广元 628000)

摘要:以四川省理县凉台沟3种不同林型(冷杉纯林、桦木纯林和冷桦混交林)0~40 cm土层为研究对象,探讨不同林型的土壤理化性质变化规律,旨在为该区的人工林可持续发展提供理论依据。研究表明:(1)土壤含水量随土层的加深而逐渐减少,其大小冷桦混交林>桦木纯林>冷杉纯林。(2)各林型土壤机械组成颗粒含量的变化均是砂粒>粉粒>粘粒;土壤中砂粒含量为冷杉纯林>桦木纯林>冷桦混交林,而粗粉粒、细粉粒和粘粒则呈现相反的趋势。(3)土壤pH值介于5.3~5.8之间,3种林型pH值随土层深度的增加而增大,但差异均不显著,其中冷杉林的pH值最低,混交林的pH值最高;(4)3种林型土壤有机质、全N、有效P和速效K均随土层深度的增加而减少,呈现明显的“表聚”现象,其含量表现为:桦木纯林>冷桦混交林>冷杉纯林

关键词:川西山地;不同林型;土壤理化性质

中图分类号:S714

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2015)03-0008-05

The Influence of Three Different Forest Types on Soil Physical and Chemical Properties in Subalpine Areas of Western Sichuan

ZHANG Fa-hui¹ WU Xue-xian¹ CAI Xiao-hu¹ WANG Chen²

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan;

2. Sichuan Nanhe National Wetland Park Management Office, Guangyuan 628000, Sichuan)

Abstract: In this paper, taking the soil layer of zero to 4 cm thickness of 3 different forest types (pure fir forest, pure birch forest and mixed forest of birch and fir) in Liangtaigou of Lixian County of Sichuan as the research object, researches were conducted on the change rule of soil physical and chemical properties of the different forest types in order to provide theoretical basis for the sustainable development of artificial forests. The results of the study showed that (1) their soil water content decreased with the increase of the soil depth: mixed forest > pure birch forest > pure fir forest (2) changes of particle content in soil mechanical composition of different forest types were as follows: sand > silt > clay, and the sand content in the soil: pure fir forest > pure birch forest > mixed forest of birch and fir, and yet coarse silt, fine silt and clay displayed an opposite trend (3) The soil pH value was between 5.3 ~ 5.8, pH value of 3 forest types increased with the increasing of soil depth, but there was no significant difference in the pH value. Among them, the pH value of fir forest was the lowest and the pH value of mixed forest was the highest; (4) 3 kinds of soil organic matter, total N, available P and available K all decreased with the increase of the soil depth, showing obvious "accumulation" phenomenon. Their contents were as follows: pure birch forest > mixed forest of birch and fir > pure fir forest.

Key words: Mountain areas in western Sichuan, Different forest types, The physicochemical properties of soil

收稿日期:2015-04-27

基金项目:川西山地退化风景林生态恢复关键技术研究示范(201104026)。

作者简介:张发会(1980-),男,本科,工程师,主要从事森林培育及林业技术工作。

森林土壤是林木生长发育的基础,是森林生态系统营养元素转化的重要枢纽,其生产力水平决定着森林的生物产量和功能的发挥^[1]。四川西部亚高山针叶林是四川森林的主体,主要分布在长江上游的金沙江及支流雅砻江、岷江等流域,是长江上游重要的水源涵养和水土保持林,对该区域以及长江中、下游地区的生态平衡起着重大调节作用。但自 20 世纪 40 年代以来,该区域原始林被大规模采伐,其生态屏障功能逐步减弱,随后陆续在皆伐迹地上营造云杉、冷杉林进行人工恢复和部分自恢复形成的次生林。人工林和次生林在恢复过程中,群落结构和生态功能逐渐表现出不同程度的差异。有研究资料表明,人工林由于树种结构单一,生物多样性低下,导致生态功能难以维持,土壤肥力下降和土壤酸化等问题^[2,3]。本文通过对川西理县凉台沟 3 种林型(冷杉纯林、桦木纯林、冷杉-桦木混交林)土壤理化性质的研究,来探讨不同林型土壤理化性质的变化规律,旨在为该区的不同人工林可持续发展提供理论依据。

1 研究区概况

研究区位于理县凉台沟,地处青红叶、杜鹃花种类繁多,溪水潺潺,森林原始,瀑布飞挂,冰川奇特,青藏高原东南部,邛崃山脉主峰北段,海拔高度 2 015 m~5 922 m,距成都 221 km,距县城 20 km。集清泉、高山、峡谷、瀑布、雪山、原始森林等自然风光于一体。景区内,气候属于山地型立体气候,春夏季降水量多,冬季无霜期短,年降水雨量在 650 m~1 000 mm 之间,河谷地带年均气温 6.9℃~11℃。

调查地位于凉台沟坡中部,立地条件较好,土层和枯落物层较厚,植被郁闭度较高,样地内以岷江杉(*Abies faxoniana* Rehd. et Wils.) 为优势种,乔木层其它树种主要有桦木(*Betula* spp.)、云杉(*Picea spicata* Mast.)、四川红杉(*Larix mastersiana* Rehd. et Wils.)、高山杜鹃(*Rhododendron lapponicum* (L) Wahl.)、野樱桃(*Cerasus szechuanica* (Batal.) Yü et al.)、高山柏(*Sabina squamata* (Buch. Hamilt.) Ant.) 等,常见林下植被有悬钩子(*Rubus phoenicolas* Maxim.)、扁刺峨眉蔷薇(*Rosa omeiensis pteracantha* Rehd. et Wils.)、无距兰(*Aceratorchlis tschiliensis* Schltr.)、杜鹃(*Rhododendron* spp.)、鹿蹄草(*Pyrola rotundifolia* subsp. *chinensis* H. Andres)、唐特忍冬(*Lonicera tangutica* Maxim.)、马先蒿(*Pedicularis* sp.) 等。

2 研究方法

2.1 样地选取及土壤样品采集

在冷杉纯林、桦木纯林和冷杉混交林的坡度、坡位和海拔等立地因子基本一致且林分年龄变化不大(30a 左右)的前提下,选取具有代表性的冷杉纯林、桦木纯林、冷杉-桦木混交的针阔混交林样地进行土壤样品的采集。分上、中、下 3 个坡位采集土壤样品,采样深度为 40 cm(分 0~20 cm 和 20 cm~40 cm),装入布袋带回实验室风干、磨碎以供土壤各项指标测定。每种样地设置 3 次重复,土壤样品的采集时间为 2012 年 7 月中旬。样地基本特征如表 1。

表 1 样地基本情况

Tab. 1 The basic situation of the sample site

林型	海拔 (m)	坡度 (°)	坡位	郁闭度	主要树种组成
冷杉纯林	3 500	23	中	0.6	冷杉
	3 500	20	中	0.6	冷杉
	3 500	25	中	0.7	冷杉
桦木纯林	3 460	22	中	0.6	桦木
	3 460	20	中	0.7	桦木
	3 460	18	中	0.6	桦木
针阔混交林	3 450	20	中	0.6	冷杉、桦木
	3 450	25	中	0.6	冷杉、桦木
	3 450	22	中	0.6	冷杉、桦木

2.2 测定项目及方法

2.2.1 土壤水分质量测定

每个样地内取 3 个土壤样品,每 20 cm 取样,取样深度为 40 cm。土壤水分测定采用烘干法。

2.2.2 土壤 pH 值测定

取土壤样品,风干后研磨过 0.2 mm 的筛测定 pH 值,土壤 pH 值采用 pH 计测定,每个样品重复 3 次。

2.2.3 土壤机械组成测定

用吸管法测定。

2.2.4 土壤养分含量测定

将风干后的土壤样品研磨、压碎、过 0.25 mm 的筛以测定各项指标。土壤全氮采用凯氏定氮法测定,有机质、全氮、全磷、全钾、交换性钙和交换性镁按常规方法测定。

3 结果与分析

3.1 3 种不同林型对土壤物理特性的影响

3.1.1 3 种不同林型对土壤水分的影响

3 种不同林型对土壤物理性质的影响不同(图 1)。

3种林型 0~40 cm 土层冷桦混交林的土壤含水率显著高于冷杉纯林和桦木纯林。而桦木纯林的土壤含水率又高于冷杉纯林。这说明改善 0~40 cm 土壤的含水率混交林优于纯林。对于不同土层来说,3种林型土壤含水率随着土层厚度的加深逐渐减少,可见不同林型土壤表层均含有较高的土壤水分,而混交林土壤表层的含水率较纯林增加了 19.48%~32.41%。这说明冷桦混交林显著提高了土壤含水率,使林地土壤的蓄水能力提高,从而为混交林地的植被生长提供良好的水分环境。

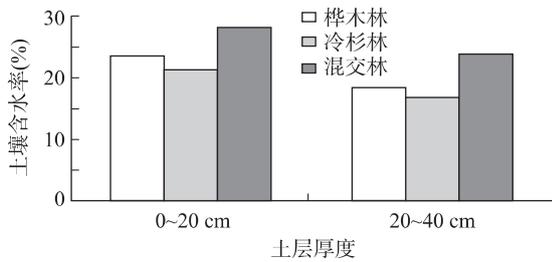


图1 3种不同林型土壤含水率变化

3.1.2 3种不同林型对土壤机械组成的影响

3种不同林型土壤机械组成分析结果(表2)表明,各林型土壤砂粒含量在 72.09%~79.38%之间,无论是表层(0~20 cm)土壤还是第二层土壤(20 cm~40 cm),其土壤颗粒含量的变化均是砂粒>粉粒>粘粒。从水分布看,土壤中砂粒含量为冷杉纯林>桦木纯林>冷桦混交林,而粉粒和粘粒则呈现相反的趋势,这说明针阔混交能改善土壤的质地。从垂直分布看,土壤砂粒含量为表层<第二层,粉粒和粘粒则是表层>第二层。这说明不同林型对土壤颗粒组成有一定的影响。也反映出不同林型对生态环境和土壤质地的要求和适应,以及对土壤物理性状的改善作用。

表2 3种不同林型土壤的机械组成

Tab.2 Soil mechanical composition of 3 different forest types

林型	土层厚度 (cm)	颗粒组成(%)		
		2.0mm ~ 0.02mm	0.02mm ~ 0.002mm	<0.002mm
		砂粒	粉粒	粘粒
冷桦混交林	0~20	72.09	14.7	13.21
冷桦混交林	20~40	73.92	13.29	12.79
桦木纯林	0~20	73.9	14.05	12.05
桦木纯林	20~40	75.82	13.07	11.11
冷杉纯林	0~20	75.78	13.17	11.05
冷杉纯林	20~40	79.38	12.86	7.76

3.2 3种不同林型对土壤化学性质的影响

3.2.1 土壤 pH 值的变化

3种不同林型土壤 pH 值变化不大,但3种林型

均随着土层深度的增加 pH 值逐渐增大(图2),pH 值的变化范围在 5.3~5.8 之间。从 0~40 cm 土层来看,混交林的 pH 值最高,冷杉纯林的 pH 值最低。在 20 cm~40 cm 土层,混交林的 pH 值最高,为 5.8。这说明针阔混交在一定程度上能降低土壤的酸度,而土壤酸性的增加意味着土壤肥力得到提高,这有利于森林更新^[4]。

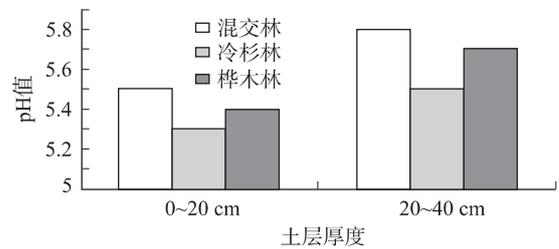


图2 3种不同林型土壤 pH 值变化

3.2.2 土壤有机质、土壤全 N 的变化

土壤有机质是衡量土壤肥力的重要指标之一。它主要来源于地上植物的凋落及地下根系,是指示土壤肥力与健康的关键指标,在维持土壤结构、供应土壤养分等方面起重要的作用^[7]。本研究中,3种不同林型土壤有机质、土壤全 N 的含量随着土层深度的增加呈下降趋势,并且土壤有机质和全 N 含量呈现明显的“表聚”现象。混交林地土壤有机质和全 N 的垂直变较小,而冷杉纯林、桦木纯林的土壤有机质和全 N 含量变化比较明显,其中,桦木纯林和冷杉-桦木混交林表层(0~20 cm)土壤有机质含量较冷杉林提高了 13.69%~151.18%,土壤全 N 含量提高了 10.11%~166.29%。对3种林型来说,土壤有机质和全 N 含量均表现为:桦木林>混交林>冷杉林。从不同土层深度来看,混交林和桦木纯林的土壤有机质和全 N 含量均高于冷杉纯林,这说明阔叶林和混交林能有效提高林分土壤肥力和改善土壤性质,有利于林分的稳定。

3.2.3 土壤有效 P 和速效 K 的变化

林地速效养分主要受凋落物的影响较大,所以土壤有效 P 及速效 K 养分含量均为林下凋落物较多的桦木纯林和混交林。如表3所示,混交林与两种纯林相比,土壤有效 P 在 0~40 cm 土层中存在较大差异,变幅在 7.33 mg·kg⁻¹~14.32 mg·kg⁻¹,3种林型中,土壤有效 P 的含量随着土层深度的增加逐渐减少,桦木纯林减得最多,其次是针阔混交林,减得最少的是冷杉纯林。

表 3 不同林分土壤养分含量变化

Tab. 3 Changes of soil nutrient contents of different forests

林分类型	土层厚度 (cm)	有机质 ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	全 N ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)	有效 P ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)	速效 K ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$)
混交林	0~20	193.5	5.88	21.93	477.5
	20~40	122.3	4.28	11.3	297.2
冷杉林纯林	0~20	170.2	5.34	20.59	275.1
	20~40	54.33	1.34	13.26	91.41
桦木林纯林	0~20	427.5	14.22	47.08	528.5
	20~40	203.2	6.23	32.76	208.1

土壤速效 K 是植物生长过程中易被较快吸收利用的钾素形态,其含量的高低是判断土壤钾素元素丰缺的重要指标^[6],它能真实反应土壤中钾素的供应情况。由表 3 可以看出,土壤速效 K 的含量在不同林型及不同土壤变化差异较大,且均随着土层加深含量降低。3 种林型中,土壤速效 K 变化范围在 $91.41 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1} \sim 528.5 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 之间,其中 桦木纯林 > 混交林 > 冷杉纯林,且在 0~40 cm 土层中,针阔混交林和阔叶桦木纯林土壤速效钾的含量显著高于冷杉纯林,这说明阔叶林和针阔混交林显著提高了土壤速效 K 含量。

4 讨论

土壤水分是森林土壤的一个重要组成部分,它积极参与土壤中物质的转化和代谢过程,并在母岩风化和土壤形成过程中起着重要作用。研究发现 3 种林型土壤含水量均随着土层深度增加而减小,这是因为一般林地地表凋落物层较厚,土壤蒸发量少,所以表层土壤贮存水分较多,并高于深层,这与许多学者研究结果一致^[7,8]。但不同的林型土壤持水能力不同,本研究中 0~40 cm 土层冷桦混交林土壤含水量显著高于冷杉纯林和桦木纯林,这可能是因为针阔混交后林下地被物和凋落物增加,这就减少了土壤水分的蒸发量及地表径流的产生所致。

土壤颗粒组成又称土壤质地或土壤机械组成,它不仅影响土壤的理化性质和生物学特性,与植物生长所需的环境条件及养分供给关系十分密切^[9]。本研究中,土壤中砂粒含量为冷杉纯林 > 桦木纯林 > 冷桦混交林,而粉粒和粘粒的含量则相反,这是因为不同的林分类型其树种特性不一样,改善了其林地的生长环境所致。

土壤酸碱度是土壤的重要化学性质,pH 值虽不能直接表明土壤中某种养分的量,但它的大小可控

制和影响土壤中微生物区系的改变,从而左右着绝大多数营养元素的转化方向、转化过程、形态及其有效性^[10]。已有研究表明,单纯营造针叶林,将会导致土壤 pH 值逐渐降低,林地土壤酸化,土壤板结,从而破坏土壤的物理结构,不利于土壤养分的保存和积累^[8,9]。本研究中,3 种林型的 pH 值均在 5.3~5.8 之间,不同林型间 pH 值差异未达到显著水平,其中冷杉纯林的土壤 pH 值最低,针阔混交林和阔叶林较高于针叶纯林,尤其是混交林在 0~40 cm 土层其 pH 值为最高,这表明混交林增加了林地凋落物的数量,改善了土壤孔隙度,促进了凋落物养分的分解与转化速率,使更多的养分归还于土壤,从而降低了混交林地土壤的酸性。

本研究中 3 种林型土壤有机质和全氮含量随土层深度的增加呈下降趋势,其养分含量具有“表聚性”的特征,这与许多研究对不同类型森林土壤养分状况的影响结果一致^[10,12]。森林土壤养分状况反映了森林对土壤的影响结果,又是衡量土壤肥力质量的主要因素。它的主要养分来源一方面土壤本身经微生物分解、矿化得到养分,另一方面便是林地表面植物凋落物及树木、草本植物等的根系^[13]。一般植物的根系主要分布于土壤表层,而林地植物的凋落物也主要集中在土壤表层,这些枯枝落叶可以释放大量的养分元素,导致土壤表层有机质积累量较多,随着土层深度的增加,植物根系分布减少,有机质来源减少,故而呈现出大多数土壤养分含量随土层深度的增加而递减的趋势。在 3 种不同林型中,冷杉纯林的土壤有机质及全 N 含量最低且随土层深度变化较大,其主要原因可能是冷杉纯林树种单一,林下植被少,凋落物归还量少,且冷杉针叶质地粗硬,纤维素含量高,表皮富被蜡质层,且透水性能差,以及其高的 C/N 比,导致其凋落物分解速度慢,含氮素少等,从而影响了有机质在土壤中的积累^[21],使得冷杉纯林表层土壤有机质及全 N 含量仅为 $170.20 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 和 $5.34 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ 显著低于桦木纯林和混交林。桦木纯林虽然也是纯林,但是其凋落物分解速度快,因而能快速增加土壤养分,提高土壤有机质含量,促进养分的良性循环;同理冷杉和桦木混交后,提高了物种的多样性,增加了林地表面凋落物的数量,同时借助阔叶树的凋落物分解速度快的特点来增加土壤的养分,也能有效的提高土壤有机质含量,促进林地养分的良性循环,因此阔叶纯林

和针阔混交林较针叶纯林表层土壤有机提高了151.18%和13.69%,全N含量提高了166.29%和10.11%。

土壤有效养分含量受土壤母质类型、所处的气候环境以及植被类型等多种因素共同影响。研究发现3种林型土壤有效P和速效K的含量在不同林型及不同土层变化较大,其大小均为桦木纯林>冷桦混交林>冷杉纯林,这与不同的树种特性有关。有效P和速效K的含量均随着土层加深而降低,这是因为在上层土壤中,有机质含量较高,N、P等营养元素来源丰富的缘故。

5 结论

(1) 3种林型土壤水分含量随土层的加深而逐渐减小,0~40 cm土层土壤水分含量大小为:冷杉-桦木混交林>桦木纯林>冷杉纯林,其中冷杉-桦木混交林的水分含量显著高于纯林。冷杉-桦木混交林表层(0~20 cm)土壤含水量较其阔叶纯林和针叶纯林分别增加了19.48%和32.41%。

(2) 3种林型土壤颗粒组成含量分布为砂粒>粉粒>粘粒,土壤中砂粒含量为冷杉纯林>桦木纯林>冷桦混交林,而粉粒和粘粒则呈现相反的趋势,这说明针阔混交能改善土壤的质地。

(3) 3种林型土壤pH值随土层深度的增加而增大,pH值都介于5.3~5.8之间,呈酸性,3种pH值差异不显著,其中冷杉-桦木混交林土壤pH值最高,为5.8,说明混交林可在一定程度上降低土壤的酸性。

(4) 3种林型的土壤有机质、全氮、有效磷和速效钾的含量均随着土层深度的增加而减少,呈现明显的“表聚”现象。其土壤有机质及全N含量表现

为:桦木林>混交林>冷杉林。桦木纯林和冷杉-桦木混交林表层(0~20 cm)土壤有机质含量较冷杉林提高了13.69%~151.18%,土壤全N含量提高了10.11%~166.29%。土壤有效P及速效K养分含量也均为桦木纯林含量较高,冷杉纯林最低。

参考文献:

- [1] 鲁顺保,周小奇,芮亦超,等.森林类型对土壤有机质、微生物生物量及酶活性的影响[J].应用生态学报,2011,22(10):2567~2573.
- [2] 刘庆. Advances in research on restoration and rehabilitation of ecotone in eastern Qinghai-Tibetan Plateau, 1999.
- [3] 吴彦,刘庆,乔永康,等.亚高山针叶林不同恢复阶段群落物种多样性变化及其对土壤理化性质的影响[J].植物生态学,2001(06):648~655.
- [4] 谷会岩,金靖博,陈祥伟,等.采伐干扰对大兴安岭北坡兴安落叶松林土壤化学性质的影响[J].土壤通报,2009,40(2):272~275.
- [5] 张勇,庞学勇,包维楷,等.土壤有机质及其研究方法综述[J].世界科技研究进展,2005,27(5):72~78.
- [6] 程瑞梅,肖文发,王晓荣,等.三峡库区植被不同演替阶段的土壤养分特征[J].林业科学,2010,46(9):1~6.
- [7] 魏强,凌雷,柴春山,等.甘肃兴隆山森林演替过程中的土壤理化性质[J].生态学报,2012,32(15):4700~4713.
- [8] 方伟东,亢新刚,赵浩彦,等.长白山地区不同林型土壤特性及水源涵养功能[J].北京林业大学学报,2011,33(4):40~47.
- [9] 黄昌勇.土壤学,2000.
- [10] 谷思玉,汪睿,谷邵臣,等.不同类型红松林土壤基础肥力特征分析[J].水土保持通报,2012,32(3):73~76.
- [11] 杨晓娟,王海燕,刘玲,等.东北过伐林区不同林分类型土壤肥力质量评价研究[J].生态环境学报,2012,21(9):1553~1560.
- [12] 秦娟,唐心红,杨雪梅,等.马尾松不同林型对土壤理化性质的影响[J].生态环境学报,2013,22(4):598~604.
- [13] 邓仕坚,张家武,陈楚莹,等.不同树种混交林及其纯林对土壤理化性质影响的研究[J].应用生态学报,1994,5(2):126~132.