

三种造林模式对北京北部人工水源涵养林地 土壤肥力的影响研究

白 麟^{1,2}, 杨建英^{1,2}, 韩雪梅^{1,2}, 王俭成^{1,2}

(1. 北京林业大学 水土保持学院, 北京 100083; 2. 北京林业大学 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

摘 要:为了认识不同造林模式对人工水源涵养林土壤肥力的影响作用,2010 年 8 月在北京市密云县太师屯镇人工水源涵养林试验示范区内,选择了 2008 年植造的油松+五角枫+紫穗槐(I)、油松+橡栎+五角枫(II)和山桃+板栗(III)3 种模式营造的人工林地,设置相对应的 3 块标准样地 1,2,3。对标准地内土壤养分含量进行了描述性统计分析,对土壤肥力进行了综合评价。结果表明:有机质含量为油松+橡栎+五角枫>油松+五角枫+紫穗槐>山桃+板栗,标准地 3 的有机质含量为 11.3 g/kg,比标准地 1,2 分别低 54.3%和 54%;全效氮与全效钾含量为:油松+五角枫+紫穗槐>油松+橡栎+五角枫>山桃+板栗,全氮、全钾含量分别为 1.63,1.34,0.80 g/kg 和 2.65,2.32,1.71 g/kg。速效钾分别为 48.45,96.65,37.75 mg/kg。针阔混交林植物种类丰富,郁闭度大,枯落物积累数量多,对水源涵养林土壤肥力改善较为明显。

关键词:人工水源涵养林;造林模式;土壤肥力

中图分类号:S714.8;S727.21

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)06-0075-04

Study on the Influence of Three Afforestation Models on Soil Fertility of Artificial Water Conservation Forest in North of Beijing

BAI Lin^{1,2}, YANG Jian-ying^{1,2}, HAN Xue-mei^{1,2}, WANG Jian-cheng^{1,2}

(1. College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China; 2. Key Lab Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Beijing Forestry University, Ministry Education, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to understand the effect of different afforestation models on soil fertility of artificial water conservation forest, in August 2010, we chose three afforestation models: *Pinus tabulaeformis* + *Acer elegantulum* + *Amorpha fruticosa* L. (I), *Pinus tabulaeformis* + *Quercus mongolica* + *Acer elegantulum* (II) and *Amygdalus davidiana* + *Castanea mollissima* (III) which were planted in Experimental Area of Artificial Water Conservation Forest in Taishitun town, Miyun county, Beijing, 2008, set three plots in corresponding afforestation models: standard one(S₁), standard two(S₂) and standard three(S₃). The soil fertility of the three models of water conservation forest was evaluated by applying descriptive statistical analysis. The results show that: the order of soil organic matter status in each forest is II > I > III, the organic matter content of S₃ was 11.3 g/kg, which was 54.3% and 54% lower than that of S₁ and S₂, respectively; the order of total N and total K contents is I > II > III, the contents of total N in I, II and III were 1.63 g/kg, 1.34 g/kg and 0.80 g/kg; the contents of total K in I, II and III were 2.65 g/kg, 2.32 g/kg and 1.71 g/kg, respectively; the contents of the available K in I, II and III were 48.45 mg/kg, 96.65 mg/kg and 37.75 mg/kg. The botanic species is abundant, forest canopy closure is high and quantity of litter accumulation is much in the mixed needleleaf and broadleaf forest, which significantly improves soil fertility in artificial water conservation forest.

Key words: artificial water conservation forest; afforestation models; soil fertility

收稿日期:2011-04-21

修回日期:2011-06-17

资助项目:“十一五”国家林业科技支撑计划课题(2006BAD03A1801)

作者简介:白麟(1985—),男,陕西甘泉县人,在读硕士研究生,主要从事水土保持、农业建筑及小城镇规划研究。E-mail:bailin@bjfu.edu.cn

通信作者:杨建英(1965—),女,河北行唐人,博士,副教授,主要研究方向:工程绿化、水土保持。E-mail:jyyang@bjfu.edu.cn

水源涵养林是具有特殊意义的水土防护林种之一,泛指河川、水库、湖泊的上游集水区大面积的原有林(包括原始森林和次生林)和人工林^[1]。土壤肥力是土壤物理化学因素和生物因素等综合作用的结果,可以反映土壤为植物生长提供营养和环境条件的能力。人工水源涵养林是保护水库水源地水质、防止水土流失的有效植被类型,对改善土壤的理化性状和提高土壤肥力具有重要作用。近些年,国内外一些专家学者在人工水源涵养林的培育技术、经营模式、探讨不同森林类型与土壤肥力和水源涵养功能的关系以及人工林生态效益评价等方面进行了一些研究^[2-7],对防止人工林地土壤肥力衰退,合理经营森林资源,从而实现人工林的可持续发展具有非常重要的现实意义。

本研究通过对位于北京市密云水库上游的太师屯镇水源涵养林示范区内 3 种不同造林模式水源涵养林的土壤养分含量变化进行分析,探讨不同模式水源涵养林与土壤肥力的关系,以便从造林的角度探讨如何合理利用土壤,提高林地生产力,从而可以最大限度保持土壤肥力以及发挥森林的水源涵养功能。

1 研究区概况

研究区位于北京密云县太师屯镇黄各庄村,北纬 40°28′46.96″,东经 117°00′27.30″,西临密云水库东岸,地势由东北向西南倾斜,至密云水库岸边达最低点。该区气候类型属于暖温带半湿润季风性气候,年均气温 10~15℃,平均最低气温 -18℃,平均最高温 38℃;无霜期 176 d,日照总时数 2 800 h,多年平均降水量 605.5 mm,主要集中在 6—8 月,占全年降雨量的 65%~75%。土壤以山地淋溶褐土为主,坡地

土质为壤质和石砾质,沟谷阶地则为壤质和沙质土,土层较薄。研究区以人工植被为主,包括刺槐(*Robinia pseudoacacia* L)林,油松(*Pinus tabulaeformis*)林,侧柏(*Platycladus orientalis* Linn. Franco)林,杨树(*Populus tomentosa* Carr)林,还有经济林如板栗(*Castanea mollissima*)林、苹果(*Malus domestica*)、梨(*Pyrus* spp.)和核桃(*Juglans regia*)等,天然次生林包括杨树、桦树(*Betula*)林等。

2 研究方法

2.1 标准地的选设

按照立地条件相同、林分特征相似的标准,在试验示范区内选定在 2008 年营造的 3 块不同造林模式水源涵养林地进行试验调查。3 种造林模式基本概况见表 1。

表 1 3 种不同造林模式概况

造林模式	造林树种	造林配比	苗木用量/株	整地方式
I	油松	5:3:2	516	反坡梯田、鱼鳞坑、穴状
	五角枫		310	
	紫穗槐		210	
II	油松	5:3:2	565	
	橡栎		340	
	五角枫		230	
III	山桃	6:4	587	
	板栗		392	

注:3 块样地的造林时间均为 2008 年,造林面积均为 6 667 m²。

分别在每个标准地从坡上和坡下布设 2 块标准样地,标准样地的面积为 400 m²(20 m×20 m)。标准样地基本概况见表 2。

表 2 标准样地基本概况

标准样地	造林树种	伴生树种	海拔/m	坡向	坡度/(°)	坡位	平均树高/m	平均胸径/cm	土层厚度/cm
1	油松+五角枫+紫穗槐	荆条、板栗、酸枣	<600	阴坡	23	坡上	1.68	1.71	中土
				半阴坡		坡下	1.72	1.74	25~50
2	油松+橡栎+五角枫	荆条、酸枣	>600	阳坡	23	坡上	2.06	2.10	中土
				半阳坡		坡下	2.11	2.14	25~50
3	山桃+板栗	荆条	>600	阳坡	27	坡上	1.80	2.00	薄土
				半阳坡		坡下	1.85	2.10	<25

2.2 土样采集与测定

在每个标准样方内按“S”形走向分别在坡上、坡下各选取 6 个样点挖掘土壤剖面,采集 0—40 cm 层的混合土壤标本,分装后将土样带回实验室风干、研磨,进行分析。

将水土以质量比 2.5:1.0 混合后,用 pH 计测土壤 pH 值;有机质用重铬酸钾容量法测定;全 N 用

半微量凯氏法测定;用氢氧化钠碱熔法将土壤样品熔融后提取待测液,用钼蓝比色法测定全 P;火焰光度计测全 K;有效 N 用碱解扩散法测定;用 0.5 mol/L 的碳酸氢钠提取土壤样品后,用钼蓝比色法测定有效 P;用 1 mol/L 的中性醋酸钠提取土壤样品后,用火焰光度计测定有效 K^[8]。

2.3 数据处理

所有数据采用 Excel 2007 软件处理。以下文中所涉及数据为 6 个数值的平均值。

3 结果与分析

3.1 土壤 pH 和有机质特征比较

从表 3 可以看出,标准地 3 的酸性最弱,pH 值为 6.70,酸性最强的是标准地 1,pH 值为 6.34。标准地 3 与 1,2 标准地 pH 值差异显著,而标准地 1,2 之间的差异并不显著。这主要和标准地 1,2 中的针叶树种有关,当表层有较多的根系分布时,油松根系正常呼吸产生的 CO₂ 及根分泌的有机酸和 H⁺,使土壤 pH 值降低;另一方面由于针叶树凋落物中含有大量不易分解的单宁、树脂等,分解后产生酸性物质^[9],使土壤的 pH 值降低。

土壤有机质是土壤固相部分的重要组成部分,是植物养分和土壤微生物生命活动的能量来源^[10]。从表 3 看出,各标准地有机质含量的大小顺序为标准地 2>标准地 1>标准地 3。其中,标准地 3 的有机质含量明显低于标准地 1,2,仅为 11.3 g/kg,比 1,2 标准地分别低 54.3%和 54%。这是由于标准地 1,2 中荆条、紫穗槐等灌木及五角枫等生长速度较快,会产生大量的枯枝落叶,从而增加了土壤中有机质的含量。这说明乔灌混交林在增加土壤有机质和改善土壤肥力方面具有较大的潜力,较为适合人工林的营建。坡下有机质含量均高于坡上,这主要是由于坡下水分条件较好,加之降水的冲刷使得坡下土壤养分含量较高,坡下林木生长状况及其林下植被的丰富程度均明显优于坡上。枯枝落叶的大量聚集、腐化,从而增加了坡下土壤有机质的含量。

表 3 3 种不同模式水源涵养林地土壤 pH 值与有机质含量

标准地	坡位	pH 值	有机质/(g·kg ⁻¹)
1	坡上	6.38	20.3
	坡下	6.29	24.7
2	坡上	6.51	23.4
	坡下	6.18	26.2
3	坡上	6.92	7.8
	坡下	6.47	14.8

3.2 土壤全量养分特征分析

土壤中全磷、全氮和全钾的含量能反映土壤“营养库”中养分总储量水平^[11]。3 种造林模式的土壤全量养分含量见表 4。

3 种造林模式下氮、钾的含量顺序均为:标准地 1>样准地 2>标准地 3。全氮含量分别为:1.63,1.34,0.80 g/kg。全钾含量分别为:2.65,2.32,1.71 g/kg。基于相同抚育管理下的造林氮素含量呈现出差异性,主要原因在与针阔混交林模式下,树木生长

速度较快,植被的多样性增加了土壤温度,在土壤水分含量适宜时可以增加微生物活动,从而加快有机质分解^[12-13],提高土壤有机氮含量。

表 4 3 种不同模式水源涵养林地土壤全量养分含量 g/kg

标准地	坡位	全磷	全氮	全钾
1	坡上	0.42	1.59	2.63
	坡下	0.58	1.67	2.66
2	坡上	1.15	1.29	2.28
	坡下	1.28	1.39	2.35
3	坡上	0.88	0.73	1.87
	坡下	0.95	0.86	1.54

3.3 土壤速效养分特征分析

养分总量中速效养分的含量虽然很少,但它是反映土壤供应养分能力的重要指标。土壤中钾能够加速植物对 CO₂ 的同化过程,从而促进碳水化合物的转移,因此它是植物必需的元素,并且广泛地存在于土壤和动植物体内。而且,钾还能减少植物的蒸腾,来调节植物组织中的水分平衡,从而提高植物的抗旱性。土壤全磷中,只有很少一部分是可以被植物直接吸收的,称为速效磷^[14],它对植物生长也具有重要意义。

从表 5 中可以看出,3 种造林模式下速效钾、速效氮与速效磷的含量表现出同样的规律:1,2 号标准地的含量均高于 3 号标准地,3 种造林模式下速效钾分别为 48.45,96.65,37.75 mg/kg。这是由于 3 号标准林分结构相对单一,林下枯落物对土壤中养分流失拦截效果较小,所以土壤养分更易流失。

表 5 3 种不同模式水源涵养林地土壤全量养分含量 mg/kg

标准地	坡位	速效钾	速效氮	速效磷
1	坡上	48.60	114.0	1.67
	坡下	48.30	133.0	4.32
2	坡上	96.80	110.0	4.54
	坡下	96.50	123.0	4.82
3	坡上	38.10	34.0	1.76
	坡下	37.40	67.0	2.70

3.4 3 种造林模式水源涵养林地土壤肥力的综合评价

将 3 块标准地土壤中各养分的含量与全国第二次土壤普查养分分级标准(表 6)进行比较发现,1 号与 2 号标准地的有机质含量处于第 3 等级,而 3 号标准地处于第 4 等级。全效氮含量 1,2 标准地分别处于 2,3 等级,而 3 号标准地处于第 5 等级。速效钾处于 4—5 等级。速效氮除 3 号地水平较低处于第 5 等级外,1,2 号标准地分别处于 2,3 较高等级。3 块标准地速效磷的含量均处于较低的 5—6 等级。综合而言,土壤肥力综合评价顺序是:1 油松+五角枫+紫穗槐>2 油松+橡栎+五角枫>3 山桃+板栗。

太师屯人工水源涵养林地的土地相对较为贫瘠,

土壤肥力处于中等偏下水平。土壤有机质含量偏低,由于阔叶林自肥能力较高,针阔混交林有机质含量明显高于纯林。全氮、速效氮处于中等水平,没有表现

出明显的缺乏现象。而 3 块标准地中磷的含量均处于低水平状态,这与当地的土壤母质、农业施肥及耕作习惯有关。

表 6 全国第二次土壤普查养分分级标准

养分等级	有机质/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全磷/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	全氮/ ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效钾/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效氮/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	速效磷/ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
1	>40	>2.0	>2.0	>200	>150	>40
2	30~40	1.5~2.0	1.5~2.0	150~200	120~150	20~40
3	20~30	1.0~1.5	1.0~1.5	100~150	90~120	10~20
4	10~20	0.7~1.0	0.75~1.0	50~100	60~90	5~10
5	6~10	0.4~0.7	0.5~0.75	30~50	30~60	3~5
6	<6	<0.4	<0.5	<30	<30	<3

4 结 论

3 种造林模式对太师屯人工水源涵养林地土壤肥力有明显影响。3 种造林模式下土壤酸性的大小为油松+五角枫+紫穗槐>油松+橡栎+五角枫>山桃+板栗。有机质含量为油松+橡栎+五角枫>油松+五角枫+紫穗槐>山桃+板栗。土壤全量养分油松+五角枫+紫穗槐模式含量最高,山桃+板栗模式含量最低。速效养分中速效钾与速效磷在油松+橡栎+五角枫模式中表现最优,在山桃+板栗模式下表现最差。而速效氮在油松+五角枫+紫穗槐模式下表现最优,在山桃+板栗模式下表现最差。

此外,林地土壤肥力随着坡位的变化也差异明显。土壤养分含量除速效钾外仍然随着种植坡位的下降而增加,其中有机质、速效氮、速效磷含量增加显著。不同坡位土壤养分的差异可能与林地水土流失导致的土壤养分在下坡位的富集有关。因此,应该注重加强上坡位林分的结构配置来改善土壤养分。

太师屯人工水源涵养林地土地相对较为贫瘠、土壤有机质含量处于中等水平。氮、钾含量处于中下水平,磷严重缺乏。所以在当地营造人工林时要注意结合土壤肥力状况,选择适宜树种,做到因地制宜,适地适树。

参考文献:

- [1] 寇韬,李春燕,宫照红,等.水源涵养林研究现状综述[J].防护林科技,2009(5):59-62.
- [2] 余志民,王礼先.水源涵养林效益研究[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [3] 陈军,张红霞,钟文,等.黄土丘陵区人工造林对不同土壤类型理化性质的影响[J].水土保持研究,2011,18(1):42-47.
- [4] 秦嘉海,金自学,王进,等.祁连山不同林地类型对土壤理化性质和水源涵养功能的影响[J].水土保持学报,

2007,21(1):91-94.

- [5] 王贵霞,李传荣,许景伟,等.沙质海岸 5 种植被类型土壤物理性状及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2005,19(2):142-146.
- [6] 何园球,沈其荣,王兴祥.红壤丘岗区人工林恢复过程中的土壤养分状况[J].土壤,2003,35(3):222-226.
- [7] 王勤,张宗应.安徽大别山区不同林分类型的土壤特性及其水源涵养功能[J].水土保持学报,2003,17(3):59-62.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化性质分析[M].上海:上海科学技术出版社,1978.
- [9] 陈红跃,刘钱,康敏明,等.东江水源林不同混交组合林地枯落物和土壤持水能力研究[J].生态环境,2006,15(4):796-801.
- [10] 徐志友,余峰,高红军,等.半干旱黄土丘陵区不同坡位退耕还林还草地土壤养分的变异规律[J].中国水土保持,2010(8):39-41.
- [11] 李易麟,南忠仁.开垦对西北干旱区荒漠土壤养分含量及主要性质的影响:以甘肃省临泽县为例[J].干旱区资源与环境,2008,22(10):147-151.
- [12] Ruth-balaganskaga E, Myllynen-malinen K. Soil nutrient status and revegetation practices of downhill skiing areas in Finnish Lapland: a case study of Mt. Yllaes [J]. Landscape Urban Plan,2000,50:259-268.
- [13] Hazlett P W, Gordon A M, Voroney R P, et al. Impact of harvesting and logging slash on nitrogen and carbon dynamics in soils from upland spruce forests in northeastern Ontario [J]. Soil Biol. Biochem.,2007,39:43-57.
- [14] 孙向阳.土壤学[M].北京:中国林业出版社,2004.
- [15] 陈金林,俞元春.杉木、马尾松、甜槠等林分下土壤养分状况研究[J].林业科学研究,1998,11(6):586-591.
- [16] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [17] 耿玉清,孙向阳,亢新刚,等.长白山林区不同森林类型下土壤肥力状况的研究[J].北京林业大学学报,1999,21(6):97-101.