

密云水库上游水源涵养林效益的研究

高 鹏

王礼先

(辽宁省水土保持研究所·辽宁朝阳市 122000)

(北京林业大学·北京市)

提 要

该文通过林地土壤物理性质,土壤入渗率,林地枯落物吸水量测定和林地人工模拟降雨的地表径流观测,对密云水库上游人工林和天然次生林的水源涵养效益进行了比较系统的研究。结果表明:各树种具有明显的水源涵养效益,天然次生林的水源涵养效益高于人工林。并对土壤渗透时间与渗透速度,总渗透量的关系进行了曲线拟合,对影响林地地表径流系数的各因子作了逐步回归分析。

关键词: 水源涵养林 土壤入渗率 地表径流 水源涵养效益

Study on the Benefits of the Water-reserving Forest in the Upper Reaches of Miyun Reservoir

Gao peng

(Institute of Soil and water Conservation of Liaoning Province, Chaoyang Liaoning 122000)

Wang Li xian

(Beijing Forestry University, Beijing)

Abstract

The water-reserving benefits of man-made forest and natural secondary forest in the upper reaches of Miyun reservoir were systematically studied through determining the physical properties and infiltration of the soil, moisture holding capacity of forest litter and through observing the surface runoff produced by simulated rainfall. The results show that each species of these trees has distinct benefits of water-reserving. The water-reserving benefits of natural secondary forest are higher than that of man-made forest. Using curve-fitting techniques, the relationship between the velocity and time of soil infiltration and between the time and amount of that were given respectively. The runoff coefficient model of forest soil under simulated rainfall was developed with step by step regression.

Key words water-reserving forest soil infiltration surface runoff water-reserving forest benefits

密云水库担负着北京市工业和生活用水的重任,但是由于上游山区植被覆盖度低,水土流失严重。一方面造成水资源的浪费,另一方面大量泥沙淤积水库,水质严重污染。因此加强该水库上游水源保护林工程的建设,防治洪水灾害,减少土壤侵蚀,保证水库永续利用是当务之急。我国关于水源保护林效益研究主要集中在西北黄土区,而对华北、北京石质山区密云水库的水源涵养林效益,

还未从定量上进行深入系统的研究。为了更好地发挥该水库上游水源保护林的水源涵养效益和为今后水库上游水源保护林的营造和最佳模式的配置提供科学依据,我们对该水库上游人工林(刺槐、落叶松)和天然次生林(白桦、山杨)的水源涵养效益从定量上进行了比较全面、系统的测定和研究。

一、研究区概况

研究区设在北京北部石质山区,密云水库上游潮白河流域。气候类型属暖温带、半湿润季风型大陆性气候,年平均气温 10.9℃,年平均降雨量 660mm,年、季降雨量分配不均。该地植被为针阔混交林森林植被带,人工林主要有刺槐(*Robinia pseudoacacia* L.)、落叶松(*Larix principis rupprechtii* Mary)、油松(*Pinus tabulae formis* Carr)等;天然林主要有白桦(*Betula platyphylla* Sukca)山杨(*Populus davidiana*)等。

二、研究方法和内容

采用林地与荒坡对比试验,每个树种设代表性地块 2 个,另设一个对照地(荒坡)。各代表性地基本情况(见表 1)

(一)土壤物理性质的测定^[1] 在各代表性地上挖土壤剖面分层取土,用烘干法测定土壤含水量,用环刀法测定土壤容重、孔隙度、毛管最大持水量等。

(二)土壤入渗试验观测 用双环入渗仪测定土壤透水性,观测其初渗率、稳渗率和稳渗开始时间,每块地做 2 次重复。

(三)林地枯落物层吸水量测定 在每块地的上、中、下各取三个样方 20cm×20cm,测定总厚度、半分解、分解层厚度。用净水浸泡法(8~10h)测定枯落物的干重、枯落物最大水容量。

表 1 各代表性地基本情况

地号	林龄 (年)	胸径 (cm)	树高 (m)	密度 (株/ha)	冠幅 (cm)	主要灌木、草本	覆盖度 (%)	坡度 (°)	坡向	坡位	土壤质地	土层厚度 (cm)
刺槐-I	15	11.10	9.5	4120	2.8	柠条、胡枝子、白草	80.8	24	NE	坡中	沙土	40.0
刺槐-II	13	10.20	8.5	5740	2.2	柠条、胡枝子、白草	85.7	28	E	坡中	沙土	37.0
白桦-I	25	14.75	12.5	4075	3.5	胡枝子、绣线菊	84.0	30	N	坡中	山地褐土	50.0
白桦-II	20	12.25	10.0	4782	3.0	胡枝子、绣线菊	85.0	25	NW	坡中	山地褐土	50.0
山杨-I	22	12.10	11.5	4335	3.2	胡枝子、艾蒿、狗尾草	80.0	30	N	坡中	山地褐土	51.0
山杨-II	18	10.21	10.0	4032	2.0	毛榛、绣线菊、狗尾草	88.0	32	NW	坡中	山地褐土	45.0
落叶松-I	13	10.20	8.0	5012	2.6	柠条、酸枣、牛尾蒿	80.0	25	NW	坡中	山地褐土	40.0
落叶松-II	13	8.82	7.5	4530	2.2	柠条、白草、狗尾草	85.0	24	NW	坡下	山地褐土	50.0
荒坡-I	—	—	—	—	—	柠条、白草	20.5	25	NE	坡中	沙土	40.0
荒坡-II	—	—	—	—	—	柠条、白草、胡枝子	25.7	28	E	坡下	山地褐土	41.0
荒坡-III	—	—	—	—	—	胡枝子、艾蒿	21.8	30°	N	坡中	山地褐土	30.0
荒坡-IV	—	—	—	—	—	柠条、狗尾草	16.9	30	NW	坡下	山地褐土	35.0

(四)人工降雨条件下林地地表径流观测 采用针头式人工降雨机^{[2][3]}对各代表性地块进行恒

定雨强的径流观测试验,降雨强度为 1.0mm/min。

三、结果与分析

(一)林地与荒坡土壤物理性质对比分析 测定结果(见表 2)表明:林地土壤物理性质明显好于荒坡土壤物理性质。林地土壤容重比对照荒坡减小 21.8%。非毛管孔隙度比荒坡增大 246.5%。说明营造水源保护林能改良土壤物理性质,增加土壤抗蚀性能。从表 2 还可以看出,白桦、山杨等天然次生林对土壤物理性质的改良作用高于刺槐、落叶松等人工林。

表 2 不同林地与荒坡土壤物理性质比较

地块	土壤容重(g/cm ³)		总孔隙度(%)		毛管孔隙度(%)		非毛管孔隙度(%)	
	平均值	比荒坡减小(%)	平均值	比荒坡增大	平均值	比荒坡增大	平均值	比荒坡增大
刺槐-I、II	1.16	13.4	51.83	15.13	44.02	3.02	7.95	254.91
荒坡-I	1.34		45.02		42.73		2.24	
白桦-I、II	0.78	38.58	64.68	40.30	54.68	25.85	10.85	310.98
荒枝-I	1.27		46.10		43.45		2.64	
山杨-I、II	0.85	33.10	69.05	50.47	60.25	39.78	8.96	240.39
荒坡-III	1.25		45.20		42.85		2.37	
落叶松-I、II	1.22	8.96	49.85	7.70	44.09	3.83	6.90	186.15
荒坡-IV	1.34		44.77		42.26		2.31	
林地	1.04	21.8	58.75	31.20	50.74	19.80	8.36	246.50
荒坡	1.33		44.77		42.37		2.42	

(二)不同林地土壤的渗透性能对比分析

表 3 林地和荒坡土壤入渗指标对比分析

地号	初渗率比荒坡高(mm/min)	稳渗速率比荒坡高(mm/min)	稳渗时间比荒坡推后(min)
刺槐-I、II	5.57	3.3	40
白桦-I、II	32.54	6.6	56
山杨-I、II	11.29	4.3	45
落叶松-I、II	2.89	2.4	30
平均	13.07	4.15	40.75

1. 林地土壤双环入渗试验对比分析。由入渗结果(表 3)可以看出,林地入渗能力明显高于荒坡,林地稳渗时间比荒坡推后 20~60min,稳渗速率比荒坡高 140.5%。白桦、山杨次生林入渗能力高于刺槐、落叶松等人工林。为了更清楚地说明问题,绘制了各代表性地的渗透曲线图(见图 1 至图 4)

2 林地土壤渗透曲线拟合方程。通过曲线拟合得到渗透时间与渗透速度符合指数关系,渗透时间与总渗透量符合严格苏玛克曲线⁽⁴⁾。

利用这些方程(见表 4)可以对立地条件相同或相似的林地土壤渗透速度和渗透量进行预测和计算。

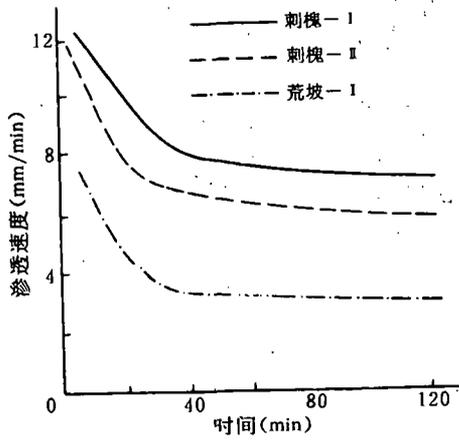


图 1 刺槐林地渗透曲线图

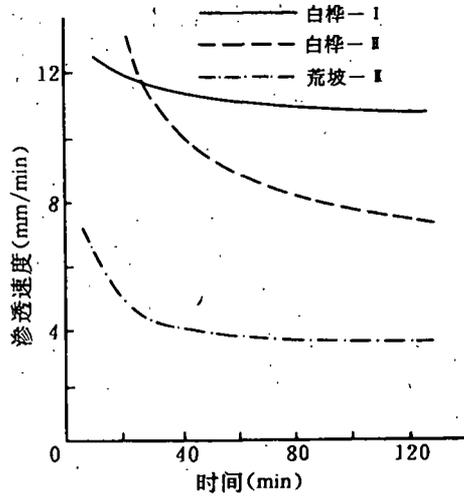


图 2 白桦林地渗透曲线图

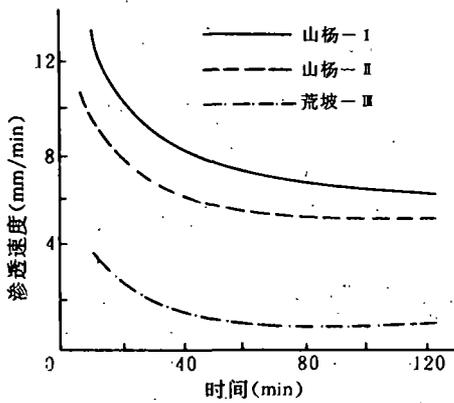


图 3 山杨林地渗透曲线图

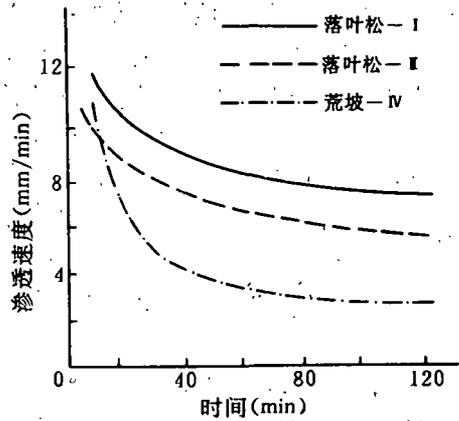


图 4 落叶松林地渗透曲线图

表 4 林地土壤渗透曲线拟合方程

林 地	渗透时间(x)与渗透速度(y)的关系方程($y=a \cdot b^x$)		渗透时间(x)与总渗透量(w)的关系方程($w=a \cdot b - brx$)	
	回归系数	相关系数	回归系数	相关系数
刺 槐	$a=10.92985$ $b=0.994884$	$R=-0.8946589$	$a=57.18463$ $b=13.09279$	$R=-0.9091729$
白 桦	$a=26.32951$ $b=0.9865638$	$R=-0.8794008$	$a=49.94363$ $b=3.030264$	$R=-0.823581$
山 杨	$a=12.6432$ $b=0.9863004$	$R=-0.9125029$	$a=31.4531$ $b=6.586929$	$R=-0.9156161$
落 叶 松	$a=8.140031$ $b=0.9975008$	$R=-0.8747424$	$a=51.55503$ $b=19.82546$	$R=-0.9219518$

(三)林地枯落物吸水效益分析 通过调查各代表性地枯落物量,并测定其水容量(表5)可知,林地枯落物平均厚度4.8cm,平均干重20.1t/ha,平均吸水量42.0t/ha。对于防止雨滴直接打击地表引起土壤侵蚀,减少水土流失有重要作用。从表还可以看出,白桦、山杨等次生林凋落物产量比落叶松林高31.7%,多吸水1.4mm。

表5 林地枯落物水容量等情况

林地	林龄(年)	枯落物层厚度(cm)			枯落物水容量(mm)	枯落物干重(t/ha)	枯落物吸水量(t/ha)
		总厚度	未分解层	分解与半分解层			
刺槐	15	5.0	4.0	1.0	4.7	20.4	47.0
白桦	20	5.2	4.3	0.9	5.1	24.6	51.0
山杨	18	5.0	4.2	0.8	4.8	23.2	48.0
落叶松	13	3.5	2.8	0.7	3.6	18.5	36.0
平均		4.8			4.2	20.1	42.0

(四)人工降雨条件下林地的产流效益分析

1. 人工降雨小区内的水量平衡。据本次所设置的人工降雨小区特点,小区中的径流由降雨产生,径流由集流槽及分流瓶收集,因此在每次降雨过程的时段内,小区内的水量平衡方程为:

$$P = R + E + \Delta W \quad (1)$$

式中: P ——降雨量(mm); R ——径流深(mm);

E ——蒸发量(mm); ΔW ——土壤内的水分变化量(mm)。 ΔW 为正值或负值,与土壤的入渗率有关。

由于 E 主要为地面蒸发和植被蒸腾作用,降雨期间很小,可忽略 E 值,则①式变为:

$$\Delta W = P - R \quad (2)$$

可见在人工降雨小区内某时段土壤入渗量等于同时段的降雨量与径流量之差。

2. 不同林地人工降雨试验成果对比分析。据各代表性地人工降雨试验结果(表6)可以看出,相同时间林地累计径流深均较荒坡小,即增加了降雨入渗,历时60min时荒坡的平均径流量是林地的310.8%,其中荒坡径流深是刺槐的337.7%、白桦的324.5%、山杨的346.8%、落叶松的234.4%。而且林地开始产沙历时比荒坡延长10~30min开始产沙量是荒坡的545.0%~800.0%。

表6 各地类人工降雨试验结果

各代表性地	降雨强度(mm/min)	降雨历时(min)	开始产沙历时(min)	开始产沙量(mm)	径流量(mm)	雨前含水量(%)
刺槐	1.00	60	12	13.20	2.97	8.41
白桦	1.00	60	18	19.80	2.33	19.88
山杨	1.00	60	24	26.90	2.17	20.34
落叶松	1.00	60	24	27.12	3.20	15.33
荒坡-I	1.00	60	2	2.24	10.03	11.65
荒坡-II	1.00	60	2.5	3.45	8.17	19.65
荒坡-III	1.00	60	3	3.39	7.56	18.76
荒坡-IV	1.00	60	5	5.00	7.50	21.43

3. 林地的地表径流系数与其相关因子回归模型。地表径流系数受降雨、植被、土壤、地形等多种因子影响,为了找出影响林地地表径流系数的主要因子,在长城 286 微机上对影响地表径流系数的因子作了逐步回归分析^[5],选择了 11 个自变量,22 组人工降雨产流数据。

最后得到回归方程为:

$$y = 8.50211 + 0.42631x_1 + 0.23183x_4 - 1.01892x_5 - 1.44698x_8$$

复相关系数: $R = 0.898$

标准回归系数为: $x_1: 0.484$; $x_4: 0.431$; $x_5: -0.387$; $x_8: -0.454$

显著性检验: 均方比 $F = 6.597$ $F_{0.1}(1.7) = 3.03$

因为 $F > F_{0.1}$ 所以各变量对因变量均有显著影响。

由方程和标准回归系数可知,林地的地表径流系数与植被因子(枯落物层厚度 x_8)、土壤因子(土壤雨前含水量 x_4 和土壤非毛管孔隙度 x_5) 和地形因子(小区坡度 x_1) 有密切关系。

四、结 论

1. 各树种对土壤物理性质,尤其是土壤容重、非毛管孔隙度和入渗能力均有一定的改良,以次生林白桦、山杨对土壤物理性质的改良效果较好。

2. 林地枯落物具有较强的吸水力。枯落物平均吸水量 42.0t/ha。白桦、山杨等次生林枯落物产量比落叶松林高 31.7%,多吸水 1.4mm。

3. 人工降雨径流观测试验结果表明:林地与荒坡相比能有效地增加降雨入渗,减少地表径流,从而减少土壤侵蚀的作用。通过回归分析林地地表径流系数与枯落物层厚度、土壤非毛管孔隙度、土壤前期含水量和坡度等因子密切相关。

本文得到李亚光老师,洪惜英副教授的热情指点和帮助,王国胜、吴长文等同学参加了部分野外工作,在此深表谢意。

参 考 文 献

- [1] 中国科学院南京土壤研究所土壤物理研究室编.《土壤物理性质测定法》.北京:科学出版社,1978年
- [2] D. 贝费尔、叶和才等译.《土壤物理学》.北京:农业出版社,1983年
- [3] 沈言俐等. 马里奥特(Marriott)瓶装置的改进和应用.《水文地质工程》,1985年,第2期
- [4] 唐守正等编. IBM-PC 系列程序集——数理统计. 调查规划、经营管理. 北京:中国林业出版社,1989年,第6期
- [5] 王礼先. 逐步回归分析在土壤侵蚀预报中的应用.《北京林业大学学报》,1980年,第3期