

文章编号: 1001-1498(2006)06-0761-06

黄土高原沟壑区油松侧柏与沙棘混交的人工林的水文影响

韩恩贤, 韩 刚, 薄颖生

(西北农林科技大学林学院, 陕西 杨凌 712100)

摘要:采用国家标准森林分析方法进行了沙棘与油松、侧柏人工混交林的水文影响研究,结果表明:混交林内年均降水量较林外减少了 20.1%;林内月降水量的季节变化以夏、秋、春、冬依次递减;年均气温比纯林内低 0.1,相对湿度高 4.5%;乔木层年均截留量较纯林提高了 56.6%,灌木层提高了 395.7%;年均地表径流量 105.8 L,径流模数为 $10.58 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,纯林分别为 1349.05 L 和 $134.9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,土壤侵蚀模数为 $0.65 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,纯林为 $9.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$;枯枝落叶层现存量增加了 200%;平均容水量为自身质量的 3.1倍;土壤密度和土粒密度分别减少了 6.3%和 17.7%,含水量、孔隙度和通气度分别提高了 6.1%、13.9%、20.3%。不同土层土壤密度和土粒密度由上到下逐渐增大,孔隙度和通气度表层较高,向下逐渐减少;底层、中层和表层土壤非毛管孔隙度分别提高了 113.3%、38.6%和 32.6%;最大持水量、最小持水量、毛管持水量分别较纯林平均高 11.0%、9.8%、10.5%,较荒地高 36.0%、16.0%、25.6%;储水量和 0~40 cm 储水量分别较纯林和荒地提高了 12.4%、22.7%,排水能力也较强。

关键词:沙棘;油松;侧柏;混交林;截留率;径流量;枯落物

中图分类号: S791.254

文献标识码: A

Hydrological Effect of *Pinus tabulaeformis*, *Platycladus orientalis* and *Hippophae rhamnoides* Mixed Plantation in Gully Region of Loess Plateau

HAN En-xian, HAN Gang, BO Ying-sheng

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

Abstract: The experiment applied national standard forest analysis method to study of hydrological effect of *Pinus tabulaeformis*, *Platycladus orientalis* and *Hippophae rhamnoides* mixed plantation. The results showed that annual mean precipitation inside the mixed plantation was 20.1% lower than that outside the mixed plantation. Its seasonal varieties in summer, autumn, spring and winter gradually decreased. In mixed plantation, the annual mean air temperature was 0.1 lower than it in pure plantation and annual mean relative humidity was 4.5% higher than that in pure plantation. In mixed plantation, the cut discharges of tree layers increased by 56.6% and shrub layers increased by 395.7%. The annual mean runoff on the ground and modulus of runoff were 105.8 L and $10.58 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ inside the mixed plantation. But those in pure plantation were 1349.05 L and $134.9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. The soil erosion modulus was $0.65 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$ inside the mixed plantation but in pure plantation was $9.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$. The litter extant amount increased by 200% and litter water-holding capacity was 3.1 times of its own weight, the soil volume weight and compactness reduced by 6.3% and 17.7%, the water content, porosity and air permeability of soil increased by 6.1%, 13.9% and 20.3%. The soil physical property was improved. In different

收稿日期: 2006-02-10

基金项目: 国家林业局黄土高原林木培育实验室资助项目“黄土高原沙棘人工混交林研究”, 编号: 98-11

作者简介: 韩恩贤(1952—),男,陕西扶风人,副研究员,主要从事黄土高原植被恢复与调控技术研究。

soil layers the soil volume weight and compactness gradually increased from the upper to the lower strata. The porosity and air permeability of soil was the best in top soil but decreased downwards. In mixed plantation the soil porosities of non-capillary in bottom, middle and top soil layers increased by 113.3%, 38.6% and 32.6%. The maximal water-holding content, the minimum water-holding content and capillary water-holding content in mixed plantation were respectively 11.0%, 9.8% and 10.5% higher than those in pure plantation, 36.0%, 16.0% and 25.6% higher than those in wild land. The water total storage and water storage of 0~40 cm soil layer in mixed plantation were 12.4%, 22.7% higher than those in pure plantation and wild land.

Key words: *Hippophae rhamnoides*; *Pinus tabulaeformis*; *Platyclusus orientalis*; mixed plantation; interception rate; runoff; litter

森林植被具有最大的涵养水源,保持水土等功能。不同森林植被,由于各自不同的生物学和生态学特性,构成了森林群落的水文效应的差异^[1,2]。沙棘(*Hippophae rhamnoides* L.)是黄土高原沟壑区优良的多用途树种,具有较高的经济价值,也有较强的保持水土、防风固沙和固氮改土作用,在生态环境治理和社区经济发展中起着积极的作用^[3,4]。沙棘作为伴生树种与油松(*Pinus tabulaeformis* Carr.)、侧柏(*Platyclusus orientalis* (L.) Franco.)混交具有较高的经济、生态和社会效益。但是,有关黄土高原沟壑区沙棘与油松、侧柏混交林水文效应研究很少,本文对 1983 年栽植的沙棘与油松和侧柏人工混交林水文效应,从 1999—2003 年进行了研究,旨在为黄土高原发展沙棘人工混交林提供依据。

1 林地概况

试验地设在陕西省麟游县崔木乡秦家沟村,该村地处 108°23'40"E, 34°35'46"N,属黄土高原沟壑区,海拔高度 1150~1320 m。年平均气温为 12.2℃,年平均降水量为 640.4 mm,年平均蒸发量为 806 mm,干燥度 1.1~1.3。土层厚度在 50 m 以上,该土种性绵易蚀。土壤平均有机质含量为 10.8 g·kg⁻¹,碱解 N 44.5 mg·kg⁻¹,速效 P 3.5 mg·kg⁻¹,速效 K 31.8 mg·kg⁻¹,pH 值 7.0~7.5^[3]。

沙棘与油松混交林、沙棘与侧柏混交林以及油松、侧柏纯林,是 1983 年栽植的人工林,配置为两行油松或侧柏,一行沙棘,油松或侧柏株行距为 1.5 m×2 m,沙棘株距为 1.5 m,初植密度约 3600 株·hm⁻²;纯林株行距为 1.5 m×2 m,初植密度 3300 株·hm⁻²。1999 年混交林密度 3558 株·hm⁻²,纯林为 3270 株·hm⁻²。立地条件为阳向沟坡中下部,坡度 25~30°,土壤为黄绵土。不同类型林分的立地条件基本相同。油松与沙棘混交林,油松平均树高

8.27 m,胸径 13.40 cm,沙棘树高 4.5 m,胸径 3.76 cm;侧柏与沙棘混交林,侧柏平均树高 6.4 m,胸径 5.80 cm,沙棘树高 4.6 m,胸径 3.60 cm。纯林,油松平均树高 7.35 m,胸径 10.2 cm,侧柏树高 5.5 m,胸径 4.70 cm,沙棘树高 3.4 m,胸径 3.30。试验林保护较好,生长正常。林外荒地植被以草被为主,平均高 30 cm,覆盖度为 70%。

2 试验方法

2.1 林冠层降水量截流测定

在林内设置一个联合观测场,在场内设置 8 个 20 cm 口径雨量筒,以观测穿透降水,同时按混交树种组成各选取 10 株样树,在树干的胸高处安装接水器,观测干流量和穿透降水量。此外,在离林内观测场的东侧约 500 m 的等高坡位上选择 1 hm²林外空旷地观测场,与林内作对照^[5,6]。

2.2 气象要素观测

按中央气象局编著“地面气象观测规范”设置,气温和相对湿度每天 8:00、14:00、20:00 观测;降水量每天 8:00、20:00 观测。

2.3 地表径流测定

径流场选在沙棘与油松、侧柏混交林以及油松、侧柏纯林和荒坡典型地段,顺坡在坡长 100 m,坡度 30°的阳向沟坡中下部修建。径流场的面积均为 5 m×20 m,在径流场外围用砖、水泥等修建成互不渗透的隔水墙,在隔水墙下缘 30 cm 处修集流池,池上方安放 SW40 型日记水位计,作地表径流过程的自动记录。泥沙含量的测定,每年(1999—2001 年)每次降水过后,在径流池中取样,先将水样搅拌均匀,分层取出柱状水样 3 个(总量 3000 cm³),混合后从中取出 1000 cm³,静置 24 h 后,将清水倒入量筒,记录其体积容量,余留稠泥置 105℃烘箱内烘干至恒质量求算^[7,8]。

2.4 森林凋落物量和林地枯枝落叶层现存量及持水量

在样地内设置 8 个 (0.8 m × 1.25 m) 尼龙网收集器,离地面 0.7 m,9 月中旬到 11 月中旬定期收集凋落物,置 80 ° 下烘干求算凋落物量。在样地临近相似地段设置枯落物现存量小样方 (1 m × 1 m) 5 个,分别称枯落物质量,混合取样,渗入清水中 12 h 后称质量、求算最大持水量,再经过 80 ° 下烘干求算干质量^[9-11]。

2.5 土壤物理性状测定

2000 年 4—7 月在调查地采用常规的土壤盒、

环刀和烘干称质量法测定土壤含水量、土壤密度、土粒密度、毛管孔隙度和非毛管孔隙度。土粒密度用坚实度计法测定^[12]。采用环刀法分层^[13]取土样测定 0~40 cm 土层的排水能力和最大持水量。每项测定重复 3 次。

3 结果分析

3.1 混交林对降水的截留和林内温湿度影响

3.1.1 混交林内外平均降水量比较 表 1~3 测定数据均为 1999—2003 年平均值。混交林内外平均降水量测定结果见表 1。

表 1 混交林内外平均降水量比较

项目	混交树种	树龄/a	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	全年
林内降水量/mm	油松、沙棘	22	4.1	7.0	25.8	45.3	56.6	35.3	71.5	78.9	98.9	72.8	25.5	4.0	525.7
	侧柏、沙棘	22	4.2	7.2	27.3	46.8	58.3	36.5	72.2	80.5	100.4	75.5	24.9	4.1	537.9
林外降水量/mm	荒草地	22	4.5	7.8	30.5	52.6	65.8	42.7	88.9	99.3	122.2	91.2	28.8	4.3	638.6
油松、沙棘混交林截留率/%	/		9.8	11.4	18.2	16.1	16.2	21.0	24.3	25.8	23.6	25.3	12.9	7.5	21.5
侧柏、沙棘混交林截留率/%	/		7.1	8.3	11.7	12.4	12.8	17.0	23.1	23.3	21.7	20.8	15.7	4.9	18.7

从表 1 看出,混交林内年平均降水量较林外减少了 20.1%,其中沙棘与油松混交林为 21.5%,侧柏与沙棘混交林为 18.7%;林内月降水量较林外均有一定减少,其减少程度的季节变化以夏、秋、春、冬依次递减。混交林月截留率最大在 8 月,平均为 24.6%,最小月为 12 月为 6.2%,具体反映了沙棘与油松、侧柏人工混交林对截留作用的特点。

3.1.2 混交林与纯林冠层年截留量比较 从表 2 看出,混交林内降水量平均占林外 83.3%,乔灌层

年平均降水量占林内年降水量 16.8%,纯林平均占 7.2%,其中油松、沙棘混交林为 17.7%,侧柏、沙棘混交林为 15.8%,乔木层截留量平均较纯林提高了 56.6%,灌木层年平均截留量较纯林提高了 395.7%。这是因为混交林下灌草层盖度较大,使到达林地的净降水量明显减少,这对于减少地表径流起着直接作用。而油松、侧柏纯林树冠较窄,枝叶稀疏,林下灌草层较少,雨水直接降在林地。

表 2 混交林与纯林冠层年截留量比较

林分	混交树种	树龄/a	林外		林内		乔、灌层年截留量					
			年降水量/mm	占总量/%	年降水量/mm	占总量/%	乔木层/占总量		灌木层/占总量		合计/mm	占林内年降水量/%
混交林	油松、沙棘	22	638.6	100	525.7	82.3	60.6	9.5	52.3	8.2	112.9	17.7
	侧柏、沙棘	22	638.6	100	537.9	84.2	50.4	7.9	50.3	7.9	100.7	15.8
纯林	油松	22	638.6	100	588.5	92.2	38.6	6.0	11.5	1.8	50.1	7.9
	侧柏	22	638.6	100	597.2	93.5	32.3	5.1	9.2	1.4	41.4	6.5

3.1.3 混交林与纯林气温及相对湿度比较 表 3 表明混交林内年均气温比纯林内低 0.1 °。年、日较差也略小,年均相对湿度比纯林内高 4.5%,各月的平均值比纯林内高 1%~6%;年、日较差也较小。

造成这些差异的原因,与混交林有层次结构,阻挡太阳辐射较多,使到达林内的热量减少,风速与乱流微弱,水分不易散发等因素有关。

表 3 混交林与纯林气温及相对湿度比较

项目	林分	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	年均
气温/°C	混交林	-2	0.8	7.0	12.6	18.9	25.2	27.0	26.1	18.8	13.1	5.8	-0.3	12.73
	纯林	-2	0.8	7.1	12.7	19.0	25.3	27.2	26.3	19.0	13.2	5.8	-0.3	12.83
相对湿度/%	混交林	54	58	63	71	70	52	72	76	81	78	72	65	67.7
	纯林	52	55	62	69	68	51	69	70	79	75	68	60	64.8

3.2 混交林与纯林年均地表径流量及土壤流失量比较

从表 4 中可知,混交林地年均产生地表径流次数比油松和侧柏纯林地平均减少 19 次。混交林年均地表径流量 105.8 L,径流模式为 $10.58 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,其中油松与沙棘混交林分别为 96.4 L 、 $9.64 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,侧柏与沙棘 115.2 L 、 $11.52 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,而纯林分别为 1349.05 L 和 $134.9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,年均径流量比纯林减少了 1243.25 L ;混交林平

均径流深仅是林外 4913 mm 的 4.3% ;纯林径流系数较混交林大 12.8 倍。可看出混交林减少地表径流的作用是极为显著的。混交林土壤侵蚀模数平均为 $0.65 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,其中油松与沙棘混交林为 $0.58 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,侧柏与沙棘 $0.72 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,纯林为 $9.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$,是混交林的 13 倍。由此看出黄土高原沟壑区沙棘与油松和侧柏人工混交林所产生的水文效益非常显著。

表 4 混交林与纯林年平均地表径流量及土壤流失量比较

林分类型	树种	现存密度 / (株 · hm ⁻²)	测定 时间	降水量 / mm	产流 / 次	径流量 / L	径流模数 / (m ³ · km ⁻² · a ⁻¹)	径流深 / mm	径流系 数 / %	侵蚀模数 / (t · hm ⁻² · a ⁻¹)
混交林	油松、沙棘	3 558	1999	626.8	17	90.1	9.01	0.1802	0.143	0.49
			2000	640.5	19	101.2	10.12	0.2024	0.158	0.63
			2001	632.2	18	97.9	9.79	0.1958	0.155	0.62
			(平均)	633.2	18	96.4	9.64	0.1928	0.152	0.58
混交林	侧柏、沙棘	3 558	1999	626.8	19	108.6	10.86	0.2172	0.173	0.66
			2000	640.5	22	117.4	11.74	0.2348	0.183	0.81
			2001	632.2	19	119.6	11.96	0.2392	0.189	0.69
			(平均)	633.2	20	115.2	11.52	0.2304	0.182	0.72
纯林	油松	3 270	1999	626.8	33	121.6	112.16	2.2432	1.789	7.45
			2000	640.5	36	1323.1	132.31	2.6462	2.066	8.85
			2001	632.2	36	1312.2	131.22	2.6244	2.076	9.38
			(平均)	633.2	35	1252.3	125.23	2.5046	1.977	8.56
纯林	侧柏	3 270	1999	626.8	38	1384.5	138.45	2.769	2.209	7.98
			2000	640.5	40	1500.5	150.05	3.001	2.343	11.44
			2001	632.2	39	1452.4	145.24	2.905	2.297	10.15
			(平均)	633.2	39	1445.8	144.58	2.892	2.283	9.85

3.3 混交林与纯林凋落物量、枯枝落叶现存量及持水量比较

从表 5 看出,混交林年均凋落物量较纯林增加了 200%,如果加上林下灌草层凋落物量,必将远大于纯林。从枯枝落叶层现存量看,混交林比纯林增加了

472.2%;持水量比纯林增加了 6.6 倍,混交林平均容水量为自身质量的 3.1 倍,比纯林提高了 15.6%。混交林不仅增加凋落物量,而且枯枝落叶层现存量与持水量也明显大于纯林。这对削弱暴雨对地面的溅击能力,分散、阻滞地表径流的形成起着十分重要的作用。

表 5 混交林和纯林凋落物量、枯枝落叶现存量及持水量比较

林分类型	树种	现存密度 / (株 · hm ⁻²)	测定 时间	凋落物量 / (t · hm ⁻² · a ⁻¹)	现存量 / (t · hm ⁻²)	年均容水量 / %	持水量 / (t · hm ⁻²)
混交林	油松、沙棘	3 558	2000	2.9	6.5	316.5	22.24
			2001	2.6	7.0	331.5	20.76
			2002	2.7	6.6	328.5	22.43
			(平均)	2.8	6.7	325.5	21.81
混交林	侧柏、沙棘	3 558	2000	1.7	3.5	312.7	12.05
			2001	1.8	3.8	303.3	11.28
			2002	1.6	3.5	308.6	9.94
			(平均)	1.7	3.6	308.2	11.09
纯林	油松	3 270	2000	0.9	1.0	283.5	3.45
			2001	1.1	1.3	277.9	3.51
			2002	1.0	1.3	276.8	3.09
			(平均)	1.0	1.2	279.4	3.35
纯林	侧柏	3 270	2000	0.4	0.6	268.8	1.66
			2001	0.6	0.7	271.2	1.59
			2002	0.5	0.5	265.8	1.58
			(平均)	0.5	0.6	268.6	1.61

3.4 混交林对土壤物理性质影响

土壤孔隙状况对土壤的通气性、透水性及林木根系的生长等较大的影响,是表征土体构型的重要

指标之一。为了解混交林土壤物理性状,在 22 龄混交林和纯林林地进行了测定分析,其结果见表 6。

表 6 沙棘人工混交林土壤物理性质分析

林种组成	林龄 /a	土层 /cm	土壤密度 / ($g \cdot cm^{-3}$)	孔隙度 /%			土粒密度 / %	通气度 / %	含水量 / %
				毛管	非毛管	合计			
沙棘、油松	22	0~20	0.98	41.5	11.8	53.3	1.78	25.54	13.22
		20~40	1.17	38.3	11.5	48.0	2.25	20.33	15.40
		40~60	1.21	35.6	9.6	44.2	2.58	17.67	14.67
		(平均)	1.12	38.5	11.0	48.5	2.20	21.18	14.43
油松纯林	22	0~20	1.12	39.3	8.9	48.2	1.95	22.62	12.12
		20~40	1.17	33.6	8.3	41.9	2.68	16.73	14.33
		40~60	1.27	30.2	4.5	37.7	3.14	13.56	14.46
		(平均)	1.19	34.4	7.2	42.6	2.59	17.60	13.60

从表 6 看出,沙棘与油松混交林地土壤密度和土粒密度比纯林分别减少了 6.3% 和 17.7%,含水量、孔隙度和通气度比油松纯林分别提高了 6.1%、13.9%、20.3%。不同土层土壤密度和土粒密度由上到下逐渐增大,含水量中层最高,低层次之,表层较低,孔隙度和通气度表层较高,向下逐渐减少。沙棘与油松混交林地底层、中层和表层土壤非毛管孔隙度比油松纯林分别提高了 113.3%、38.6% 和 32.6%,改善了土壤物理性质。

3.5 混交林土壤的储水能力

土壤对降水的储存能力的大小的是随林分类

型、土层厚度和毛管空隙度不同而异,土壤毛管孔隙度愈大,储存降水的能力就愈强、持水能力愈大。不同林分类型储水能力见表 7。由表 7 可看出,混交林水源涵养能力较大。其最大持水量、最小持水量、毛管持水量分别较纯林平均大 11.0%、9.8%、10.5%,较荒地平均分别提高了 36.0%、16.0%、25.6%;排水能力平均较纯林高 23.3%,较荒地高 134.2%。0~40 cm 土层的排水能力较纯林大 23.4%,较荒地大 133.3%;储水量、0~40 cm 储水量分别比纯林和荒地提高了 12.4%、12.4% 和 22.8%、22.7%。混交林有较强的涵养水源效益。

表 7 混交林与纯林土壤的储水能力测定

林分类型	土层厚度 / cm	最大 持水量 /%	最小 持水量 /%	毛管 持水量 /%	排水能力 / mm	0~40 cm 排水能力 /mm	储水量 / mm	0~40 cm 储水量 /mm
油松、沙棘	0~20	61.1	53.7	55.4	14.5		48.5	
	20~40	52.5	42.5	48.8	13.8	28.3	59.8	108.3
	(平均)	56.8	48.1	52.1	14.2		54.2	
侧柏、沙棘	0~20	59.8	50.8	54.2	14.4		45.5	
	20~40	51.1	41.4	48.1	13.3	27.7	55.3	100.8
	(平均)	55.5	46.1	51.2	13.9		50.4	
油松纯林	0~20	53.4	47.7	48.9	12.2		44.7	
	20~40	47.6	38.6	44.5	11.5	23.7	50.2	94.9
	(平均)	50.5	43.2	46.7	11.9		47.5	
侧柏纯林	0~20	54.8	46.4	48.8	11.8		44.4	
	20~40	46.6	38.7	44.7	9.9	21.7	46.7	91.1
	(平均)	50.7	42.6	46.8	10.9		45.6	
荒地	0~20	42.4	42.3	43.5	7.7		43.8	
	20~40	40.2	38.9	38.7	4.3	12.0	41.4	85.2
	(平均)	41.3	40.6	41.1	6.0		42.6	

4 小结

(1) 混交林内年均降水量较林外减少了 20.1%, 其中油松、沙棘混交林为 21.5%, 侧柏、沙棘混交林为 18.7%; 林内月降水量较林外均有一定减少, 其减少程度的季节变化以夏、秋、春、冬依次递减, 具体反映了沙棘与油松、侧柏人工混交林对截留作用的特点。

(2) 混交林内降水量平均占林外 83.3%, 乔灌层年平均降水量占林内年降水量 16.8%, 纯林平均占 7.2%, 乔木层截留量较纯林平均提高了 56.6%; 灌木层年平均截流量较纯林提高了 395.7%。

(3) 混交林内年均气温比纯林内低 0.1℃。年、日较差也略小, 年均相对湿度比纯林内高 4.5%, 各月的平均值比纯林内高 1%~6%。

(4) 混交林年均产生地表径流次数比油松和侧柏纯林地平均减少 19 次; 年均地表径流量 105.8 L, 年径流摸数为 $10.58 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 其中油松与沙棘混交林分别为 96.4 L、 $9.64 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 侧柏与沙棘为 115.2 L、 $11.52 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 而纯林分别为 1349.05 L 和 $134.9 \text{ m}^3 \cdot \text{km}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 年均径流量比纯林减少了 1243.25 L; 混交林平均径流深仅是林外 4.913 mm 的 4.3%; 纯林径流系数较混交林大 12.8 倍。可看出混交林减少地表径流的作用是极为显著的。混交林土壤浸蚀模数平均为 $0.65 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 纯林为 $9.2 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2} \cdot \text{a}^{-1}$, 是混交林的 13 倍。

(5) 混交林年均凋落物量比纯林增加了 200%, 如果加上林下灌草层凋落物量, 必将远大于纯林。混交林枯枝落叶层现存量比纯林分别增加了 472.2%; 持水量比纯林增加了 6.6 倍, 混交林平均容水量为自身质量的 3.1 倍, 比纯林提高了 15.6%。

(6) 混交林土壤密度、土粒密度、孔隙度、通气度和含水量等物理性状均以沙棘与油松和沙棘与侧柏混交林较纯林高, 而沙棘与油松混交林较沙棘与

侧柏混交林高。不同土层土壤密度、土粒密度、含水量中层最高, 低层次之, 表层较低; 孔隙度和通气度表层较高, 向下逐渐减少。沙棘与油松混交林地底层、中层和表层土壤非毛管孔隙比油松纯林分别提高了 113.3%、38.6% 和 32.6%。

(7) 混交林最大持水量、最小持水量、毛管持水量分别较纯林平均高 11.0%、9.8%、10.5%, 较荒地高 36.0%、16.0%、25.6%; 储水量、0~40 cm 储水量分别纯林和荒地提高了 12.4%、12.4% 和 22.8%、22.7%。排水能力也较强。

参考文献:

- [1] 何兴元, 张成刚, 杨思河. 固 N 树种在混交林中的作用研究——沙棘混交林内根瘤固 N 与林木生长 [J]. 应用生态学报, 1996, 7(4): 354~358
- [2] 高甲荣, 肖斌, 张东升. 国外森林水文研究进展 [J]. 水土保持学报, 2001, 15(5): 60~64
- [3] 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): 879~884
- [4] 邹桂霞, 李铁军, 李晓华. 辽西北缓坡地杨树沙棘混交林地土壤水分变化规律研究 [J]. 水土保持学报, 2000, 14(5): 55~58
- [5] 尹光彩, 周国逸, 刘景时. 鼎湖山针阔叶混交林生态系统水文效应研究 [J]. 热带亚热带植物学报, 2004(12): 195~201
- [6] 陈礼光, 郑郁善, 林金国. 突脉青冈林分水文效应研究 [J]. 福建林学院学报, 1999, 19(2): 170~173
- [7] 马祥庆, 何智英, 俞新妥. 杉木幼林生态系统水文效应研究 [J]. 福建林学院学报, 1994, 14(1): 35~39
- [8] 王平, 闫成璞, 王玉玺. 人工林植被水文效应研究 [J]. 黑龙江水利科技, 1999(3): 5~7
- [9] 丁军, 王兆寿, 陈欣. 南方红壤丘陵区人工林地水文效应研究 [J]. 水土保持学报, 2003, 17(1): 141~146
- [10] 李树人, 赵永, 闫志平, 等. 豫西伏牛山区日本落叶松林水文效应研究 [J]. 林业科学, 1999, 35(专刊 1): 48~53
- [11] 胡承海, 赵荣慧, 郭荫槐. 辽西油松混交林速生机理的研究 [J]. 林业科技通讯, 1987(2): 4~7
- [12] 郑郁善. 杉木毛竹混交林水文效应研究 [J]. 福建林学院学报, 1995, 15(2): 170~173
- [13] 陈礼光, 郑郁善, 林金国. 突脉青冈林分水文效应研究 [J]. 福建林学院学报, 1999, 19(5): 325~330