

不同树种人工林对土壤性状的影响

张亚梅 (包头市林业和草原资源保护站, 内蒙古包头 014030)

摘要 [目的]探究保定东部平原不同树种人工林对其土壤性状的影响。[方法]以侧柏、油松、桧柏、白皮松、华山松、银杏、国槐、黄栌和楸树9种典型林分类型为研究对象,通过野外取样,室内指标测定,采用单因素方差分析和Pearson分析,研究不同林分类型土壤性状特征。[结果]不同林分类型土壤pH在7.69~8.58,整体偏弱碱性,均随土壤深度的增加而增大;土壤养分指标处于中下级水平,不同林分类型的土壤全氮(TN)、全磷(TP)、全钾(TK)、含水量(WC)、有机质(SOM)含量均随土壤深度的增加而减少。9种林分类型各土层间差异明显,土壤pH和TK含量表现为弱变异性,表层SOM含量变异性较强,深层土壤SOM含量变异性较弱,土壤WC、TN、TP含量在各层土壤中均为中等变异。土壤性状中除TK含量与林分类型不存在明显差异外,其他指标含量均与植被类型存在显著差异($P < 0.05$)。土壤性状间相关性较为普遍,土壤WC、TN含量和SOM含量积累高度同步,土壤TP和TK含量存在正显著相关关系。[结论]明确了保定东部平原不同树种人工林的土壤理化指标现状和土壤养分间的相关性关系,可为研究区植被长效可持续发展及生态建设提供数据参考。

关键词 林分类型;人工林;土壤性状;保定东部平原区

中图分类号 S714 文献标识码 A

文章编号 0517-6611(2022)11-0110-06

doi:10.3969/j.issn.0517-6611.2022.11.028



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

Effects of Different Tree Species of Plantation on Soil Properties

ZHANG Ya-mei (Baotou Forestry and Grassland Resource Protection Station, Baotou, Inner Mongolia 014030)

Abstract [Objective] In order to clarify the effects of different tree species of plantations on soil properties in the eastern plain of Baoding. [Method] Nine kinds of typical stand types of *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis*, *Sabina chinensis*, *Pinus bungei*, *Pinus armandii*, *Ginkgo biloba*, *Sophora japonica*, *Cotinus coggygria* and *Catalpa bungei* were studied. Through field sampling, indoor index determination, one-way ANOVA and Pearson analysis, the characteristics of soil properties of different stand types were studied. [Result] The results showed that the soil pH values of different stand types ranged from 7.69 to 8.58, which were weakly alkaline as a whole, and increased with the depth of soil, the soil nutrient index was at the middle and lower level. The soil total nitrogen, total phosphorus, total potassium, water content and organic matter content of different stand types decreased with the increase of soil depth. The soil pH value and total potassium content showed weak variability, the variability of surface organic matter content was strong, the variability of deep soil organic matter content was weak, and the soil water content, total nitrogen and total phosphorus content were medium variation in each layer of soil. In soil properties, except that there was no significant difference between total potassium content and stand type, the contents of other indexes were significantly different from vegetation types ($P < 0.05$). The correlation between soil properties was common, the accumulation of soil water content, total nitrogen content and organic matter content was highly synchronous, and there was a positive correlation between soil total phosphorus and total potassium content. [Conclusion] The research results clarify the current situation of soil physical and chemical indexes and the correlation between soil nutrients of different tree species of plantations in the eastern plain of Baoding, which can provide a basis for the long-term and sustainable development of vegetation in the study area, and also provide a data reference for exhibition and ecological construction.

Key words Stand type; Plantation; Soil properties; Eastern plain of Baoding

发展高质量绿色城市,塑造高品质生态环境,符合人民注重生存环境环保性和生态性的需求。人工林是建造绿色基础设施的关键组成。根据全国资源清查显示,我国人工林发展迅速,已成为世界上人工林保存面积最大的国家,但我国人工林发展仍面临质量不高,结构不合理,投入成本上升等诸多问题,如何保护好现有林地,提高人工林生态功能,促进林地健康可持续发展,一直是生态学研究的重点内容之一^[1]。

土壤是森林生态的重要基础构成,是生物圈的必需结构单元,同时也是植物生长的养料库^[2]。作为森林绿色健康生长的重要基础,土壤性状直接影响着生态系统的稳定^[3-4]。同时,土壤性状亦受多种因素相互作用。近年来,学者分别对河北塞罕坝机械林场^[5],广州长岗山自然保护区^[6],甘肃秦州小陇山林业区^[7],四川华西雨屏区^[8]等不同尺度、不同植被种类进行了林分类型与土壤性状差异性研究,结果表明,不同林分类型可改变土壤的理化性状和周围环境,对土

壤养分和土壤循环有极其重要的作用,是不断影响土壤形成与发育的重要因素之一^[9-11]。受人类活动的影响,人工林土壤在保留自然土壤属性的基础上,同时具有自身独特的土壤特性,如土壤质地组成木块、石头等外来物侵入较高,土壤pH较高,有机质和生物活性较低等特点^[12]。

作为京津冀地区重要枢纽城市,保定市的生态质量举足轻重。随着雄安新区的建立,保定市的战略地位越来越重要,该区域的生态健康将深刻影响雄安新区的未来。关于保定市土壤,学者多从土壤养分含量^[13],土壤状况时空差异^[14]和土壤重金属污染^[15]等方面进行了研究,但以往这些研究多集中于耕地土壤,局限于土壤自身特性,对于森林土壤,尤其是人工林与土壤间的相互作用鲜见报道。因此,笔者以保定东部平原区具有代表性的人工林为研究对象,分层采集0~60 cm人工林土壤剖面样品,结合植物群落特征调查,明确保定东部平原人工林林下土壤理化性质状况,了解研究区人工林土壤肥力状况,分析不同植被类型人工林与土壤理化性状的相互作用与差异的影响,以期保定东部平原人工林的健康经营及土壤资源的科学管理提供基础数据。

作者简介 张亚梅(1978—),女,内蒙古包头人,工程师,从事林业资源保护利用与营造林技术研究。

收稿日期 2021-12-28; **修回日期** 2022-02-17

1 材料与方 法

1.1 研究区概况 保定市东部平原区,地理坐标 114°44′~116°15′E,38°19′~39°15′N,属于白洋淀以西的淀西清南区,东起潞龙河西至京广铁路,北起南拒马河南至沙河,整体处于河北省保定市东部,面积约 3 952 km²,全境西北略高,东南较低,属暖温带半湿润大陆性季风气候,四季分明。多年平均气温 12.8 ℃,平均风速 1.8 m/s,年平均降水量 498.9 mm,降水集中在 6—8 月。研究区土层深厚,主要土壤类型有褐土、潮褐土、潮土、沼泽土等。

1.2 样地设置与调查 2021 年 8—9 月,对研究区进行实地勘察后,依据研究区域总体分布特征及人工林树种丰富度、多样性,采用相邻样地比较法,选取侧柏(*Platyclusus orientalis*)、油松(*Pinus tabulaeformis*)、桧柏(*Sabina chinensis*)、白皮松(*Pinus bungei*)、华山松(*Pinus armandii*)、银杏(*Ginkgo biloba*)、国槐(*Sophora japonica*)、黄栌(*Cotinus coggygia*)、楸树(*Catalpa bungei*)9 种典型林分的土壤作为研究对象,分别在各林分中设置面积为 20 m×20 m 的标准地,每个植被类型重复 3 次,对标准样地进行详细勘察并记录(表 1)。

表 1 不同林分类型的生长情况

Table 1 Growth status of different stand types

序号 No.	样地类型 Sample plot type	平均树高 Average tree height//m	平均胸径 Average DBH//cm	平均冠幅 Average crown width//m	土壤类型 Soil type
1	侧柏林	2.08	4.83	1.29	潮土、褐土
2	油松林	2.88	6.15	1.53	潮土、褐土
3	桧柏林	2.83	5.12	1.45	潮土、褐土
4	白皮松林	2.09	4.15	1.45	潮土、褐土
5	华山松林	3.37	5.52	1.65	潮土、褐土
6	银杏林	4.02	8.06	2.76	潮土、褐土
7	国槐林	3.04	5.60	2.51	潮土、褐土
8	黄栌林	3.33	5.08	2.79	潮土、褐土
9	楸树林	4.13	8.25	2.84	潮土、褐土
10	荒地	—	—	—	潮土、褐土

1.3 土壤样品采集 在每个标准样地内选取有代表性的地点采集土壤,按“S”形取样法选择 5 个点,每个点按深度 0~20、20~40、40~60 cm 分层取样,然后将 5 个点不同土层土壤混合收集,最后将样品中的瓦片、砾石、树根和动植物尸体等杂质移除,一部分于袋中封存保存,用于含水量的测定;另一部分自然风干至恒重,过 2.00 mm 和 0.25 mm 筛,用于土壤性状的测定。

1.4 分析方法 采用酸度计法测定土壤 pH;土壤样品在恒温干燥箱中以 105 ℃ 烘干至恒重,根据质量变化计算土壤含水量(WC);采用重铬酸钾容量法-稀释热法测定土壤有机质含量(SOM);采用凯氏定氮法测定土壤全氮含量(TN);参考林业行业标准《森林土壤磷的测定》LY/T 1232—2015 NaOH 熔融-钼锑抗比色法测定全磷(TP)含量;参考《森林土壤钾的测定》LY/T 1234—2015 NaOH 熔融-火焰光度法测定全钾(TK)含量。

1.5 数据处理 运用 Excel 进行数据整理,运用 SPSS 22.0 软件对土壤理化性质进行数据统计和单因素方差分析(one-way ANOVA),当方差齐性时,采用显著差法(LSD)进行多重比较;方差不齐时,采用塔姆黑尼法[T2(M)]进行多重比较。土壤各指标间的关系运用 Pearson 进行相关性分析。

2 结果与分析

2.1 保定东部平原人工林土壤理化性质 由表 2 可知,保定东部平原人工林各层土壤 pH 和 TK 含量在不同样地间表现为弱变异性。SOM 含量在 0~20 cm 土层变异较强,20~40 和 40~60 cm 为弱变异性。土壤 TN、TP 和 WC 在各层土壤中均表现为中等程度变异。土壤 pH 与土层深度存在正相关关系,其他理化指标含量(TN、TP、TK、SOM、WC)均随土层深度增加而减小。按照全国第二次土壤养分分级标准,保定东部平原人工林表层土壤(0~20 cm)和深层土壤(>20 cm)平均养分含量存在明显的级别差异(土壤 TK 含量除外,各层均为 3 级左右),表层土壤 TN、TP 和 SOM 含量分别处于 3、4、4 级水平,深层土壤养分含量均处于 5 级水平。

表 2 保定东部平原人工林土壤理化性质统计

Table 2 Statistics of soil physicochemical properties under forest plantations in eastern plain of Baoding

项目 Item	土层深度 Soil depth//cm	TN g/kg	TP g/kg	TK g/kg	SOM g/kg	pH	WC %
最大值 Maximum	0~20	2.00	0.83	18.85	29.56	8.19	24.74
	20~40	1.01	0.50	17.72	12.03	8.39	16.98
	40~60	0.70	0.41	17.32	8.93	8.58	15.36
最小值 Minimum	0~20	0.80	0.29	12.55	12.43	7.69	15.36
	20~40	0.46	0.26	12.50	8.15	7.75	10.70
	40~60	0.40	0.21	12.03	6.98	7.88	7.86
平均值 Average	0~20	1.29	0.55	15.88	19.21	7.95	19.67
	20~40	0.67	0.38	15.29	9.95	8.09	13.98
	40~60	0.53	0.35	14.31	7.82	8.24	11.83
中位数 Median	0~20	1.31	0.54	15.70	18.53	7.95	19.54
	20~40	0.67	0.39	15.05	9.92	8.09	14.10
	40~60	0.52	0.36	14.17	7.98	8.22	12.38
标准差 Standard deviation	0~20	0.27	0.12	1.47	4.22	0.13	1.95
	20~40	0.13	0.05	1.22	0.74	0.15	1.87
	40~60	0.08	0.04	1.07	0.50	0.16	2.08
变异系数 Coefficient of variation	0~20	0.21	0.21	0.09	0.22	0.02	0.10
	20~40	0.20	0.14	0.08	0.07	0.02	0.13
	40~60	0.14	0.11	0.07	0.06	0.02	0.18

2.2 不同林分间土壤 pH 与土壤含水量 (WC) 的差异 从图 1 可见,保定东部平原各林分类型的土壤 pH 在 7.69~8.58,荒地各土层平均 pH(8.27)最大,楸树林各层土壤平均 pH(8.21)高于其他林分类型,其中油松林各层土壤平均 pH(7.98)最低,土壤整体呈弱碱性。不同林分类型的土壤 pH 与土壤深度呈规律性变化,土壤 pH 均随土层加深而增大。从图 2 可见,不同林分类型的土壤 WC 变化较大,侧柏林各土层平均 WC 最大(17.70%),高于荒地(16.60%),黄栌林各土层平均 WC 最低(12.88%),各林分类型植被土壤 WC 均随土层加深而减小。

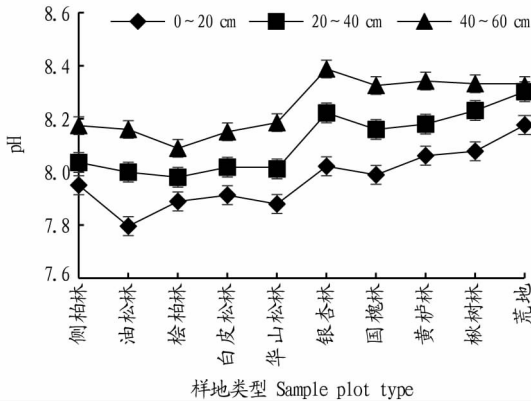


图 1 不同林分土壤 pH 的变化

Fig.1 Changes of soil pH in different stands

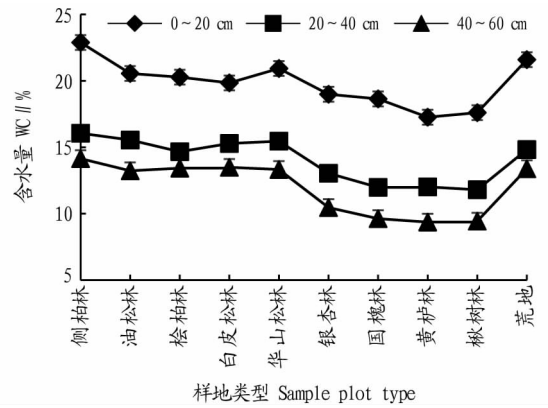


图 2 不同林分土壤 WC 变化

Fig.2 Changes of water contents in different stands

2.3 不同林分间土壤养分含量变化 由表 3 可知,保定东部平原不同植被类型人工林各层土壤 SOM 含量变化趋势一致,各样地类型中表层土壤(0~20 cm)SOM 含量高于其他土层,不同林分类型中侧柏林土壤 SOM 平均含量(14.79 g/kg)最大,高于荒地(12.63 g/kg),楸树林土壤 SOM 含量最小(11.19 g/kg),低于荒地。

由表 4 可知,不同样地类型对土壤 TN 含量的影响与 SOM 含量相似,土壤深度与 TN 含量呈负相关关系。各林分类型中,侧柏林土壤 TN 含量(1.07 g/kg)最大,高于荒地(0.89 g/kg),银杏林 TN 含量(0.69 g/kg)最小。

表 3 不同林分各层土壤 SOM 含量

Table 3 Content of soil organic matter in different forest layers

序号 No.	样地类型 Sample plot type	土层 Layers			平均值 Average
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	
1	侧柏林	25.59±2.51 a	10.60±0.50 a	8.17±0.32 a	14.79 a
2	油松林	19.86±3.77 bc	9.80±0.76 ab	7.53±0.46 c	12.40 a
3	桧柏林	17.93±2.82 cd	10.07±0.48 ab	7.86±0.52 ac	11.95 a
4	白皮松林	20.06±1.36 bc	10.00±0.37 ab	8.07±0.16 a	12.71 a
5	华山松林	21.46±4.62 b	10.40±0.66 ab	8.10±0.50 a	13.32 a
6	银杏林	16.52±3.34 d	9.65±0.50 b	7.53±0.38 bc	11.23 a
7	国槐林	17.01±2.14 cd	9.46±0.49 b	7.79±0.50 ac	11.42 a
8	黄栌林	18.02±5.17 cd	9.97±0.98 ab	7.79±0.47 ac	11.93 a
9	楸树林	16.41±2.80 d	9.61±1.12 ab	7.54±0.71 bc	11.19 a
10	荒地	19.58±2.59 bcd	10.26±0.53 ab	8.06±0.38 a	12.63 a

注: 同列不同小写字母表示不同样地类型同一土层土壤指标含量差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences in soil index content under the same soil layer of various land types (P<0.05)

表 4 不同林分各层土壤 TN 含量

Table 4 Total nitrogen content of soil in different forest layers

序号 No.	样地类型 Sample plot type	土层 Layers			平均值 Average
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	
1	侧柏林	1.65±0.13 a	0.94±0.05 a	0.64±0.04 a	1.07 a
2	油松林	1.44±0.18 b	0.80±0.08 b	0.56±0.04 c	0.93 ab
3	桧柏林	1.31±0.13 b	0.68±0.04 cd	0.57±0.03 bc	0.85 ab
4	白皮松林	1.37±0.13 b	0.67±0.03 cd	0.55±0.02 c	0.86 ab
5	华山松林	1.42±0.13 b	0.68±0.08 c	0.59±0.06 b	0.90 ab
6	银杏林	0.98±0.10 c	0.63±0.05 d	0.47±0.04 d	0.69 b
7	国槐林	1.12±0.20 c	0.58±0.06 df	0.47±0.04 d	0.72 ab
8	黄栌林	1.15±0.36 c	0.55±0.08 f	0.45±0.04 d	0.72 ab
9	楸树林	1.13±0.22 c	0.54±0.06 f	0.46±0.05 d	0.71 ab
10	荒地	1.37±0.77 b	0.71±0.04 c	0.59±0.02 bc	0.89 ab

注: 同列不同小写字母表示不同样地类型同一土层土壤指标含量差异显著(P<0.05)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences in soil index content under the same soil layer of various land types (P<0.05)

由表 5 可知,9 种不同植被类型人工林土壤 TP 平均含量在 0.34~0.50 g/kg。各林分类型中,0~20 cm 土层土壤 TP 含量均高于其他土层,且随着土壤深度增加总体呈减小趋势。

侧柏林土壤 TP 含量最高,且高于荒地;华山松林土壤 TP 含量最低,且低于荒地。

表 5 不同林分各层土壤 TP 含量

Table 5 Total phosphorus content of soil in different forest layers

g/kg

序号 No.	样地类型 Sample plot type	土层 Layers			平均值 Average
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	
1	侧柏林	0.70±0.11 a	0.42±0.04 a	0.38±0.01a	0.50 a
2	油松林	0.45±0.10 bc	0.35±0.05 ab	0.29±0.02 d	0.36 b
3	桧柏林	0.52±0.08 abc	0.36±0.05 ab	0.36±0.02 bc	0.41 ab
4	白皮松林	0.53±0.08 abc	0.39±0.04 ab	0.34±0.02 c	0.42 ab
5	华山松林	0.42±0.10 c	0.31±0.05 b	0.30±0.04 d	0.34 b
6	银杏林	0.59±0.08 ab	0.42±0.03 a	0.35±0.03 c	0.45 ab
7	国槐林	0.60±0.09 ab	0.43±0.06 a	0.38±0.02 ab	0.47 ab
8	黄栌林	0.55±0.04 abc	0.40±0.02 a	0.38±0.03 ab	0.44 ab
9	楸树林	0.55±0.11 abc	0.37±0.04 ab	0.36±0.02 ac	0.43 ab
10	荒地	0.47±0.08 bc	0.36±0.04 ab	0.36±0.03 ac	0.40 ab

注:同列不同小写字母表示不同样地类型同一土层土壤指标含量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences in soil index content under the same soil layer of various land types ($P<0.05$)

由表 6 可知,保定东部平原不同植被林分类型中土壤 TK 含量变化差异最小,基本趋势稳定,不同深度土层的 TK 含量也整体相似,其中 TK 含量最小的华山松林

(14.40 g/kg)与 TK 含量最大的国槐林(15.73 g/kg)也仅有 1.33 g/kg 的差异。

表 6 不同林分各层土壤 TK 含量

Table 6 Total potassium content of soil in different forest layers

g/kg

序号 No.	林分类型 Sample plot type	土层 Layers			平均值 Average
		0~20 cm	20~40 cm	40~60 cm	
1	侧柏林	15.86±0.81 a	15.53±0.81 a	14.57±0.64 a	15.32 ab
2	油松林	15.27±0.77 a	14.62±0.64 a	13.59±0.76 a	14.49 b
3	桧柏林	15.65±2.31 a	15.06±1.76 a	14.51±1.46 a	15.07 ab
4	白皮松林	15.51±1.05 a	14.98±1.15 a	14.24±0.52 a	14.91 ab
5	华山松林	14.97±1.46 a	14.53±0.96 a	13.69±0.87 a	14.40 b
6	银杏林	16.04±1.70 a	15.39±1.40 a	14.67±1.27 a	15.37 ab
7	国槐林	16.66±1.16 a	15.91±0.98 a	14.63±1.31 a	15.73 a
8	黄栌林	16.48±1.15 a	15.86±1.02 a	14.19±0.77 a	15.51 ab
9	楸树林	16.56±1.78 a	15.75±1.52 a	14.70±1.38 a	15.67 ab
10	荒地	15.76±2.11 a	15.12±1.69 a	14.40±1.56 a	15.09 ab

注:同列不同小写字母表示不同样地类型同一土层土壤指标含量差异显著($P<0.05$)

Note: Different lowercase letters in the same column indicate significant differences in soil index content under the same soil layer of various land types ($P<0.05$)

2.4 不同林分土壤理化性质相关性分析 对保定东部平原不同植被类型人工林 0~60 cm 土壤理化指标进行相关性分析(表 7),发现土壤 TN 与 SOM、WC 呈极显著正相关($P<0.01$),但均与土壤 pH 呈显著或极显著负相关($P<0.05$);0~20 cm 土层 TN 与 SOM 含量的相关系数达到 0.806,表明保定东部平原不同林分表层土壤 TP 与 SOM 的累积有高度同步性。土壤 TP 与 TK 含量显著正相关($P<0.05$),与 0~20 cm 土层土壤 pH 呈显著正相关($P<0.05$),与 20~40 和 40~60 cm 的 WC 呈显著和极显著负相关;0~20、20~40 cm 土层土壤 TK 与 WC 呈显著和极显著负相关关系,0~20 cm 土层土壤 TK 与 SOM 呈极显著负相关。通过整体分析,发现 0~20 cm 土层土壤元素含量间相关性影响较强,20~60 cm 土层土壤元素含量间相关性影响较弱。

3 讨论

土壤性状受多种因素相互作用形成,其中植被类型是影响土壤性状的重要因素之一^[16-17]。pH 是土壤的一项基本理化指标,直接影响土壤各养分元素的存在形式、微生物活动

和植物生长等,因此了解植物与土壤的相关特征应首先了解土壤 pH 情况^[18]。该研究中,9 种林分类型土壤 pH 在 7.69~8.58,呈弱碱性,不同植被类型土壤 pH 变化较小,属弱变异性;各林分类型平均土壤 pH 低于荒地,可能是由于植被枝叶等凋落物的分解改变土壤酸碱度,这与刘欣等^[5,19]的研究结论相似,即人工林有使土壤酸化的趋势。研究区土壤 WC 为 7.86%~24.74%,表层土壤 WC 最大;不同林分类型土壤 WC 有明显的差异,侧柏林土壤 WC 最大,这与侧柏侧根发达,喜生于湿润肥沃的土壤,根系对水分利用率较高有关;楸树林土壤 WC 最小,可能是植被对水分较敏感,过多水分易导致植被死亡^[20]。

土壤养分是土壤肥力的重要保障,既直接影响土壤的理化状况,又为植被生长提供必需养料,在土壤结构、生态环保和绿色可持续发展有至关重要作用^[21-22]。保定东部平原不同植被类型各层土壤养分有明显区别,土壤 TN、TP 和 SOM 含量有明显的表聚性,这是由于表层土壤聚集的凋落物和表层浅根分布较多^[23],这与前人研究结果一致^[24-25]。土壤 TN

含量与土壤 SOM 含量垂直分布的变化规律大致相似,说明氮元素易受有机质直接影响^[26]。不同样地不同土层土壤 TK

含量差别不大,与 TK 含量受土壤特性影响较小有关,整体变化较弱^[27]。

表 7 土壤理化性质间的相关性

Table 7 Correlation coefficient between soil physical and chemical properties

指标 Index	土层 Soil layer/cm	TP	TK	SOM	pH	WC
TN	0~20	-0.112	-0.252*	0.806**	-0.251*	0.514**
	20~40	-0.062	-0.196	0.514**	-0.333**	0.708**
	40~60	-0.165	-0.075	0.487**	-0.329**	0.795**
TP	0~20		0.230*	-0.020	0.266*	-0.063
	20~40		0.225*	-0.053	0.196	-0.231*
	40~60		0.238*	0.152	0.167	-0.272**
TK	0~20			-0.334**	0.209*	-0.263*
	20~40			-0.166	0.210*	-0.307**
	40~60			0.064	0.098	-0.133
SOM	0~20				-0.287**	0.454**
	20~40				-0.214*	0.424**
	40~60				-0.133	0.379**
pH	0~20					-0.148
	20~40					-0.440**
	40~60					-0.488**

注: * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$

土壤 SOM 是土壤质量的核心,是土壤理化性质优劣的关键因素^[28-29]。各林分类型中,侧柏林土壤 SOM 含量明显高于其他林分类型,王勋曜等^[30]研究侧柏根系分布及土壤性状的结论表明,侧柏根系发达,在土壤中分布较多,对土壤 SOM 的利用率高于其他植被;楸树林、银杏林等 SOM 含量较低,且低于荒地 SOM 含量,这与该样地林分密度较小,阔叶林凋落物受环境因子影响较大,不能及时归还土壤有关^[2,18]。保定东部平原荒地是人为退耕后形成,其开放系统逐渐关闭,营养物和凋落物重返系统,同时无其他消耗,因此荒地有机质保持在一定水平。氮元素是土壤养分最重要的指标之一^[31],与土壤 SOM 含量相同,9 种林分类型中,侧柏林 TN 含量最高,楸树林、银杏林等有机质含量较低,表明研究区土壤 SOM 和 TN 含量具有高度同步性。

磷是土壤肥力的启动元素,易受气候、植被和土壤母质等影响,只有当土壤中的磷元素达到一定含量时,其他肥料才能作用达到增产效果^[32-33]。该研究发现,侧柏林的土壤 TP 含量最高,高于荒地,华山松林 TP 含量最低,且低于荒地;土壤 TP 来源相对固定,主要为岩石分化或凋落物矿化所致,由于形成过程漫长,致使不同植被间差异性显著或与人工林地植被自身对磷素的吸收能力相关^[34]。土壤 TK 是衡量土壤速效钾供应情况的重要指标之一。TK 含量在该研究不同林分类型中差别不大,可能归因于该地区土壤较稳定的钾含量或与 TK 含量受外界干扰较小有关^[35]。对保定东部人工林不同植被类型间土壤 Pearson 相关系数分析发现,土壤 TN、SOM、WC 与 pH 存在显著或极显著负相关,表明土壤微环境水分越高,酸碱度越低,越有利于凋落物分解,增加土壤 SOM、TN 含量;各土层土壤 TP 与 TK 含量呈显著正相关,可能与植被在退耕还林前,人工施加磷、钾复合肥有关。表层土壤各养分指标相关性影响较深层土壤显著,符合土壤养分具有表聚性现象^[23]。

掌握不同植被类型与土壤性状的相关规律,精准管理,

是恢复植被生态的关键。保定东部平原人工林处于建设初期,尤其是雄安新区千年秀林的设立,多为大规模幼树造林,少数林地为大树移植,由于调查林分林龄较小,研究结果适用范围比较局限。另外,土壤养分有连续累积和不断改变的特点,随着时间和外界环境的变化,植被与土壤性状相关性可能会出现更复杂的规律,因此林龄更大时应进行更为细致、深度、连续性的不同林分类型土壤性状研究,这对区域生态的发展影响重大。

4 结论

保定东部平原不同植被类型人工林土壤以弱碱性为主,土壤肥力整体一般,油松、银杏、楸树等林地的养分含量低于荒地,说明样地内养分元素储备能力偏弱。按照全国第二次土壤养分分级标准,0~20 cm 土层土壤 TN、TP、SOM 含量分别处于 3、4、4 级水平,但 20~40 cm 土层养分处于 5 级水平;土壤 TK 含量各层均为 3 级水平左右,各性状指标存在表层聚集现象。研究区不同土层 pH 和 TK 含量表现为弱变异性,表层 SOM 含量变异性较强,深层土壤变异性较弱,土壤 WC、TN、TP 含量在各层土壤中均为中等变异。土壤 pH 与土壤深度存在正向关系,土壤 WC、SOM、TP、TN、TK 含量均随土层深度增加而减小。受环境变化、人类活动和植被自身需求属性影响,土壤性状中除 TK 含量与林分类型不存在明显差异外,其他指标含量均与植被类型存在显著差异($P < 0.05$)。土壤性状间相关性较为普遍,土壤 WC、TN、SOM 含量积累高度同步,土壤 TP 与 TK 含量存在显著正相关关系。从绿色生态可持续发展的长远角度出发,分析研究区不同植被的复杂性和差异性,加强对林地土壤连续性定点监测,制订不同林分类型针对性管理措施,改善林分内生境条件,从而实现人工林长效可持续发展。

参考文献

- [1] 许俊丽,张桂莲,张希金,等.上海市人工林土壤理化性质与群落特征的相关性[J].浙江农林大学学报,2018,35(6):1017-1026.
- [2] 李惠萍,郑子龙,刘小林,等.小陇山林区 3 种林分类型对土壤理化性质

- 的影响[J]. 甘肃农业大学学报, 2021, 56(2): 121-128, 140.
- [3] 乔斌, 何彤慧, 吴春燕, 等. 银川平原原沟渠边坡土壤理化性状空间分异特征[J]. 干旱地区农业研究, 2018, 36(1): 43-49, 60.
- [4] MACDONALD S J, BAILEY T G, HUNT M, et al. Stable states in soil chemistry persist in eucalypt woodland restorations[J]. Applied vegetation science, 2019, 22(1): 105-114.
- [5] 刘欣, 彭道黎, 邱新彩. 华北落叶松不同林型土壤理化性质差异[J]. 应用与环境生物学报, 2018, 24(4): 735-743.
- [6] 赵江宁, 冯嘉仪, 刘露, 等. 长岗山不同林分类型对土壤理化性质的影响[J]. 林业与环境科学, 2017, 33(3): 48-52.
- [7] 崔蕊蕊, 张嘉良, 王云琦, 等. 甘肃小陇山林区不同林分对土壤团聚体稳定性的影响[J]. 水土保持学报, 2021, 35(4): 275-281.
- [8] 胡慧蓉, 胡庭兴, 谭九龙, 等. 华西雨屏区不同植被类型对土壤氮磷钾及有机碳含量的影响[J]. 土壤, 2014, 46(4): 630-637.
- [9] 任启文, 毕君, 李联地, 等. 冀北山地3种森林植被恢复类型对土壤质量的影响[J]. 生态环境学报, 2018, 27(10): 1818-1824.
- [10] 陈苗苗, 刘桂民, 刘德玺, 等. 不同人工林对黄河三角洲滨海盐碱地土壤理化性质的影响[J]. 水土保持研究, 2017, 24(6): 41-44.
- [11] 何斌, 黄承标, 秦武明, 等. 不同植被恢复类型对土壤性质和水源涵养功能的影响[J]. 水土保持学报, 2009, 23(2): 71-74, 94.
- [12] SCHOENHOLTZ S H, MIEGROET H V, BURGER J A. A review of chemical and physical properties as indicators of forest soil quality: Challenges and opportunities[J]. Forest ecology and management, 2000, 138(1/2/3): 335-356.
- [13] 崔杏云. 保定市土壤有机质和速效磷、钾的含量研究[J]. 中小企业管理与科技, 2017(9): 163-164.
- [14] 王哲, 夏辉, 袁浩, 等. 保定东部平原区夏玉米田土壤氮磷时空分布规律[J]. 水土保持研究, 2020, 27(2): 93-98, 111.
- [15] 柴立立, 崔彤涛. 保定城市土壤重金属污染及潜在生态危害评价[J]. 安全与环境学报, 2019, 19(2): 607-614.
- [16] 朱平宗, 张光辉, 杨文利, 等. 红壤区林地浅沟不同植被类型土壤生态学计量特征[J]. 水土保持研究, 2020, 27(6): 60-65.
- [17] 康冰, 刘世荣, 蔡道雄, 等. 马尾松人工林林分密度对林下植被及土壤性质的影响[J]. 应用生态学报, 2009, 20(10): 2323-2331.
- [18] 马朋, 李昌晓, 任庆水, 等. 模拟水淹-干旱胁迫对水杉幼树实生土壤营养元素含量的影响[J]. 生态学报, 2015, 35(23): 7763-7773.
- [19] 孙嘉, 王海燕, 丁国栋, 等. 不同密度华北落叶松人工林土壤理化性质研究[J]. 林业资源管理, 2011(1): 62-66.
- [20] 赵伟文, 梁文俊, 魏曦. 不同林分类型对土壤理化性质特征的影响[J]. 山西农业大学学报(自然科学版), 2019, 39(2): 61-68.
- [21] 杨帆, 徐洋, 崔勇, 等. 近30年中国农田耕层土壤有机质含量变化[J]. 土壤学报, 2017, 54(5): 1047-1056.
- [22] 董生健, 何小谦. 黄土丘陵区不同林龄人工刺槐林下植被及土壤系统演变特征[J]. 水土保持通报, 2016, 36(5): 20-27.
- [23] 韩国忠, 于博威, 刘高煊, 等. 晋西黄土区不同退耕年限刺槐林对土壤水分和养分的影响[J]. 水土保持通报, 2018, 38(5): 15-20.
- [24] 王誉陶, 李建平, 井乐, 等. 模拟降雨对黄土高原典型草原土壤化学计量及微生物多样性的影响[J]. 生态学报, 2020, 40(5): 1517-1531.
- [25] 陈婧, 崔向东, 丁延龙, 等. 基于“肥岛”效应探讨人工梭梭土壤养分时空演变趋势[J]. 水土保持研究, 2019, 26(6): 71-79.
- [26] 李晓莎, 李倩茹, 许中旗, 等. 冀北山地华北落叶松人工林与杨桦次生林的土壤养分差异[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(9): 20-26.
- [27] 刘文杰, 陈生云, 胡凤祖, 等. 疏勒河上游土壤磷和钾的分布及其影响因素[J]. 生态学报, 2012, 32(17): 5429-5437.
- [28] 汪景宽, 徐英德, 丁凡, 等. 植物残体向土壤有机质转化过程及其稳定机制的研究进展[J]. 土壤学报, 2019, 56(3): 528-540.
- [29] 张晓霞, 杨宗儒, 查同刚, 等. 晋西黄土区退耕还林22年后林地土壤物理性质的变化[J]. 生态学报, 2017, 37(2): 416-424.
- [30] 王助曜, 孙宏彦, 于辉, 等. 天坛公园油松、侧柏大树根系分布特征[J]. 北京农学院学报, 2018, 33(1): 89-98.
- [31] FETENE E M, AMERA M Y. The effects of land use types and soil depth on soil properties of Agedit watershed, Northwest Ethiopia[J]. Ethiopian journal of science and technology, 2018, 11(1): 39-56.
- [32] KERING M K, BUTLER T J, BIERMACHER J T, et al. Effect of potassium and nitrogen fertilizer on switchgrass productivity and nutrient removal rates under two harvest systems on a low potassium soil[J]. BioEnergy research, 2013, 6(1): 329-335.
- [33] KOOLJMAN A M, JONGEJANS J, SEVINK J. Parent material effects on Mediterranean woodland ecosystems in NE Spain[J]. Catena, 2005, 59(1): 55-68.
- [34] 姚喜军, 徐进才, 刘静, 等. 伊金霍洛旗不同土地利用方式下的土壤养分特征[J]. 中国水土保持科学, 2017, 15(5): 111-116.
- [35] 杨静涵, 刘梦云, 张杰, 等. 黄土高原沟壑区小流域土壤养分空间变异特征及其影响因素[J]. 自然资源学报, 2020, 35(3): 743-754.

(上接第 109 页)

较少。以常绿松针类乔木为背景, 点缀观叶类大乔木、片植观花类小乔木, 彩色模纹绿篱似飘带般穿插其中, 再以草本花卉作为填充, 各类植物应用合理, 层次分明, 季相明显, 观赏效果较好。

公园植物配置及其管理中仍存在一些不足之处: ①虽然植物种类繁多, 但植物配置模式千篇一律, 相对单调, 建议多参考南方自然式群落搭配模式; ②乔木大多为常色叶类, 一年四季叶色大多为绿色, 建议多增加一些季节叶色类, 春秋两季也能丰富园林景观, 给人以新奇感; ③观花植物花期大多集中在春季, 夏秋季节观赏效果较差, 建议加大观果类植物栽植比例, 提高不同季节观赏效果; ④观花植物花色大多为黄色系和红色系花, 可增加白色系和蓝色系花的栽植量, 以丰富色彩; ⑤湿地公园建设与管理涉及农业、林业、园林、水利等多个政府部门, 有东周水库管理所、清音公园管理所等多个管理机构, 呈多部门管理的状态, 缺乏具有权威性和有效性的管理协调主体机构, 以致这种矛盾很难协调, 需要建立有效的湿地保护管理协调机制, 完善各级湿地保护管理机构^[11-13]; ⑥湿地公园建设及管理涉及的内容和专业性知识众多, 不仅包括生态、水利、动物、植物、地理、旅游、管理等方面, 而且对人才专业素养要求较高。在人员结构上, 专门从

事湿地保护专业的人员极少, 大多数管理人员缺乏系统掌握生物学、动物学、自然保护等方面的知识, 限制了湿地保护、生态旅游向更深层次发展, 使其管理水平很难适应发展的需要。

参考文献

- [1] 王玉河. 应对新泰珍珠油杏低温冻害采取的对策分析[J]. 河北农业科学, 2010, 14(6): 28-29.
- [2] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志[M]. 北京: 科学出版社, 1961-2006.
- [3] 包满珠. 花卉学[M]. 2版. 北京: 中国农业出版社, 2003.
- [4] 卓丽环, 陈龙清. 园林树木学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.
- [5] 童丽丽, 许晓岗, 汤庚国. 牛首山森林公园野生观赏植物资源及旅游开发[J]. 金陵科技学院学报, 2007, 23(4): 76-78.
- [6] 郭盛才. 珠海市湿地资源现状及其保护建设研究[D]. 广州: 华南农业大学, 2012.
- [7] 李先源. 观赏植物学[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2007.
- [8] 蒋慧. 基于现实生态位的长沙市滨水植物群落分析: 以长沙市烈士公园和洋湖湿地公园为例[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2015.
- [9] 郑博颖. 梁野自然保护区野生观赏植物的研究[J]. 现代农村科技, 2010(19): 45-46.
- [10] 冯志坚. 园林植物学(南方版)[M]. 重庆: 重庆大学出版社, 2013.
- [11] 李夏, 胡建康. 城市湿地公园管理现状的分析[J]. 低碳地产, 2016, 2(18): 402.
- [12] 陈钰. 城市湿地公园建设存在问题与对策探析[J]. 沿海企业与科技, 2010(7): 69-71.
- [13] 张庆辉, 赵捷, 朱晋, 等. 中国城市湿地公园研究现状[J]. 湿地科学, 2013, 11(1): 129-135.