

黄土丘陵区人工林土壤养分效应研究

尹娜, 魏天兴, 张晓娟

(北京林业大学水土保持学院, 100083, 北京)

摘要:以人工油松林和人工刺槐林为例进行比较, 分析了黄土丘陵区人工林土壤养分特征及分布, 进行了人工林土壤养分效应的研究。结果表明: 该研究区人工林土壤肥力处于低水平; 人工林表层土壤养分中有机质和全磷的空间变异性较大; 各种养分在剖面中的含量具有明显的层次性, 表层(0—20 cm)养分含量最高, 向下层逐渐降低; 在人工刺槐林中, 土壤有机质含量与全氮含量相关性显著, 有机质含量与全磷含量、速效钾含量相关性较为显著, 与速效磷含量相关性不显著; 在人工油松林中, 土壤有机质含量与全氮含量相关性显著, 有机质含量与速效磷含量、速效钾含量相关性较为显著, 与全磷含量相关性不显著。

关键词: 土壤养分; 人工林; 黄土丘陵区

中图分类号: S714.8

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2008)02-0209-03

The Characteristics of Soil Nutrient in Artificial Forest Land in the Hilly Loess Plateau

YIN Na, WEI Tian-xing, ZHANG Xiao-juan

(College of Soil and Water Conservation, Beijing Forestry University, 100083, Beijing, China)

Abstract: The article is making the comparisons with the artificial *Pinus tabulaeformis* forest and the artificial *Robinia pseudoacacia* forest, analyzing the physical and chemical properties of the plantation soil in the Loess Hills Area, making the research about the effect of the plantation soil nutrients. The results showed that: generally speaking, the planted forest soil fertility is in low level in this study area. In the planted forest super crust soil nutrient, the space deviancy of the organic quality and the entire nitrogen is bigger. The contents of various nutrients in section have obvious arrangement of ideas, the nutrient content in super crust (0—20 cm) is maximal, reduce gradually to lower levels; In the artificial robinia pseudoacacia forest, the correlativity of the soil organic contents and the soil nitrogen contents is notable. The correlativity of the organic contents and the entire phosphorus contents is comparatively notable, the correlativity of the organic contents and the quick results potassium contents is comparatively notable. The correlativity of the organic contents and the available phosphorus contents is not notable; In the artificial *Pinus tabulaeformis* forest, the correlativity of the soil organic contents and the soil nitrogen contents is notable, the correlativity of the organic contents and the available phosphorus contents is comparatively notable, the correlativity of the organic contents and the quick results potassium contents is comparatively notable. The correlativity of the organic contents and the entire phosphorus contents is not notable.

Key words: soil nutrient; artificial forest land; hilly Loess Plateau

土壤是一个独立的、完整的开放型生态系统, 具有独特的组成、结构和功能, 不停地与周围环境进行着物质和能量的交换。在黄土高原水土保持及生态环境建设中, 人工林占据着很重要的地位。已有研究表明, 人工林具有显著的水土保持功能, 而且能够明显改善土壤肥力^[1-2]。有关人工林地土壤养分效应的研究已有很多, 但多集中在不同林型下或不同植被演替阶段土壤养分特征^[3-8], 而在相同林龄条件下的不同树种人工林土壤养分效应研究少见报道。由于树种的差异, 每种植被对土壤养分活化、吸收、利用能力有很大的差

别^[9-10], 因此在相同林龄条件下, 弄清不同树种人工林与土壤养分效应的关系成为重要的课题。刺槐(*Robinia pseudoacacia*)和油松(*Pinus tabulaeformis*)等树种既喜湿润肥沃的土壤, 又耐干旱瘠薄, 有较强的适应性和抗逆性, 生长快, 萌蘖力强, 根系发达, 同时具有很好的保持水土、涵养水源及改良土壤的作用, 被认为是黄土高原地区人工植被建设中的首选树种, 在黄土高原地区已占有相当比例。但由于刺槐和油松林的面积和密度较大, 其土壤养分效应研究成为林草植被建设中需要解决的基本问题, 对合理利用资源和生态环境

收稿日期: 2007-10-15

基金项目: “十一五”科技支撑计划(2006BAD03A1206); 山西吉县森林生态系统国家科学观测研究站项目

作者简介: 尹娜(1982—), 女, 研究生, 主要从事森林生物量及营养元素循环研究。E-mail: yinna3030@163.com

通信作者: 魏天兴, 副教授, 主要从事林业生态工程与效益评价研究。E-mail: weitx@bjfu.edu.cn

建设具有重要意义。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于山西省吉县蔡家川流域,北纬 $36^{\circ}14' - 36^{\circ}18'$,东经 $110^{\circ}40' - 110^{\circ}48'$ 。该区土壤为褐土,黄土母质。流域主沟长 12.15 km,面积 40.10 km²。该流域为黄土高原梁状丘陵沟壑区的典型地区,海拔 904~1 592 m,年均气温 10℃,年均降水量 575.9 mm,属暖温带大陆性气候。森林植物地带属于暖温带半湿润褐土落叶阔叶林。人工刺槐林密度为 1 550 株/hm²,林龄 15 a,平均树高 5.7 m。人工油松林的密度为 1 175 株/hm²,林龄 15 a,平均高度 6.5 m(表 1)。

表 1 试验林的基本特征

树种	林龄/a	密度/ (株·hm ⁻²)	平均胸径/ cm	平均树高/ m	冠幅/m
刺槐	15	1550	4.7	5.7	3.3×4.0
油松	15	1175	9.1	6.5	3.5×3.5

1.2 研究方法

外业调查工作开始于 2006 年夏季,依据典型性和代表性原则选中所需要的人工油松林以及人工刺槐林样地,还选取了 1 个天然次生林地(同小流域内冯家疙疖)土壤剖面样供作比较。每个样地的布设面积为 400 m²。在每种林型内按照“S 型”布点原则设置 10 个土壤采样点,依次按照 0—10,10—20,20—40,40—60,60—80,80—100 cm 分层次多点多次采集土壤分析样本,在每个层次土层中取等量土样,均匀混合成一个样,去除杂物、风干、剔除其中根系和石块等杂物、磨碎,分别制得通过 1 mm 筛的土壤样品和通过 0.2 mm 筛的土壤样品,用于土壤养分的测定。按常规方法测定土壤全氮、全磷、全钾、有机质、速效磷及速效钾含量^[11]。土

壤有机质采用重铬酸钾容量法—外加加热法,土壤全氮采用半微量凯法测定;土壤全磷采用硫酸—高氯酸消解—钼锑抗比色法测定;土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提钼锑抗比色法^[5]测定;土壤速效钾采用醋酸铵火焰光度法测定。

2 结果与分析

2.1 人工林土壤养分特征

人工林表层(0—20 cm)土壤养分特征见表 2,与天然次生林相比较,人工林土壤全氮和有机质含量为天然林的 40.59%和 44.64%。速效磷和全磷含量分别为天然林的 169.41%和 90.95%。速效钾含量为天然林的 87.5%。依据黄土高原地区土壤养分含量分级^[12],研究区人工林土壤全氮、有机质含量属于低水平,全磷含量和速效磷含量处于中等偏上水平,速效钾含量处于中下等水平。表明该区人工林土壤肥力处于低水平。

土壤养分分析的基础之一是土壤养分的空间变异分析,土壤养分的变异系数是土壤性质的内在反映,能够区别不同土壤养分对外界各种自然条件的敏感性。选择黄土丘陵区吉县蔡家川流域的两个人工林样地以及一个天然次生林样地为研究对象,对不同取样点之间及土壤剖面不同层次间土壤养分的分析表明,人工林表层土壤养分中有机质和全氮的变异系数较大(表 2),约为 29%,速效钾变异系数次之,约为 26%,速效磷变异系数较小,约为 14%,全磷的变异系数最小,为 8.82%。人工林土壤剖面养分描述性统计如表 3。各种养分在剖面中的含量具有明显的层次性,表层(0—20 cm)养分含量最高,向下层逐渐降低。各种养分含量在剖面中的变异性也有明显差异。20—40 cm 土壤养分的变异系数最小。表层(0—20 cm)土壤养分的变异系数最大。表明土壤环境以及植被因子对表层土壤养分产生了较大的影响。

表 2 人工林表层(0—20 cm)土壤养分统计性描述

项目	全氮/%		全磷/(mg·kg ⁻¹)		有机质/%		速效磷/(mg·kg ⁻¹)		速效钾/(mg·kg ⁻¹)	
	PF	NF	PF	NF	PF	NF	PF	NF	PF	NF
最小值	0.031	0.035	633.43	768.54	0.67	0.97	44.84	26.32	50.00	60.00
最大值	0.058	0.167	780.63	800.50	1.35	3.51	61.52	33.73	90.00	100.00
平均	0.041	0.101	713.52	784.57	1.00	2.24	51.33	30.03	70.00	80.00
SD	0.012	0.093	62.95	22.53	0.28	1.80	7.18	5.24	18.26	28.28
CV/%	29.04	92.11	8.82	2.87	28.37	80.18	13.98	17.45	26.08	35.36

注:PF,人工林;NF,自然林;SD,标准差;CV,变异系数。表中人工林的统计例数为 40。天然林统计例数为 20。

2.2 不同树种人工林土壤养分分布

2 种人工林都使植被土壤表层有机质明显积累,这主要是植被以枯枝落叶的形式归还土壤的结果。但是两种植被中有机质积累较多的是油松林。这反映了不同植被对土壤有机质积累的影响。油松林生物量大,归还量也相应较大,有机质含量相应较高。从土壤深度方面分析,各个林地土层由上到下有机质含量越来越少,刺槐林表现得尤为明显。油松林地的土壤有机质含量较高,平均为刺槐林地的 1.33 倍。植被对土壤有机质具有明显的累积功能,同时也说明植被对坡地养分流失有明显的防止和减轻作用。油松林地对于改善林地的土壤养分状况,增加土壤中有效养分的含量,对防止土地退化具有比较显著的作用,而刺槐改善土壤的作

用较弱。总体来说:土壤有机质垂直分布具有明显的规律性(表 4),表现为 0—10 cm>10—20 cm>20—40 cm>40—60 cm>60—80 cm,表明土壤有机质有向表层富集的趋势。

全氮量是土壤氮素养分的储备指标,在一定程度上说明土壤氮的供应能力,较高的含氮量常标志着较高的氮素供应水平^[13]。土壤中的氮元素可以分为有机态氮和无机态氮,而且有机态氮占土壤总氮量的 95%以上,所以在通常状况下,有机质含量的多寡决定了土壤的全氮量,2 种树种植被对土壤全氮的效应是:土壤表层全氮含量较多而剖面下层土壤全氮量越来越少,且最表层土壤的全氮含量明显高于其余各个层次土壤全氮含量,这反映了土壤氮素垂直迁移主要是土壤氮素在成土作用下向表层富集。这与土壤有机质含量

的变化规律一致。人工油松林各层次土壤全氮含量>人工刺槐林各层次土壤全氮含量。

表 3 人工林土壤剖面养分描述性统计

土壤养分	深度/ cm	样本	最小值	最大值	平均值	标准差	变异 系数/%
全氮/ (g·kg ⁻¹)	20	4	0.31	0.58	0.41	0.01	29.04
	60	4	0.25	0.37	0.32	0.05	14.66
	100	4	0.18	0.29	0.24	0.05	19.11
全磷/ (mg·kg ⁻¹)	20	4	633.43	780.63	713.52	62.95	8.82
	60	4	674.25	771.28	710.37	43.13	6.07
	100	4	680.59	786.23	728.66	48.45	6.65
有机质/%	20	4	0.67	1.35	1.00	0.28	28.37
	60	4	0.36	0.59	0.50	0.10	21.72
	100	4	0.13	0.46	0.32	0.14	44.64
速效磷/ (mg·kg ⁻¹)	20	4	44.84	61.52	51.33	7.18	13.98
	40	4	54.84	68.93	60.12	6.10	10.14
	60	4	48.55	18.91	57.92	6.90	11.92
速效钾/ (mg·kg ⁻¹)	20	4	50.00	90.00	70.00	18.26	26.08
	40	4	50.00	50.00	50.00	0	0
	60	4	50.00	60.00	57.5	5	8.69

表 4 不同树种植被对土壤养分含量的影响

树种	养分含量	土层深度/cm				
		0-10	10-20	20-40	40-60	60-80
刺槐林	有机质/%	1.07	0.67	0.41	0.36	0.13
	全氮/%	0.0376	0.031	0.0313	0.0258	0.0234
	全磷/(mg·kg ⁻¹)	633.43	698.97	674.25	686.58	697.73
	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	50.40	61.52	54.84	58.55	55.96
	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	90	60	50	50	60
油松林	有机质/%	1.35	0.92	0.59	0.49	0.46
	全氮/%	0.058	0.0365	0.0371	0.0324	0.0285
	全磷/(mg·kg ⁻¹)	780.63	741.05	709.37	771.28	750.10
	速效磷/(mg·kg ⁻¹)	44.84	48.55	68.93	58.19	63.37
	速效钾/(mg·kg ⁻¹)	80	50	50	50	50

表内数值均为平均值。

土壤中的磷元素由有机态磷和无机态磷组成,其中无机态磷占大多数。从磷的生物地球化学循环角度来看,岩石的风化,养分的吸收和转化等过程影响着土壤中全磷元素的含量。磷素是一种沉积性矿物,在主要植物营养元素中,磷素在风化壳中的物质迁移是最小的。在土壤形成的过程中,磷素的风化、淋溶、富集迁移是多种因素共同作用的结果,其中生物富集迁移是影响磷素积累的主导因素^[14-16]。在不同树种植被的不同层次深度的土层中,土壤全磷含量变化很小。如表 4 所示,各土层人工油松林的土壤全磷含量大于人工刺槐林。同种人工林中不同土层的全磷含量变化幅度不大,相对于人工刺槐林来说,人工油松林更易于储存全磷元素。土壤速效磷是土壤中易被植物吸收利用的磷酸盐,它极易受周围环境的影响。就土壤表层而言,人工刺槐林的土壤速效磷含量高于人工油松林 11.03%,较深层土壤中刺槐林与油松林中的土壤速效磷分布规律不明显,两种林型的耗磷量没有显著差别,各层次土壤速效磷含量分布较均匀。

土壤速效钾含量在 2 种人工林中的分布并无显著差异,土壤表层速效钾含量较多而剖面下层含量逐步减少。

2.3 土壤有机质与其他土壤养分的关系

人工刺槐林各层次土壤有机质含量(X)与其它土壤养分(Y)之间的关系,可以用以下方程拟合:

$Y_{(全氮)} = 0.0165X + 0.021 \quad R^2 = 0.8853^{**}$ (1)

$Y_{(全磷)} = -71.563X + 719.22 \quad R^2 = 0.6848^{*}$ (2)

$Y_{(速效磷)} = -7.583X + 60.916 \quad R^2 = 0.3403$ (3)

$Y_{(速效钾)} = 35.299X + 43.821 \quad R^2 = 0.6854^{*}$ (4)

人工油松林各层次土有机质含量(X)与其它土壤养分(Y)之间的关系可以用以下方程拟合:

$Y_{(全氮)} = 0.0284X + 0.0168 \quad R^2 = 0.8725^{**}$ (5)

$Y_{(全磷)} = 31.484X + 726.55 \quad R^2 = 0.1789$ (6)

$Y_{(速效磷)} = -22.608X + 74.004 \quad R^2 = 0.7166^{*}$ (7)

$Y_{(速效钾)} = 31.195X + 32.23 \quad R^2 = 0.7643^{*}$ (8)

由以上公式可知:在人工刺槐林中,土壤有机质含量与全氮含量相关性显著,有机质含量与全磷含量、速效钾含量相关性较为显著,与速效磷含量相关性不显著。在人工油松林中,土壤有机质含量与全氮含量相关性显著,有机质含量与速效磷含量、速效钾含量相关性较为显著,与全磷含量相关性不显著。

3 结 论

(1)研究区人工林土壤全氮、有机质含量属于低水平,全磷含量和速效磷含量处于中等偏上水平,速效钾含量处于中下等水平。表明该区人工林土壤肥力处于低水平。

(2)人工林表层土壤养分中有机质和全氮的变异系数较大,约为 29%,速效钾变异系数次之,约为 26%,速效磷变异系数较小,约为 14%,全磷的变异系数最小,为 8.82%。

(3)各种养分在剖面中的含量具有明显的层次性,表层(0-20 cm)养分含量最高,向下层逐渐降低。各种养分含量在剖面中的变异明显。20-40 cm 土壤养分的变异系数最小。表层(0-20 cm)土壤养分的变异系数最大。表明土壤环境以及植被因子对表层土壤养分产生了较大的影响。

(4)人工油松林的有机质积累量大于人工刺槐林,土壤有机质垂直分布具有明显的规律性,在两种人工林中,两种人工林的土壤有机质均有向表层富集的趋势。人工油松林与人工刺槐林土壤全氮含量的变化规律基本一致,土壤表层全氮含量较多而剖面下层土壤全氮含量越来越少,人工油松林各层次土壤全氮含量>人工刺槐林各层次土壤全氮含量。各土层人工油松林的土壤全磷含量大于人工刺槐林,同种人工林中不同土层的全磷含量变化幅度不大,相对于人工刺槐林来说,人工油松林更易于储存全磷元素,两种人工林各层次土壤速效磷含量分布较均匀。

(5)在人工刺槐林中,土壤有机质含量与全氮含量相关性显著,有机质含量与全磷含量、速效钾含量相关性较为显著,与速效磷含量相关性不显著。在人工油松林中,土壤有机质含量与全氮含量相关性显著,有机质含量与速效磷含量、速效钾含量相关性较为显著,与全磷含量相关性不显著。

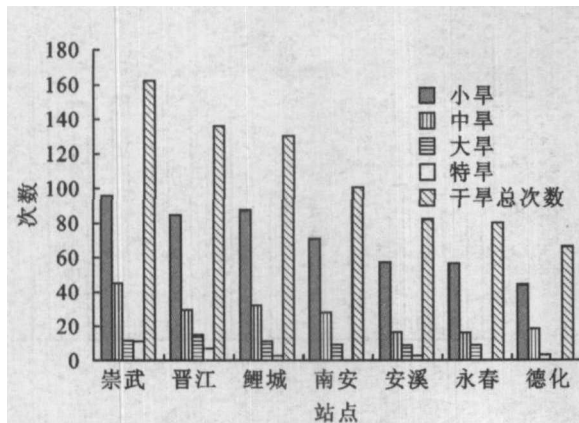


图3 泉州各站点干旱统计

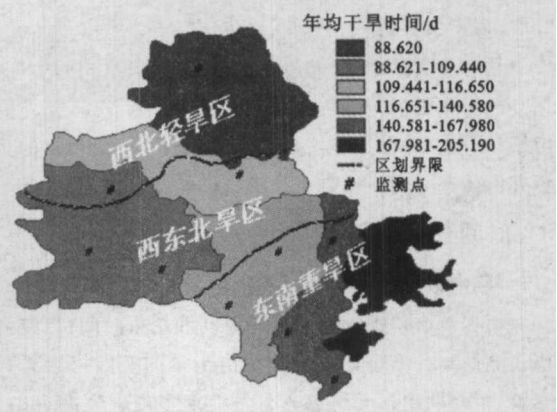


图4 泉州海岸带干旱年均干旱天数及灾害区划

增加水库和池塘的蓄水能力,将有限的自然降水尽可能多地蓄留。同时开辟引水沟渠,从水源充分的江河湖库引水、调水到本区,也可从本区水分较充足的地区调节部分水资源到干旱地区。在“十一五”期间主要做好如下工作:

(1)蓄水工程。龙门滩引水扩建工程(碧坑水库)、安溪芦田福潭水库、安溪感德龙虎桥水库、洛江区八峰水库工程、2座病险水库除险加固工程。

(2)引调水工程。金鸡拦河闸重建工程、山美灌区南高干渠整治三期工程、南安市沿海三镇供水工程、惠安县惠女水库灌区续建配套和节水改造工程、洛江区新庵水厂、永春水厂及调水工程、晋江市农村人饮工程、晋江市供水二期工程、石狮引水二期工程。

5.4 积极研发和引进海水淡化技术

海水的淡化目前成本很高,泉州市可以通过市际、省际、

乃至国际合作实施人才和技术的引进与研发战略,尽快大幅度降低海水淡化的成本,这样不仅能使海岸带临海的区位优势得以最大的发挥,根本上解决旱灾带来的缺水问题,还能够通过技术的研发和转让创造更高的经济效益。

参考文献:

- [1] 鹿世瑾. 福建气候[M]. 北京:气象出版社,1999:109-132.
- [2] 葛兆帅. 中国海岸带自然灾害系统研究[J]. 徐州师范学院学报:自然科学版,1996,14(2):56-61.
- [3] 安鑫龙,张海莲,闫莹. 中国海岸带研究 I:海岸带概况及中国海岸带研究的十大热点问题[J]. 河北渔业,2005(4):17.
- [4] 朱晓东,李杨帆,桂峰. 我国海岸带灾害成因分析及减灾对策[J]. 自然灾害学报,2001,10(4):26-29.
- [5] 吴钦孝,杨文治. 黄土高原植被建设与持续发展[M]. 北京:科学出版社,1998:70-117.
- [6] 常庆瑞,安韶山,刘京,等. 黄土高原恢复植被防止土地退化效益研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1999,5(4):6-9.
- [7] 张全发. 植物群落演替与土壤发育之间的关系[J]. 武汉植物学研究,1990,8(4):325-334.
- [8] 孙波,张桃林,赵其国. 我国中亚热带缓丘区红黏土红壤肥力的演化 II:化学和生物学肥力的演化[J]. 土壤学报,1999,36(2):1-6.
- [9] 张庆费,宋永昌,由文辉. 浙江天童常绿阔叶林主要演替阶段凋落物与土壤肥力的关系[J]. 生态学报,1999,19(2):174-178.
- [10] 张庆费,由文辉,宋永昌. 浙江天童植物群落演替对土壤化学性质的影响[J]. 应用生态学报,1999,10(1):19-22.
- [11] Parrish A G, et al. Responses of plants from three successional communities on a nutrient gradient [J]. J. Ecol., 1982,70:233-248.
- [12] 马祥庆,范少辉,刘爱琴,等. 不同栽植代数杉木人工林土壤肥力的比较研究[J]. 林业科学研究,2000,13(6):577-582.
- [13] 陈永亮,韩士杰,史向民. 胡桃楸落叶松纯林与混交林中根际土壤的养分特征[J]. Journal of Forestry Research,2001(1):19-21.
- [14] 程国玲,唐立君,郎福生. 水曲柳落叶松纯林与混交林根际土壤氮磷养分特点及变化[J]. 东北林业大学学报,2001,29(1):26-29.
- [15] 刘光崧. 土壤理化分析与剖面描述[M]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [16] 杨文治,余存祖. 黄土高原区域治理与评价[M]. 北京:科学出版社,1992:125-135.
- [17] 孟昭虹,周嘉. 哈尔滨城市土壤理化性质研究[J]. 哈尔滨师范大学学报,2005,21(4):102-105.
- [18] 刘梦云,寇宝平,常庆瑞,等. 安塞小流域土壤养分分布特征研究[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2002,30(6):21-24.
- [19] 郭胜利,刘文兆,史竹叶,等. 半干旱区流域土壤养分分布特征及其与地形、植被的关系[J]. 干旱地区农业研究,2003,2(4):40-43.
- [20] 戴建军,石发庆,张海军,等. 黑龙江省西部草地土壤磷素状况及调控[J]. 中国草地,2001,23(3):45-48.

(上接第211页)

参考文献: