

不同类型红松林土壤基础肥力特征分析

谷思玉, 汪睿, 谷邵臣, 赵京考, 张淑勇

(东北农业大学 资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

摘要: 通过实地调查与对比试验,对红松人工纯林、人工混交林和天然林 3 种林分不同土层的土壤养分状况进行了分析和研究。结果表明,不同林分的土壤养分含量差异较大,随着土层深度的增加,3 种林分的土壤养分含量均出现逐渐下降的趋势。土壤有机质含量、全量养分含量和速效养分含量均在 0—15 cm 土层中达到最高值。其中红松天然林最高,依次为红松人工混交林和红松人工纯林。3 种林分中钾素含量比较丰富,全磷含量维持在较低水平,土壤 pH 值下降缓慢。红松人工纯林土壤有酸化趋势,pH 值在 5.08~5.37。因此,红松人工纯林应及时进行更新,以防止土壤环境的恶化。

关键词: 红松林; 全量养分; 速效养分; 有机质

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2012)03-0073-04

中图分类号: S714.2, S714.7

An Analysis of Characteristics of Soil Basic Fertility in Different Types of *Pinus koraiensis* Forests

GU Si-yu, WANG Rui, GU Shao-chen, ZHAO Jing-kao, ZHANG Shu-yong

(College of Resources and Environmental Sciences, Northeast Agricultural University, Harbin, Heilongjiang 150030, China)

Abstract: Through field investigation and experiment analysis, the soil nutrient status under three types of forests including artificial pure forest, mixed forest and natural forest of *Pinus koraiensis* and at different levels are analyzed. Results showed that there was significant difference among the nutrients in different forest types. For the same forest type, the nutrients all declined with the increase of soil depth, and the organic matter content as well as the total and available contents of nutrients reached highest value in soil layer of 0—15 cm. As a whole, the nutrients in natural forest of *Pinus koraiensis* were highest, followed by mixed forest and pure forest. In the three forest types, the kalium content was rich and the total phosphorus content maintained a low level. The pH value declined slowly and the soil in pure forest of *Pinus koraiensis* had an acidification trend, with pH values ranging from 5.08 to 5.37. Therefore, regeneration in pure forest of *Pinus koraiensis* should be carried out in time to reduce and prevent soil nutrient loss.

Keywords: *Pinus koraiensis* forest; total nutrient; available nutrient; organic matter

土壤是森林生态系统中生命活动的主要场所,也是森林生态系统营养元素转化的重要枢纽^[1]。土壤的发育与植被密切相关,植被影响土壤养分的积累和分布,土壤也为植被提供生长所需要的养分条件。土壤的养分状况影响林木生长,使森林生态系统表现出不同的生产力水平。森林的更新、生长、类型、结构乃至生产力皆受土壤因子的制约^[2-3]。不同森林经营措施会改变森林的结构,从而导致土壤的扰动,引起其性状发生改变^[4-6]。研究不同经营类型对林木结构及林地土壤性质的影响,探索恢复与重建退化生态系

统的途径,对于提高林木的数量和质量、控制水土流失、抗御旱涝灾害、保护生态环境具有十分重要的意义。

红松是我国东北地区内森林生态系统所特有的珍贵树种之一,它具有优异的材质和独特的经济价值^[7]。长期以来为国家的经济建设提供了大量的木材。但是由于长期的集中过量采伐导致了可采的天然红松森林资源锐减,森林质量降低。为了尽快恢复与发展森林,以满足木材的需求,营造与发展人工林成为了历史的必然。但造林的同时忽视和违背了生

收稿日期:2011-11-14

修回日期:2011-12-02

资助项目:国家 973 计划项目“人工林生态系统生物多样性和生产力关系”(2012CB416904);国家自然科学基金项目“贝克提岛主要灌木树种光合效率对土壤水分和光照的阈值响应”(31100468)

作者简介:谷思玉(1964—),女(汉族),黑龙江省哈尔滨市人,博士,教授,主要研究方向为植被恢复与土壤肥力。E-mail:zhysong123@126.com。

通信作者:张淑勇(1980—),男(汉族),山东省泰安市人,博士,讲师,主要从事植被恢复与土壤肥力方面研究。E-mail:zhysong@126.com。

生态学的基本原理,从而形成了群落结构简单,生物多样性低,稳定性差以及人工林地力下降等一系列问题。近年来,国内外对红松人工林土壤进行了大量的研究,发现人工营造红松林确实存在着不同程度的土壤质量下降问题^[8-10]。但这些研究主要是集中在红松林微生物活性^[10]、土壤物理性质^[11]以及土壤动物群落组成等^[12]方面,并且多数研究都是针对各种森林类型独立进行的,缺乏各林分类型间的比较研究^[13]。因此,本研究通过对红松人工纯林、人工混交林和天然林 3 种林分的土壤养分状况进行对比研究,揭示不同林分类型对土壤养分生态系统的影响,探讨 3 种森林类型土壤养分状况,研究结果对红松林的抚育和恢复具有重要的指导意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

本研究在位于黑龙江省伊春市带岭区内的东北林业大学凉水自然保护区进行,地理坐标北纬 47°10′50″,东经 128°53′20″。该地区气候属于温带大陆性夏季季风气候,冬长夏短,低温寡照。年平均气温为 -0.3 °C,平

均地温 1.2 °C;雨热同期,年降水量 676 mm,年蒸发量 805.4 mm,年积温 2 200~2 600 °C。该区地带性土壤为山地暗棕壤,植被是红松阔叶混交林,是我国现存的较大片原始红松林之一。主要树种有:红松(*Pinus koraiensis*);云杉(*Picea koraiensis*, *P. jezoensis*);冷杉(*Abies nephrolepis*);兴安落叶松(*Larix gmelinii*);水曲柳(*Fraxinus mandshurica*);胡桃楸(*Juglans mandshurica*);杨(*Populus davidiana*, *P. ussuriensis*);桦(*Betula platyphylla*, *B. costata*);蒙古栎(*Quercus mongolica*)等。红松占优势的林分总面积的 64%,蓄积量的 77.5%,年平均生长量 4.87 m³/hm²。阔叶红松林各类型由高海拔向低海拔依次为:鱼鳞云杉红松林→柞树红松林→椴树红松林→枫桦红松林→红皮云杉红松林。上述林分经火烧或开垦后演替为白桦、山杨等阔叶林。

1.2 研究方法

在凉水自然保护区选择立地条件基本一致的红松人工林、红松人工混交林和红松天然林,在林内分别设定 30 m×30 m 样地。样地的基本情况如表 1 所示。

表 1 样地的基本状况

林分类型	伴生树种	海拔/ m	林龄/ a	郁闭度	平均树 高/m	土壤类型	坡向	坡度/ (°)	坡位	林下植被
红松人工纯林	—	510	43	0.6	14	暗棕壤	西	7	坡中	①②
红松人工混交林	枫桦	470	43	0.9	15	暗棕壤	西	5	坡中	③④⑤⑥⑦⑧
红松天然林	云杉,云冷杉	490	200	0.8	30	暗棕壤	西	7	坡中	②③④⑨

注:①为乌苏里苔草(*Carex ussuriensis*);②为刺毛缘苔草(*Carex pilosa* var. *auriculata*);③为刺五加(*Radix Acanthopanax Senticosol*);④为忍冬(*Lonicera caprifolium*);⑤为山梅花(*Philadelphus incanus*);⑥为白千层皮(*Melaleuca leucadendra*);⑦为升麻(*Rhizoma cimicifugae*);⑧为山高粱(*Spodiopogon cotulifer*);⑨为灯笼果(*Physalis peruviana*)。

在各样地分别选取有代表性地段,设置面积为 1 m×1 m 的样方 5 个,挖取土壤剖面,采用 5 点混合采样法分别在 5—15,15—25,25—40,40—60 cm 土层深处采集土样,带回实验室分析,每个样品分析 5~6 个重复,测定方法主要参照《土壤农业化学分析方法》^[14]。

2 结果与分析

2.1 不同林分下土壤中的氮含量变化

土壤全氮含量和碱解氮含量是衡量土壤氮素供应状况及其有效性的重要指标。由于各林分类型的组成树种、凋落物含氮量、树叶分解速度不同,各林分类型土壤的全氮含量和碱解氮含量也有差异^[15]。由表 2 看出,3 种不同林分的土壤全氮含量和碱解氮含量都随土层深度加深而显著降低。在 5—15 cm 土层,3 种林分的全氮含量达到显著差异,红松天然林全氮含量最高为 0.589 2%±0.017 9%,红松人工纯林

最低为 0.484 0%±0.051 8%,这可能是由于人工纯林树种单一,林下植被少,凋落物归还量少,而且针叶分解慢,含氮素少等原因造成^[16-17]。其他土层全氮含量差异未达到显著水平。不同土层红松天然林的碱解氮的含量均为最高值,其次为红松混交林。5—15 cm 土层红松人工纯林和混交林碱解氮含量差异不显著,但两者与红松天然林碱解氮含量(766.42±78.26 mg/kg)差异显著。在 15—25 cm 和 40—60 cm 土层,3 种林分的碱解氮含量均达到了显著差异,红松天然林碱解氮含量最高,红松人工纯林最低。在 25—40 cm 土层,红松混交林和红松天然林碱解氮含量差异未达到显著水平,红松人工纯林碱解氮含量最低为 116.09±7.75 mg/kg。这可能是由于混交林样地中阔叶树的分布,林分结构发生变化,对土壤养分的数量和形态有很大影响,其土壤氮素水平较人工纯林有所提高。

表2 3种林分不同土层土壤氮和磷含量变化

林分类型	土壤层次/cm	全氮/%	碱解氮/(mg·kg ⁻¹)	全磷/%	速效磷/(mg·kg ⁻¹)
红松人工纯林	5—15	0.484 0B±0.051 8	523.80B±19.61	0.041 8B±0.006 4	18.23 B±0.86
	15—25	0.238 3 ±0.065 2	232.19C±29.68	0.032 9±0.002 3	10.70 B±0.91
	25—40	0.146 5±0.017 8	116.09B±7.75	0.019 5±0.009 6	11.67 A±1.61
	40—60	0.082 9±0.011 4	62.52C±2.41	0.020 6±0.003 3	10.90 A±1.78
红松混交林	5—15	0.534 3AB±0.026 6	619.49B±35.58	0.054 2A±0.003 9	18.85 B±0.81
	15—25	0.246 9±0.077 8	416.70B±22.13	0.031 9±0.004 5	13.71 A±0.46
	25—40	0.133 9±0.023 1	241.40A±7.46	0.023 5±0.001 3	7.47 B±1.14
	40—60	0.097 3±0.018 6	89.96B±8.03	0.020 7±0.000 3	6.54 B±0.52
红松天然林	5—15	0.589 2A±0.017 9	766.42A±78.26	0.055 6A±0.003 5	21.04 A±0.81
	15—25	0.265 9±0.055 3	542.14A±60.73	0.034 2±0.001 1	14.42 A±1.26
	25—40	0.129 3±0.007 1	268.82A±46.71	0.027 2±0.002 8	8.20 B±0.63
	40—60	0.085 9±0.012 4	111.59A±2.57	0.021 6±0.000 9	6.34 B±0.90

注:(1)表中数值为每个样品算术平均数及其标准差;(2)表中字母A,B,C表明所测因子在0.05水平有显著差异。下同。

2.2 不同林分下土壤中的磷含量变化

如表2所示,3种林分土壤中的全磷和速效磷含量在5—15 cm土层中含量是最高的,之后随着土层的加深而逐渐降低。红松天然林和红松混交林在5—15 cm土层中土壤全磷含量没有显著差异,明显地高于红松人工纯林(0.041 8%±0.006 4%),在其他土层中,土壤全磷含量没有显著差异,均维持在较低水平。在0—15 cm和15—25 cm土层中,红松天然林的速效磷含量最高,分别为21.04±0.81 mg/kg和14.42±1.26 mg/kg,高于红松混交林和红松人工纯林的速效磷含量。红松人工纯林的速效磷含量最低,分别为18.23±0.86 mg/kg和10.70±0.91 mg/kg。随着土层的加深,在25—40和40—60 cm土层中,红松人工纯林的速效磷含量明显地高于红松混交林和红松天然林,这可能与红松人工纯林的pH值偏低有关,pH值介于6.0~7.5时,磷的有效性最大。通常土壤全磷含量很高,由于受pH值影响,磷的有效性却很低,二者相关性不明显。为此,目前要特别注意活化土壤本身固定的磷素,提高磷素的利用率。

2.3 不同林分下土壤中的钾含量变化

由表3看出,红松人工纯林、混交林和天然林的缓效钾含量比较丰富,不同林分随着土层的加深,缓效钾含量逐渐下降,但下降缓慢。5—15 cm土层缓效钾含量最高,并且以红松天然林缓效钾含量最高(946.06±39.47 mg/kg),红松人工纯林和混交林缓效钾含量无显著差异。在25—40 cm土层中,3种林分的缓效钾含量达到显著差异,红松天然林缓效钾含量最高为836.31±30.83 mg/kg,红松人工纯林最低为762.33±47.86 mg/kg。其他土层缓效钾含量没有显著差异,均维持在较高水平。速效钾变化趋势与缓效钾有所差异,随着土层深度的加深,3种林分速效钾含量下降明显。在15—25 cm土层中,3种林分的速效钾含量差异显著,红松天然林速效钾含量最高为208.23±65.62 mg/kg,依次为红松人工混交林和人工纯林。在其他土层中,3种林分速效钾含量没有显著差异,表明红松林对钾素的吸收不明显。在40—60 cm土层,仍维持在80 mg/kg以上水平,说明3种样地土壤钾素较丰富。

表3 3种林分不同土层土壤钾、有机质含量和pH值变化

林分类型	土壤层次/cm	缓效钾/(mg·kg ⁻¹)	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	有机质/%	pH值
红松人工纯林	5—15	853.20B±16.80	274.94±44.53	9.53C±0.55	5.37±0.15
	15—25	816.40±33.80	134.51B±30.38	3.47B±0.42	5.23±0.21
	25—40	762.33B±47.86	102.51±12.48	2.29±0.39	5.12±0.34
	40—60	739.93±17.66	84.34±6.45	1.32±0.07	5.08±0.19
红松混交林	5—15	859.76B±58.74	319.15±24.45	11.63B±0.46	5.57±0.15
	15—25	841.60±92.55	177.75AB±18.04	4.56A±0.37	5.23±0.36
	25—40	777.78AB±20.20	106.35±11.34	2.83±0.43	5.23±0.58
	40—60	798.58±80.53	84.58±17.40	1.42±0.18	5.07±0.12
红松天然林	5—15	946.06A±39.47	311.64±50.43	13.59A±0.71	5.47±0.40
	15—25	855.33±45.23	208.23A±65.62	3.59B±0.50	5.40±0.36
	25—40	836.31A±30.83	116.18±23.62	2.93±0.48	5.33±0.06
	40—60	792.23±37.25	87.16±2.80	1.56±0.20	5.27±0.15

2.4 不同林分下土壤有机质含量和 pH 值变化

有机质水平是表征和衡量土壤肥力状况的重要指标。在森林土壤中,凋落物是土壤有机物主要来源,也是每年补充有机质的主要方式。3 种林分由于地表凋落物厚度、组成成分的差异,导致其有机质含量不同(表 3)。3 种林分有机质含量在 5—15 cm 土层中维持在最高值,并且 3 种林分有机质含量差异显著,红松天然林有机质含量最高为 $13.59 \pm 0.71\%$,红松人工纯林最低为 $9.53\% \pm 0.55\%$ 。随着土层的加深,有机质含量迅速下降,如红松天然林有机质含量在 40—60 cm 土层中为 $1.56\% \pm 0.20\%$,下降幅度超过 90%。在 15—25 cm 土层,红松人工纯林和红松天然林有机质含量没有显著差异,均低于红松混交林有机质含量($4.56\% \pm 0.37\%$),表明混交栽种人工林对林地土壤有机质有一定恢复作用。在其他土层中,3 种林分的有机质含量没有显著差异,维持在较低水平。

土壤 pH 值虽不能直接表明土壤中某种养分的数量,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。有资料显示,单纯营造针叶树种,将会导致土壤酸化,使土壤理化性质变劣,不利于土壤养分的保存和积累。从表 3 可以看出,3 种样地土壤 pH 值均随着土层的加深而缓慢变小,但差异不显著。3 种林分 pH 值都介于 5~6,呈弱酸性,林型间土壤 pH 值差异不显著。红松人工纯林土壤 pH 值比天然林、混交林略低。

3 结论

(1) 红松人工纯林、混交林和天然林中土壤氮、磷、钾、有机质及 pH 值均随着土层深度的增加而下降。3 种林分中缓效钾和 pH 值下降缓慢,缓效钾均维持在较高水平。

(2) 在 5—15 cm 土层,3 种林分全氮和碱解氮含量有显著差异,红松天然林最高,依次为人工混交林和红松人工纯林。各土层全氮和碱解氮含量表现出天然林>人工混交林>人工纯林的规律。可见,营林方式的不同会明显导致土壤氮素含量的分异。在 5—15 cm 土层中,红松天然林和红松混交林土壤全磷含量没有显著差异,明显地高于红松人工纯林,在其他土层中,土壤全磷含量没有显著差异,均维持在较低水平。在 25 cm 土层以上,红松天然林的速效磷含量最高。缓效钾和速效钾含量以天然林为最高,但 3 种林分的钾素含量丰富。

(3) 红松天然林中土壤养分丰富,有机质积累

多,明显高于人工林。由于阔叶树的缘故,人工混交林 25 cm 以上土层有机质含量较人工纯林有所增加。红松人工纯林土壤有酸化趋势,但与天然林、人工混交林相比不明显。

[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] 付刚,刘增文,崔芳芳. 秦岭山区典型人工林土壤酶活性、微生物及其与土壤养分的关系[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2008, 36(10):88-94.
- [3] 丁访军,王兵,钟洪明,等. 赤水河下游不同林地类型土壤物理特性及其水源涵养功能[J]. 水土保持学报, 2009, 23(3):179-183.
- [4] 许景伟,王卫东,李成. 不同类型黑松混交林土壤微生物、酶及其与土壤养分关系的研究[J]. 北京林业大学学报, 2000, 22(1):51-55.
- [5] 王树力. 不同经营类型红松林对汤旺河流域土壤性质的影响[J]. 水土保持学报, 2006, 20(2):90-93.
- [6] 贾志清. 太行山封育区森林土壤肥力的特性研究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(3):28-31.
- [7] 周莉,代力民,谷会岩,等. 长白山阔叶红松林采伐迹地土壤养分含量动态研究[J]. 应用生态学报, 2004, 15(10):1771-1775.
- [8] 杨弘,李忠,裴铁璠,等. 长白山北坡阔叶红松林和暗针叶林的土壤水分物理性质[J]. 应用生态学报, 2007, 18(2):272-276.
- [9] 陈永亮,李传荣. 红松水曲柳纯林与混交林土壤水分性质分析[J]. 水土保持通报, 2011, 31(3):85-88.
- [10] 刘爽,王传宽. 五种温带森林土壤微生物生物量碳氮的时空格局[J]. 生态学报, 2010, 30(12):3135-3143.
- [11] 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.
- [12] 田子珩,张春雨,赵秀海. 红松伐根分解过程中土壤动物动态[J]. 生态学杂志, 2007, 26(2):286-290.
- [13] 刘少冲,段文标. 红松阔叶混交林林隙土壤养分的空间异质性[J]. 水土保持学报, 2011, 25(3):142-146.
- [14] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京:中国农业科技出版社, 1999:5-22.
- [15] 刘颖,韩士杰,林鹿. 长白山四种森林类型凋落物动态特征[J]. 生态学杂志, 2009, 28(1):7-11.
- [16] 田大伦,项文化,闫文德. 马尾松与湿地松人工林生物量动态及养分循环特征[J]. 生态学报, 2004, 24(10):2207-2210.
- [17] 杨会侠,汪思龙,范冰,等. 马尾松人工林发育过程中的养分动态[J]. 应用生态学报, 2010, 21(8):1907-1914.