

辽西地区油松混交林抗蚀改土效益的研究

何富广 赵荣慧 胡承海

(沈阳农业大学林学系, 110161)

摘 要

在辽西半干旱水土流失地区,为了防止土壤侵蚀和恢复地力,首先应当营造水土保持林。油松 (*Pinus tabulaeformis*) 阔叶混交林与油松纯林相比,在改善土壤理化性质、提高土壤抗蚀性有显著效果。与纯林相比,前者土壤含水量可提高13—30%、土壤有机质含量提高7.1—76.4%、土壤微生物数量可增加13—39%、土壤容重减少6.8—10%、土壤水稳性团聚体可提高22.2—124.4%、土壤侵蚀率降低了6.6—26.3%。本地区适宜选择的混交树种有元宝槭 (*Acer trumcatum*)、蒙古柞 (*Quercus mongolica*)、小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*) 等。

关键词 油松混交林,土壤理化性质,土壤抗蚀性,水土保持,团聚度,侵蚀率

辽西地区属半干旱低山丘陵区,年平均气温7.0—8.1℃,年平均降水量500mm左右,最少年份只有300mm以下,降雨一般都集中于7—8月份,其间的降水量占全年的65—70%。年蒸发量为1700—1900mm。土壤主要发育于黄土和红土母质的淋溶褐土、褐土、褐土性土和棕色森林土,多分布在辽西东北部的义县和阜新以西丘陵地段,本区西北部还分布有少部分碳酸盐褐土,因雨量集中、暴雨多,土壤质地粘重结构不良,加之植被稀疏、地形起伏,因而水土流失严重,是辽宁省水土流失的主要危害区。

辽西地区现有油松纯林面积近 53.3×10^4 ha,这些纯林虽对保持水土,改变山区面貌起了一定作用,但30多年的实践证明,大面积油松纯林,不仅生态上不稳,病虫害严重,容易发生火灾,而且对恢复改善地力的效益不明显。因此当前辽西地区林业上应扩大油松混交林比例,以提高林木的固土和改土效益,恢复生态平衡。本文着重探讨油松纯林与混交林相比较,对土壤的理化性质、土壤肥力及其抗蚀性能方面的影响,为该地区的树种选择、确定合理的树种结构类型提供科学依据。

一、树种组成对土壤理化性质的影响

(一) 油松混交林与纯林对土壤含水量的影响

林木的树种组成不同,其枯枝落叶数量不同,它的持水性能有明显差异(表1)。针叶树,尤其是油松组成的纯林,其枯枝落叶量少,一般只有油松混交林的37.4—93.5%,持水量小保水性差。由针阔叶树种组成的混交林能形成海绵状松软的枯枝落叶层,它具有较强的持水能力,如一般油松纯林的枯枝落叶层持水量是其本身重量的1.9—2.6倍,针阔叶混交林枯枝落叶层为2.9—4.6倍。在针阔混交林下的土壤表层含水量一般比针叶纯林提

表 1 油松混交林与纯林枯枝落叶的保水效益
Table 1 The water-retention benefits of litter in Chinese pine pure and mixed forests

调查地点 Investigation site	立地条件 Site condition	树种组成 Constitution of free species	枯枝落叶重 Litter weight		枯枝落叶持水饱和和重 Saturated moisture weight of litter			土壤表层含水量 Moisture content of soil surface layer		林龄 Age of forest
			kg/ha	混比纯高 (%)*	kg/ha	为叶重倍数	混比纯高 (%)*	(%)	混比纯高 (%)*	
阜新周家店林场 松树山区	西坡下腹 5° 棕色森林土轻壤	油松元宝槭混交林	9116.3	—	41458.5	4.6	—	11.6	32.6	17
		油松纯林	楼光	—	—	—	—	—	8.75	—
建平县省干旱所 南大山工区	北坡中腹 10° 淋溶褐土	油松黄栌混交林	7742.3	6.9	28221.8	3.65	48.7	7.8	25.8	19
		油松纯林	7242.8	—	18981.0	2.62	—	6.2	—	19
同上	北坡下腹 5—10° 淋溶褐土	油松蒙古柞混交林	12138.0	73.6	35614.5	2.93	143.1	5.5	25.0	19
		油松纯林	6993.0	—	14635.5	2.09	—	4.4	—	19
同上	同上	无林地	—	—	—	—	—	4.3	—	—
建昌县大黑山 林场前山	东北坡下腹 3° 棕色森林土	油松蒙古柞混交林	4545.8	167.7	13486.5	2.97	315.4	7.5	13.6	18
		油松纯林	1698.0	—	3246.8	1.91	—	6.6	—	18

注: 根据 t 检验, 混交林与纯林的枯枝落叶重量差异显著 ($t = 30.40, t_{0.05} = 1.943, t > t_{0.05}$)
混交林与纯林的枯枝落叶持水量差异显著 ($t = 86.62, t_{0.05} = 1.943, t > t_{0.05}$)

* 表中混比纯高, 以枯枝落叶重为例。混比纯高% = $\frac{\text{混交林枯枝落叶重} - \text{纯林枯枝落叶重}}{\text{纯林枯枝落叶重}} \times 100$

其他各项计算方法类同。

高 13—30% 左右^[5]。而一般无林荒山薄层土壤板结紧实, 干旱季节其表层土壤含水量仅有 2% 左右。

(二) 油松纯林与混交林对土壤肥力要素的影响

林木从土壤深处吸取养分和水分, 通过庞大的树冠进行光合作用制造有机物质, 再以枯枝落叶的形式归还地表, 不断提高地力维持其自身生长的需要。

1. 不同树种叶片的养分含量: 树种不同叶片中氮、磷、钾和灰分含量有较大的差异(表 2)。针叶树种叶片中一般营养元素含量低, 枯枝落叶量少, 因而提高地力的效果差。

表 2 针阔叶树种叶片的营养元素含量 (%)

Table 2 The contents of N, P, K and ash in leaves of conifer and broadleaf trees (%)

树 种 Tree species		氮 N	磷 P	钾 K	灰分 Ash
针叶树	侧 柏	1.378	0.325	0.920	6.290
	油 松	0.899	0.200	0.430	4.570
阔叶树	花曲柳	1.802	0.350	0.800	9.080
	元宝槭	2.042	0.400	0.980	9.390
	刺 槐	3.008	0.487	1.080	8.710
	柞 树	1.716	0.400	1.020	8.050
	黄 栌	1.594	0.300	0.920	8.450

2. 纯林和混交林对腐殖质形成及有机质含量的影响^[7]: 针叶树的叶片富含单宁, 纤维成份比重大分解困难, 油松针叶两年只能分解 30—50%^[6], 而柞、槭类阔叶树的落叶两年内可分解 70—90%, 因此针叶树种能使土壤 A_0 层积累量增大, A_{00}/A_0 的厚度比值偏小, 这对土壤腐殖质形成不利。针阔叶混交林下的土壤表层有一个暗色疏松的完全分解层, pH 值稍低, 而且阔叶树叶片灰分元素含量丰富且易分解, 因此油松混交林对提高土壤有机质更具优越性^[4]。一般混林与纯林相比可提高有机质含量 0.6%—76.5%, 其中针叶(油松和侧柏)混交林提高幅度只有 0.6% (表 3) 而针叶和阔叶混交林提高的幅度比较大。

3. 纯林与混交林下土壤微生物活性: 由于针阔叶混交林土壤含水量偏高, 枯枝落叶较多营养成分丰富且分解快, 为土壤的微生物活动提供了有利条件, 不论是真菌、细菌还是放线菌其数量在混交林表土层内均有明显增长(表 4), 25 年生的油松阔叶混交林与油松纯林相比, 其总数量可提高 13—39%, 经统计分析 t 检验表明, 两者差异显著 ($t=109.42$, $t_{0.05}=1.734$, $t > t_{0.05}$)。

(三) 混交林与纯林对土壤物理性质的影响^[2-3]

二者的差异首先表现在土壤容重上, 在有枯落物的林地, 油松阔叶混交林与油松纯林相比, 土壤容重降低 6.8—10%, 而油松与侧柏混交与油松纯林相比, 只能降低 1.1% 左右, 由于容重降低, 土壤孔隙度增大, 土壤透水性明显提高, 在同样的土壤湿度状况下, 混交林中土壤初渗速度为 2—5mm/min, 纯林只有 1—3mm/min (表 5)。由此可见, 混交林下枯枝落叶对保水保土, 改善土壤物理性质方面有非常重要的作用。据 t 检验统计表明差异显著 $t_{0.05}=1.860$ 。

表 3 油松纯林与混交林对土壤有机质的影响
 Table 3 The effect of Chinese pine pure and mixed forest on soil organic matter

位 置 Site	树种组成 Constitution of tree species	树龄 Age of fores	A ₉₀ (cm)	A ₀ (cm)	A ₉₀ /A ₀	pH	表层有机质含量 Organic matter percentage of soil surface layer	
							(%)	混比纯高 (%)
阜新大板林 场樱桃沟	油松元宝槭混交林	24	3	2	1.5	—	2.4	7.1
	油松纯林	24	1	2	0.5	—	2.24	
阜新大板林 场三塔沟	油松落叶松混交林	24	1	1	1	7.27	2.85	15.4
	油松纯林	24	0.5	1	0.5	7.32	2.47	
建平省干旱 所南大山	油松黄栌混交林	19	2	1.5	1.3	7.49	6.15	60.4
	油松纯林	19	1.8	1.5	1.2	7.8	4.16	
同 上	油松蒙古柞混交林	19	2	1	2	7.38	4.50	76.5
	油松纯林	19	1	1	1	7.52	2.55	
阜新周家店 林场松树山	油松元宝槭混交林	17	2	1.2	1.66	6.8	1.70	25.0
	油松纯林	17	椴光	—	—	6.9	1.36	
阜新周家店 林场水库沟	油松花曲柳混交林	25	已椴	—	—	7.14	1.75	25.0
	油松纯林	25	已椴	—	—	7.25	1.40	
阜新周家店 林场康土营子	油松侧柏混交林	27	0.62	0.48	1.29	7.40	1.72	0.6
	油松纯林	27	—	0.48	—	7.05	1.63	

表 4 树种组成与微生物数量变化
Table 4 The contition of tree species and the quantities of microbes

调查时间 Investigation time	树种组成 Constitution of tree species	真菌 Fungi		放线菌 Actinomycete		细菌 Bacteria		总计 Total	
		(10 ⁴ 个)	(%)	(10 ⁴ 个)	(%)	(10 ⁴ 个)	(%)	(10 ⁴ 个)	(%)
4 月	油松蒙古柞混交林	178.7	218	2755.0	149	4648.0	201	7581.7	171
	油松纯林	81.9	100	1845.6	100	2318.0	100	4238.3	100
5 月	油松蒙古柞混交林	113.9	202	64.5	313	670.5	122	848.9	135
	油松纯林	56.5	100	20.6	100	551.2	100	628.2	100
6 月	油松蒙古柞混交林	76.9	161	145.2	238	4063.8	128	4285.9	131
	油松纯林	48.0	100	60.9	100	3169.7	100	3278.6	100
8 月	油松蒙古柞混交林	397.0	125	468.9	124	3219.9	98	4103.7	103
	油松纯林	318.7	100	397.0	100	3269.7	100	3985.3	100
9 月	油松蒙古柞混交林	211.3	125	244.1	168	1357.2	131	1811.9	138
	油松纯林	125.5	100	145.3	100	1039.0	100	1309.8	100
总计	油松蒙古柞混交林	977.7	155	3695.1	150	13959.3	135	18632.2	139
	油松纯林	630.5	100	2469.4	100	10340.4	100	13440.3	100
5 月	油松黄栌混交林	243.5	121	337.7	209	5195.0	106	5776.1	110
	油松纯林	200.8	100	161.8	100	4909.9	100	5272.5	100
6 月	油松黄栌混交林	46.7	81	210.0	231	8392.5	119	8649.2	120
	油松纯林	57.5	100	90.9	100	7060.2	100	7208.5	100
8 月	油松黄栌混交林	178.2	112	260.8	150	2012.4	98.2	2451.4	103
	油松纯林	159.7	100	173.9	100	2049.9	100	2283.4	100
9 月	油松黄栌混交林	187.7	85	680.5	119	4676.8	113	5545.0	113
	油松纯林	225.6	100	570.0	100	4125.5	100	4921.0	100
总计	油松黄栌混交林	656.0	102	1489.1	150	20217.7	112	22421.7	113
	油松纯林	643.5	100	996.5	100	18145.4	100	19785.4	100

表 5 混交林与纯林有无枯枝落叶对土壤物理性质的影响

Table 5 The effect of litter on soil physical properties in pure and mixed forests

位 置 Site	树种组成 Constitution of tree species	林 龄 Age of forest	容 重 Bulk density		孔 隙 度 Porosity		初 渗 速 度 Initial osmotic speed		有无枯枝落叶 Litter status
			(g/cm ³)	湿比纯小 (%)	(%)	湿比纯多 (%)	mm/min	湿比纯快 (%)	
建平省干旱所 南大山	油松蒙古柞混交林	23	0.89	10	64.58	5.4	5.1	70	有
	油松纯林	23	0.99		61.28		3.0		有
阜新周家店 林场松树山	油松元宝槭混交林	21	1.26	7.3	52.37	6.7	3.3	94.1	有
	油松纯林	22	1.36		49.07		1.7		有
阜新周家店林 场水崖沟	油松花曲柳混交林	25	1.09	6.8	54.04	6.7	2.1	31.3	有
	油松纯林	25	1.17		50.67		1.6		有
阜新周家店林场 康士营子	油松侧柏混交林	31	1.276	1.1	52.04	1.3	1.86	2.2	有
	油松纯林	31	1.29		51.28		1.82		有
建平省干旱 所南大山	油松黄杉混交林	22	0.93	9.7	63.26	5.5	5.1	64.5	有
	油松纯林	23	1.03		59.96		3.1		有
平均值	油松混交林	21—31	1.09	6.8	57.26	5.2	3.5	59.1	有
	油松纯林	22—31	1.17		54.45		2.2		有
阜新周家店林 场孟家沟	油松蒙古柞混交林	20	1.31	1	49.03	0.86	2.6	4	无
	油松纯林	19	1.30		48.61		2.5		无
阜新周家店林 场锅底山	油松元宝槭混交林	22	1.27	4.5	52.39	2.6	1.8	28.6	无
	油松纯林	22	1.33		51.34		1.4		无
阜新周家店林 场半拉山	油松花曲柳混交林	25	1.31	1.5	49.12	1.3	2.0	11.1	无
	油松纯林	25	1.33		48.48		1.8		无
平均值	油松混交林	20—25	1.3	1.5	50.18	1.4	2.13	12.1	无
	油松纯林	19—25	1.32		49.48		1.90		无

二、树种组成对土壤抗蚀性能的影响

(一) 不同树种的固土效益

林木的固土和拦土能力在于它的树干, 枝叶和庞大密集根系对土壤的固持起保护作用。树种不同, 其根系分布状况有很大差异(表 6) 浅根型树种其根系深不及 1m, 深根型根深可达 6—7m, 根系的分布有呈密集型和分散型两种。栽种油松混交林能使深根和浅根、宽根幅和窄根幅、密集型和分散型的树种相互搭配, 这样可形成纵横交错和多层密布的根系网群, 它对减轻和防止斜坡土体坍塌, 减少土壤冲刷, 这与纯林相比有明显的优势。

表 6 林木根系分布状况
Table 6 Roots distribution of tree species

树 种 Tree species	林 龄 Age of forest	根系深度 Depth of roots (m)	根系幅度 Scoe of roots (m)	根型 Root type
樟子松	21	4.0	10.0	分散
油 松	21	2.9	5.0	分散
侧 柏	31	0.6	3.5	密集
落叶松	20	1.7	7.0	分散
蒙古柞	25	6.4	11.0	中间
刺 槐	20	3.0	19.0	分散
花曲柳	26	4.0	5.6	密集
元宝槭	21	4.0	11.0	中间
黄 桦	6	1.78	2.73	中间

(二) 油松阔叶混交林增加土壤水稳性团聚体^[5]

土壤抗蚀性是指土壤抵抗径流对土壤分散和悬浮的能力。不同树种林被下的土壤性状有一定差异, 阔叶树林地的有机质含量高, 腐殖质中钙结合的富里酸和胡敏酸较丰富, 尤其带有二价阳离子的腐殖质有利于水稳性团聚体的形成; 油松阔叶混交林下土壤中水稳性团聚体大都是钙、镁及腐殖质结合起来的团聚体, 有较大的表面吸附力, 吸附可溶性养分的能力比矿质土粒高 4—5 倍, 其水稳性和力稳性均较强。由表 7 可知阔叶混交林的水稳性团聚体含量为 46.62—58.44%, 明显高于纯林, 油松纯林仅为 23.18—45.99%, 空旷地更少只有 14.18%。据统计, t 检验表明, 混交林与纯林的土壤团聚体差异显著 ($t=19.54$, $t_{0.05}=1.812$, $t > t_{0.05}$)。

土壤中大团聚体增多, 对抵抗径流的冲击, 抵制土粒分散, 阻抗机械动能的破坏等方面都远远超过小团聚体。据测定空旷无林荒山 $>5\text{mm}$ 的土壤大团聚体只占 6.13%、 $>3\text{mm}$ 占 9.33%; 油松纯林者, $>3\text{mm}$ 的土壤团聚体为 13.76—23.14%; 油松混交林者为 15.15—40.36%。另外, 团聚体的数量也与树种组成有关, 据观察, 油松阔叶混交林一般形成的团聚体数量较大, 而油松针叶混交林就较少, 其团聚状况几乎与油松纯林相近。

(三) 树种组成对土壤抗蚀性的影响^[4]

表 7 油松纯林与混交林土壤水稳性团聚体状况

Table 7 The status of water-stable soil aggregates in Chinese pine pure and mixed forests

树种组成 Constitution of tree	各级团聚体含量 Content soil aggregate (%)						总团聚体 Total aggregate	
	>5mm		>3mm		3—0.25 mm	0.25— 0.1mm	(%)	混比纯高 (%)
	(%)	混比纯高 (%)	(%)	混比纯高 (%)	(%)	(%)		
油松花曲柳混交林	10.4	62.5	20.2	37.4	31.28	0.53	52.01	124.4
油松纯林	6.4		14.7		4.39	4.09	23.18	
油松元宝槭混交林	21.25	304.8	37.05	169.3	17.11	5.0	58.44	58.8
油松纯林	5.26		13.76		11.9	11.55	36.81	
油松蒙古柞混交林	11.54	86.1	21.68	46.5	11.53	19.84	53.05	22.2
油松纯林	6.2		14.8		13.4	15.2	43.4	
油松黄栌混交林	27.74	209.6	40.36	74.4	6.04	7.24	52.64	52.1
油松纯林	8.96		23.14		4.24	7.22	34.6	
油松侧柏混交林	14.03	-2.5	15.23	-2.3	26.94	4.45	46.62	2.3
油松纯林	14.39		15.59		25.27	5.31	45.59	
油松纯林	9.93	62.0	18.44	97.6	9.44	8.23	36.11	143
空旷无林地	6.13		9.33		5.53	0.00	14.86	

表 8 油松纯林与混交林土壤抗蚀性状

Table 8 The antierosion properties of the soil in Chinese pine pure and mixed forests

调查地点 Investigation site	树种组成 Constitution of tree	林龄 Age of forest	团聚度 Degree of aggregation		分散率 Dispersion ratio		侵蚀率 Erosional ratio	
			(%)	混比纯高 (%)	(%)	混比纯小 (%)	(%)	混比纯小 (%)
建平县省干旱所 南大山	油松蒙古柞混交林	23	67.41	7.3	47.58	13.9	49.19	22.9
	油松纯林	23	62.83		55.26		63.83	
同上	油松黄栌混交林	22	93.57	8.3	54.15	13.9	46.01	26.3
	油松纯林	23	86.40		62.91		62.47	
建平县省干旱所 贾字沟	油松元宝槭混交林	22	46.94	69.5	69.13	9.9	72.98	6.6
	油松纯林	22	27.69		76.75		78.12	
阜新周家店林 场康士营子	油松侧柏混交林	31	54.97	0.8	69.91	2.4	78.94	3.6
	油松纯林	31	54.49		71.61		81.91	
同上	油松纯林	31	42.2	155.8	58.03	20.6	67.78	11.8
	无林荒山		16.5		73.1		76.88	

土壤团聚度同林地土壤的团聚状况有关,其值越大,表示土壤团聚性能越强。

$$\text{团聚度}\% = \left(1 - \frac{0.05\text{mm 颗粒组成}}{>0.05\text{mm 微聚团体}}\right) \times 100$$

而土壤分散率是以 $<0.05\text{mm}$ 微团聚体除以 $<0.05\text{mm}$ 颗粒组成 $\times 100$ 计算得出,

$$\text{侵蚀率} = \text{分散率} / \text{胶体含量} / \text{持水当量} \times 100$$

其值越大,土壤抗蚀性越差。

根据表 8 数据,可以说明辽西地区由于土壤瘠薄,腐殖质含量少,土壤的分散率和侵蚀率都超过 50%,属于易蚀性和强易蚀性的土壤范畴(据 H. E. 米德尔顿测定认为分散率在 5.2—15% 为耐蚀性土壤,分散率在 15—66% 为易蚀性土壤,分散率 $>66\%$ 为强蚀性土壤)。树种组成不同其侵蚀率差异较大,经 t 检验混交林与纯林相比差异显著($t=5.584$, $t_{0.05} = 1.860$, $t > t_{0.05}$)。在油松阔叶混交林的作用下,团聚度明显增加,所以土壤抗蚀性能有较大的改善。与油松纯林相比,前者的团聚度提高 7.3—69.5%,但油松侧柏针叶混交林的效益较差,团聚度数与纯林相近。其分散率与侵蚀率也以油松阔叶混交林为最好,分别降低 9.9—13.9% 和 6.6—22.9%。而油松侧柏反而降低 2.4% 和 3.6%。

三、结 论

辽西地区油松混交林尤其是油松阔叶混交林与油松纯林相比,在改善土壤理化性质和提高土壤抗蚀性有更显著的效果。前者可提高土壤含水量 13—30%,可提高有机质含量 7.1—76.4%,可增加土壤微生物数量 13—39%,可降低土壤容重 6.8—10%,可增加土壤孔隙度 5.9—6.7%,土壤的初渗速度也有增大趋势。

在提高土壤抗蚀性能方面:油松混交林能明显提高土壤水稳性团聚体含量 22.2—124.4%,降低土壤分散率 9.9—13.9%,减少土壤侵蚀率 6.6—26.3%。同时混交林多层密布的根系网群对减轻和防止斜坡土体坍塌,减少土壤冲失较纯林也有明显的优势。

今后在辽西地区应大力发展油松阔叶混交林,可供选择的混交林树种较多如有元宝槭 (*Acer trumcatum*), 蒙古柞 (*Quercus mongolica*), 小叶锦鸡儿 (*Caragana microphylla*), 花曲柳 (*Fraxinus chinensis var. rhynchophylla*), 刺槐 (*Robinia pseudo-acacia*), 黄栌 (*Cotinus coggygria*), 辽东柞 (*Quercus liaotungensis*), 紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*), 胡枝子 (*Lespedeza bicolor*), 沙棘 (*Hippophae rhamnoides*) 等。

参 考 文 献

1. 赵荣慧等,1983: 中国辽西地区油松混交林生态效益的研究。生态学报,第 20 卷 4 期,341—346 页。
2. 中国科学院土壤研究所,1978: 土壤物理性质测定法。66—70, 140—147 页,科学出版社。
3. 刘孝义,1982: 土壤物理及土壤改良研究法。1—12 页,上海科学出版社。
4. 王佑民等,1984: 刺槐林地土壤抗蚀性的研究。林业科技通讯,第 5 期 9—13 页。
5. 土壤物理性质测定委员会编(翁德衡译),1979: 土壤物理性质测定法。81—88 页,科学技术文献出版社重庆分社。
6. 四手井綱英編,1963: アカマツ林の造成—基础上實際。130—137 页,地球出版社。
7. Taylor, C. M., 1985: The return of nursing mixtures, *Forestry and British timber*, 14(5):18—19.

IMPROVEMENT AND ANTIEROSION PROPERTIES OF SOILS UNDER CHINESE PINE MIXED FOREST IN WESTERN LIAONING PROVINCE

He Fuguang, Zhao Ronghui and Hu Chenghai

(Forestry Department of Shenyang Agriculture University, 110161)

Summary

In the semi-arid and soil erosion region of western Liaoning, we should develop forests to conserve water and soil above all so as to prevent soil erosion and recover soil fertility. In contrast to the pure forest the Chinese pine mixed forest had obvious superiority in improving physical and chemical as well as antierosion properties of the soils. The mixed forest of Chinese pine and broadleaf trees (including shrubs) could increase soil wetness by 10—30% and humus content by 7—76.4% and decrease the volume weight of the soil by 10%. In addition, the mixed forest of Chinese pine and broadleaf trees could raise the water-stable soil aggregate by 22.2—124.4% and reduce the soil erosion rate by 6.6—26.3%.

In this area the suitable species to be used as the mixed trees should include *Acer truncatum*, *Quercus mongolica*, *Caragana microphylla* etc.

Key words Chinese pine mixed forest, Physical and chemical properties of soil, Antierosion property of soil, Water and soil conservation, Degree of aggregation, Erosion ratio