

三种不同林分的保护水土功能分析

杨贤均, 邓云叶, 段林东

(邵阳学院 城市建设系, 湖南 邵阳 422004)

摘要:以系统生态学原理,探讨了湖南省邵东县红壤上 3 种不同类型水土保持林的保护水土功能。结果表明:每公顷水土保持林的植被层的持水能力是相同面积的荒坡地的植被层持水能力的 7.55~7.93 倍;20 cm 深土壤非毛管孔隙度比荒坡地多 23.53%~43.82%,总孔隙度大 17.20%~25.27%;20 cm 深土层土壤含水率比荒坡地高 10.55%~15.60%;土壤毛管持水量是荒坡地 1.11~1.21 倍;荒坡地最大持水量只有水土保持林的 82.83%~92.69%;水土保持林地地表径流系数只有荒坡地的 51.49%~59.41%,土壤侵蚀模数比荒坡地减少了 33.78%~46.35%;水土保持林都具有较好的水土保持功能,相互比较,阔叶树种混交林的水土保持功能优于针阔混交林。

关键词:红壤;水土流失;水土保持林;表径流系数;土壤侵蚀模数

中图分类号:S714.7

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2016)02-0177-06

Analysis on Soil and Water Protection Functions of Three Types of Stands

YANG Xianjun, DENG Yunye, DUAN Lindong

(Department of City Construction, Shaoyang University, Shaoyang, Hu'nan 422004, China)

Abstract: The principles of ecology system, the protection of soil and water features on red soil in three different types of soil and water conservation forests in Shaodong, Hu'nan were studied. The results showed that the water holding capacities of three kinds of soil and water conservation forest plants were 7.55~7.93 times of those of the same area. The non-capillary porosities in 20 cm deep soil of the stands were 23.53%~43.82% higher than that in the wasteland, which accounted for 17.20%~25.27% more grand total porosity in stands than that in wasteland. The natural soil moisture in 20 cm deep soil in the stands ranged from 24.1% to 25.2%, which was 10.55%~15.60% higher than that in wasteland. The soil capillary water was 1.11~1.21 times more than that in the wasteland. The maximum water holding capacity in the wasteland was 82.83%~92.69% of that in soil and water conservation of forests, and soil erosion modulus in the soil and water conservation forest decreased by 33.78%~46.35% compared to that in the wasteland. Soil and water conservation forest has the significant soil and water conservation function, and the soil and water conservation features in the mixed forest of broad-leaved species were greater than that in the coniferous broad-leaved species mixed forest.

Keywords: red soil; soil erosion; water conservation forest; runoff coefficient; soil erosion modulus

水土流失造成了一系列环境问题,对国民经济建设和社会发展构成严重威胁。治理水土流失已成为各级政府迫切需要解决的问题^[1]。治理水土流失的技术与方法较多^[2],众多研究者认为依据生态环境学原理,恢复植被是综合治理水土流失最有效的措施^[3-4]。

水土保持林的水土保持功能的研究上,一些学者主要通过林冠对大气降水截留(包括林下植被、枯枝落叶层)^[5],减少到达林地的水量;枯枝落叶层防止雨水直接溅击地表、增加地表粗糙度,阻滞地表径流形成,促进地表径流变为地下径流^[6];林木根系和枯枝落叶层改善了土壤物理性质,增加土壤透水性能和蓄

水能力^[7-11]等方面进行探讨的。这些学者大都从森林水文学过程和植物调控水土的机理上分析水土保持林的水土保持功能。

邵东县是我国南方水土流失较为严重的县,红壤水土流失面积约占 65%,其平均土壤侵蚀模数在 2 500~4 200 t/(km²·a)^[12]。多年来不少地方土壤淀积层和淋溶层被剥落流失,土层浅薄,水土保持功能低下,成为邵东县洪涝灾害频发的主要因素之一。本研究以湖南省邵东县水土保持林为研究对象,根据系统生态学原理,从植被层的持水能力,土壤层持水量,地表径流系数和土壤侵蚀模数等方面探讨水土保

持林保持水土功能。其目的在于为政府在水土流失地造林树种生态适应性及其类型划分上,水土防护、保持能力强的林分类型的选择上,不同水土保持植物的组合模式上的决策中提供科学依据。

1 研究区概况及研究方法

1.1 邵东县概况

本研究在湖南省邵东县进行的,邵东县地处湘中腹地,湘、资两大水系之间,位于东经 111°32′—112°05′,北纬 26°56′—27°28′。属中亚热带季风区,具有显著大陆性和季风性气候特点,气候温和,四季分明,春多阴雨,夏暑期长,秋多干旱,冬寒期短。年日平均气温 16.6℃。年平均无霜期 270 d。年平均降水量 1 150~1 350 mm。

邵东属湘中丘陵地带,为浸融蚀地貌。丘岗地占全县总面积的 61.18%,山地占 21.69%,平原多为溪谷平原,仅占 10.85%。县域内有三大水系,蒸水、测水向东流入湘江,邵水向西流入资江。

红壤是邵东县主要的地带性土壤,分布面广。红壤由不同母岩发育而成,大致可分为五种类型。其中以砂页岩红壤面积最大,占全县红壤土壤面积的 65%以上,石灰岩红壤占全县红壤面积 15%左右,花

岗岩、板页岩发育的红壤,以及第四纪红土红壤面积很少,分别只占全县红壤面积 3%~6%左右^[13]。

1.2 研究方法

1.2.1 水土保持林样地选择 2012 年 11 月在邵东县水土流失较普遍的沙页岩发育红壤上,选择海拔、地形、坡位、坡向、坡度等生态因子相同或相近的,具有代表性的水土保持林(2004 年营造的枫香(*Liquidambar formosana* Hance)+马尾松(*Pinus massoniana*)混交林;湿地松(*Pinus elliottii*)+枫香混交林;栎树(*Koelreuteria elegans*)+桤木(*Alnus cremastogyne* Burk)+枫香混交林 3 种不同类型水土保持林)作为研究对象。在每种类型林分中设立 1 个面积为 10 m×10 m 的小样地(枫香+马尾松混交林小样地内有 6 株枫香和 15 株马尾松;湿地松+枫香混交林小样地内有 8 株枫香和 12 株湿地松;栎树+桤木+枫香混交林小样地内有 9 株栎树、6 株枫香和 6 株桤木)。另设计一块在相同母岩发育的红壤上立地条件与上述 3 种林分相同(近)的荒坡地样地(面积为 10 m×10 m)作对比分析用。在每个小样地四周用红砖与水泥建 10 cm 高土墙,将样地外地表水隔离,再在样地下方建一个 1 m³ 的集水池,以便测定样地地表径流和泥沙流失量。各样地基本情况见表 1。

表 1 样地基本情况

类型	母岩	土壤类型	混交比	林龄/a	部位	坡面形状	坡度/(°)	坡向	海拔/m
枫香+马尾松	砂页岩	红壤	3:7	9	坡中部	直线型	22	西南	88
湿地松+枫香	砂页岩	红壤	4:6	9	坡中部	直线型	31	南	39
栎树+桤木+枫香	砂页岩	红壤	4:3:3	9	坡中部	直线型	29	西南	102
荒坡对照地	砂页岩	红壤	—	—	坡中部	直线型	28	西南	105

1.2.2 样地植物生物量测定 2013 年 11 月在每种水土保持林的 10 m×10 m 的小样地内进行生物量测定。根据每个样地主要树种树木的平均测树因子各选取其标准木 1 株(枫香+马尾松混交林选取枫香和马尾松;湿地松+枫香混交林选取枫香和湿地松;栎树+桤木+枫香混交林选取栎树、枫香和桤木)。为了不破坏样地,在样地外找到与样地平均测树因子相同的各种树木,把它连根系全部挖出。然后在连根系挖出的树木上以 1 m 为单位,从树基到树梢分段测其叶、枝、皮、干的鲜重,以及挖出的全部根系鲜重。再分别于各组分中抽取样本,置于恒温箱中烘干至恒重,求出各组分的干物质重。然后用相对生长法,建立回归方程,通过检验后,估算样地乔木生物量。样地内灌木、草本和凋落物生物量。在样地内设 1 个面积为 2 m×2 m 的小样方,先收集小样方内凋落物,测定其凋落物鲜重。再把小样方内所有植物(连根系)全部挖出,后把它分开成灌木和草本分别测定其

鲜重。抽取灌木、草本和凋落物样品,置于恒温箱中烘干至恒重,求出干物质重。建立回归方程,通过检验后,估算样地灌木、草本和凋落物干物质重。

1.2.3 植被层最大持水量测定 乔木层只测定枝和叶最大持水量,根据样地内主要树种在生物量中的权重,分别按其比例选取枝、叶组成混合样品(叶混合样品 1 000 g,枝混合样品 2 000 g),灌木分优势种、次优势种和一般种分别抽样(每种样品叶 1 000 g,枝 2 000 g)。将样品放于水中浸泡 30 min 后捞出(此时枝叶吸附水处饱和状态)。饱和,当重力水停止下滴时,在感量为 0.005 kg 的电子称上称重测定其最大持水量。草本与凋落物干物质的最大持水量(或吸水能力)测定方法与灌木相同。

1.2.4 土壤容重与土壤毛管孔隙度测定^[14-15] 2013 年 11 月在每个小样方内各挖一个宽度为 0.5 m,深度为 0.3 m 的土壤剖面。在 0—20 cm 土壤剖面用土壤环刀对土壤取样(因为大多数学者在研究水土保持

林的土壤物理性能和持水功能时,只分析 0—20 cm 深土层,为了便于与它们对比,本研究也只测定 0—20 cm 深土层土壤物理性能和持水功能)。

土壤容重:用土壤环刀对土壤取样,将环刀中土壤放入烘箱内在 105℃下烘干至恒重,根据环刀中干土质量和环刀容积推算土壤容重。土壤容重计算公式:

$$d=\frac{m\times100}{v\times(100+w)}$$

式中: d ——土壤容重(g/cm^3); m ——环刀中的湿土重(g); w ——土壤含水量(%); v ——环刀容积(cm^3)。

土壤毛管孔隙度(P_c)计算公式:

$$P_c=\frac{w_{\text{水}}-w_{\text{环}}-w_{\text{土}}}{\pi\times r\times h}\times100$$

式中: P_c ——土壤毛管孔隙度(%); $W_{\text{环}}$ ——环刀重(g); $W_{\text{水}}$ ——吸水后带土环刀重(g); $W_{\text{土}}$ ——环刀内干土重(g); r ——环刀内半径(cm); h ——环刀高(cm)。

土壤总孔隙度(P_t)计算公式:

$$P_t=\frac{w_{\text{泡水}24\text{h}}-w_{\text{环}}-w_{\text{土}}}{\pi\times r^2\times h}\times100$$

式中: P_t ——土壤总孔隙度(%); $W_{\text{泡水}24\text{h}}$ ——泡水 24 h 后带土环刀重(g)。

非毛管孔隙度(P_n)计算公式:

$$P_n=P_t-P_c$$

1.2.5 土壤持水能力测定 将环刀中土壤放入烘箱内在 105℃下烘干至恒重,由此计算出土壤含水量。最大持水量:将装有原状土壤的环刀在水中连续浸泡 24 h 后,立即称重计算最大持水量。毛管持水量:将称完计算最大持水量的土壤的环刀,在干砂上放置 2 h,此时环刀中土壤的非毛管水已全部流出,将它称重得出毛管持水量。最小持水量:然后将称完计算毛管持水量的土壤的环刀,再在干砂上放置 24 h,此时环刀中土壤的水分只有毛管悬着水,将它称重求算最小持水量。各种持水量的计算均按照张万儒等^[15]研

究方法进行。

1.2.6 地表径流量和年产泥沙量 2013 年 1—12 月,每次降雨后,若修建的水池内有水,就测定其水量。再将池内水均匀搅拌后,取 500 ml 水,过滤烘干测其泥沙量。大气降水资料从当地县气象局获得。所有数据经 Excel 软件处理后,用 SPSS 13.0 软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 水土保持林的林分结构特征

从表 2 可知,沙页岩发育的红壤上 3 种类型水土保持林具有 2~3 层林分结构,尤其是栎树+桉木+枫香混交林具有 3 层(或以上)的林分结构。从林分树种构成可看出,邵东县营造的水土保持林仍带有经济性特征,都选择了马尾松、湿地松和桉木等某一用材树种作为构成林分的主要树种。表 1 表明,阔叶树种混交林分其平均高度要比针阔混交林分高 3.22%~7.87%,其林分郁闭度比针阔混交的林分大 8.00%~9.46%(林分郁闭度用树冠投影法测定)。阔叶树种混交的林分结构要优于针阔混交林。

各种水土保持林林下灌木层、草本层的平均高度和盖度均低于荒坡对照地(表 2)。其原因可能是这些水土保持林都是 9 a 生的林分,林冠层开始郁闭,郁闭的林冠层下部光资源不足,影响林冠层下的植物生长。

2.2 水土保持林的生物量现存量

从表 3 中看出,3 种水土保持林林分生物现存量在 68.17~69.87 t/hm^2 之间。根据林分生产力等级划分标准(高产生力为 8.075 $\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 以上,较高产生力为 5.157~8.075 $\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$,中低产生力为 2.238~5.157 $\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 和低产生力为 2/239 $\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ ^[16] 的话,本研究 3 种水土保持林的生产力在 7.57~7.76 $\text{t}/(\text{hm}^2\cdot\text{a})$ 范围内,都属于较高产生力林分。

表 2 不同水土保持林的林分特征

类型	混交比	林龄/a	平均 高/m	郁闭 度	灌层		草本	
					平均高度/m	盖度/%	平均高度/m	盖度/%
枫香+马尾松	3:7	9	8.9	0.75	0.23	11	0.10	0.03
湿地松+枫香	4:6	9	9.3	0.74	0.24	10	0.08	0.02
栎树+桉木+枫香	4:3:3	9	9.6	0.81	0.26	13	0.07	0.03
荒坡对照地	—	—	—	—	0.30	18	0.09	0.07

表 3 不同水土保持林的林分的生物量(干物质)现存量

类型	林龄/a	乔木层/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$				灌层/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$	草本/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$	凋落物/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$	合计/ $(\text{t}\cdot\text{hm}^{-2})$
		干	枝	叶	根				
枫香+马尾松	9	32.39	12.10	7.92	13.44	0.18	0.05	1.42	69.50
湿地松+枫香	9	31.70	13.37	8.17	13.49	0.19	0.03	1.63	69.87
栎树+桉木+枫香	9	29.51	14.66	7.89	13.37	0.18	0.04	2.52	68.17
荒坡对照地	—	—	—	—	—	1.83	0.22	0.05	2.10

同一种母岩发育红壤的水土保持林生物现存量,针阔混交林大于阔叶混交林。这主要是林分结构和树木个体形态不同所致。像湿地松和马尾松等针叶树,一般干材通直圆满,枝条伸展较紧凑,而枫香、栎木和桉木等阔叶树的干材圆满度不及湿地松和马尾松,且分枝较多,枝条伸展较宽。林木生长过程中光合作用生产有机物质,不断积累于干、皮、根、枝和叶中。枝叶在林分郁闭后不断地凋落,限制了有机物质在这个器官中积累。树干除树皮生长过程中有少量脱落外,随着树干的不断生长,有机物质不断积累于材中。因此,针叶树木干生物量比阔叶树木大,由此使得针阔混交水土保持林的生物现存量大于阔叶混

交林(表 3)。也正由于阔叶树分枝较多,枝条伸展较宽,其冠层郁闭度相对针阔混交林要大些(表 2)。也就是说针阔混交林冠层光资源相对充足,光合效能要好些,其生物产量也高些。此外,阔叶混交林冠层郁闭度大,枝叶密集,过多的枝叶呼吸消耗可能会降低林分生物产量现存量。

2.3 植被层持水能力

植被层持水能力,应是植物组织(枝、叶)及灌木、草本、凋落物的持水能力。本研究的植被层持水能力实际上是乔木林冠层枝、叶,灌木、草本和凋落物在水浸泡后的饱和吸水量,而不是在一次降水过程中冠层枝、叶,灌木、草本和凋落物的截留降水量(下同)。

表 4 不同水土保持林的林分植物层持水能力

类型	林龄/a	叶持水量/ (t·hm ⁻²)	枝持水量/ (t·hm ⁻²)	灌木持水量/ (t·hm ⁻²)	草本持水量/ (t·hm ⁻²)	枯落物持水量/ (t·hm ⁻²)	林分总计/ (t·hm ⁻²)
枫香+马尾松	9	35.15	55.24	1.48	0.38	3.95	95.20
湿地松+枫香	9	33.80	53.04	1.19	0.29	4.65	93.97
栎树+桉木+枫香	9	32.74	56.13	1.52	0.24	7.97	98.60
荒坡对照地	—	—	—	10.83	1.45	0.16	12.44

从表 4 中看出,3 种水土保持林植被层持水能力在 93.97~98.60 t/hm²。同种母质红壤上针阔混交林植被层持水能力并不全由其生物量决定。如枫香+马尾松混交林枝、叶生物量比湿地松+枫香混交林分别少 1.88%和 3.06%(表 3),但前者的枝、叶持水量却分别比后者多 4.15%和 3.99%。这是林分的树种结构比不同引起的,枫香+马尾松混交林的针阔混交比为 7:3,湿地松+枫香混交林针阔混交比为 4:6(表 2)。

林分的树种匹配比不同,林分植被层持水能力也就不一样。栎树+桉木+枫香阔叶混交林生物量比枫香+马尾松,湿地松+枫香针阔混交林少,但林分植被层持水能力分别比枫香+马尾松,湿地松+枫香针阔混交林多 3.57%和 4.93%。这是两方面的原因引起的,首先阔叶落叶混交林内的凋落物量比针阔混交林多(表 3),枯落物有很强的持水(吸水)能力(本研究测定结果,枯落物吸水率是本身重(干物质重)的 2~3 倍);其次,湿地松、马尾松凋落的叶由于含酯类物质较多,其吸水性能也比相同干物质重的含酯类物质较少的阔叶落叶差。

从表 4 可知,每公顷枫香+马尾松混交林,湿地松+枫香混交林,栎树+桉木+枫香混林的植被层持水能力,分别是相同面积的荒坡地的植被层持水能力(12.44 t/hm²)的 7.65,7.55,7.93 倍。可见,在水土流失较严重地区,营造水土保持人工林,可大大提高

系统内植被层持留水量的能力。

2.4 水土保持林 20 cm 深土层土壤持水能力

2.4.1 水土保持林 20 cm 深土层土壤容重和孔隙度 从表 5 看出,3 种不同的水土保持林 20 cm 深土层土壤容重相差不大,与荒坡对照地相比,枫香+马尾松混交林、湿地松+枫香混交林、栎树+桉木+枫香混交林的土壤容重分别比荒坡对照地少 5.15%,3.68%和 6.62%。究其原因是水土保持林枯死凋落物量大于荒坡对照地,凋落物分解后给土壤表层补充的腐质殖也比荒坡对照地多,从而降低了土壤表层容重。

同一种母质成土的水土保持林土壤非毛管孔隙度和总孔隙度,阔叶混交林稍大于针阔混交林。与同母质发育成土的荒坡地对照,枫香+马尾松混交林土壤非毛管孔隙度和总孔隙度分别比荒地大 23.53%和 17.20%,湿地松+枫香混交林,栎树+桉木+枫香混交林分别比荒地大 25.21%和 13.17%,43.82%与 25.27%。这与水土保持林地表凋落物的积累,有机质含量高和根系分布较密集有关。水土保持林凋落物积累于地表,腐烂后形成腐质殖层,同时林木根系在林地上层分布较密集,促进了土壤发育,改善了土壤结构,增加了土壤孔隙度。

土壤容重是土壤物理性质的一项重要指标,也是衡量土壤肥力的重要指标之一。土壤孔隙状况,直接影响着土壤的通气、透水性能,关系到林地土壤对降

水的贮存能力。本研究结果表明,尽管营造的水土保持人工林只有 9 a 林龄,但使表土层(20 cm 深)毛管孔隙度增加 23.53%~43.82%,也就意味着增大了其贮存水量能力。

表 5 不同水土保持林 20 mm 深土层土壤物理性能

类型	坡度/(°)	土壤 厚度/mm	坡面 形状	土壤容重/ (g·cm ⁻³)	毛管孔 隙度/%	非毛管 孔隙度/%	总孔 隙度/%
枫香+马尾松	22	20	直线型	1.29	34.55	10.29	44.84
湿地松+枫香	31	20	直线型	1.31	32.87	10.43	43.30
栎树+桉木+枫香	29	20	直线型	1.27	35.95	11.98	47.93
荒坡对照地	28	20	直线型	1.36	29.93	8.33	38.26

2.4.2 水土保持林 20 cm 深土层持能力 从表 6 看出,枫香+马尾松,湿地松+枫香,栎树+桉木+枫香混交林20 cm 深土层土壤含水率比荒坡对照地高 10.55%,12.39%和 15.60%。土壤毛管持水量,枫香+马尾松混交林(103.22 mm/hm²)是荒坡对照地(88.44 mm/hm²)的 1.17 倍,湿地松+枫香混交林(98.12 mm/hm²),栎树+桉木+枫香混交林(106.58 mm/hm²)分别是荒坡对照地 1.11,1.21 倍。最小持水量,枫香+马尾松混交林(98.69 mm/hm²),湿地松+枫香混交林(91.43 mm/hm²),栎树+桉木+枫香混交林(98.73 mm/hm²)分别比荒坡对照地(84.56 mm/hm²)多 16.71%,8.12%和 16.76%。最大持水量,枫香+马尾松混交林为

128.40 mm/hm²,比荒坡对照地 108.31 mm/hm² 多 20.09 mm/hm²,湿地松+枫香混交林 116.85 mm/hm²,栎树+桉木+枫香混交林 130.76 mm/hm²,分别比荒坡对照地高出 7.88%和 20.73%。

从以上分析看出,在水土流失较严重的山地营造水土保持林,可以改善土壤结构,增加土壤毛管孔隙度,提高土壤调蓄水量的能力。也正是由于水土保持林地土壤毛管持水量大于荒坡地,使水土保持林更具有“吞吐”水量的能力,在大雨或暴雨时,这种贮存可以使水分逐渐渗透到土壤的下层中,减少地表径流发生。而且这种贮存水量可以补充地下水或以土壤径流的形式而流入河道,起到贮存水量并补充河道径流的作用。

表 6 不同水土保持林 20 cm 深土层持水能力

类型	林龄/a	含水率/%	毛管持水量/ (mm·hm ⁻²)	最小持水量/ (mm·hm ⁻²)	最大持水量/ (mm·hm ⁻²)
枫香+马尾松	9	24.1	103.22	98.69	128.40
湿地松+枫香	9	24.5	98.12	91.43	116.85
栎树+桉木+枫香	9	25.2	106.58	98.73	130.76
荒坡对照地	—	21.8	88.44	84.56	108.31

2.5 水土保持林的年地表径流量和侵蚀模数

从表 7 看出,林地表年径流量,枫香+马尾松混交林为 604.0 t/(hm²·a)(地表径流系数 0.052),湿地松+枫香混交林 695.0 t/(hm²·a)(地表径流系数 0.060),栎树+桉木+枫香混交林 616.0 t/(hm²·a)(地表径流系数 0.053)。湿地松+枫香混交林地表径流系数>栎树+桉木+枫香混交林>枫香+马尾松混交林。不同水土保持林地表径流系数不相同,有两个方面引起,一是林分结构、林地凋落物量不同,其林冠截留水量及林地凋落物吸附水分和阻滞地表径流能力也不相同,栎树+桉木+枫香混交林地表径流系数比湿地松+枫香混交林少 11.67%,有很大部分因彼此林分树种构成,及林地凋落物量的差异所致;二是受坡面的坡度制约。如果坡面坡度越大,地表水受的重力作用也越大,由此使地表水易形成向下坡方向的径流。湿地松+枫香混交林地表径流量比枫香+马尾松混交

林大 15.38%%,主要是坡度不同引起的。

荒坡对照地地表年径流量 1 168.0 t/(hm²·a)(地表径流系数 0.101)。枫香+马尾松,湿地松+枫香,栎树+桉木+枫香混交林地表径流系数分别只有荒坡地的 51.49%,59.41%和 52.48%。可见,这 3 种水土保持林对地表径流的产生与形成的抑制作用是很大的。

随着地表水的流走也带走了土壤表层的泥沙。2013 年,枫香+马尾松混交林随地表泥沙流失量 15.41 t/(hm²·a)[侵蚀模数 1 541 t/(hm²·a)],湿地松+枫香混交林 19.02 t/(hm²·a)[侵蚀模数 1 902 t/(hm²·a)],栎树+桉木+枫香混交林 16.31 t/(hm²·a)[侵蚀模数 1 631 t/(hm²·a)]。3 种林分地表流失泥沙量平均为 16.91 t/(hm²·a)[平均侵蚀模数 1 691 t/(hm²·a)]。相互比较,湿地松+枫香混交林土壤侵蚀模数比枫香+马尾松混交林大 23.43%,这主要是坡度不同引起的(湿地松+枫香混

交林地坡度比枫香+马尾松混交林大 9°)。栎树+桉木+枫香混交林地坡度比枫香+马尾松混交林大 7°,但其土壤侵蚀模数只比枫香+马尾松混交林高 5.84%,这主要是林分树种结构不同所致。

表 7 不同水土保持林的年地表径流量和年产泥沙量

类型	林龄/a	坡度/°	坡面形状	年降雨量/mm	年地表径流量/ (t · hm ⁻² · a ⁻¹)	年产泥沙量/ (t · hm ⁻² · a ⁻¹)
枫香+马尾松	9	22	直线型	1163	604.0	15.41
湿地松+枫香	9	31	直线型	1163	695.0	19.02
栎树+桉木+枫香	9	29	直线型	1163	616.0	16.31
荒坡对照地	—	28	直线型	1163	1168.0	28.72

与荒坡对照地地表泥沙流失量 28.72 t/(hm² · a) [侵蚀模数 2 872 t/(km² · a)]对比,枫香+马尾松,湿地松+枫香,栎树+桉木+枫香混交林土壤侵蚀模数分别比荒坡地减少了 46.35%,33.78%和 43.21%。

3 结 论

(1) 枫香+马尾松混交林、湿地松+枫香混交林、栎树+桉木+枫香混交林的土壤容重分别比荒坡对照地少 5.15%,3.68%和 6.62%,非毛管孔隙度和总孔隙度分别比荒地大 23.53%和 17.20%,25.21%和 13.17%,43.82%与 25.27%。水土保持林有效地促进了土壤发育,改善土壤物理性能。

(2) 在持水能力上,3 种水土保持林植被层持水能力,分别是相同面积的荒坡地植被层水能力的 7.65,7.55,7.93 倍;在 20 cm 深土层内,3 种水土保持林土壤含水率比荒坡对照地高 10.55%,12.39%和 15.60%;土壤毛管持水量分别是荒坡地 1.17,1.11,1.21 倍;土壤最小持水量分别比荒坡地多 16.71%,8.12%和 16.76%;土壤最大持水量分别比荒坡地高出 18.55%,7.88%和 20.73%;地表径流系数分别只有荒坡地的 51.49%,59.41%和 52.48%。在保持土壤功能上,3 种水土保持林的土壤侵蚀模数分别比荒坡地减少了 46.35%,33.78%和 43.21%。

(3) 3 种水土保持林都具有较好的水土保持功能。相互比较,阔叶树种混交的水土保持林涵养水源,保持水土功能要优于针阔混交的水土保持林。

参考文献:

[1] 秦天枝. 我国水土流失的原因、危害及对策[J]. 生态经济,中国水土保持,2009(10):163-169.
[2] 杨艳生. 我国南方红壤流失区水土保持技术措施[J]. 水

土保持研究,1999,6(2):117-120.
[3] 周 刚. 湖南省水土保持林树种选择与配制模式研究[D]. 北京:北京林业大学,2008.
[4] 朱颂茜,龚 洁,林恩标,等. 南方丘陵区林下水土流失特点及防治措施探讨[J]. 亚热带水土保持,2013,25(3):24-30.
[5] 徐金良,毛玉民,郑成忠,等. 抚育间伐对杉木人工林生长及出材量的影响[J]. 林业科学研究,2014,27(1):99-107.
[6] 石培礼,长江上游地区主要森林植被类型蓄水能力的初步研究[J]. 自然资源学报,2004,19(3):351-360.
[7] 张洪江,三峡库区 3 种林下枯落物储量及其持水特性[J]. 水土保持学报,2003,17(3):55-58.
[8] 沈慧,姜凤岐,杜晓军. 水土保持林土壤抗蚀性能评价研究[J]. 应用生态学报,2000,11(3):345-348.
[9] 赵鸿雁,黄土高原人工油松林枯枝落叶层的水土保持功能研究[J]. 林业科学,2003,39(1):168-172.
[10] 陈建刚,李启军. 幼水流域不同植被覆盖条件下土壤入渗及模型的比较分析[J]. 中国水土保持科学,2004,2(3):22-26.
[11] 刘霞,张光灿,李雪蕾,等. 小流域生态修复过程中不同森林植被土壤入渗与贮水特征[J]. 水土保持学报,2004,18(6):1-5.
[12] 田亚平,李虹,邓运员. 湖南省水土流失的经济损失评估[J]. 水土保持学报,2008,22(4):42-46.
[13] 李忠武,王曙光,陈晓琳,等. 侵蚀背景下湘中红壤丘陵区土地利用方式对土壤活性有机碳分布特征的影响研究[J]. 湖南大学学报:自然科学版,2014,41(3):89-93.
[14] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理室编. 土壤物理性质测定方法[M]. 北京:科学出版社,1978.
[15] 张万儒,许本彤. 森林土壤定位研究方法[M]. 北京:中国林业出版社,1986.
[16] 黄志刚. 南方红壤丘陵区不同森林类型土壤水分与水土流失特征研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2006.