

沙棘—侧柏混交林生物量、林地土壤特性 及其根系分布特征的研究

郭梓娟, 宋西德, 赵宏刚

(西北农林科技大学 林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘 要: 选择黄土高原 17 a 生的侧柏纯林作为对照, 对沙棘—侧柏混交林中的侧柏生长、林地土壤特性及根系分布特征进行了系统研究。研究表明, 混交林中侧柏平均树高比纯林的高 25.80%, 平均胸径大 36.88%, 林分生物量高 128.23%, 地上各部分生物量都明显高于侧柏纯林; 混交林地与侧柏纯林地相比, 土壤各层容重减小, 而总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、自然含水量、最大含水量、毛管含水量、最小含水量均有不同程度的增大; 根系分布特征研究表明, 侧柏纯林中根径 ≤ 1 mm 和 1~3 mm 的根系主要集中分布在 0—60 cm 土层内, 而混交林在 0—180 cm 的范围内分布相对更深, 更均匀; 根径 ≥ 3 mm 的根系侧柏纯林与混交林具有较为相似的垂直分布特征。混交林中根径 ≤ 1 mm 和 1~3 mm 的根系水平分布范围相对纯林的更大, 而根径 ≥ 3 mm 的根系的分布范围较小。

关键词: 沙棘; 侧柏; 混交林; 生物量; 土壤特性; 根系分布

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2007)03-0018-06

中图分类号: S714.4, S758.51

Biomass and Soil Characteristics of *Hippophae Rhamnoides* and *Platycladus Orientalis* Mixed Forest and Its Root System Distribution

GUO Zi-juan, SONG Xi-de, ZHAO Hong-gang

(College of Forestry, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shaanxi 712100, China)

Abstract: The biomass, soil characteristics and root distribution of 17-year-old pure *Platycladus orientalis* stand and *Hippophae rhamnoides* \times *Platycladus orientalis* mixed stand were studied in Yongshou County, Shaanxi Province on the Loess Plateau. Results showed that mean height, diameter of breast high and stand biomass in the mixed stand were 25.80%, 36.88% and 128.23% higher than those in the pure stand, respectively. Total biomass of each part in the mixed stand was higher than that in the pure stand. Compared with the pure stand, soil bulk density in the mixed stand was reduced. On the contrary, soil porosity, water capacity and moisture capacity were increased to a certain extent. *Platycladus orientalis* root system (diameter ≤ 1 mm and 1~3 mm) in the pure stand was mainly distributed in the upper 60 cm of soil, yet those in the mixed stand were distributed more deeply and evenly. Distribution of *Platycladus orientalis* root system (diameter ≥ 3 mm) in the mixed stand was close to that in the pure stand. Horizontal distribution area of *Platycladus orientalis* root (diameter ≤ 1 mm and 1~3 mm) in the mixed stand was broader than that in the pure stand, while for root diameter greater than 3 mm, the distribution in the mixed stand was narrower than that in the pure stand.

Keywords: *Hippophae rhamnoides*; *Platycladus orientalis*; mixed stand; biomass; soil characteristic; root distribution

侧柏(*Platycladus orientalis*)因其根系发达, 抗寒耐旱, 木材坚韧致密, 耐腐朽, 长期以来一直作为黄土高原地区主要造林树种进行大面积种植, 但是经过多年生长后易引起林地生产力衰退, 林分生长量下降和病虫害严重等一系列问题, 制约着林业的可持续发

展^[1]。沙棘(*Hippophae rhamnoides*)是黄土高原地区优良的多用途树种, 具有较强的保持水土, 防风固沙和固氮改土作用^[2]。在黄土高原干旱半干旱脆弱生态带的生态重建与恢复中, 其先锋树种的生态效益已被公认。国内外大量研究表明, 在贫瘠立地上, 选

收稿日期: 2006-09-14

修稿日期: 2006-11-24

资助项目: 国家科技支撑项目“黄土高原南部残塬沟壑区水土保持林构建与健康经营技术试验与示范”(2006DAG03A1207)

作者简介: 郭梓娟(1979—), 女(汉族), 陕西省扶风县人, 在读硕士, 研究方向为森林培育。E-mail: gzj-tylz@163.com。

通讯作者: 宋西德(1964—), 男(汉族), 陕西省乾县人, 研究员, 硕士生导师, 主要从事森林培育与防护林研究。E-mail: sxd9335@163.com。

用固氮树种与非固氮树种营造混交林, 能较大幅度地提高林分的生长量、生物量, 增强人工林的抗性, 是提高较差立地上人工林生产力的一种有效手段^[3]。它不仅具有重要的经济意义, 而且对于治理黄土高原地区的生态环境和水土流失问题具有极重要的生态学意义。

本研究在黄土高原地形土质比较典型的陕西省永寿试区选择同龄侧柏纯林作为对照, 对沙棘—侧柏混交林中的侧柏生长、林地土壤特性及根系分布特征进行研究, 以期为黄土高原地区沙棘—侧柏混交林的营造和推广提供科学依据。

1 研究区概况

永寿试区地处黄土高原丘陵沟壑区, 东经 $108^{\circ}08'$, 北纬 $34^{\circ}49'$, 海拔 1 276 m。该地区年平均气温为 10.8°C , 极端高温 38.9°C , 极端低温 -18.0°C ; 年平均降水量 600 mm, 降水多集中在 8—9 月份; 无霜期 210 d, 全年日照 2 166.2 h, $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年活动积温为 $3\,476.3^{\circ}\text{C}$, 属暖温带大陆性季风气候。土壤为黄土母质发育而来的黄土。

试验所选沙棘—侧柏混交林为 17 a 的人工林, 林相整齐, 林木分布均匀, 林分平均密度约 $2\,500$ 株/ hm^2 , 株行距 $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$, 株间混交; 侧柏纯林为 17 a 的人工林, 林相整齐, 林木分化不明显, 且呈均匀分布, 林分平均密度约 $2\,500$ 株/ hm^2 , 株行距 $2.0\text{ m} \times 2.0\text{ m}$; 混交林样地内主要林下植物为莎草 (*Cyperus rotundus*) 和沙棘。纯林样地内主要林下植物为莎草 (*Cyperus rotundus*), 早熟禾 (*Poa pratensis*), 蒙古蒿 (*Artemisia mongolica*), 委陵菜 (*Potentilla chinensis*) 和白羊草 (*Beckmannia ischaemum*) 等。

2 研究方法内容

2.1 林分生长量调查

2005 年 10 月下旬在侧柏纯林和沙棘—侧柏混交林中选择立地条件相同, 有代表性的林分, 分别设置 $20\text{ m} \times 20\text{ m}$ 的标准地 3 块, 对标准地内的林木分树种进行每木检尺, 实测胸径、树高和冠幅, 按径阶选取样木, 并在每块标准地内选择侧柏平均标准木作解析木, 推算标准地的平均单株材积和蓄积量。

2.2 地上部分生物量及其格局

结合生长量调查, 将选取的标准木伐倒, 按 Mori 分层切割法^[4], 以 1 m 为区分段对干、枝、叶分别称鲜重, 并按器官分级取适量样品, 带回实验室在 80°C 烘箱内烘至恒重, 测其含水率, 求算每株样木的干、枝、叶生物量和标准地内平均单株生物量。灌木和草

本层生物量采用样方收获法^[5], 在每个标准地各设置 3 个 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ 的小样方, 样方内的灌木和草本分别地上部分和地下部分全部收集、称量, 枯枝落叶亦同时收集称量, 分别取样测定含水量, 换算为干重。

2.3 林地土壤特性调查

2.3.1 土壤物理性质 在两样地内用环刀法对 0—10, 10—20, 20—40, 40—60, 60—80, 80—100 cm 深的土壤的容重、孔隙度和持水量分别进行调查, 重复 3 次, 所用环刀内径为 5 cm。

2.3.2 土壤水分状况 采用烘干法测定。在两样地内用内径为 4 cm 的土钻对 0—100 cm 深的土壤水分状况分别进行调查, 0—20 cm 每 10 cm 取样 1 次, 20—100 cm 每 20 cm 取样 1 次, 每样地重复 3 次, 称其鲜重后于 105°C 下烘干, 计算各层土壤含水量。

2.4 根系分布特性

平均标准木伐倒后, 从伐桩由内向外用土柱法调查两林地根量^[6], 根系垂直分布调查的土柱设置从伐桩起, 规格为长 $120\text{ cm} \times$ 宽 50 cm , 并按 0—20 cm 每 10 cm 为一层, 20—100 cm 每 20 cm 为一层分层次掘出土壤。根据根的颜色将侧柏根、沙棘根和草根分开^[7]。将各层所有根全部拣净, 并按层次分别装袋带回实验室, 在孔径 0.1 mm 筛中仔细把根上所附着的泥土冲洗干净, 并用游标卡尺测量根系直径, 按径级 $\leq 1\text{ mm}$, $1\sim 3\text{ mm}$, $\geq 3\text{ mm}$ 分类, 风干后称其重量。对各林分各级根系分别测含水量, 计算各层土柱内各级根的干重。用土柱根量推算该林地中侧柏单株平均根量。根系水平分布调查与垂直分布调查同时进行, 土柱设置从伐桩起, 依次连续设置宽为 50 cm, 距离伐桩各为 0~30, 30~60, 60~90, 90~120 cm, 深为 200 cm, 具体方法同上。每样地取土柱 3 个。

2.5 数据处理

数据分析采用传统的统计学以及数据处理系统 (DPS) 软件进行^[8]。

3 结果与分析

3.1 沙棘—侧柏混交林、纯林林分生长状况

适宜树种的混交能促进林分生长, 提高林地的生产力。每木检尺及生长量调查的结果表明, 侧柏与沙棘株间混交, 能极大地促进侧柏的生长。与纯林相比较, 混交林中侧柏的平均树高 4.34 m , 平均胸径 5.27 cm , 比侧柏纯林平均树高 3.45 m , 平均胸径 3.85 cm , 分别增加了 25.80% 和 36.88%; 混交效应在单株材积和蓄积方面表现尤为明显。混交林中, 侧柏单株材积 $7.45 \times 10^{-3}\text{ m}^3$, 蓄积量 $18.53\text{ m}^3/\text{hm}^2$, 比纯林提高了 131.37% 和 130.19% (表 1)。

从混交林与纯林生长状况的比较中可清楚地看出, 株间混交对侧柏的生长有利, 这是因为 17 龄的沙棘—侧柏混交林已形成具有明显层次性的林冠层, 喜光的侧柏占据了上层空间, 而较耐荫的沙棘处于下层, 林冠层的这种比较合理的分布, 使侧柏能够充分利用光能, 促进了林分高产。

3.2 沙棘—侧柏混交林、纯林林分生物量的分布格局
林分生物量高低, 在一定程度上体现该树种的生产力大小^[9]。17 年生沙棘—侧柏混交林的林分总生物量比同龄纯林高 128.23% (表 2), 说明混交林比纯林具有更高的生产力。在林分生物量组成中, 混交林中的地下部分占其林分总生物量的 21.73%, 小于纯

林的 30.39%, 但混交林的整个林分生物量分布格局要比纯林更为合理和均匀, 这样就为林分的生长提供了一个相对较为稳定的小环境。混交林中凋落物层的生物量是纯林的 2.85 倍, 这与混交中较高的乔木层和灌木层生物量有一定关系, 表明混交林有更多的有机质归还给林地, 有利于混交林的物质循环和林地养分的积累。混交林林下草本层生物量比纯林小 66.67%, 它占林分总生物量比例为 0.02%, 比纯林中林下草本层所占比例低出 0.09%。这是由于混交林的林分郁闭度大, 太阳辐射的光能被乔木层和灌木层截获和反射后, 到达地表的光能较少, 从而使草本层生长受到抑制的缘故^[7]。

表 1 沙棘—侧柏混交林、纯林林分生长状况比较

林分类型	树种	树龄/ a	密度/ (株·hm ⁻²)	平均树高/ m	平均胸径/ cm	单株材积/ (10 ³ m ³ ·株 ⁻¹)	林分蓄积/ (m ³ ·hm ⁻²)
混交林	侧柏	17	2 500	4.34	5.27	7.45	18.53
侧柏纯林	侧柏	17	2 500	3.45	3.85	3.22	8.05

表 2 沙棘—侧柏混交林、纯林林分生物量组成

林 层	混交林		纯林		差异显著性
	生物量/(t·hm ⁻²)	组成比例/%	生物量/(t·hm ⁻²)	组成比例/%	
乔木层	35.43±2.710 2	70.12	15.18±1.221 0	68.55	* *
灌木层	3.51	6.95	0	0	—
草本层	0.008±0.002 1	0.02	0.024±0.001 5	0.11	* *
凋落物层	0.598±0.045 1	1.18	0.21±0.100 1	0.95	* *
地下部分	10.98±1.932 4	21.73	6.73±0.652 2	30.39	*
全 林	50.53±4.225 8	100.00	22.14±3.274 2	100.00	* *

注: 表中数据均以±SD 表示, $t_{0.05}(4)=2.776$, * 差异显著; $t_{0.01}(4)=4.604$, * * 差异极显著; $n=3$, 下表同。

3.3 沙棘—侧柏混交林、纯林乔木层生物量的分布格局

乔木层生物量的分配标志着生态系统经营的水平 and 林分生态功能的大小^[10]。光合作用产物除了呼吸消耗外, 其积累的有机物质是按一定比例分配到各个器官和组织去的。侧柏混交林乔木层的总生物量为 35.43 t/hm², 大于纯林的 15.18 t/hm², 而且在分配上也存在着差异。从表 2 可以看出, 混交林地上各部分生物量都明显高于侧柏纯林。混交林乔木层各器官生物量分配顺序为: 树干(55.21%)> 枝(25.23%)> 叶(19.56%)。侧柏纯林的生物量分布为: 树干(60.61%)> 枝(22.92%)> 叶(16.47%), 这 2 个林分中各器官所占的比例有一定的差异, 混交林中树干所占比例小于纯林, 而枝叶所占比例均大于纯林, 这说明虽然混交后干生物量有所下降, 但枝叶生物量却在增加, 分别高出纯林 2.31% 和 3.09%。叶是主要的光合器官, 并且在森林凋落物中, 枯叶占绝

对优势, 一般占 60%~80%, 因此沙棘—侧柏混交林提高了林木的光合效率, 促进了生态系统内的生物地球化学循环。

3.4 林地土壤物理性质

土壤物理性质如土壤容重、总孔隙度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度等决定了土壤的结构、透气性等, 也是土壤肥力的重要指标之一^[11]。

土壤容重是土壤紧实度的一个敏感性指标, 也是表征土壤质量的一个重要参数。从表 4 可以看出, 与侧柏纯林相比, 混交林各层土壤容重都有所降低, 说明在同一层次, 混交林较纯林土体疏松, 土壤容蓄能力增加。土壤孔隙是土壤通气和水分渗透的一个重要指数, 它能影响土壤与大气之间水和气体的交换以及植物体对土壤中水分和养分的吸收。

在本研究中, 土壤总孔隙度和非毛管孔隙度都是混交林稍高于侧柏纯林。相关分析表明, 混交林和侧柏纯林在同一层次的土壤容重与总孔隙度、毛管孔隙

度呈极显著负相关关系, 其相关系数分别为:
 $r = -0.967^{**}$ ($n = 12$) 和 $r = -0.957^{**}$ ($n = 12$)。这说明混交林地土壤容重的降低使得土壤孔隙的分布处于较好的水平, 而土壤毛管空隙的增加有利于土壤透水 and 保水性能的发挥, 因此混交林较之纯林其土壤持水量和自然含水量也都有不同程度的提高, 这对植株的生长以及土壤中微生物活性等都有极大的促进作用。相关分析表明, 混交林和侧柏纯林同一层次

的土壤总空隙度与自然含水量、最大持水量、毛管持水量和最小持水量均呈极显著正相关关系, 它们的相关系数分别为 $r = 0.956^{**}$ ($n = 12$); $r = 0.985^{**}$ ($n = 12$); $r = 0.984^{**}$ ($n = 12$); $r = 0.946^{**}$ ($n = 12$)。这说明土壤含水量和持水量的大小与土壤孔隙度密切相关。混交林土壤物理性状的改善, 与林分结构、枯枝落叶的数量及组成、微生物的数量及活性, 特别是林木根系分布状况有着密切的关系。

表 3 沙棘—侧柏混交林、纯林乔木层生物量比较

地上部分 器官名称	混交林		纯林		差异显著性
	生物量/(t·hm ⁻²)	组成比例/%	生物量/(t·hm ⁻²)	组成比例/%	
干	19.56±4.1602	55.21	9.20±2.0385	60.61	*
枝	8.94±1.2206	25.23	3.48±0.9624	22.92	**
叶	6.93±0.7116	19.56	2.50±1.1272	16.47	**
合计	35.43±4.8487	100.00	15.18±3.3985	100.00	**

表 4 混交林及纯林下土壤的物理性状

林型	土层深度/ cm	土壤容重/ (g·m ⁻³)	总空隙 度/%	毛管空 隙度/%	非毛管空 隙度/%	自然含 水量/%	最大持 水量/%	毛管持 水量/%	最小持 水量/%
混交林	0—10	1.29	48.43	46.83	1.60	19.38	37.54	36.30	26.66
	10—20	1.43	45.36	44.02	1.34	18.21	31.72	30.78	23.62
	20—40	1.46	44.27	42.85	1.42	17.35	30.32	29.35	21.65
	40—60	1.49	42.90	41.76	1.13	16.82	28.79	28.03	21.08
	60—80	1.51	42.60	40.95	1.65	16.55	28.21	27.12	20.94
	80—100	1.53	41.48	40.10	1.38	16.46	27.11	26.21	20.04
纯林	0—10	1.38	47.68	46.34	1.34	19.33	34.55	33.58	24.16
	10—20	1.47	43.72	42.56	1.16	17.95	29.74	28.95	23.20
	20—40	1.48	43.35	41.40	1.95	17.11	29.29	27.97	22.81
	40—60	1.51	40.47	38.70	1.77	16.53	26.80	25.63	21.10
	60—80	1.58	38.63	37.57	1.06	16.16	24.45	23.78	16.74
	80—100	1.62	37.79	37.11	0.68	15.53	23.33	22.91	16.65

3.5 混交林和纯林中侧柏根系分布特性

林木根系的发育状况、数量及分布范围大小反映林木营养吸收空间的大小, 影响林分生物量大小和涵养水源, 保持水土等效益的发挥。

3.5.1 垂直分布特性 研究证实, 根系中粗根的主要作用在于对树木的机械支持, 而其吸收功能主要由细根完成^[12]。尽管目前对于细根的定义尚无统一标准, 但是直径小于 1 mm 的根为细根是为大多数根系研究者同意的^[13-16]。据此我们将侧柏的根按直径分为 3 级: ≤1 mm, 1~3 mm, ≥3 mm, 并分别林分对其垂直和水平分布特征进行了比较和研究。

与纯林相比, 混交林中侧柏根径 ≤1 mm 根系的垂直分布更加均匀、更深(图 1)。在纯林中, 侧柏在 0—10, 10—20, 20—40, 40—60 cm 土层内的根量分

别占总根量的 45.87%, 21.65%, 13.86% 和 8.06%, 而在混交林中, 侧柏在相应土层内的根量分别为总根量的 26.76%, 24.63%, 16.37% 和 9.02%。这说明混交使侧柏的根系分布加深, 变均匀, 有利于吸收土壤不同层次的养分和水分, 促进地上部分的生长, 表现出更大的立地生产力。

根径为 1~3 mm 的根系, 侧柏纯林主要分布在 0—60 cm 土层内, 占总量的 87.94%, 而混交林的根系在 0—180 cm 土层内, 分布相对更深、更均匀(图 2)。与混交林相比, 侧柏纯林中 1~3 mm 的根系分布更趋向于表层。

根径 ≥3 mm 的根系侧柏纯林与混交林具有较为相似的垂直分布特征(图 3)。在纯林中, 侧柏在 0—60 cm 土层内的根量占总根量的 86.12%, 而混交林

中侧柏在相应土层内的根量为总根量的 89.02%，且二者根系分布的最大值均出现在 20—40 cm 土层内，分别占总根量的 43.33%和 54.00%。

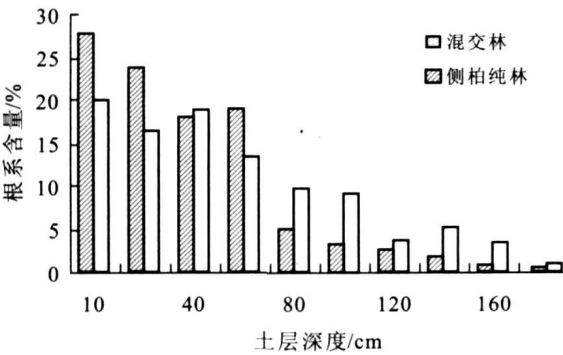


图 1 根系垂直分布(根径≤1 mm)

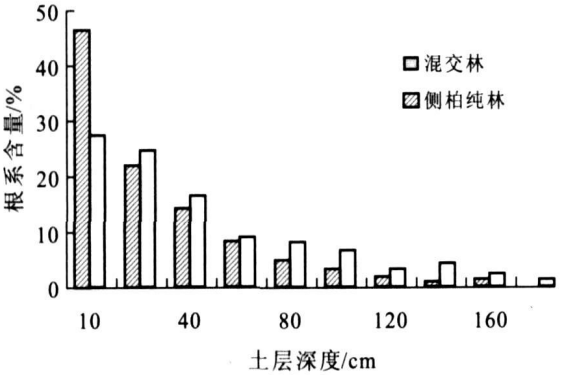


图 2 根系垂直分布(根径 1~ 3 mm)

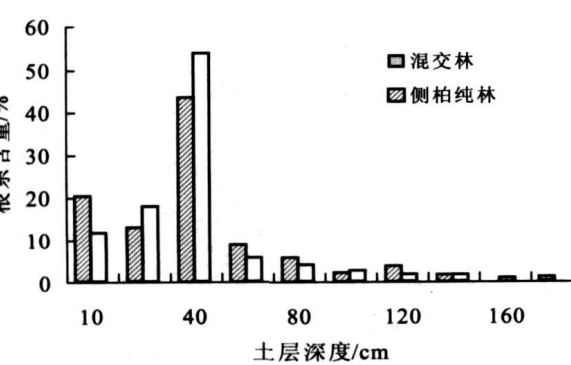


图 3 根系垂直分布(根径≥3 mm)

3.5.2 水平分布特性 混交林中侧柏根径≤1 mm 的根系的水平分布在距树桩 0—30, 30—60 cm 的范围内比纯林的分别少 2.03%, 4.92%, 而在 60—90, 90—120 cm 的范围内分别多 3.49% 和 3.46% (图 4); 根径为 1~ 3 mm 的根系, 混交林在距树桩 0—30, 90—120 cm 的范围内比纯林的分别少 5.92%, 4.09%, 而在 30—60, 60—90 cm 的范围内分别多 7.80% 和 2.21% (图 5); 根径≥3 mm 的根系在混交林中主要分布在距树桩 0—60 cm 范围内, 占总量的

87.04%, 而侧柏纯林的在 0—120 cm 的范围内分布相对较均匀(图 6)。这说明混交林中侧柏的细根分布范围相对纯林的更大, 而起支持作用的骨骼根分布范围偏小。

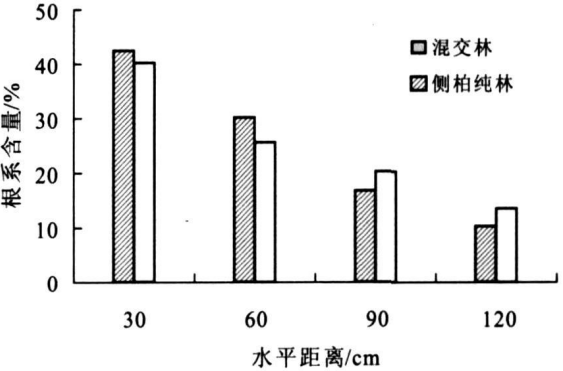


图 4 根系水平分布(根径≤1 mm)

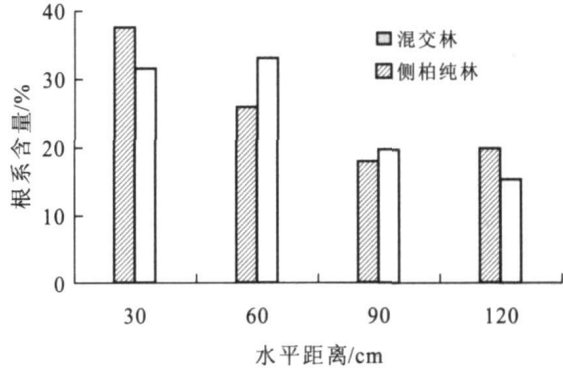


图 5 根系水平分布(根径 1~ 3 mm)

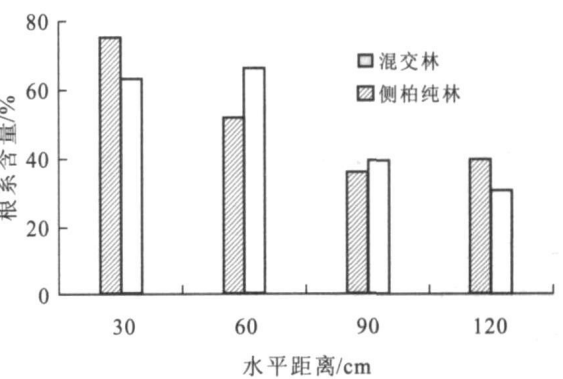


图 6 根系水平分布(根径≥3 mm)

4 小结与讨论

(1) 混交林能显著提高侧柏的树高、胸径、单株材积及林分蓄积。17 年生沙棘—侧柏混交林中侧柏平均树高比纯林的高 25.80%, 平均胸径高 36.88%, 单株材积高 131.37%, 蓄积量高 130.19%; 林分已形成明显的复层林结构, 能有效利用光能, 促进了

林分高产。侧柏单株材积 $7.45 \times 10^{-3} \text{ m}^3$, 蓄积量 $18.53 \text{ m}^3/\text{hm}^2$, 比纯林提高了 131.37% 和 130.19%。

(2) 混交林的整个林分生物量分布格局要比纯林更为合理和均匀。同时, 混交林中侧柏地上各部分生物量都要明显高于纯林。混交林和纯林乔木层各器官生物量的分配顺序均为: 树干 > 枝 > 叶, 但 2 个林分中各器官所占的比例有一定的差异, 混交林中树干所占比例小于纯林, 而枝、叶所占比例却分别大于纯林, 这说明虽然混交后干的生物量有所下降, 但枝叶生物量却在增加, 混交林提高了林木的光合效率, 促进了生态系统内的生物地球化学循环。

(3) 混交林能改善土壤的物理性质。与侧柏纯林地相比, 沙棘—侧柏混交林土壤各层容重减小, 而各层总孔隙度、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、自然含水量、最大含水量、毛管含水量、最小含水量均有不同程度的增大。

(4) 混交林根系分布空间更大、更合理, 从而吸收地下水分的养分能力更强, 更有利于林分生长、水源涵养和水土保持。根系垂直分布特点是: 侧柏纯林中根径 $\leq 1 \text{ mm}$ 和 $1 \sim 3 \text{ mm}$ 的根系主要集中分布在林地 $0 \sim 60 \text{ cm}$ 土层内, 而混交林的根系在 $0 \sim 180 \text{ mm}$ 土层内分布相对更深, 更均匀; 根径 $\geq 3 \text{ mm}$ 的根系侧柏纯林与混交林具有较为相似的垂直分布特征。在纯林中, 侧柏在 $0 \sim 60 \text{ mm}$ 土层内的根量占总根量的 86.12%, 而混交林中侧柏在相应土层内的根量为总根量的 89.02%, 且二者根系分布的最大值均出现在 $20 \sim 40 \text{ mm}$ 土层内, 分别占总根量的 43.33% 和 54.00%。根系水平分布特点是: 混交林中侧柏 $\leq 1 \text{ mm}$ 和 $1 \sim 3 \text{ mm}$ 的根系分布范围相对纯林的要更大, 而根径 $\geq 3 \text{ mm}$ 的根系的分布范围要小。

总之, 营造沙棘与侧柏混交林能促进林分生长, 提高林地生产力。二者所形成的林冠层结构较为理想, 能充分有效利用光能, 林木根系分布空间更大、更合理, 林分生物量较大, 枯枝落叶的归还量相对较大, 改善了土壤物理性质, 增强了林分持水性能, 促进了林分高产。

目前, 我国黄土高原地区尚存在大面积侧柏纯林, 引起地力衰退, 病虫害严重, 生产力下降。沙棘作为优良的多用途树种, 极具发展前景。本试验结果表

明, 营造沙棘与侧柏混交林, 可以优化林分结构, 改善土壤理化性质, 发挥森林涵养水源, 保持水土等多方面的效益, 故建议在黄土高原地区进一步推广该混交模式。

[参 考 文 献]

- [1] 宋西德, 罗伟祥, 侯琳. 沙棘、侧柏混交林效益的研究[J]. 水土保持学报, 1995, 9(4): 113—117.
- [2] 韩恩贤, 韩刚. 黄土高原沟壑区沙棘人工混交林改土效应研究[J]. 自然资源学报, 2005, 20(6): 779—884.
- [3] 贾黎明. 固氮树种与非固氮树种混交林研究现状[J]. 世界林业研究, 1998(1): 20—26.
- [4] Monsi M. 植物群落的数学模型[M]. 北京: 科学出版社, 1974. 123—144.
- [5] 冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量与生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- [6] 李振问, 杨玉盛, 吴耀溪. 杉木火力楠混交林根系的研究[J]. 生态学杂志, 1993, 12(1): 20—24.
- [7] 崔浪军, 梁宗锁, 韩蕊莲, 等. 沙棘—杨树混交林生物量林地土壤特性及其根系分布特征的研究[J]. 林业科学, 2003, 39(6): 1—7.
- [8] 唐启义, 冯明光. 实用统计分析及其 DPS 数据处理系统[M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- [9] 蒋宗培. 福建柏人工林生物量的研究[J]. 东北林业大学学报, 2000, 28(6): 16—19.
- [10] 李燕燕, 樊后保. 马尾松火力楠混交林生物量及养分结构特征[J]. 江西农业大学学报, 2005, 27(5): 700—704.
- [11] 徐凤兰, 魏坦, 刘爱琴. 杉木泡桐混交幼林地土壤的物理性质[J]. 浙江林学院学报, 2000, 17(3): 285—288.
- [12] 李鹏, 李占斌, 赵忠, 等. 渭北黄土高原不同立地上刺槐根系分布特征研究[J]. 水土保持通报, 2002, 22(5): 15—19.
- [13] Farrish K W. Spatial and temporal fine-root distribution in three Louisiana forest soil[J]. Soil Sci Soc Am J, 1991(55): 1752—1757.
- [14] 刘建军. 林木根系生态研究综述[J]. 西北林学院学报, 1998, 13(3): 74—78.
- [15] 单建平, 陶大立. 国外对树木细根的研究动态[J]. 生态学杂志, 1992, 11(4): 46—49.
- [16] Marshall J D, Waring R H. Predicting fine root production and turnover by monitoring root starch and soil temperature[J]. Can J For Res, 1985, 15: 791—800.