

# 砒砂岩区不同人工林对土壤理化性质的影响

袁 勤, 崔 向 新, 乔 荣

(内蒙古农业大学 生态环境学院, 内蒙古 呼和浩特 010019)

**摘 要:**以准格尔旗内砒砂岩区的 10 a 生柠条林、沙棘林、山杏林、油松林及山杏柠条混交林等 5 种类型人工林为研究对象,测定了不同人工林下不同土层土壤的含水率、容重、pH 值、有机质和速效氮、磷、钾含量,研究了不同人工林下不同土层土壤水分、养分的含量与变化规律,探讨植被配置模式与土壤改良的效应关系。结果表明:不同的人工林配置模式对土壤水分、土壤结构、土壤养分的影响存在着差异,以沙棘林、山杏柠条混交林改良土壤理化性质的综合效应最佳,其次为柠条林、油松林、山杏林。与天然荒草地相比,各人工林均能有效地提高土壤含水率,改良土壤结构;可以有效地增加有机质含量以及土壤中的速效氮、磷、钾含量。

**关键词:**砒砂岩区;人工林;土壤理化性质

**中图分类号:**S 714 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2013)18-0052-04

内蒙古鄂尔多斯境内以砒砂岩地质为主的地区十分广泛。砒砂岩区的水土流失非常严重,土质遇水松软、极易风化、流失,自然条件非常恶劣,治理难度极大,固有“地球环境癌症”之称<sup>[1-5]</sup>。砒砂岩区由于砒砂岩裸露、生物群落稀少,使得当地生态环境十分脆弱。近些年,人们通过栽种人工林来缓解砒砂岩区水土流失严重的问题<sup>[6-8]</sup>。人们对砒砂岩区人工林的土壤改良效应研究较多的是关于沙棘林的研究,而对不同树种人工林的比较较少。根据砒砂岩区特殊的地质要求,选择更易于改良土壤、防治水土流失并适合于当地栽种、存活的树种,进行人工林科学的栽种是十分有必要的。现已建立的柠条、沙棘、山杏、油松、山杏柠条混交林作为研究对象,研究对比了不同人工林对砒砂岩区土壤含水率、容重、有机质、pH 值和土壤 N、P、K 含量的影响,以期探明不同土层的水分、养分含量和规律,为植被配置模式与土壤的改良的关系研究提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区位于阿吉日麻沟小流域,行政区划为鄂尔多斯市准格尔旗沙圪堵镇,是典型的以砒砂岩地质为主的地区。地理位置位于东经 110°43'47"~110°53'42",北纬

39°38'26"~39°41'46",海拔高度为 1 031~1 172 m。属于典型的中温带大陆性气候,冬季漫长寒冷,春季干燥多风,夏季炎热短促,春秋气温变化剧烈。年平均气温 6.2~8.7℃,1 月极端最低温度为-32.8℃,7 月极端最高温度为 39℃。无霜期只有 145 d。降水少而集中,年降水量为 400 mm,多集中在 7~9 月,降雨年季间变化大。鄂尔多斯准格尔旗境内的地表物质以砒砂岩、黄土、红土和风积沙为母质,其上发育了各类土壤。主要有以砒砂岩为母质的栗钙土、以黄土为母质的黄绵土、以风积沙为母质的风沙土。

### 1.2 研究对象

选取的样地分别为 10 a 生的柠条林、沙棘林、山杏林、油松林、山杏柠条混交林 5 个样地。样地的选择标准要具有代表性和典型意义,且具有可对比性,详见表 1。

表 1 人工林林分基本情况

Table 1 The basic information of survey sample plots

树种	柠条	沙棘	山杏	油松	山杏柠条混交林
					山杏 柠条
配置	株行距	株行距	株行距	株行距	行间混交,株
方式	2 m×5 m	2 m×5 m	2 m×5 m	2 m×5 m	行距 2 m×5 m
郁闭度/%	40	40	50	50	50

### 1.3 研究方法

选取最典型的地形地貌区作为研究区,对其地形条件进行分析比较,为以后选取海拔、坡向、坡位、坡度等基本一致或相似的人工林提供依据。GPS 用于定位及测量海拔,罗盘仪用于坡度、坡向的测量。分别在各标准样地内选有代表性的地段(一般为草本样方附近)进行土样采集。土样的采集采用剖面法,由下自上分 0~

**第一作者简介:**袁勤(1987-),女,硕士研究生,研究方向为荒漠化防治。E-mail:yuanqin2010@126.com.

**责任作者:**崔向新(1962-),女,博士研究生,教授,硕士生导师,研究方向为荒漠化防治。E-mail:cuixiangxin1962@163.com.

**基金项目:**国家林业局“948”资助项目(2010-4-17)。

**收稿日期:**2013-04-15

10、10~20、20~30、30~40 cm 4 个层次取样,3 次重复,取完土样后进行回填。

#### 1.4 项目测定

土壤理化性质的测定采用鲍士旦<sup>[9]</sup>的方法。

1.4.1 土壤物理性质的测定 土壤含水率的测定利用烘干法。用环刀(体积为 100 cm<sup>3</sup>,用 A 表示)将采集的土壤样品放入铝盒,对其称湿重,记作 W<sub>1</sub>;将土样放入烘箱中烘干直至恒重,将其取出冷却后称重,记作 W<sub>2</sub>;设定烘箱温度为 105℃;最后对铝盒单独称重,记作 W<sub>3</sub>;土壤含水率、容重的计算公式:土壤含水率(%)=(W<sub>1</sub>-W<sub>2</sub>)/(W<sub>1</sub>-W<sub>3</sub>)×100%;土壤容重(g/cm<sup>3</sup>)=(W<sub>2</sub>-W<sub>3</sub>)/A。

1.4.2 土壤化学性质的测定 将用于测定土壤养分的土样带回实验室,在干净的纸上平铺,并将其置于室内阴凉通风处风干,风干时间一般为 3~4 d。风干后去杂、研磨,对数量过多的土壤样品采取四分法留 1 kg 左右,之后用 2.00、0.25 mm 的筛子过筛,待测。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同人工林土壤含水率的变化

由图 1 可知,林地土壤含水率的各土层深度的大致变化趋势为沙棘林>山杏柠条混交林>柠条林>油松林>山杏林>天然荒草地。其原因在于不同树种对水分的保水能力不同,同时其配置模式也影响着林分密度。不同树种的保水能力及抗寒性都存在着差异,使其林下土壤水分含量也有所不同;另外,林分密度的高低直接影响着林分个体营养面积的大小,相对水分竞争力和蒸腾耗水量也会增加,使得土壤含水率降低。其次,林内适量的枯枝落叶在没有完全腐烂变成腐殖质之前能很好的保持土壤水分,减少林地内土壤水分的蒸发。

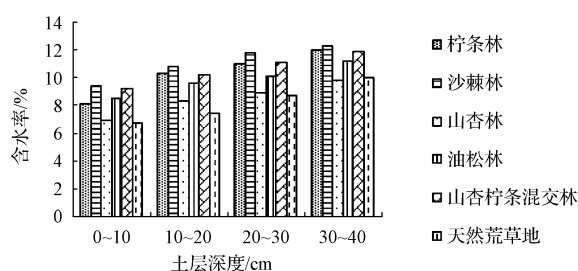


图 1 不同人工林土壤含水率的变化

Fig. 1 Changes of the soil moisture content with the different forests

从图 1 可以看出,不同人工林各土层深度土壤含水率随着土层深度的加深有逐渐升高的趋势,即各层土壤含水率 0~10 cm<10~20 cm<20~30 cm<30~40 cm。这可能与蒸发、蒸腾作用有直接的关系,0~10 cm 土层因地表蒸发量较大土壤含水率最小,而 10~20、20~30、30~40 cm 土壤深度受地表蒸发的影响逐渐减小;同时

由于上层土壤植物根系分布较多,根系吸收水分用于植被生长所消耗的水分增多,使受植被蒸腾作用的影响也随之增大,而随着土层深度的增加植物根系分布在减少,蒸腾耗水量随之减少,使得土壤含水率升高。

### 2.2 不同人工林土壤容重的变化

由图 2 可知,5 种人工林土壤容重随土壤深度的变化比较大,表层容重较小,深层逐渐增大,0~10、10~20、20~30、30~40 cm 层土壤容重的平均值分别为 1.2871、1.3261、1.4804、1.4238 g/cm<sup>3</sup>。表明各层土壤熟化程度存在着差异,表层土壤容重较小是由于表层腐殖质的积累而引起的。与天然荒草地相比,5 种人工林土壤在不同深度的容重分别是天然荒草地在同一深度的 0.9626、0.9747、0.9806、0.9748 倍。表明森林土壤容重在植被凋落物和土壤根系的作用下降低了,使得森林对土壤的熟化作用更强一些。各人工林相比,各层土壤容重均呈现出沙棘林<山杏柠条混交林<柠条林<油松林<山杏林,这表明土壤容重与有机质的积累、植被根系等因素有很大的关系。

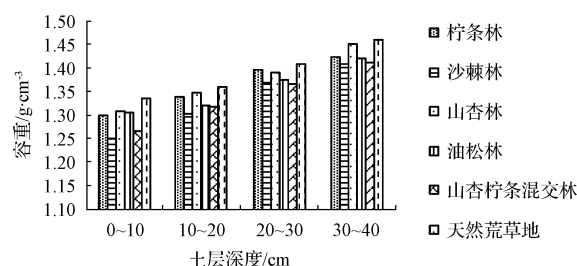


图 2 不同人工林土壤容重的变化

Fig. 2 Changes of soil volume weight with the different forests

### 2.3 不同人工林土壤有机质的变化

土壤有机质作为植物营养的重要来源,是土壤重要组成之一。土壤有机质具有对土壤良好的水、气、热及耕作特性有重要意义,所以测定有机质的含量是评价土壤改良作用的重要方面之一。

表 2 砒砂岩地貌不同人工林土壤有机质的变化

Table 2 Changes of organic substance of soil with the different forests g/kg

林分类型	土层深度/cm				平均值
	0~10	10~20	20~30	30~40	
柠条林	8.31	6.93	5.08	4.73	6.2625ab
沙棘林	8.93	7.49	7.01	5.98	7.3525a
山杏林	6.94	5.35	5.01	4.62	5.4800ab
油松林	6.79	5.02	4.74	5.06	5.4025ab
山杏柠条混交林	8.39	7.18	5.16	5.82	6.6375a
天然荒草地	6.05	5.21	4.28	4.23	4.9425b

从不同人工林整体看,土壤有机质范围在 4.62~8.93 g/kg;不同树种的人工林土壤有机质含量变化趋势基本一致,随着土层深度的增加而减小,这主要是由于林地土壤表层丰富的植物凋落物在分解过程中形成结

构各异的有机物,是土壤有机质的主要来源。5种人工林与天然荒草地土壤有机质平均值的大小依次为沙棘林(7.3525 g/kg) > 山杏柠条混交林(6.6375 g/kg) > 柠条林(6.2625 g/kg) > 山杏林(5.4800 g/kg) > 油松林(5.4025 g/kg) > 天然荒草地(4.9425 g/kg),其中沙棘林、山杏柠条混交林与天然荒草地之间达到差异显著水平( $P < 0.05$ ),沙棘林和山杏柠条混交林之间没有显著差异。

#### 2.4 不同人工林土壤 pH 值的变化

土壤酸碱性是指在土壤形成过程中受生物、气候、地质、水文等因素的综合影响下所产生的重要属性,研究分析土壤 pH 值,对评价土壤改良效益、治理水土流失具有重要的指导意义。

由表 3 可知,5种人工林土壤 pH 值随土壤深度的变化比较小,表层 pH 值较小,深层逐渐增大,这主要是由于表层土壤的微生物、动物的分泌物和植被根系叶等枯落物的分泌物会导致有机酸的积累,分解产生较多的  $\text{CO}_2$  和有机酸<sup>[10]</sup>,降低了土壤的 pH 值。土壤 pH 值与有机质的含量也存在一定的关系,植物给予土壤有机质越多,土壤产生的酸性物质越多,土壤的 pH 值就会相应降低<sup>[11]</sup>。5种人工林与天然荒草地土壤 pH 值平均值的大小依次为山杏柠条混交林(8.67) < 沙棘林(8.6825) < 柠条林(8.795) < 油松林(8.8075) < 山杏林(8.8425) < 天然荒草地(8.8525),其中山杏柠条混交林、沙棘林与天然荒草地之间达到差异显著水平( $P < 0.05$ ),山杏柠条混交林与沙棘林之间没有显著差异。

表 3 不同人工林土壤 pH 值的变化

Table 3 Changes of pH in the soil with the different forests

林分类型	土层深度/cm				平均值
	0~10	10~20	20~30	30~40	
柠条林	8.66	8.76	8.9	8.86	8.7950ab
沙棘林	8.52	8.61	8.79	8.81	8.6825a
山杏林	8.75	8.81	8.92	8.89	8.8425ab
油松林	8.69	8.75	8.88	8.91	8.8075ab
山杏柠条混交林	8.51	8.64	8.73	8.8	8.6700a
天然荒草地	8.78	8.86	8.84	8.93	8.8525b

#### 2.5 不同人工林土壤碱解氮的变化

氮作为土壤的主要营养元素,进行测定和分析其含量对了解、分析人工林对土壤改良效应有很重要的意义。

由图 3 可知,不同人工林碱解氮范围在 5.73~11.46 mg/kg;不同树种的人工林土壤碱解氮含量变化趋势基本一致,且与土壤有机质的变化趋势一致,这是因为土壤易矿化的有机氮和少部分无机氮是碱解氮的主要来源,因此土壤中碱解氮的多少和有机质含量的多少有着密切地关系。5种人工林与天然荒草地土壤有机质平均值的大小依次为沙棘林(9.6425 mg/kg) > 山杏柠条混交林(9.58 mg/kg) > 柠条林(8.8875 mg/kg) > 山

杏林(7.4625 mg/kg) > 油松林(7.42 mg/kg) > 天然荒草地(5.8375 mg/kg)。

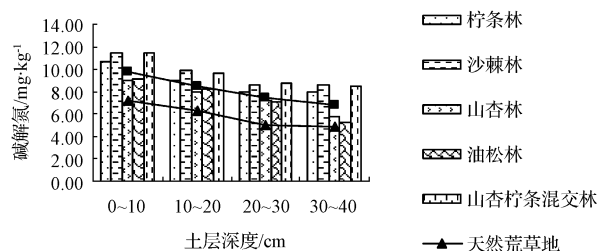


图 3 不同人工林碱解氮的变化

Fig. 3 Changes of rapidly available N of soil with the different forests

#### 2.6 不同人工林土壤速效磷的变化

磷作为生物生长需要的三大元素之一,测定和分析磷含量对了解植物生长状况和土壤改良效应具有重要意义。速效磷是指被当季植物所吸收利用的磷,其含量的高低决定了土壤供磷能力。由图 4 可知,土壤速效磷含量整体随着土层深度的增加呈下降趋势,随着土层深度的增加下降幅度逐渐变小。砒砂岩地貌不同人工林速效磷范围在 0.85~2.01 mg/kg,人工林各土层深度速效磷的含量均大于天然荒草地。5种人工林与天然荒草地土壤速效磷平均值的大小依次为山杏柠条混交林(1.5325 mg/kg) > 沙棘林(1.340 mg/kg) > 柠条林(1.225 mg/kg) > 油松林(1.0125 mg/kg) > 山杏林(0.945 mg/kg) > 天然荒草地(0.9175 mg/kg)。

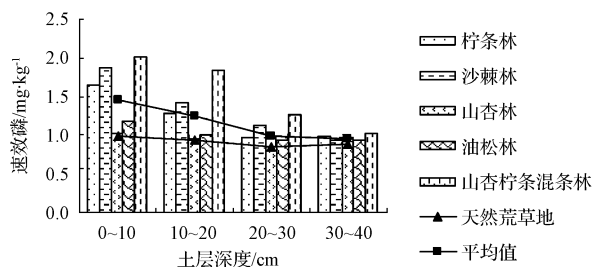


图 4 不同人工林速效磷的变化

Fig. 4 Changes of rapidly available P of soil with the different forests

#### 2.7 不同人工林土壤速效钾的变化

由图 5 可知,土壤速效钾含量整体随着土层深度的增加呈下降趋势,随着土层深度的增加下降幅度逐渐变小。不同人工林速效钾范围在 39.01~54.45 mg/kg,人工林各土层深度速效钾的含量均大于天然荒草地。5种人工林与天然荒草地土壤速效钾平均值的大小依次为山杏柠条混交林(47.8000 mg/kg) > 沙棘林(47.6125 mg/kg) > 柠条林(43.9325 mg/kg) > 油松林(40.4975 mg/kg) > 山杏林(39.4975 mg/kg) > 天然荒草地(37.3725 mg/kg)。

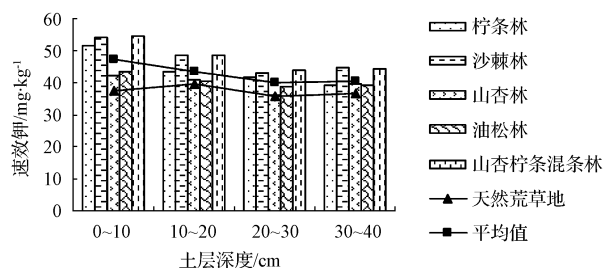


图5 不同人工林速效钾的变化

Fig. 5 Changes of rapidly available K of soil with the different forests

### 3 结论

该试验结果表明,从土壤物理性质看,不同人工林地土壤含水率各土层深度的大致变化趋势为沙棘林>山杏柠条混交林>柠条林>油松林>山杏林>天然荒草地。而各人工林的土壤容重与含水率呈相反趋势,各层土壤容重均呈现出沙棘林<山杏柠条混交林<柠条林<油松林<山杏林。从改善土壤养分条件来看,沙棘林改良土壤有机质和碱解氮效果最好,山杏柠条混交林改良速效磷、速效钾的效果最好。不同人工林各养分含量均以沙棘林、山杏柠条混交林为较好,且各人工林的养分均高于天然荒草地。综合表明,在砒砂岩地区,栽种人工林有增加土壤含水率和改善土壤结构的作用,同时

可以有效地增加有机质含量以及土壤中的速效 N、P、K;其中,以沙棘林、山杏柠条混交林的土壤改良作用为最好。

### 参考文献

- [1] 赵国际. 内蒙古砒砂岩地区水土流失规律研究[J]. 水土保持研究, 2001, 8(4): 158-160.
- [2] 王俊峰, 薛顺康, 高峰. 裸露砒砂岩地区沙棘治理成效、经验及发展战略问题[J]. 沙棘, 2002, 15(1): 1-4.
- [3] 李忠锋. 准格尔旗土地利用变化与影响因素分析[J]. 水土保持通报, 2003, 23(3): 42-44.
- [4] 金争平. 砒砂岩区水土保持与农牧业发展研究[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2003.
- [5] 胡建忠, 王愿昌. 试论黄土高原地区沙棘能源林的建立及利用[J]. 沙棘, 1995, 8(2): 1-5.
- [6] 王愿昌, 吴永红, 闵德安, 等. 砒砂岩区水土流失治理措施调研[J]. 国际沙棘研究与开发, 2007, 5(1): 39-44.
- [7] 胡建忠. 晋陕蒙砒砂岩区实施沙棘生态工程各期的景观斑块特征研究[J]. 西部林业科学, 2011, 40(2): 1-6.
- [8] 殷丽强, 梁月. 柠条人工林对砒砂岩地区土壤物理性质变化的影响[J]. 国际柠条研究与开发, 2007, 5(4): 1-5.
- [9] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000.
- [10] 王妮, 郭继勋. 东北松嫩平原羊草群落的土壤呼吸与枯枝落叶分解释放 CO<sub>2</sub> 贡献[J]. 生态学报, 2002, 22(5): 655-660.
- [11] 李恩香, 蒋忠诚, 曹建华, 等. 广西弄拉岩溶植被不同演替阶段的主要土壤因子及溶蚀率对比研究[J]. 生态学报, 2004, 24(6): 1131-1139.

## Effect of Different Artificial Forest Plantations on Soil Physical and Chemical Properties of Sandstone Areas

YUAN Qin, CUI Xiang-xin, QIAO Rong

(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Hohhot, Inner Mongolia 010019)

**Abstract:** Taking 10-year-old of *Caragana microphylla* (CM), *Hippophae rhamnoides* (HR), *Prunus armeniaca* (PA), *Pinus tabulaeformis* (PT) and *Prunus armeniaca*-*Caragana microphylla* mixed forest (PC) 5 types of artificial forest of Tungan in soft sandstone area as object, the soil moisture content, bulk density, pH value, organic matter and available N, P, K content of different artificial forests soil in different layers were determined, and the variation of soil moisture, soil nutrient under different artificial forests were studied, the relationship between the models of vegetation disposition and soil improvement effect were explored. The results showed that the differences existed for the influence of different artificial forest plantations on soil moisture, soil structure and soil nutrients. With HR, PC improved soil physical and chemical properties of the best comprehensive effect, followed by CM, PA, PT. Five types artificial forest plantations could effectively improve the soil moisture content and improve soil structure. Five types artificial forest plantations could effectively increase the content of organic matter and available N, P, K in the soil.

**Key words:** sandstone; plantation forests; soil physical and chemical properties