

黄土高原人工油松林水文生态效应

赵鸿雁¹, 吴钦孝*, 刘国彬

(中国科学院水土保持研究所, 陕西杨凌 712100)

摘要:在陕北黄龙山区利用对降水和设置在林分中的径流小区进行长期定位观测的方法,研究了黄土高原主要造林树种油松林的水文生态效应,据 1995~2000 年观测结果,中龄人工油松林林冠平均截留率为 25.1%,树干茎流量占大气降水量的 3.3%,枯枝落叶层的截留率为 11.6%。在森林的作用下,林地土壤的理化性质得到了明显的改善。与农地相比,林地容重低 8.6%,有机质含量、全氮含量和阳离子代换量分别高 130.1%、84.2%和 53.2%,细土颗粒组分比例增加。与此同时,林地地表径流量和土壤侵蚀量则分别减少 84.5%和 99.9%,表明了人工油松林巨大的水文生态作用。

关键词:黄土高原; 人工油松林; 水文生态效应

Studies on hydro-ecological effects of artificial Chinese pine stand in Loess Plateau

ZHAO Hong-Yan¹, WU Qin-Xiao*, LIU Guo-Bin (Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Shaanxi, Yangling, 712100). *Acta Ecologica Sinica*, 2003, 23(2): 376~379.

Abstract: Chinese pine (*Pinus tabulaeformis* Carr.) is widely distributed in the Loess Plateau and is one of the main species for afforestation in the region. In order to expound the role of its stand in controlling serious soil and water losses and the mechanism of the role a study on the hydro-ecological effects of the stand, including its canopy, litter and root system is carried out in the period from 1995 to 2000, using the long term observation on rainfall and runoff plots set up in its stand and the method of the physical and chemical analyses of its soil.

The experimental stand is a representative middle-aged artificial Chinese pine stand which is located in the Huanglongshan mountainous area of northern Shaanxi, where the average air temperature is 9.8°C, and the annual precipitation is 574.4mm. The density of the stand is 0.7, and the litter thickness under the stand averages 2~3cm.

The results of the study show, that the intercepting rate of the canopy varies from 19.7% to 31.6% and on an average, is 25.1%. Its stemflow accounts for 3.3% of rainfall. The average intercepting rate of litter is 11.6%. It means that the stand can intercept 36.7% of annual rainfall in all, resulting in reducing net rainfall causing runoff on surface of soil.

Litter and roots after death may decompose into organic matter and nutrient substances with the help of microbe, thus distinctly improving the physical and chemical properties of its soil. In comparison with

基金项目:国家自然科学基金资助项目(40171093); 中国科学院重大知识创新资助项目(KZCX1-06-01-03)

收稿日期:2001-07-29; **修订日期:**2002-04-28

作者简介:赵鸿雁(1962~2002),男,甘肃秦安人,博士,副研究员。主要从事黄土高原森林水土保持作用研究。

* 通讯作者 Author for correspondence, E-mail: qxwu@ms.iswc.ac.cn

Foundation item: National Natural Science Foundation of China (No. 401719093); the Knowledge Innovation Project of Chinese Academy of Sciences (KZCX1-06-01-03)

Received date: 2001-07-29; **Accepted date:** 2002-04-28

Biography: ZHAO Hong-Yan, Doctor, Associate professor. Mainly engaged in the role of the Soil and Water conservation of forest in the Loess Plateau.

farmland the volume weight of soil in woodland is decreased by 8.6%, while the content of organic matter and total N and CEC are increased by 130.1%, 84.2% and 53.2%, respectively. The proportion of thin soil particle in the woodland is increased 100.

Under the comprehensive action of the stand the surface runoff and soil erosion from the woodland are decreased by 84.5% and 99.9%, respectively, over the farmland, indicating the great hydro-ecological functions of chinese pine stand.

Key words: Loess Plateau; artificial Chinese pine; hydro-ecological effect

文章编号:1000-0933(2003)02-0376-04 中图分类号:Q142,S715,S718.5 文献标识码:A

黄土高原植被稀少,水土流失严重,干旱、洪涝灾害频繁,加之强烈人为活动的影响,使本区生态环境遭到了严重破坏,为了改善目前的生态环境,党中央提出了“再造一个山川秀美的西北地区”,从战略的角度为本区可持续发展奠定了基础,对本区的生态环境治理无疑将起到积极作用。油松是本区的主要造林树种,它在调节洪水、涵养水源、保持水土及改善生态环境等方面^[1~3]都有重要的作用,深入研究人工油松林的水文生态效应对客观评价其水土保持效益及生态作用^[4]有重要的意义,亦为再造一个山川秀美的西北地区提供理论依据。

1 研究区自然概况

本试验于 1995~2000 年在陕西省宜川县铁龙湾林场进行,该处位于黄龙山东北缘,海拔 1200m,历年平均气温 9.8℃,年降水量 574.4mm,土壤为灰褐色森林土,地带性植被为落叶阔叶林。观测的油松(*Pinus tabulaeformis*)人工林为 1963 年建造,分布于山坡东、北、西北向的中上部,坡度 20~25°。初植密度 6000 株/hm²,1983 年和 1992 年曾两次进行间伐,目前每公顷保存 1800 株。林分为纯林,平均高 10~11m,胸径 10~11cm,郁闭度 0.7~0.8。林下无下木,仅有灌木零星分布,主要有黄刺玫(*Rosa xanthina*)、忍冬(*Lonicera ferdinanddi*)等,盖度 0.2。草本植物有大披针叶苔草(*Carex lanceolata*)、铁杆蒿(*Artemisia sacrorum*)等,盖度 0.4。枯枝落叶层厚 2~3cm。

2 研究方法

(1)在生长适中的人工油松林(测区面积 0.4hm²)内,按《森林生态系统定位研究方法》,选择有代表性的位置布设 15 个雨量筒和 10 个与雨量筒口径一样大小的截留框,内置原状枯枝落叶层;林外空旷地布设自记雨量计,测定次降水后林冠截留量和枯枝落叶截留量。(2)用橡皮导管法在油松林不同径级的树干基部,配置承雨筒,测定次降水后的树干茎流量。(3)根据《全国林业生态工程观测网络技术规程》,在林分和农地中部分别选择 3 个土壤调查点,采集 0~10cm 土层的土样。样品风干后混匀,采用四分法,取对角两块,按常规分析的方法,测定油松林地和农地表层土壤的理化性状。(4)在坡度为 21°的坡面上,建立水平投影面积为 20×5m²的径流小区 4 个(2 个重复),测定林地和林木采伐后垦为农地(作物盖度 0.7,坡面无其它水土保持措施)的径流量和侵蚀量。

3 结果分析

3.1 人工油松林林冠截留量

大气降水时,因部分降水被林冠枝叶截持并蒸发到大气中,使林地实际降水量减小。6a 定位测定结果(表 1)表明,不同年份林冠截留量差异较大,这种差异受多种因素影响,一般来说,降水量多,截留量也多,但并没有一定的规律。如 1996 年的大气降水量比 1998 年少 170.1mm,但截留量却多 4.3mm。除大气降水量外,降雨强度和连续降水天数是影响截留的主要因子,雨强大,连续降水天数长,截留率小,这是因为大雨的穿透性强,而长时间降水使林冠截留量趋于饱和,这时若继续降水,截留量已不会增加之故。反之,雨强小,间断性的降水次数多,截留率就大,因为林冠截留的降水被蒸发后,其枝叶干燥程度增大,这就为再次截留创造了条件。6 年测定期间,在大气平均降水量为 383.6mm 时,林冠截留量为 96.3mm,平均截留率 25.1%,即有相当于 1/4 的降水被林冠所截持,使林地产生径流的净雨减小。对次降水而言,它削弱了产生径流的雨强,起到了保持水土的作用。

3.2 人工油松林的树干茎流量

大气降水时,降落在树冠枝叶上的雨水,通过枝叶的汇聚作用,部分雨水顺枝干流动,形成树干茎流。国内外的研究表明,树干茎流一般占大气降水的3%~5%左右^[5,6]。虽然这部分水量较小,但对林木生长有着重要的意义。在干旱、半干旱地区,水分是限制林木生长、发育的主要因素。树干茎流可以数倍于林外的降水量进入林木根系富集的区域,补偿林木蒸腾耗散所需水分,对林木生长发育起到了积极作用。据6a测定结果(表1),在大气平均降水量为383.6mm时,树干茎流量12.8mm,平均茎流率3.3%。

表1 人工油松林林冠截留量(mm)

Table 1 Intercepting amount of artificial chinese pine canopy

年份 Year	大气降水量 Rainfall	林内降水量 Rainfall under canopy	林冠截留量 Intercepting amount	林冠截留率% Intercepting Rate	树干茎流量 Stemflow amount	茎流率% Stemflow Rate
1995	302.0	272.9	59.4	19.7	9.7	3.2
1996	364.1	239.4	115.2	31.6	9.5	2.6
1997	324.9	231.7	86.3	26.6	6.9	2.1
1998	534.2	403.5	110.9	20.8	19.8	3.7
1999	400.2	280.9	95.8	24.0	23.5	5.9
2000	376.3	258.7	110.1	29.3	7.5	2.0
平均 Average	383.6	281.2	96.3	25.1	12.8	3.3

3.3 人工油松林枯枝落叶截留量

枯枝落叶的截留与林冠截留有类似的特征,即枯枝落叶截留量的大小除取决于枯落物的数量、质量以及降水特征值外,与其自身湿润程度和干旱速率有关。连续降水时间长(24~36h),枯枝落叶所截留的水量可达到饱和,这时如继续降水,截留量也不会增加,从而降低了截留率。相反,如间断性降水次数多,枯枝落叶截留量也多,截留率就大。黄土高原大多数次降水历时较短,且雨季多暴雨,通常不能达到其截持潜力,但人工油松林枯枝落叶蓄积量达17.95t/hm²,最大持水量42.0t/hm²^[7],因此6a测定期间,在大气平均降水量383.6mm时,枯枝落叶截留量44.4mm,平均截留率达11.6%(表2)。由于枯枝落叶截留,使得林地净雨量减小,从而减少了产生土壤侵蚀的地表径流量,对保持水土具有积极作用。此外,枯枝落叶的截留还使次降水实际产生径流的雨强减小,降低了土壤侵蚀的剧烈程度,削弱了暴雨可能引起的土壤侵蚀。

3.4 人工油松林地和农地土壤理化性状

表2 人工油松林枯枝落叶截留量(mm)

Table 2 Intercepting amount of artificial chinese pine litter

年份 Year	大气 降水量 Rainfall	枯枝落叶截留量 Intercepting amount of litter	枯枝落叶截留率 Intercepting rate of Litter(%)
1995	302.0	37.0	12.3
1996	364.1	43.3	11.9
1997	324.9	35.9	11.0
1998	534.2	62.2	11.6
1999	400.2	33.7	8.4
2000	376.3	54.5	14.5
平均 Average	383.6	44.4	11.6

在植物根系和枯枝落叶的作用下,人工油松林地的土壤理化性质发生了较大的变化。根系的穿插、分泌、死亡、腐烂和枯枝落叶的分解使土壤,尤其是对表层土壤的容重、有机质、微生物种群等产生重要的影响。凋落的枯枝落叶分解后增加了土壤有机质含量,丰富了土壤的营养元素。据对人工油松林地和农地表层土壤的理化性状和机械组成的分析(表3),与农地相比,油松林地的土壤碱性较小,容重低8.6%,土壤有机质含量高130.1%,全氮含量高84.2%,全磷含量因农地施磷而低41.3%,全钾含量差异不明显,阳离子代换量高53.2%,表明林地土壤疏松,能提供植物生长所需养分的肥力高。林地<0.001mm的土粒组分比农地高2.1个百分点,<0.01mm的土粒的组分高1.3个百分点,表明林地的粉粒、粘粒含量增多,土壤结构得到了改善。

3.5 人工油松林地和农地的径流量和侵蚀量

由降水引发的土壤侵蚀与地类关系密切。大气降水进入人工油松林系统后,在冠层以及枯枝落叶层的截持和防止雨滴击溅、阻滞径流流动速度等的综合作用下,林地产生径流的净雨量减少,径流的侵蚀能量和挟沙能力减小,因而使林地水土流失较农地大为降低。6a测定(表4)表明,林地地表径流量和土壤侵蚀量虽各年因暴雨次数及其特征值不同而不同,但都很少很小,属正常侵蚀范畴;而林木采伐垦为农地后,不仅径流量和侵蚀量增加,而且其年际差异增大,这主要与各年暴雨特征有关。如1997年7月发生的一场

大暴雨,其土壤侵蚀量高达 1078.3 t/km^2 ,占同年侵蚀总量的 71.0% ,也使该年土壤侵蚀量高于其它各年侵蚀量的 $8.0\sim 65.2$ 倍。由表 4 还可见,林地和农地 6 年的平均径流深和侵蚀量分别为 1.22mm 、 7.86mm 和 0.39t/km^2 、 343.28 t/km^2 ,林地的径流深和侵蚀量分别比农地减少 84.5% 和 99.9% ,足见人工油松林地保持水土的巨大作用。

表 3 人工油松林地和农地(0~10cm)土壤理化性状

Table 3 Physical and chemical properties of soil in woodland and farmland

地类 Land type	pH	容重 (g/cm^3) Volume weight	有机质 (%) Organic matter	全 N (%) Total N	全 P (%) Total P	全 K (%) Total K	阳离子代换量 (mg equivalent/ 100g soil) CEC	<0.001mm 土粒百分数 Soil particle percent	<0.01mm 土粒百分数 Soil particle percent
人工油松林地 Woodland	8.3	0.96	2.83	0.140	0.061	2.64	11.72	13.6	34.4
农地 Farmland	8.5	1.05	1.23	0.076	0.104	2.65	7.65	11.5	33.1

4 结论

根据 6a 定位观测和试验结果,得出如下结论:

(1) 该地区在大气平均降水量为 383.6mm 时,人工油松林林冠截留量 96.3mm ,平均截留率 25.1% 。

(2) 人工油松林年均树干茎流量为 12.8mm ,占大气降水量的 3.3% 。

(3) 人工油松林年均枯枝落叶截留量为 44.4mm ,平均截留率 11.6% 。

(4) 人工油松林地土壤容重比农地小 8.6% ,有机质含量高 130.1% ,全氮含量高 84.2% ,全钾含量差异不明显,阳离子代换量高 53.2% , $<0.001\text{mm}$ 和 $<0.01\text{mm}$ 的细土颗粒组分分别高于农地 2.1 个百分点和 1.3 个百分点,表明林地土壤的肥力和结构状况得到了明显的改善。

(5) 人工油松林地年均径流深和侵蚀量为 1.22mm 和 0.39t/km^2 ,林木采伐后垦为农地的为 7.86mm 和 343.28t/km^2 ,林地的径流量和侵蚀量分别比农地减少 84.5% 和 99.9% ,充分表明了人工油松林巨大的水土保持作用。

References

- [1] Wu Q X, Zhao H Y, Wang Y K. Flow production and sediment production and their processes in Chinese pine woodlands in the Loess Plateau. *Acta Ecologica Sinica*, 1998, **18**(2): 151~157.
- [2] Yu X X, Bi H X, Zhu J Z. Study on the soil and water conservation functions of forest vegetation in loess region. *Acta Phytocologica Sinica*, 1997, **21**(5): 433~440.
- [3] Wang Y H, Yu P T, Xu D Y. Preliminary study on transformation of rainfall interception models and parameter's Variation. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, **20**(6): 25~30.
- [4] Zhang Z Q, Wang L X. Ways and prospects for study on relationships between water erosion and vegetation change. *Journal of Beijing Forestry University*, 1997, **19** (supplement): 177~180.
- [5] Jackson I J. Relationships between rainfall parameters and interception by tropical forest. *Journal of hydrology*, 1975, **24**: 215~238.
- [6] Aston A R. Rainfall interception by eight small trees. *Journal of Hydrology*, 1979, **42**: 383~396.
- [7] Wu Q X, Liu X D, Zhao H Y. Litter amount and its dynamic change of chinese pine plantation in loess hilly region of northern Shaanxi. *Scientia Silvae Sinica*, 1993, **29**(1): 63~66.

参考文献

- [1] 吴钦孝,赵鸿雁,汪有科. 黄土高原油松林地产流产沙及其过程研究. 生态学报, 1998, **18**(2): 151~157.
- [2] 余新晓,毕华兴,朱金兆. 黄土区森林植被水土保持作用研究. 植物生态学报, 1997, **21**(5): 433~440.
- [3] 王彦辉,于彭涛,徐德应. 林冠截留降雨模型的转化和参数规律的初步研究. 北京林业大学学报, 1998, **20**(6): 25~30.
- [4] 张志强,王礼先. 水力侵蚀与植被变化关系研究途径与展望. 北京林业大学学报, 1997, **19**(增刊): 177~180.
- [7] 吴钦孝,刘向东,赵鸿雁. 陕北黄土丘陵区油松林枯枝落叶层蓄积量及其动态变化. 林业科学, 1993, **29**(1): 63~66.