

# 准噶尔盆地主要农田防护林的生物量及养分分布特征

桑巴叶,朱玉伟\*,陈启民,王永红,褚奋飞

(新疆林科院 造林治沙研究所,新疆 乌鲁木齐 830063)

**摘要:**研究准噶尔盆地主要农田防护林林下土壤养分变化情况,以及林木各组分养分元素含量和生物量特征。以准噶尔盆地主要农田防护林树种新疆杨、白榆和沙枣为研究对象,分析了各林地不同土层土壤有机质、全氮、全磷、全钾含量、林木根枝叶中有机碳、N、P、K 含量和生物量。结果表明:1)净生产力从大到小依次为新疆杨( $30.20\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>白榆( $21.30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )>沙枣( $13.32\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ),3 树种各组分生物量中树干生物量最大,其中新疆杨树树干生物量所占比例最高(69.61%)。2)沙枣的有机碳( $48.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )和 N 平均含量( $20.45\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )最高,3 树种 P 含量( $1.86\sim2.18\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )相差不大,新疆杨的 K 含量( $7.42\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>其他树种;有机碳含量表现为枝中最高,P 含量在根和叶中最高,K 含量在叶中最高。3)5 个深度(0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm)的土壤有机质平均值为白榆林地( $0.76\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>沙枣林地( $0.69\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>新疆杨林地( $0.58\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),全氮平均值为沙枣林地( $0.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>新疆杨林地( $0.45\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>白榆林地( $0.21\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),全磷平均值为沙枣林地( $0.98\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>新疆杨林地( $0.91\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>白榆林地( $0.85\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),全钾平均值为新疆杨林地( $13.55\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>沙枣林地( $13.49\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ )>白榆林地( $12.06\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ),对土壤不同土层而言,3 树种林下土壤养分 0~20 cm 土层均高于其他土层,随土层厚度增加土壤养分减少,3 树种林下土壤全磷和全钾平均含量属中高水平,全氮和有机质平均含量属低水平。表明不同树种土壤养分和林木各组分养分元素含量大小次序不相同,为防护林各树种养分管理提供依据。

**关键词:**农田防护林;生物量;养分

**中图分类号:**S727.24      **文献标志码:**A      **文章编号:**1001-7461(2016)04-0147-06

## Distribution Characteristics of Biomass and Soil Nutrient in Main Shelterbelt in Junggar Basin

SANG Ba-ye,ZHU Yu-wei\*,CHEN Qi-min,WANG Yong-hong,CHU Fen-fei

(Research Institute of Afforestation and Desertification Prevention and Control, Xinjiang Academy of Forestry Sciences, Urumqi, Xinjiang 830063, China)

**Abstract:** In order to provide theoretical basis for the high yield management of shelterbelt, the changes of soil nutrients in shelterbelt, the contents of nutrient elements in trees, and the characteristics of biomass in Junggar Basin were studied. Three main tree species used in shelterbelt were selected as research objects, including *Populus alba*, *Ulmus pumila*, and *Elaeagnus angustifolia*. The contents of the nutrients in different soil layers and tree leaves and roots were analyzed, such as organic matter, nitrogen, phosphorus, and potassium. Biomass of tree leaves and roots was measured. The results indicated that 1) the order of the net productivity was *P. alba* ( $30.20\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) > *U. pumila* ( $21.30\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ) > *E. angustifolia* ( $13.32\text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ ), 3 tree species components biomass in trunk biomass was the largest, among which the trunk biomass of *P. alba* accounted for the highest proportion (69.61%). 2) *U. pumila* had the highest organic carbon ( $48.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) and N average content ( $20.45\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), 3 tree species P content ( $1.86\sim2.18\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) was not significantly different, *P. alba* had the highest K content ( $7.42\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > other species; organic carbon content was highest in branch, P content was highest in root and leaf, K content was highest in leaf. 3) 5 depths (0~20, 20~40, 40~60, 60~80, 80~100 cm) of soil organic matter average value was *P. alba* woodland ( $0.76\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *U. pumila* woodland ( $0.69\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *E. angustifolia* woodland ( $0.58\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), total nitrogen average value was *U. pumila* woodland ( $0.52\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *E. angustifolia* woodland ( $0.45\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *P. alba* woodland ( $0.21\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), total phosphorus average value was *U. pumila* woodland ( $0.98\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *E. angustifolia* woodland ( $0.91\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *P. alba* woodland ( $0.85\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), total potassium average value was *P. alba* woodland ( $13.55\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *U. pumila* woodland ( $13.49\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) > *E. angustifolia* woodland ( $12.06\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), for different soil layers, 3 tree species shelterbelt soil nutrients 0~20 cm layer were higher than other layers, with increasing soil layer thickness, soil nutrients decreased, 3 tree species shelterbelt soil total phosphorus and total potassium average content belonged to medium-high level, total nitrogen and organic matter average content belonged to low level. It shows that the order of soil nutrient and biomass components nutrient element content of different tree species was not the same, providing a basis for nutrient management of shelterbelt tree species.

收稿日期:2015-07-31    修回日期:2015-11-02

基金项目:中央财政林业科技推广示范资金项目(2015-8-25);国家林业公益性行业科研专项经费项目“伊犁河谷生态经济林工程建设技术研究示范”(201304714);新疆维吾尔自治区林业重大专项项目(xjlk[2013]010号)。

作者简介:桑巴叶,女,副研究员,研究方向:造林技术。E-mail:sby827@sina.com

\*通信作者:朱玉伟,男,研究员,研究方向:防沙治沙、节水造林及防护林。E-mail:xjzhuyuewei@sina.com

hm<sup>-2</sup>). The biomass of tree trunk was the largest in all the three species, in which *P. alb* had the highest percentage (69.61%). 2) The the highest average contents of soil organic matter(83.65 g · kg<sup>-1</sup>) and soil total nitrogen(20.45 g · kg<sup>-1</sup>) were found in *E. angustifolia*. There were no significant differences in total phosphorus among three species, ranging from 1.86 to 2.18 g · kg<sup>-1</sup>. Total potassium content (7.42 g · kg<sup>-1</sup>) in *P. alba* was higher than others. The content of organic matter was the highest in the branches. Total phosphorus content in the roots and leave was the highest. Total potassium content in the leaves was the highest. 3) The orders of the average soil nutrients in five soil layers (0—20, 20—40, 40—60, 60—80, and 80—100 cm) were organic mater; *U. pumila* (0.76 g · kg<sup>-1</sup>) > *E. angustifolia* (0.69 g · kg<sup>-1</sup>) > *P. alba* (0.58 g · kg<sup>-1</sup>), total nitrogen; *E. angustifolia* (0.52 g · kg<sup>-1</sup>) > *P. alba* (0.45 g · kg<sup>-1</sup>) > *U. pumila* (0.21 g · kg<sup>-1</sup>), total phosphorus; *E. angustifolia* (0.98 g · kg<sup>-1</sup>) > *P. alba* (0.91 g · kg<sup>-1</sup>) > *U. pumila* (0.85 g · kg<sup>-1</sup>), total potassium; *P. alba* (13.55 g · kg<sup>-1</sup>) > *E. angustifolia* (13.49 g · kg<sup>-1</sup>) > *U. pumila* (12.06 g · kg<sup>-1</sup>). Soil nutrients of 0—20 cm soil layer was higher than others in three tree species. Soil nutrient contents decreased with the increase of soil depth. The average contents of total phosphorus and total potassium were in medium to high level. The average total nitrogen and organic matter were in low level in the undergrowth soil of the three tree species. Therefore, the contents of the nutrients in different soils and trees were different. The results would provide theoretical basis for nutrient management of shelterbelt.

**Key words:** shelterbelt; biomass; nutrient

防护林是在一定的空间范围内,人工建立的改造自然环境使其能够达到人类预想的生态措施,由人工栽植的片林、林带、林网及天然林、灌丛所组成,并包括合理利用自然资源、保护天然植被和植被修复等因素在内的综合防护体系<sup>[1]</sup>。新疆防护林体系建设主要是以农田防护林体系建设为核心而开展的,农田防护林在改善农村生态环境、减少自然灾害对农业生产的危害、确保农作物稳产、高产等方面发挥着重要而又不可替代的作用。农田防护林不同林种下,由于凋落物理化性质不同和林下土壤中的微生物对物质的分解速率不等,导致了林下土壤的理化性质不同,所以不同的林种,土壤养分含量不同<sup>[2-3]</sup>。同样,树种的差异,每种树种对土壤养分活化、吸收、利用能力有差异,导致各植被养分不同<sup>[4]</sup>。前人对新疆农田防护林的研究来看,研究点主要集中在防护林配置模式<sup>[5-7]</sup>、树种选择<sup>[8-10]</sup>、防护效益<sup>[11]</sup>;张天义<sup>[12]</sup>等(2010)对新疆石河子150团不同配置农田防护林的土壤理化性质进行了研究,但在该区域对不同树种生物量、林地土壤养分和器官营养元素含量研究未见报道。

目前,准噶尔盆地农田防护林建设主要以新疆杨(*Populus alba* var. *pyramidalis*)、白榆(*Ulmus pumila*)和沙枣(*Elaeagnus angustifolia*)为主,本研究以位于准噶尔盆地南缘的石河子150团为研究区域,研究新疆杨、白榆和沙枣林地土壤养分变化情况,以及各树种、各组分营养元素含量和生物量特征,旨在为准噶尔盆地农田防护林的营造和可持续

经营提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究区概况

研究区为新疆石河子150团,位于天山北麓、准噶尔盆地南部,地处85°52′23″—86°10′46″E、44°52′54″—45°12′09″N,海拔332~361 m,其东北、北、西3面为沙丘,纵伸于沙漠,为温带大陆性干旱半荒漠气候。年平均气温6.1℃,极端最高气温43.1℃,极端最低气温-42.8℃,昼夜温差悬殊,光热资源充足。年平均降水量117.2 mm,年平均蒸发量1 942.1 mm,蒸发量为降水量的16.6倍。土壤主要为灰漠土、干青土(残余沼泽土)、堆垫土、风沙土、盐土5个土类,共计10个亚类、11个土属、26个土种;主要灾害天气有大风、冰雹、干热风 and 霜冻;主要风向为西北风。

农田防护林体系以窄林带、小网格模式为主体,主要造林树种为杨树、榆树、沙枣等。试验林基本特征见表1。

### 1.2 试验方法

1.2.1 林木生物量测定 2013年6—10月,在石河子150团选择农田防护林主要树种新疆杨、白榆和沙枣为研究对象,本次生物量测定采用平均木法。各树种分别做面积为100 m<sup>2</sup>的样方,样方长度根据林带宽度而定,对样方内的林木进行每木检尺,测算林分的平均树高和胸径,以此为标准每树种各选取3株平均木进行解析。

表 1 试验林基本特征

Table 1 General characteristics of experimental stands

树种	林龄/a	海拔/m	郁闭度	土壤类型	土层厚度/cm	平均胸径/cm	平均树高/m	冠幅/m	株行距/m
新疆杨	28	345	0.70	灰模土	>50	25.5	18.9	1.9×2.0	1.5×2.0(3~4 行)
白榆	33	345	0.80	灰模土	>50	22.8	11.3	4.6×3.9	1.5×2.0(2~3 行)
沙枣	21	345	0.70	灰模土	>50	15.7	7.7	3.3×3.6	1.5×2.0(1~2 行)

1.2.1.1 树干生物量测定 解析木伐倒后,树高<15 m 的在树干 1.3 m 处分段,以后按 1.0 m 长度分段,树高>15 m 的在树干 1.3 m 处分段,以后按 2.0 m 长度分段,在地径处和每个分段处截取 3.0~5.0 cm 厚的圆盘,记录圆盘号和直径,并分别测取每一段树干和圆盘的鲜重。

截取的圆盘带回室内烘干(105℃)至恒重,算出每个试样以鲜重为基础的含水率,再通过干重比( $P_w$ )把鲜重( $W_{鲜}$ )换算成绝干重( $W_{干}$ ),记录数据。

$$W_{干}=W_{鲜} P_w \tag{1}$$

1.2.1.2 树枝及树叶生物量测定 枝叶采用分层、分级调查,从第 1 活枝起,将树冠等分 3 层,在各层内以枝基径<1.0 cm、1.0~2.0 cm、2.0~4.0 cm、>4.0 cm 为标准进行分级,统计各层、各等级枝数,每级选取 3 个标准枝称带叶枝鲜重,摘净叶后分别称枝鲜重和叶鲜重。同时分层、分级各取 100~200 g 的枝、叶样品各 1 份,称鲜重后装入自封袋做好标记,带回室内烘干(70~80℃)至恒质量称重,测定含水率并算出干物质生物量。

1.2.1.3 根系生物量测定 以标准木伐根为中心,挖根长、宽、深各为 1.0、1.5、1.0 m 的坑,分不同方向、层次(0~20、20~40、40~60 cm、>80 cm)挖取树木全部根系,用水冲洗,再按粗根(>5.0 cm)、中根(2.0~5.0 cm)、细根(<2.0 cm)分层分类称重,随机抽取 1.0 kg 样品,装入自封袋做好标记,带回室内进行烘干(105℃),测定干物质生物量。

1.2.2 样品采集 植物样品在测定林木生物量时取,分层、分级,不同方向采集根、枝、叶样品,每株取根、枝、叶各 1 份。土壤样品在每种林型内随机设选

3 个采样点,在每个采样点分层采集 0~20、20~40、40~60、60~80、80~100 cm 不同深度土壤样品,同层混合后,每个样地得到 5 个层次的土壤混合样品。

1.2.3 样品分析 植物样品去除表面滞尘,置于干燥箱烘干(70~80℃)至恒质量,经粉碎后,装入密封瓶内保存。土壤样品剔除根系、石块等杂物后磨碎,先过 10 目筛孔,以四分法取适量样品再次磨细过 100 目筛孔。植物 N 采用凯氏定氮蒸馏法测定,P、K 采用 ICP (Prodigy xp ICP),有机碳采用  $K_2Cr_2O_7-H_2SO_4$  氧化法。土壤全氮测定采用硫酸钾-硫酸铜消煮,定氮仪分析法;全磷用钼锑抗比色法测定;全钾用原子吸收光度法测定;有机质用重铬酸钾容量法测定。

1.3 统计分析

试验数据采用 Excel2003 和 SPSS 19.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同防护林树种各组分的生物量及其分配

3 个树种均为成熟林,造林初植密度一样皆为 1.5 m×2 m。从表 2 可以看出,对比 3 个树种,生物量最大为新疆杨,净生产力为 30.20 t·hm<sup>-2</sup>,白榆次之,为 21.30 t·hm<sup>-2</sup>,最小为沙枣 13.32 t·hm<sup>-2</sup>。

28 年生新疆杨地上部分生物量分配比率在 3 个树种中最高,达 95%以上,各组分中树干比例占最大,充分说明新疆杨为用材树种。地下部分生物量分配比率低,主要分布在粗根部分,地上部分生物量是地下部分的 20.35 倍。

表 2 主要农田防护林树种的主要组分生物量及分配比率

Table 2 Biomass and allocation proportion of each components of the main shelterbelt forests

t·hm<sup>-2</sup>, %

树种	指标	叶	枝	树干	地上部分	粗根	中根	细根	地下部分	合计	净生产力 /(t·hm <sup>-2</sup> ·a <sup>-1</sup> )
新疆杨	生物量	29.21	190.52	594.92	814.65	21.56	12.40	6.07	40.03	854.68	30.52
	百分比	3.42	22.29	69.61	95.32	2.52	1.45	0.71	4.68	100.00	
白榆	生物量	32.75	94.08	318.66	445.49	142.81	78.44	34.29	255.54	701.03	21.24
	百分比	4.67	13.42	45.46	63.55	20.37	11.19	4.89	36.45	100.00	
沙枣	生物量	26.39	70.20	107.87	204.46	29.38	23.29	20.54	73.23	277.69	13.22
	百分比	9.50	25.28	38.85	73.63	10.58	8.39	7.40	26.37	100.00	

33 年生白榆地上部分生物量所占比例在 3 个树种中最低,地下部分生物量分配比率在 3 个树种中最高,根系生物量主要集中在>5.0 cm 的粗根上,表明根系发达,有利于对地下营养空间的利用,地上部分的生物量是地下部分的 1.74 倍。

21 年生沙枣地上部分和地下部分生物量分配比率均在以上 2 个树种之间,中根和细所占比例跟粗根比相差不大,地上部分的生物量是地下部分的 2.78 倍。

## 2.2 不同防护林树种养分含量

2.2.1 树枝养分含量 由于沙枣属于固氮树种,所以 N 含量最高,是含量最低的新疆杨的 4.09 倍,沙枣树枝有机碳含量也是最高,沙枣 N 含量和有机碳

含量与其他 2 个树种相比较,差异达到显著水平。K 和 P 在不同树种树枝中的含量差异不显著(表 3)。

2.2.2 树叶养分含量 树叶养分含量情况跟树枝基本相同,沙枣树叶的 N 和有机碳含量仍最高,N 含量是白榆的 3.83 倍,有机碳含量是新疆杨的 1.39 倍。新疆杨树叶的钾含量最高,为白榆的 1.65 倍。3 个树种中的 P 含量差异不显著,其余元素含量差异达到显著水平(表 4)。

2.2.3 树根养分含量 3 个树种树根有机碳含量差异显著,沙枣含量最高,其次为白榆,最小为新疆杨。新疆杨根的 K 和 P 含量最高,沙枣和白榆的 K 和 P 含量差异不显著。3 个树种树根 N 含量差异不显著,但是其中沙枣根的 N 含量数值最大(表 5)。

表 3 树枝养分含量

Table 3 Nutrient contents of the branches (g · kg<sup>-1</sup>)

树种	有机碳	全氮	全磷	全钾
沙枣	50.74±4.10a	20.74±2.90a	1.71±0.50a	4.50±0.68a
白榆	38.70±5.44b	9.49±5.53b	1.54±0.66a	4.93±1.57a
新疆杨	39.63±3.72b	5.07±1.46b	1.54±0.22a	4.90±0.56a

注:小写字母表示不同树种之间差异性,字母相同表示树种之间差异性不显著,字母不同表示树种之间差异性显著( $p<0.05$ )。下表同。

表 4 树叶养分含量

Table 4 Nutrient contents of the leaves (g · kg<sup>-1</sup>)

树种	有机碳	全氮	全磷	全钾
沙枣	49.63±1.40a	25.42±4.44a	2.47±0.32a	8.39±0.73a
白榆	30.99±15.47b	6.64±2.61b	3.46±1.21a	5.86±0.94b
新疆杨	35.72±3.08b	12.07±5.90b	1.53±0.19a	9.69±2.85a

表 5 树根养分含量

Table 5 Nutrient contents of the roots (g · kg<sup>-1</sup>)

树种	有机碳	全氮	全磷	全钾
沙枣	45.20±1.17a	15.20±4.81a	1.67±0.29b	4.70±1.54b
白榆	39.37±5.27b	7.01±3.04a	1.59±0.62b	5.46±0.78b
新疆杨	35.78±3.26c	11.08±6.41a	2.77±0.94a	7.84±2.27a

## 2.3 不同防护林树种林下土壤养分含量

0~20 cm 有机质含量最高,随着土层深度的增加,各树种林下土壤有机质含量均表现降低趋势,从 0~20 cm 到 20~40 cm 土层有机质下降幅度最大,土层再往下呈现缓步下降趋势(图 1)。各树种土壤 0~100 cm 土层有机质的平均值为白榆林地(0.76 g · kg<sup>-1</sup>)>沙枣林地(0.69 g · kg<sup>-1</sup>)>新疆杨林地(0.58 g · kg<sup>-1</sup>)。各树种有机含量属于极低肥力水平。

由图 2 可知,林地土壤全氮含量动态变化与土壤有机质变化基本相同,各树种林地全氮含量在 0~20 cm 土层富集,其中新疆杨林地和沙枣林地 0~20 cm 土层全氮含量高,分别为 0.85 g · kg<sup>-1</sup> 和 0.98 g · kg<sup>-1</sup>,属于高水平,20 cm 以下土层氮含量开始下降,下降幅度较大。白榆林地 0~20 cm 土层全氮含

量最低,为 0.28 g · kg<sup>-1</sup>,属于较低水平,随着土层变化氮含量变化不大。

不同树种林下土壤全磷含量变化与有机质和全氮含量变化不同,随着土层深度的增加,全磷含量下降,但变化幅度轻微(图 3)。3 个树种土壤全磷含量值比较接近,各树种不同土层平均值为沙枣林地(0.98 g · kg<sup>-1</sup>)>新疆杨林地(0.91 g · kg<sup>-1</sup>)>白榆林地(0.85 g · kg<sup>-1</sup>),3 树种林地不同土层全磷平均含量属于高等肥力水平。

研究表明,新疆杨、沙枣和白榆全钾含量平均值分别为 13.55、13.49 g · kg<sup>-1</sup> 和 12.06 g · kg<sup>-1</sup>,属中等水平,由图 4 可知,0~20 cm 土层全钾含量略高于其他土层,3 树种林地各土层土壤全钾含量之间变化不大。

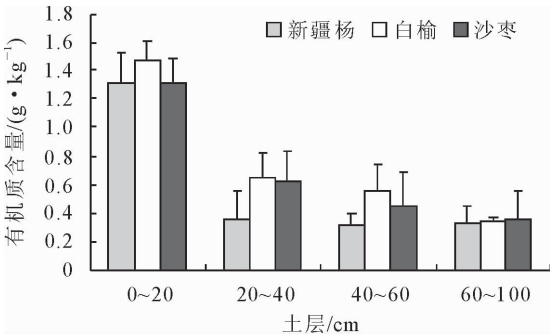


图 1 不同树种林下土壤有机质含量比较

Fig. 1 The comparison of soil organic matter contents of different tree species

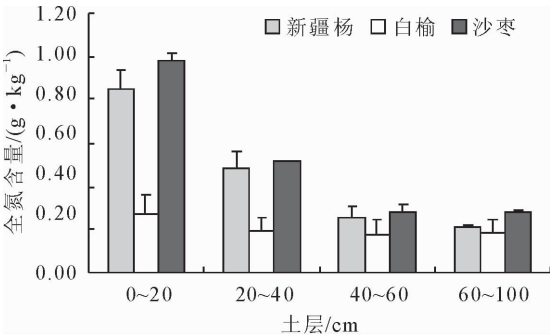


图 2 不同树种林下土壤全氮含量比较

Fig. 2 The comparison of soil total nitrogen contents of different tree species

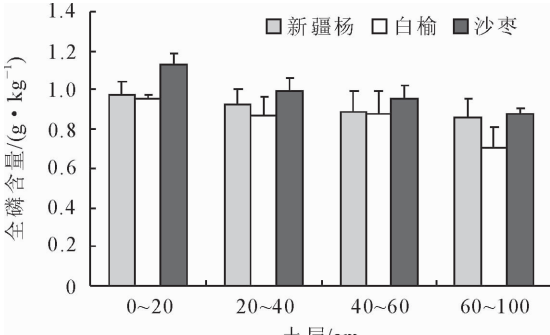


图 3 不同树种林下土壤全磷含量比较

Fig. 3 The comparison of soil total phosphorus contents of different tree species

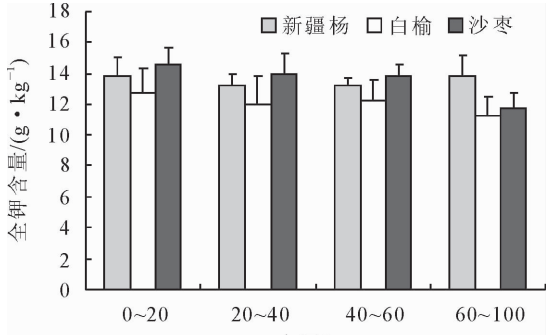


图 4 不同树种林下土壤全钾含量比较

Fig. 4 The comparison of soil total potassium contents of different tree species

3 结论与结论

3.1 结论

3 树种中新疆杨生物量及净生产力最大,其中地上部分占 95.32%,所占比例在 3 个树种中最高。新疆杨各组分生物量的大小为树干>树枝>树根>树叶,树干生物量占据主导地位,与胡莎莎<sup>[13]</sup>等(2012)对新疆杨生物量空间分布特征研究结果一致。新疆杨生物量集中于树干,生长速度快,并具有抗干旱、耐盐碱特性,是西部地区防护林体系不可或缺的优良造林树种<sup>[14]</sup>,兼有生态和经济双收益。沙枣的生物量最低,比起其他树种生长较缓慢,净生产力 13.22 t·hm<sup>-2</sup>·a<sup>-1</sup>,虽然生物量低,但是沙枣生活力强,具有抗风沙、耐旱、耐高温、耐盐碱、耐瘠薄等特性<sup>[15-16]</sup>,是新疆防护林建设中的主要树种,常与杨树混交造林。白榆各组分生物量由大到小为树干>树根>树枝>树叶,通过与其他 2 树种比较可知白榆根系发达,树根生物量所占比例最高,根系发达,盘结土壤,抗风固沙能力较强,具有耐干旱、低温和盐碱的特征,能够在年降雨量<200 mm 的地区正常生长<sup>[17]</sup>,新疆防护林建设中常与杨树混交造林。

沙枣的有机碳和 N 平均含量最高,沙枣各组分有机碳含量表现为枝中最高,叶中次之,根中最低,

N 含量则为叶中最高,枝中次之,根中最低;3 树种的 P 平均含量相差不大,沙枣和白榆叶中的 P 含量均高于枝和根,新疆杨根中的含量高于枝和叶;新疆杨的 K 平均含量>其他树种,3 树种各组分的 K 含量大小排序相同,叶中的最高,根中次之,枝中最低。

3 树种林下土壤养分 0~20 cm 土层均高于其他土层,这与凋落物富集在土壤表层有着直接的关系。随着土层深度的增加,土壤养分含量均表现为降低趋势,这与许多研究结果一致,比如与郭春兰<sup>[18]</sup>(2012)对油茶林土壤、王海燕<sup>[19]</sup>(2009)对落叶松云冷杉林土壤养分的研究结果相同。土壤养分中有机质和全氮含量相比其他指标的值波动最大,全 P 和全 K 含量没有明显的变化。

土壤有机质主要来源于生长在其上植被的凋落物、地下部分死亡根系及根的分泌物,动物和微生物残体<sup>[20]</sup>。本研究 3 树种林下土壤有机质含量均低,由于 3 树种均为成熟龄,林下植被不丰富,此外,也有林木凋落物常被农户清理的原因。在凋落物的各组分中,由落叶归还给林地的养分总量最大,枯枝的归还量次之,以落果的形式归还给土壤的养分量最小<sup>[21]</sup>。凋落物被取走使土地失去了非常重要的养分来源,土壤有机质输入量减少,导致有机质含量降低。白榆林地土壤有机质含量在 3 树种中最高,这

与白榆根系发达有关,根系在其生育期间不断把根产物释放到土壤中去,直接或间接地影响土壤的养分有效性、腐殖质及微生物活动,进而影响土壤有机质的含量<sup>[22-23]</sup>。

全 N 含量的垂直空间变化与土壤有机质趋势一致,表层土壤全氮含量>其他土层。3 树种中沙枣林地全氮含量表层最高,新疆杨林地次之,均属高等肥力水平。原因在于沙枣能生出很多根瘤,其中的固氮根瘤菌可以固定空气中的氮,所以土壤中的氮素含量比其他树高。

3 树种 0~20 cm 土层土壤全 P 和全 K 含量略高于其他土层,各土层之间的全 P 和全 K 含量波动很小,3 树种之间的含量差异也不大,新疆杨和沙枣的全 P 和全 K 含量相近,3 树种林地土壤中全 K 含量和全 P 含量都不缺乏,均在中高肥力水平。

### 3.2 讨论

土壤养分含量的高低反映了土壤与林木生长的适宜性,同时也影响着林木的生物量。3 种不同树种养分含量随土层深度的增加,呈现出不同的变化趋势,但均表现 0~20 cm 土层养分含量最高,说明残枝落叶分解后进入土壤存留在土壤表层,表聚性较为明显。土壤全氮含量随土壤有机碳的增加而升高,充分证明有机质的积累对土壤有机碳和全氮含量具有重要影响。土壤有机碳和全氮作为土壤微生物的能量和细胞构成要素,二者含量的多少会影响土壤中微生物的数量,从而影响土壤养分的长期积累和植物生长。本研究中,3 树种土壤有机质含量均低,林木凋落物常被农户清理是主要原因之一,建议减轻清理强度,并对林分及时施肥,有关施肥指标应是进一步研究的内容。

### 参考文献:

[1] 朱震达. 中国的沙漠化及其治理[M]. 北京:科学出版社,1989.

[2] 陈金林,俞元春,罗汝英,等. 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.

[3] 何亚龙,李刚,龙凌云,等. 黄土丘陵沟壑区不同群落类型对土壤特性及生物量的影响[J]. 西北林学院学报,2011,26(6):1-7.

HE Y L,LI G, LONG L Y, *et al.* Effects of different vegetation types on soil characteristics and plant biomass in the Loess Hilly region[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2011,26(6):1-7. (in Chinese)

[4] 阿守珍,卜耀军,温仲明,等. 黄土丘陵区不同植被类型土壤养分效应研究[J]. 西北林学院学报,2006,21(6):58-62.

A S Z,BO Y J,WEN Z M, *et al.* Research on effect of different types of vegetation on nutrient changes in Loess Hilly region[J]. Journal of Northwest Forestry University,2006,21(6):58-62. (in Chinese)

[5] 刘钰华,文华,狄心志,等. 新疆和田地区农田防护林效益的研究[J]. 防护林科技,1994(4):9-13.

[6] 郑东旭. 农田保护措施防治沙尘暴效果[D]. 保定:河北农业大学,2007.

[7] 黄富祥,高琼. 毛乌素沙地不同防风材料降低风速效应的比较

[J]. 水土保持学报,2001,15(1):27-30.

HUANG F X,GAO Q. Comparison of wind velocity reduced by seven different windproof materials in Maowusu Sand land[J]. Journal of Soil and Water Conservation,2001,15(1):27-30. (in Chinese)

[8] 刘康,刘钰华,文华,等. 新疆生态经济型防护林体系发展途径的探讨[J]. 防护林科技,1992(1):29-32.

[9] 褚卫东,张文明. 对三北地区农田防护林体系建设的思考[J]. 防护林科技,1998(3):33-36.

[10] 陈艳瑞,刘康,陈启民,等. 准噶尔盆地南缘防护林树种适宜性评价[J]. 干旱区资源与环境,2011,25(11):152-156.

[11] 王翠,雷加强,李生字,等. 和田地区绿洲外围农田防护林带的防护效益[J]. 水土保持通报,2014,34(1):98-103.

WANG C,LEI J Q,LI S Y, *et al.* Protection benefits of farmland shelterbelt in oasis periphery of Hotan region[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation,2014,34(1):98-103. (in Chinese)

[12] 张天义,田丽萍,潘存娥,等. 不同配置农田防护林土壤理化性质的研究[J]. 新疆农业科学,2010,47(12):2410-2415.

[13] 胡莎莎,张毓涛,李吉玫,等. 新疆杨生物量空间分布特征研究[J]. 新疆农业科学,2012,49(6):1059-1065.

[14] 诸葛强,王婕琛,黄敏仁,等. 新疆杨植株再生体系的建立[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2003,27(6):1-4.

ZHUGE Q,WANG J C,HUANG M R, *et al.* Establishment of plant regeneration system of *Populus alba* var. *pyramidalis*[J]. Journal of Nanjing Forestry University: Natural Sciences Edition,2003,27(6):1-4. (in Chinese)

[15] 郭丽君,王玉涛. 沙枣种质资源特性及利用价值[J]. 中国野生植物资源,2008,27(5):32-34.

[16] 于玮玮,阎国荣. 沙枣的资源及研究现状[J]. 天津农学院学报,2009,16(2):46-50.

YU W W,YAN G R. Resources and research situation of *Elaeagnus* spp. [J]. Journal of Tianjin Agricultural University,2009,16(2):46-50. (in Chinese)

[17] 傅立国. 中国榆属的研究[J]. 东北林学院学报,1980(3):1-40.

[18] 郭春兰,张露,雷蕾,等. 不同林龄油茶林土壤酶活性及养分特征[J]. 草业科学,2012,29(11):1647-1654.

GUO C L,ZHANG L,LEI L, *et al.* Soil enzyme activity and nutrient characteristics of *Camellia oleifera* forest at different plantation ages[J]. Pratacultural Science,2012,29(11):1647-1654. (in Chinese)

[19] 王海燕,雷相东,张会儒,等. 近天然落叶松云冷杉林土壤养分特征[J]. 东北林业大学学报,2009,37(11):68-70.

WANG H Y,LEI X D,ZHANG H R, *et al.* Soil nutrient characteristics of semi-natural mixed larch-spruce-fir stands in northeast China[J]. Journal of Northeast Forestry University,2009,37(11):68-70. (in Chinese)

[20] 李靖. 土壤中有机的作用[J]. 平原大学学报,1999,16(4):54-55.

[21] 谭芳林. 木麻黄防护林生态系统凋落物及养分释放研究[J]. 林业科学,2003,39(1):21-26.

TAN F L. Study on litter decomposition and nutrient release in *Casuarina equisetifolia* protective plantation ecosystem[J]. Scientia Silvae Sinicae,2003,39(1):21-26. (in Chinese)

[22] 曹享云. 营养胁迫与根系分泌物[J]. 土壤学进展,1994,22(3):28-32.

[23] 吴辉,郑师章. 根系分泌物及其生态效应[J]. 生态学杂志,1992,11(6):42-47.