

吉林省东部低山丘陵区 4 种林分类型 林地的土壤肥力分析

杨晓娟, 王海燕, 刘玲, 李旭, 李卫松

(北京林业大学 水土保持学院 教育部水土保持与荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

摘要: 根据吉林省东部低山丘陵区汪清林业局金仓林场中 4 种主要林分类型(长白落叶松天然林、长白落叶松人工林、天然针阔混交林和天然阔叶混交林)的土壤肥力调查数据,分析和比较了 4 种林分类型林地的土壤物理和化学性质,并采用主成分分析评价了其土壤肥力状况。(1) 随土壤深度增加,土壤容重和土壤 pH 值增大,而土壤含水量、阳离子交换量和养分含量减少,但其在不同林分下的变化程度不同;(2) 林分类型对部分土壤化学性质(如土壤 CEC、有机质、全氮和速效钾)影响显著。其中,天然针阔混交林的土壤含水量、土壤 pH 值、阳离子交换量、有机质含量及全氮、磷、钾含量均为最高;(3) 采用主成分分析法对不同林分类型的林地土壤肥力状况进行了评价,结果发现土壤肥力状况为:天然针阔混交林>长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林。建议在经营现有的林分时,考虑近自然育林,及时进行林下补植更新,并营造针阔混交林,以改善该区林地土壤的肥力状况。

关键词: 长白山区; 林分类型; 土壤肥力评价; 主成分分析

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2013)04-0142-07

中图分类号: S714.5

Soil Fertility Under Four Forest Stand Types in Low Hills of Eastern Jilin Province

YANG Xiao-juan, WANG Hai-yan, LIU Ling, LI Xu, LI Wei-song

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Key Lab of

Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Ministry of Education, Beijing 100083, China)

Abstract: According to the soil fertility data of four main stand types(natural korean larch forest, korean larch plantation, natural mixed coniferous and broad-leaved forest and natural mixed broad-leaved forest) recorded in Jincang forest farm, which is administrated by Wangqing Forest Bureau, Jilin Province, analysis and comparison of soil physico-chemical properties were carried out, and the fertility of soils in the above stands was further assessed with principal component analysis. The results are as follows: (1) Soil bulk density and soil pH vaule increased while soil water content, cation exchange capacity(CEC) and nutrients content decreased with the soil depth in various degree in different forest stands. (2) Forest stand types had significant effects on some soil as for the chemical properties such as soil CEC, organic matter content, total N and rapidly available K($p < 0.05$), of which the highest soil water content, soil pH vaule, CEC, soil organic matter, total N, total P and total K were found in natural mixed coniferous and broad-leaved forest. (3) The soil fertility assessment with principal component analysis showed that soil fertility for four main forest types is in the decreasing order with natural mixed coniferous and broad-leaved forest>natural korean larch forest >korean larch plantation>natural mixed broad-leaved forest. Therefore, close to nature silviculture, timely artificial regeneration and restoration, mixed coniferous and broad-leaved forest construction are suggested to improve the general fertility quality of main forest stand types in the study area.

Keywords: Changbai Mountain; forest stand types; soil fertility assessment; principal component analysis

收稿日期:2012-08-19

修回日期:2012-10-06

资助项目:国家林业局公益性行业科研项目“我国典型森林类型健康经营关键技术研究”(20100400201);中央高校基本科研业务费专项资金资助(TD2011-2);国家基础科学(973)发展计划项目“天然森林和草地土壤碳储量及时空格局”(2011CB403201)

作者简介:杨晓娟(1987—),女(壮族),云南省华坪县人,硕士研究生,研究方向为土壤学和植物营养学。E-mail:tongda1984@126.com。

通信作者:王海燕(1972—),女(汉族),湖北省浠水县人,博士,副教授,研究方向为土壤学和植物营养学。E-mail:haiyanwang72@aliyun.com。

森林土壤是森林生态的重要组成部分,是森林生态系统物质循环的重要环节,直接关系到森林的生长情况^[1]。森林土壤的肥力状况影响着林木的健康生长,森林的衰退与土壤肥力的退化有着密切的联系^[2],而土壤肥力水平与构成林分树种及树种组成、林分结构等林分因子有密切关系^[3],并对森林生产力具有决定性的影响,长期地维持和提高森林土壤肥力已成为森林生态系统稳定和林业可持续发展的关键^[4]。因此,对不同林分类型土壤肥力特征的了解,可及时为森林的可持续经营提供依据。

东北林区占全国森林面积的31.4%,是我国重要的木材生产基地^[5]。对东北林区土壤的研究,有助于该地区林业的可持续发展。目前,针对东北地区的森林土壤研究,主要集中在土壤水分、土壤有机碳和土壤动物等方面^[6-9],就土壤肥力方面,大多数集中于某一种特定林分类型,如落叶松人工林^[10-11]等,而对于该地区不同林分类型土壤肥力状况的研究报道尚不多见。因此,本研究以吉林省汪清林业局金仓林场主要林分类型为研究对象,对土壤理化性质进行调查和分析,探讨不同林分类型与土壤理化性状间的关系以及不同林分类型林地土壤养分的变化规律,以期为该区域森林经营管理提供依据。

1 研究区概况

研究区位于吉林省东部低山丘陵区的汪清林业局金仓林场(130°23′—130°37′E,43°18′—43°24′N),属于长白山系的中低丘陵区,区内的地形中部高、四周低,平均海拔为806 m。该区域地处北温带季风区,属大陆性季风气候。年平均温度3.9℃,日照时间每年2 351 h,无霜期一般110~130 d。降水很丰

富,年平均降水量547 mm,其中60%~70%集中在6—9月份。山地土壤类型以暗棕壤为主,成土母质主要为花岗岩、片麻岩以及玄武岩的残积物和坡积物,部分地区为洪积物和冲积物,土壤垂直变化明显。林分类型主要包括落叶松人工林、落叶松天然林、天然针阔混交林、天然阔叶混交林,主要的乔木树种有:长白落叶松(*Larix olgensis*)、红松(*Pinus koraiensis*)、白桦(*Betula platyphylla*)、五角槭(*Acer mono*)、紫椴(*Tilia amurensis*)、水曲柳(*Fraxinus mandshurica*)、蒙古栎(*Quercus mongolica*)、色赤杨(*Alnus tinctoria*)等;林下灌木主要有绣线菊(*Spiraea salicifolia*)、野刺玫(*Rosa davurica*)、珍珠梅(*Sorbaria kirilowii*)、金花忍冬(*Lonicera chrysantha*)、刺五加(*Acanthopanax senticosus*)、胡枝子(*Lespedeza bicolor*)等,平均盖度为44%,草本主要有龙须草(*Poa sphondylodes*)、酸浆草(*Oxalis corniculata*)、小叶芹(*Aegopodium alpestre*)、野草莓(*Fragaria ananassa*)、蕨(*Pteridium aquilinum*)等,平均盖度为80%。

2 材料与方法

2.1 样地选择与设置

2011年8月在研究区选取12块有代表性的、面积为0.025 hm²的圆形样地,包括长白落叶松天然林、长白落叶松人工林、天然针阔混交林和天然阔叶混交林各3块,其中,根据海拔、坡向、土层厚度、土壤类型等相似的原则实现同一种林分类型立地条件的相近。

样地调查因子包括:植被类型、林龄、坡度、海拔、株数密度、郁闭度、平均树高和平均胸径,样地基本概况详见表1。

表1 研究区样地基本概况

林分类型	样地编号	植被类型	林龄/a	坡度/(°)	海拔/m	株数密度/(株·hm ⁻²)	郁闭度	平均树高/m	平均胸径/cm
长白落叶松天然林	1	落	44.0	5.8	698	240	0.55	20.3	22.5
	2	落	43.0	10.5	714	720	0.70	17.9	19.9
	3	落	41.3	4.6	732	280	0.60	16.2	20.0
长白落叶松人工林	4	落	39.7	14.2	780	1 080	0.75	24.2	21.7
	5	落	24.3	10.5	732	2 280	0.85	15.7	15.6
	6	落	29.0	6.9	704	1 850	0.95	19.4	18.1
天然针阔混交林	7	落+白+五	42.5	7.4	804	1 400	0.80	12.3	14.9
	8	云+白+色+红	40.3	9.0	823	1 560	0.75	11.9	13.3
	9	色+白+落+云	40.0	9.8	793	1 280	0.75	12.4	16.1
天然阔叶混交林	10	椴+白+五	45.3	18.2	916	1 360	0.90	14.0	14.9
	11	白+蒙	35.3	10.6	892	1 560	0.95	10.9	12.8
	12	白+椴+五	39.5	15.1	950	1 000	0.90	11.1	13.9

注:“落”表示长白落叶松,“白”表示白桦,“五”表示五角槭,“云”表示云杉,“色”表示色赤杨,“红”表示红松,“椴”表示紫椴,“蒙”表示蒙古栎;混交林的林龄为优势树种的平均年龄。

2.2 土壤样品采集与处理

在各样地内,以 S 形路线,选取 5~7 个采样点,用土钻分别取 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 土层的土壤样品,按不同层次将各样点土壤放在塑料薄膜上混匀,四分法取约 1 kg 待测土样,装入布袋,贴上标签,即为样地内 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm 的混合土样。混合土样经风干、去除杂质后,磨细过 2,1 和 0.25 mm 的土壤筛,用于测定土壤基本理化性质。在圆形样地的中心挖取土壤剖面,等间距分为 0—20 cm,20—40 cm 和 40—60 cm,自下而上用体积为 100 cm³ 的环刀分别取各层中间位置的土样,以测定土壤容重和自然含水量。

2.3 样品测定及数据分析

环刀取样法测定土壤容重及自然含水量;土壤 pH 值采用酸度计法(水土比为 2.5:1)测定;土壤有机质采用外加热重铬酸钾氧化—容量法;土壤全氮含量测定采用硫酸—高氯酸消煮—凯氏定氮仪法;土壤全磷含量测定采用硫酸—高氯酸消煮—钼锑抗比色法;土壤全钾采用氢氧化钠熔融—火焰光度计法;土壤有效磷采用氟化铵—盐酸—钼锑抗比色法;土壤速效钾采用中性乙酸铵浸提—火焰光度计法;阳离子交换量(CEC)采用醋酸铵法测定^[12]。

应用 Excel 和 SPSS 18.0 软件对所获得数据进行单因素方差分析和主成分分析^[13]。

3 结果与分析

3.1 不同土层深度各林分类型土壤理化性质

3.1.1 不同土层深度各林分类型土壤物理性质 不同林分类型的土壤容重、含水量与林地的土壤发育状况有密切的联系,而土壤发育的好坏又直接受森林植被的影响。反映土壤物理性质的指标主要是土壤容重与含水量等。土壤容重是土壤紧实度的敏感性指标,是表征土壤肥力的一个重要参数^[14],对土壤的透气性、入渗性能和持水能力均有极大的影响。土壤含水量能够很好地反映林地土壤的水分特性,4 种林分类型土壤容重和含水量的测定结果详见表 2。由表 2 可知,4 种林分类型的土壤容重随着土壤深度的增加而增加,而含水量则随土壤深度的增加而减小。其中,除了长白落叶松人工林外,其他 3 种林分类型不同土壤深度的土壤容重和含水量差异显著($p < 0.05$)。4 种林分类型同一土层深度的物理性质也不同,以 0—20 cm 为例,天然针阔混交林的土壤容重最低,为 0.86 g/cm³,含水量最高,为 36.73%,而长白落叶松人工林和天然阔叶混交林的土壤容重最大,均为 1.20 g/cm³,含水量最小的为长白落叶松人工林,

仅是天然针阔混交林的 1/2。可见,天然针阔混交林的土壤相对比较疏松,而长白落叶松人工林的土壤较紧实。各林分类型的土壤容重和含水量的变化规律都与地上植被、土壤表层枯落物组成、腐殖质层形成和土壤结构有关。

表 2 研究区各林分类型不同土层深度土壤物理性质

林分类型	土层深度/ cm	土壤容重/ (g · cm ⁻³)	质量含水量/ %
长白落叶松 天然林	0—20	1.07 ± 0.07 ^a	19.40 ± 10.03
	20—40	1.40 ± 0.20 ^{ab}	9.00 ± 2.99
	40—60	1.51 ± 0.14 ^b	8.23 ± 4.20
长白落叶松 人工林	0—20	1.20 ± 0.32	18.71 ± 9.99
	20—40	1.36 ± 0.22	10.33 ± 5.98
	40—60	1.43 ± 0.11	9.82 ± 5.04
天然针阔 混交林	0—20	0.86 ± 0.16 ^a	36.73 ± 9.48 ^b
	20—40	1.46 ± 0.07 ^b	19.05 ± 8.91 ^{ab}
	40—60	1.79 ± 0.02 ^c	12.61 ± 3.99 ^a
天然阔叶 混交林	0—20	1.20 ± 0.11 ^a	20.37 ± 4.84 ^b
	20—40	1.51 ± 0.03 ^b	12.59 ± 3.21 ^{ab}
	40—60	1.65 ± 0.10 ^b	10.72 ± 2.10 ^a

注:表中数据为平均值±标准差,同一林分类型中如果标注的字母不同就表示不同土壤深度差异达显著水平($p < 0.05$),不标注的则差异不显著。下同。

3.1.2 不同土层深度各林分类型土壤化学性质

由表 3 可以看出,土壤 pH 值是影响土壤养分的重要因素之一,土壤微生物的活动、土壤有机质的分解、土壤养分元素的释放、转化和有效性都与土壤 pH 值有关^[15]。研究区土壤的 pH 值在 5.31~5.65,属于弱酸性土壤。4 种林分类型的土壤 pH 值都随着土层深度的增加而升高;除了长白落叶松天然林 0—20 cm 土壤有效磷含量比中、下层的低,其他表层土壤的养分含量都高于中、下层,且随着土壤深度递增呈递减趋势,长白落叶松人工林、天然针阔混交林和天然阔叶混交林的有机质、全氮量及 CEC 均随土壤深度的增加而显著降低($p < 0.05$),这种土壤养分的垂直分布特征与渠开跃等的研究结果一致^[1],充分说明了土壤养分的表聚性特征,这主要是由于土壤表层具有枯落物,其分解转化可释放大量的营养元素,而且森林土壤表层的有机质、氮素等大多来源于枯落物的分解,从而使得表层土壤养分含量较高。

3.2 不同林分类型土壤肥力因子分析

研究结果表明,同一林分类型不同土壤深度各肥力因子指标值不同,不同林分类型在同一土壤深度的肥力状况也不同。可见,植物群落影响着土壤性质和肥力状况。因此,将各林分不同土壤深度肥力因子的实测值取平均值后进行分析。

表 3 研究区各林分类型不同土层深度土壤化学性质

林分类型	土层深度/cm	有机质/ (g · kg ⁻¹)	全氮/ (g · kg ⁻¹)	全磷/ (g · kg ⁻¹)	全钾/ (g · kg ⁻¹)	有效磷/ (mg · kg ⁻¹)	速效钾/ (mg · kg ⁻¹)	pH 值	CEC/ (cmol · kg ⁻¹)
A	0—20	48.43±12.50	2.11±0.60	0.40±0.09	26.31±6.01	30.15±2.79	141.67±10.21	5.45±0.20	30.71±0.79 ^b
	20—40	28.98±13.62	1.29±0.73	0.35±0.14	22.87±4.83	33.61±0.91	83.33±9.28	5.46±0.09	21.79±1.23 ^a
	40—60	16.83±12.13	0.85±0.78	0.28±0.10	21.07±8.33	32.83±3.14	93.33±11.63	5.46±0.12	20.14±1.82 ^a
B	0—20	38.22±12.72 ^b	1.49±0.16 ^b	0.62±0.06	24.29±7.13	30.74±10.03	133.33±5.06	5.41±0.26	34.03±5.74 ^b
	20—40	26.71±7.26 ^{ab}	1.20±0.31 ^b	0.57±0.15	23.05±5.55	26.13±8.83	90.00±5.57	5.48±0.41	33.06±4.03 ^b
	40—60	8.95±1.41 ^a	0.51±0.31 ^a	0.26±0.04	20.84±5.81	23.41±4.85	46.67±5.18	5.65±0.43	22.84±1.39 ^a
C	0—20	52.46±10.15 ^b	3.91±1.75 ^b	0.61±0.55	28.46±5.38	21.04±5.09	83.33±10.41	5.31±0.09	51.71±5.96 ^b
	20—40	41.66±4.61 ^{ab}	1.77±0.54 ^{ab}	0.48±0.48	23.16±7.65	18.89±7.22	63.33±8.87	5.59±0.21	36.98±5.28 ^{ab}
	40—60	21.36±5.55 ^a	0.78±0.34 ^a	0.34±0.29	22.05±6.94	15.34±9.27	53.33±5.54	5.83±0.55	29.99±5.56 ^a
D	0—20	33.47±3.27 ^b	1.44±0.41 ^b	0.44±0.13	26.72±2.06	29.90±8.54	123.33±10.58	5.39±0.05	33.10±7.09 ^b
	20—40	15.74±9.57 ^a	0.72±0.20 ^a	0.27±0.09	23.49±1.53	18.70±9.78	73.33±5.77	5.38±0.19	24.05±5.07 ^a
	40—60	7.44±5.37 ^a	0.43±0.08 ^a	0.22±0.11	23.20±0.89	21.93±7.27	63.33±5.28	5.49±0.30	20.70±2.48 ^a

注:A 表示长白落叶松天然林; B 表示长白落叶松人工林; C 表示天然针阔混交林; D 表示天然阔叶混交林。下同。

3.2.1 不同林分类型土壤容重及含水量分析 林分类型不同,林地表面的枯落物组成、分解及地下根系的生长状况等均存在差异,导致林地土壤物理性质存在差异。由图 1 可知,4 种林分类型的土壤容重在 1.33~1.45 g/cm³,其中天然阔叶混交林的土壤容重最大,为 1.45 g/cm³,长白落叶松天然林最小,为 1.33 g/cm³;土壤含水量在 12.21%~22.68%,表现为:天然针阔混交林>天然阔叶混交林>长白落叶松人工林>长白落叶松天然林。但不同林分类型的土壤容重和含水量差异均不显著($p>0.05$)。

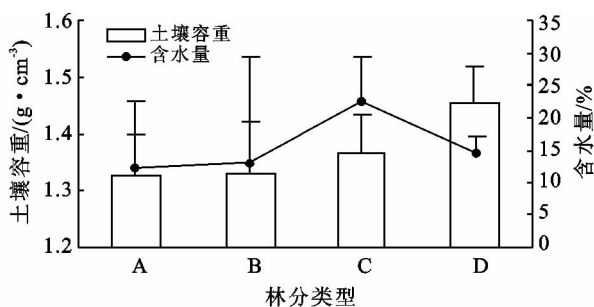


图 1 研究区不同林分类型土壤容重及含水量比较

3.2.2 不同林分类型土壤 CEC 和 pH 值分析 土壤阳离子交换量是反映土壤保持养分和缓冲能力的重要指标。由图 2 可知,不同林分类型的土壤 CEC 差异显著($p<0.05$),天然针阔混交林的土壤 CEC 显著高于其他 3 种林分,其排列状况为:天然针阔混交林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林>长白落叶松天然林。4 种林分类型土壤 pH 值在 5.42~5.57,变化不显著。

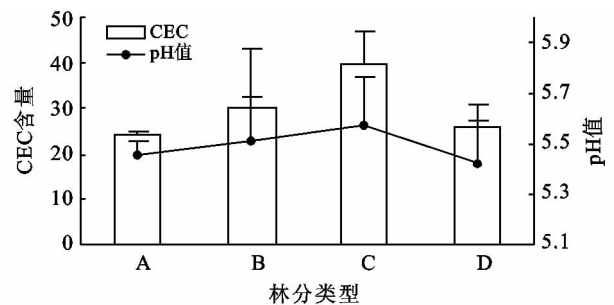


图 2 研究区不同林分类型土壤 CEC 和 pH 值比较

3.2.3 不同林分类型土壤有机质含量及全氮含量分析 土壤有机质是土壤固相部分的重要组成部分,是土壤固相中较为活跃的部分,它与土壤矿质部分共同作为林木营养的来源^[16]。土壤有机质含量的多少与植被组成、多样性程度以及生长状况等有很大的关系。土壤全氮含量是土壤氮素养分的贮备指标,它与有机质密切相关。由图 3 可以看出,4 种林分类型林地的土壤有机质含量表现为:天然针阔混交林(51.83 g/kg)>长白落叶松天然林(31.41 g/kg)>长白落叶松人工林(24.62 g/kg)>天然阔叶混交林(18.88 g/kg)。4 种林分类型的全氮含量在 0.86~2.15 g/kg,天然针阔混交林的土壤全氮含量达到了天然阔叶混交林的 2.5 倍。4 种林分类型的土壤有机质含量及全氮含量差异均显著($p<0.05$)。由此可见,林分类型对土壤有机质含量和全氮含量具有很大的影响。这主要是因为自然植被下,进入土壤的有机质数量决定于凋落物、死根和根的分泌物的多少以及动物、微生物的残体等^[17],不同植被下地表枯落物厚度、组成成分的差异,植物根系以及部分动物、微生物的残

体差异,导致其有机质含量不同。而土壤中的氮素是一种以生物来源为主的营养元素,所以土壤氮素含量与土壤有机质的积累密切相关,因此,不同林分类型的土壤全氮含量也有所差异。

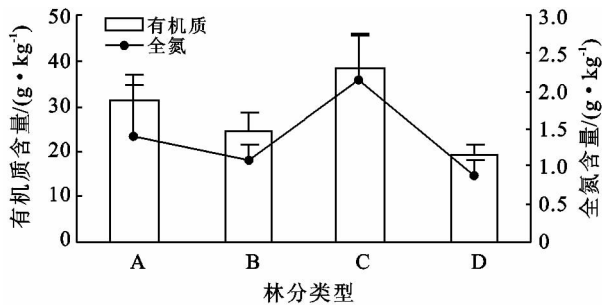


图 3 研究区不同林分类型土壤有机质含量及全氮含量比较

3.2.4 不同林分类型土壤磷元素分析 全磷是衡量土壤中各种形态磷素总和的一个指标,而有效磷则说明了土壤的供磷水平。由图 4 可知,不同林分类型的全磷含量在 0.31~0.48 g/kg,长白落叶松人工林和天然针阔混交林达到最大,均为 0.48 g/kg;土壤有效磷含量在 18.42~32.20 mg/kg,由大到小依次为:长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林>天然针阔混交林。可见,不同林分类型土壤磷素状况也不同,但差异不显著($p>0.05$)。这与刘举等^[18]的天然阔叶林地有效磷低于针叶林的研究结果相同。一般认为,全磷含量在 0.23~0.34 g/kg 为中等,>0.46 g/kg 为丰富,有效磷含量在 10~20 mg/kg 为中等,20~40 mg/kg 为丰富^[3],可见,本研究区的天然针阔混交林和长白落叶松人工林的土壤全磷含量较丰富,而天然阔叶混交林和长白落叶松天然林的全磷含量仅为中等水平;天然针阔混交林的有效磷含量为中等水平,其他林分类型的土壤有效磷含量相对丰富一些。

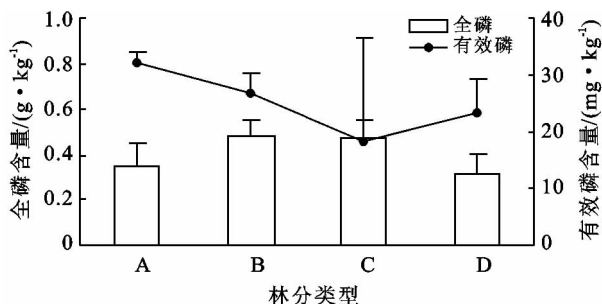


图 4 研究区不同林分类型土壤磷含量比较

3.2.5 不同林分类型土壤钾元素分析 研究区各林分类型的土壤钾含量情况如图 5 所示。天然针阔混交林的土壤全钾含量最高,为 24.56 g/kg,最低的是长白落叶松人工林,为 22.73 g/kg,但各林分类型的

土壤全钾含量差异不显著($p>0.05$);土壤速效钾含量在 66.67~106.11 mg/kg,由高到低为:长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林>天然针阔混交林,其中长白落叶松天然林土壤速效钾含量接近天然针阔混交林的 2 倍,不同林分类型土壤的速效钾含量差异显著($p<0.05$)。一般认为,速效钾含量在 50~100 mg/kg 为偏低,100~150 mg/kg 为中等^[3],可见,本研究区长白落叶松人工林的速效钾含量为中等,其余 3 种均为偏低,较为缺乏。

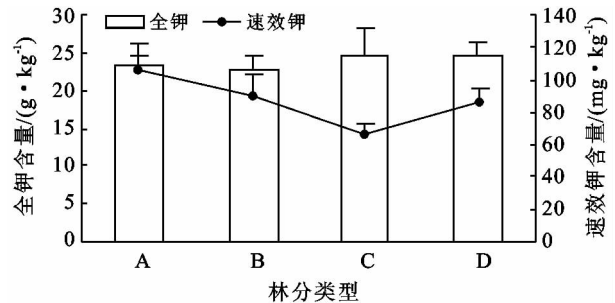


图 5 研究区不同林分类型土壤钾含量比较

3.3 不同林分类型土壤肥力综合评价

以土壤容重、土壤含水量、pH 值、有机质、全氮、全磷、全钾、有效磷、速效钾及 CEC 这 10 个指标作为土壤肥力的评价指标,采用主成分分析法对研究区 4 种林分类型土壤肥力进行综合评价。根据主成分累积贡献率达到 85% 为宜的原则提取主成分^[19],获取主要信息,从而降低观测空间的维数。故选取前 4 个特征值,即前 4 个主成分(表 4),第 1 主成分的方差贡献率最大,为 46.873%,第 2 主成分的方差贡献率为 19.084%,第 3 主成分和第 4 主成分的方差贡献率分别为 14.136% 和 7.346%,前 4 个主成分的累积贡献率为 87.437%,因此,前 4 个主成分的综合指标基本能反映土壤肥力评价系统内的变异信息。即取前 4 个主成分基本包含了全部 10 个评价因子所有的信息,可以较好地反映土壤肥力质量的综合状况。最终,计算出各样地的肥力综合得分,根据每种林分类型 3 块样地得分的平均值计算出各林分类型的土壤肥力综合指数,得出长白落叶松天然林、长白落叶松人工林、天然针阔混交林和天然阔叶混交林的综合得分分别为 0.07, -0.01, 0.14, -0.21。土壤肥力表现为:天然针阔混交林>长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林(表 5)。

表 4 土壤肥力指标主成分分析

成分	特征根	贡献率%	累积贡献率%
第 1 主成分	4.687	46.873	46.873
第 2 主成分	1.908	19.084	65.956
第 3 主成分	1.414	14.136	80.092
第 4 主成分	0.735	7.346	87.437

表5 研究区不同林分类型土壤肥力水平综合得分

林分类型	长白落叶松天然林			长白落叶松人工林			天然针阔混交林			天然阔叶混交林		
	样地1	样地2	样地3	样地4	样地5	样地6	样地7	样地8	样地9	样地10	样地11	样地12
综合得分	0.16	-0.01	0.06	-0.53	0.47	0.04	-0.23	0.42	0.24	-0.14	-0.02	-0.47
均值		0.07			-0.01			0.14			-0.21	

4 讨论与结论

4.1 各林分类型不同土层肥力因子的变化

同一林分类型不同土壤深度的土壤容重差异显著,其中4种林分类型的表层土壤容重最小,都随着土壤深度的增加而增加;不同林分类型土壤容重差异不显著,由大到小依次为:天然针阔混交林>天然阔叶混交林>长白落叶松人工林>长白落叶松天然林;土壤含水量在表层最大,随着土壤深度的加深而减小,不同土壤深度的土壤含水量差异不显著,不同林分类型土壤含水量也不同,但差异不显著。

土壤pH值的变化极大地影响着土壤养分的有效性和植被的营养状态^[20]。该研究区土壤pH值在5.31~5.65,属于弱酸性土壤,不同土壤深度和不同林分类型土壤pH值不同,但差异并不显著。从森林土壤的特点来看,针叶树种的凋落物在分解过程中可产生有机酸,并向矿质土层淋洗,使得落叶松林地土壤呈酸性,甚至可能会使得土壤进一步酸化,因此要注意针阔混交林的树种组成以及对落叶松林进行林分结构调整。4种林分类型的CEC状况为:天然针阔混交林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林>长白落叶松天然林,可见,天然针阔混交林土壤保持养分和缓冲能力最强。土壤有机质含量状况为:天然针阔混交林>长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林。

在森林生态系统中,土壤氮素来源于土壤有机态氮经矿质化作用释放出无机态氮、大气干湿沉降和生物固氮等,在温带森林生态系统中,土壤氮素的缺乏几乎是普遍的^[21]。本研究地处长白山中低丘陵区,属于北温带季风区,其土壤全氮含量状况为:天然针阔混交林>长白落叶松天然林>长白落叶松人工林>天然阔叶混交林,不同林分类型的土壤全氮含量差异显著。天然针阔混交林的土壤全氮含量最高为2.15 g/kg,是天然阔叶混交林的2.5倍,因此,该研究区天然阔叶混交林的土壤氮水平可能影响到植物的健康生长。磷在土壤中的含量和有效性对植物的生长以及生物量的积累具有非常重要的作用,主要来源于林地凋落物的矿化以及土壤矿质颗粒的风化过程,它的衰减被认为是土壤养分退化的一个重要的过程。4种林分类型的土壤全磷平均含量为0.40 g/

kg,而有效磷平均含量为25.22 mg/kg,属于中等偏低水平。由于土壤磷生物有效性过程缓慢^[22],通过化学肥料或菌根等生物途径促进土壤有效磷水平的提高十分必要,尤其是有效磷含量较低天然阔叶混交林和长白落叶松天然林。4种林分类型的土壤全钾含量虽然较丰富,但速效钾含量除了长白落叶松天然林为106.11 mg/kg处于中等水平外,其他3种林分类型的土壤速效钾均处于缺乏水平,因此,在林业经营活动中,如果适当添加钾肥,林业生产力可能会得到更大提高,尤其是速效钾含量最低天然针阔混交林。

4.2 不同林分类型的土壤肥力综合评价

4种林分类型中,天然针阔混交林的土壤肥力最高,其次为长白落叶松天然林、长白落叶松人工林、天然阔叶混交林。宋会兴和欧阳学军^[23-24]也对各种林分类型对土壤肥力的影响进行了综合评价,土壤肥力综合指标值表现为:阔叶林>针阔混交林>针叶纯林,与本研究结果主要的差异在于阔叶混交林,这种差异可能是由以下3个方面造成,一是研究地区的生态环境差异较大,前者研究地区都在南方(重庆和广州),全年湿度较大,气候温暖,从而土壤动物和微生物活动频繁,土壤酶活性也较高,更加有利于阔叶林林下枯落物的分解,而本研究地区属于长白山系的低山丘陵区,其年平均温度只有3.9℃,导致土壤酶活性较低,枯落物的分解较为缓慢;其次,阔叶林的群落小环境不同,前者研究的阔叶混交林所处的海拔较低(660和250 m),而本研究中的阔叶混交林平均海拔为920 m,由于海拔的变化影响土壤温度和土壤水分的变化,高海拔地区表层土壤有机质分解较为缓慢^[25],从而导致高海拔的阔叶混交林土壤有机质分解较慢,进而也影响其他各种土壤养分的含量;另外,本研究中阔叶林的建群种与前者研究中的树种组成差异很大,没有共同树种,从而枯落物的组成也差异很大,最终导致土壤肥力状况有所差异。

4.3 不同林分类型的经营建议

(1) 吉林省东部低山丘陵区天然针阔混交林土壤肥力最高,建议在进行退化生态系统恢复过程中尽可能地营造针阔混交林,同时,营造混交林时尽可能采用当地针阔混交林中的乡土树种,以取得最佳的生态、环境与经济效益。

(2) 长白落叶松天然林的土壤肥力状况要优于长白落叶松人工林, 从而对于长白落叶松人工林可以考虑近自然育林的方式, 以择伐和天然更新为主, 尽量保留天然更新的树种, 另外, 其肥力状况较针阔混交林差, 建议人工纯林向针阔混交林方向调整, 使森林逐步向混交林方向转化, 从而防止针叶纯林的土壤酸化; 同时向复层林方向调整, 择优先育。对于该研究区的长白落叶松天然林, 由于密度较小, 应及时禁止抚育和采伐, 通过天然更新或人工补植目的树种, 增加林分密度, 在天然更新或人工补植目的树种的同时, 尽量保留和栽植阔叶树种, 使其向针阔混交林方向发展。

(3) 对于该研究区肥力状况最差的天然阔叶混交林, 可以通过引进当地的针叶林乡土树种或保留天然更新的针叶树种, 在调整该林分树种组成时, 使其向针阔混交林方向发展。另外, 由于其肥力水平太低, 可以考虑采取林地施肥的措施, 从而保证林木的正常生长和发育, 提高林分的生产力, 但采取林地施肥能否及时防止或改善阔叶混交林的地力衰退还有待进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 渠开跃, 代力民, 冯慧敏, 等. 辽东山区不同林型土壤有机质和 NPK 分布特征[J]. 土壤通报, 2009, 40(3): 558-562.
- [2] La Manna L, Rajchenberg M. Soil properties and *Austrocedrus chilensis* forest decline in Central Patagonia, Argentina[J]. Plant and Soil, 2004, 263(1): 29-41.
- [3] 丁绍兰, 杨宁贵, 赵串串, 等. 青海省东部黄土丘陵区主要林型土壤理化性质[J]. 水土保持通报, 2010, 30(6): 01-06.
- [4] 董希斌, 杨学春, 杨桂香. 采伐对落叶松人工林土壤性质的影响[J]. 东北林业大学学报, 2007, 35(10): 7-10.
- [5] 杨凯, 朱教君, 张金鑫, 等. 不同林龄落叶松人工林土壤微生物生物量碳氮的季节变化[J]. 生态学报, 2009, 29(10): 5500-5508.
- [6] 李艳红. 东北森林地区地表水水质指标主成分分析[J]. 辽宁大学学报: 自然科学版, 2009, 36(3): 278-279.
- [7] 张雪萍, 侯威岭, 陈鹏. 东北森林土壤动物同功能种团及其生态分布[J]. 应用与环境生物学报, 2001, 7(4): 370-374.
- [8] 周广胜, 王玉辉, 许振柱, 等. 中国东北样带碳循环研究进展[J]. 自然科学进展, 2003, 13(9): 917-922.
- [9] 李君剑, 石福臣, 世贺一郎, 等. 东北地区三种典型次生林土壤有机碳、总氮及微生物特征的比较研究[J]. 南开大学学报: 自然科学版, 2007, 40(3): 84-91.
- [10] 闫德仁, 刘永军, 张幼军. 落叶松人工林土壤养分动态[J]. 东北林业大学学报, 2003, 31(3): 16-18.
- [11] 陈立新. 落叶松人工林土壤质量变化规律与调控措施的研究[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2003: 20-31.
- [12] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 14-111.
- [13] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2000: 336-374.
- [14] Aeosta-Martinez V, Reichert Z, Bischoff M, et al. The role of tree leaf mulch and nitrogen fertilizer on turf grass soil quality[J]. Biology and Fertility of Soils, 1999, 29(1): 55-61.
- [15] 周永斌, 张飞, 殷鸣放, 等. 白石砬子自然保护区不同森林类型土壤化学性质与养分状况分析[J]. 中国农学通报, 2010, 26(11): 118-122.
- [16] 刘鸿雁, 黄建国. 缙云山森林群落次生演替中土壤理化性质的动态变化[J]. 应用生态学报, 2005, 16(11): 2041-2046.
- [17] 王光玉. 杉木混交林水源涵养和土壤性质研究[J]. 林业科学, 2003, 39(1): 15-20.
- [18] 刘举, 常庆瑞, 张俊华, 等. 黄土高原不同林地植被对土壤肥力的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2004, 32(S): 111-115.
- [19] 何晓群. 多元统计分析[M]. 北京: 中国人民大学出版社, 2009: 153-169.
- [20] Hardtle W, von Oheimb G, Friedei A, et al. Relationship between pH-value and nutrient availability in forest soils: The consequence for the use of ecograms in forest ecology [J]. Flora: M., D., F. E. of Plant, 2004, 199(2): 134-142.
- [21] Fisher R F, Binklet D. Ecology and management of forest soils [M]. New York: John Wiley and Sons, 2000: 282-284.
- [22] Richter D D, Allen H L, Li J, et al. Bioavailability of slowly cycling soil phosphorus: Major restructuring of soil P fractions over four decades in an aggrading forest [J]. Oecologia, 2006, 150(2): 259-271.
- [23] 宋会兴, 苏智先, 彭远英. 山地土壤肥力与植物群落次生演替关系研究[J]. 生态学杂志, 2005, 24(12): 1531-1533.
- [24] 欧阳学军, 黄忠良, 周国逸, 等. 鼎湖山亚热带森林群落演替对土壤化学性质影响的累积效应研究[J]. 水土保持学报, 2003, 17(4): 51-54.
- [25] 张巧明, 王得祥, 龚明贵, 等. 秦岭火地塘林区不同海拔森林土壤理化性质[J]. 水土保持学报, 2011, 25(2): 69-73.