

黄土丘陵区油松人工林水分生态效益研究

杨会蒲

(铜川市水保工作站, 陕西 铜川 727007)

摘要: 林内透过降水量占同期林外降水的 78.3%, 林冠截留量占 19%, 树干径流量占 2.7%, 枯枝落叶层截留量占 9.5%。林分密度对林内透过降水量影响很大, 二者呈负相关关系。日平均相对湿度林外大于林内; 日平均相对湿度垂直变化由大到小为冠层中部 > 林内 1.5 m 处 > 林冠表层; 坡向和坡位对相对湿度变化过程有显著影响。油松林地 3~10 月的平均含水量为 11.46%, 约相当于田间持水量的 50%; 采伐 4 年后的迹地的土壤水分恢复能力较强, 各月土壤含水量均高于林地。

关键词: 黄土丘陵区; 油松人工林; 降水量; 相对湿度; 土壤含水量

中图分类号: X 171.1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002)04-0074-03

Study on Water Ecological Benefits of Artificial Chinese Pine Stands in Loess Hilly Region

YANG Hui-pu

(Tongchuan Soil and Water Conservation Station, Tongchuan 727007, Shaanxi Province, China)

Abstract: The results of water ecological benefits of artificial Chinese pine stands in loess hilly region showed that precipitation under the canopies accounts for 78.3% of total in the open field, and similarly, the interception of the canopy is 19%, the stemflow is 2.7%, the interception of litter is 9.5%. The density of the stands has great influences on the precipitation under the canopies with a negative correlation. The daily average relative humidity in the stands is lower than that in field. The sequence of daily vertical variation of average relative humidity from large to little is the middle of the canopies > 1.5 m high in the stands > the canopy surface. The direction and location on the slope have remarkable influences on the daily variational process of relative humidity in the stands. The average soil moisture during the period from March to October is 11.46%, which equals to 50% of field moisture capacity. The field which trees had been cut 4 years has better recovery capability for soil moisture and its monthly average soil moisture is higher than that in the stands.

Key words: loess hilly region; artificial Chinese pine stand; precipitation; relative humidity; soil moisture

1 引言

水分作为植物生存的基本生活因子, 在黄土高原地区具有特殊的生理生态意义。它不仅影响了植物的个体发育, 更决定着植物的类型, 并限制了植被的分布。水分与植被相互作用关系研究, 已成为该区人工植被建设的重要课题。油松是黄土丘陵半湿润区主要的水土保持树种, 研究人工油松林对水分因子的相互作用关系, 可以全面认识林分的水分收支规律, 估计水分利用程度, 对于定量、深入地研究森林水量平衡及其涵养水源的功能, 制定合理的人工林经营与管理措施, 实现黄土高原地区的山川秀美工程均具有重要意义。

2 试验区概况和研究方法

2.1 试验区概况(略)

2.2 研究方法

2.2.1 林内降水量、树干径流量、林冠截留量和枯枝落叶层

截留量 林内降水量采用在林冠下放置 10 个雨量筒(分别布置在 4 株树中间、行距中间、株距中间、树干附近)来收集; 树干径流量采用橡皮管导引法收集; 林冠截留量通过林外降水量减去林内降水量和树干径流量来求出; 枯枝落叶层截留量用 8 个直径为 20 cm, 内装原状枯落物的圆形框(高 10 cm, 底为孔径 1 mm 的丝网)分带布设于林下收集、计算求得。

2.2.2 空气湿度 在林内外 1.5 m 高度安置百叶箱, 用自记温湿度计观测相对湿度。林内相对湿度的垂直观测按距地表 1.5 m 高、林冠层中部(7.5 m)、林冠表层(11.0 m)三个高度安置百叶箱, 箱内悬置有毛发湿度计, 每月的 5, 15, 25 日的 7:00, 13:00, 19:00 时进行观测; 日变化选择典型的天气, 按月份和天气型进行昼夜测定, 从上午 7:00 起每 2 h 一次。

2.2.3 土壤水分 用称重法测定, 每月 25~27 日取土, 深度为 300 cm, 每隔 20 cm 取一土样, 一次重复。

* 收稿日期: 2002-07-25

作者简介: 杨会蒲, 女, (1967-), 工程师, 从事水土保持科研与管理。

3 结果与分析

3.1 林分对降水的分配作用

3.1.1 林分对降水的再分配 降水在到达林地前首先被林冠截留, 形成对降水的第一次分配; 透过林冠的降水在到达枯枝落叶层后被进行第二次分配, 其中一部分被枯枝落叶层截留后通过蒸发返回大气层中, 另一部分则下渗进入林地 (表 1)。结果表明: 林内透过降水量占同期林外降水的

表 1 林分对降水的分配

降水性质	林外降水量			林冠截留量		树干径流量		枯落物层截留量	
	<i>P</i>	<i>P_i</i>	占总量/ %	<i>I</i>	占总量/ %	<i>S</i>	占总量/ %	<i>L</i>	占总量/ %
降雨	446.5	354.7	79.4	78.9	17.7	12.9	2.9	42.6	9.5
降雪	21.9	11.9	54.3	10.0	45.7				
合计	468.4	366.6	78.3	88.9	19.0	12.9	2.7	42.6	9.5

3.1.2 林分密度对透过降水的影响 为研究密度对林内透过降水的影响, 观测了 3 块不同密度标准地的透过降水量 (表 2)。其中: 1 号标准地的林分密度为 5 400 株/hm², 郁闭度 0.95, 2 号标准地为 2 100 株/hm², 郁闭度 0.75, 3 号标准地为 1 275 株/hm², 郁闭度 0.46。结果表明: 在林外降水量相同时, 林分密度越大, 林内透过降水量和降水率越小, 二者呈负相关关系。这是由于在树龄和立地条件一致情况下, 林分密度大时, 冠层厚, 枝叶表面积大, 截留的降水量多, 透过降水量则相应减少。

表 2 不同密度林分内透过降水量

林外降水量	1 号标准地		2 号标准地		3 号标准地	
	<i>P_i</i>	占总量/ %	<i>P_i</i>	占总量/ %	<i>P_i</i>	占总量/ %
442.1	303.8	68.7	347.5	78.6	363.6	82.2

以林分密度、林外降水量对林内透过降水量进行回归分析, 得方程式如下:

$$P_i = 3.9454 + 0.8217 P - 0.0022 D$$

$$(P \quad 6.4, D \quad 1275)$$

$$R = 0.993 > R_{0.01} = 0.5974$$

式中: *P_i*——林内透过降水量 (mm); *P*——林外降水量 (mm); *D*——林分密度 (株/hm²)。

由上式及 *t* 值检验可知, 林分密度与林内透过降水量呈密切的负相关关系。说明该回归方程具有较高的精度, 可用上式对不同密度林分内的透过降水量进行预测。

3.2 林分对空气湿度的影响

空气湿度是指大气中的含水量, 是森林的重要生态因子。研究和探讨油松林内空气湿度的特征和变化规律, 对于林下幼苗的更新, 森林防火及病虫害防治具有重要意义。

3.2.1 林内林外相对湿度的日变化 图 1 反映了不同天气型林内和林外相对湿度的日变化情况。由图可看出, 晴天, 林内相对湿度日变化任何时刻均小于林外, 二者差值由 1~13:00 逐渐减小, 最小差值出现在 13:00 左右, 仅为 0.6%; 13:00~23:00 二者差值逐渐增大, 且最大差值出现在 23:00 左右, 二者相差达 15%, 此后由于气温差值的逐渐减小, 二者差值也随之减小。日平均相对湿度林外比林内高 6.5%。阴天, 林内外空气中水汽含量相差很小, 白天 5:00~16:00 时, 林内相对湿度大于林外, 最大差值出现在 13:00 左右, 二者相差 3.0%; 其他时刻林内均小于林外, 日平均相对湿度,

78.3%, 林冠截留量占 19%, 其中, 对降雨的截留率为 17.7%, 对降雪的截留率因其冬季仍有茂密的枝叶, 且呈固态降水而比降雨大, 达 45.5%, 树干径流量占 2.7%; 枯枝落叶层截留量占 9.5%。因此, 通过油松林冠层和枝落叶层对降水量的截留分配后, 真正到达林地土壤的降水量仅有 70% 左右。

林外仍比林内大, 差值约为 1.75%。

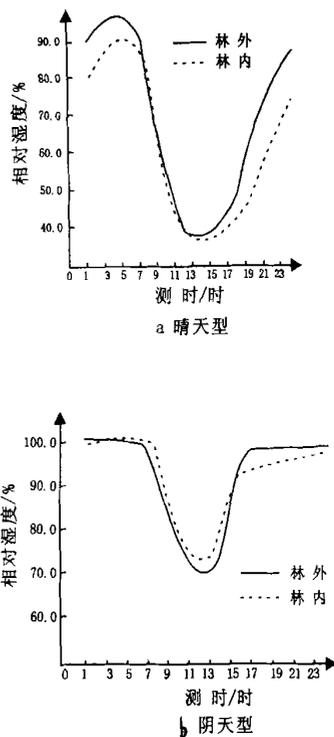


图 1 油松林内外不同天气型相对湿度日变化
——林外 ——林内

3.2.2 林内相对湿度的垂直变化 林内相对湿度的垂直变化不仅与气温的垂直变化有关, 而且还与林地表面蒸发及林冠层的蒸发蒸腾有关。图 2 表明: 在不同高度相对湿度日变化中, 冠层中部和林地 1.5 m 高处较林冠表层大, 其中夜晚各高度空气中水汽含量均接近于饱和, 故相互间差值较小, 日出后差值逐渐增大, 13:00~19:00 达最大差值。日落后差值又逐渐减小。日平均相对湿度由大到小为林冠层中部> 林内 1.5 m 高处> 林冠表层。

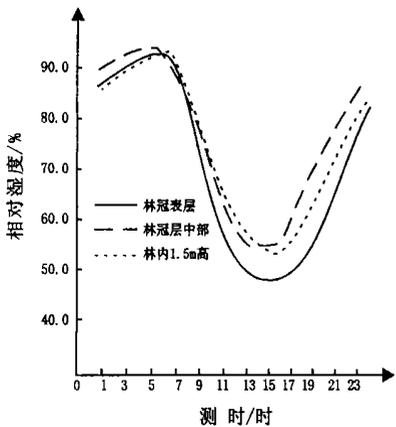
3.2.3 坡向和坡位对相对湿度的影响 坡向和坡位通过改变太阳辐射到达地表的时间影响气温, 以及它们对大气降水再分配的效应, 而共同对林内空气湿度产生作用。

由图 3 可以看出: 不同坡向向各季代表月 (1 月、4 月、7

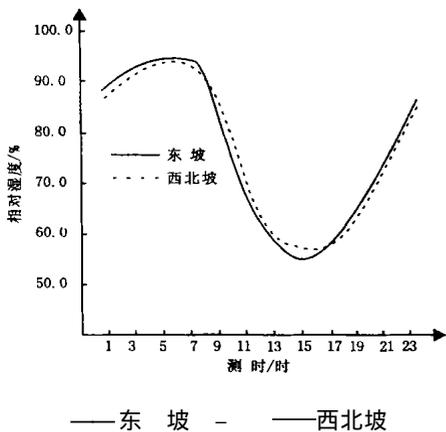
月、10月) 相对湿度的日平均值, 西北坡大于东坡, 但差异很小, 仅为 0.3%。日平均最高值二者均出现在清晨 7:00 左右, 日平均最低值东坡出现在 15:00~17:00, 较西北坡提前 2h 左右。在相对湿度的日变化过程中, 9:00~17:00 西北坡大于东坡, 17:00 至次日 9:00, 东坡大于西北坡。显然, 坡向对相对湿度日变化过程有显著影响, 但对相对湿度的日平均值影响不显著。

表 3 和图 4 为高度相差 90 m 的不同坡位相对湿度月变化和日变化情况。从表中可看出, 坡位对相对湿度的影响程度与月份关系密切, 以 2 月最大, 8 月最小。2~10 月平均相对湿度坡下部较高, 为 76.1%, 坡上部较低, 为 73.8%, 差值 2.3%。

图 4 表明: 在相对湿度日变化过程中, 白天 9:00~21:00 时坡上部大于坡下部, 最大差值在 15:00~17:00 时之间, 二者相差 10.0%, 21:00~次日 9:00, 坡下部较高, 最大差值出现在 5:00 左右, 差值为 10.5%。这是由于白天坡下部气温较高, 而夜晚下降较快, 21:00 后甚至低于坡上部气温而引起的。



——林冠表层 - - 林冠层中部林内 1.5 米高
图 2 7 月份油松林内相对湿度垂直日变化



——东 坡 - - 西北坡

图 3 油松林内不同坡向各季代表月份平均相对湿度日变化

3.3 林分对土壤水分的影响

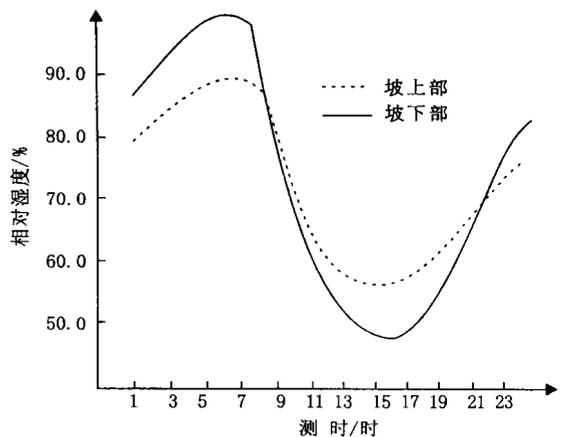
研究区地形破碎, 地下水埋藏很深, 林地土壤水分补给的惟一来源是天然降水, 土壤水分的变化主要是由于降水及其季节分配和植物群落蒸腾耗水造成的。由表 4 结果表明: 3

~10 月油松林地 0~300 cm 平均土壤含水量均较低, 变化范围为 9.93%~13.32%, 生长季平均含水量为 11.46%, 约相当于田间持水量的 50%。而与之相对照的采伐 4 年后的迹地, 土壤含水量恢复很快, 各月含水量均高于油松林地, 二者 3~10 月平均含水量的差值为 3.0%。

表 5 的结果表明: 油松林地土壤含水量表层 0~40 cm 土层较高, 变化范围在 14.3%~17.17%; 40 cm 以下土层含水量均较低, 其范围为 10.01%~11.62%; 且随着土层深度的增加, 土壤含水量逐渐减小。说明随着土层深度增加, 土壤水分的补给难度增大。与之对照的采伐迹地, 不同深度的土壤含水量均较高, 其 0~300 cm 土层的含水量变化范围为 13.51%~16.24%; 除表层(0~20 cm)含水量略低于林地外, 其他土层深度的含水量均明显高于林地, 且随着土层深度的增加, 二者的差值增大。说明采伐迹地的土壤水分恢复能力较强。

表 3 林内不同坡位相对湿度月变化 %

月 份	2	3	4	5	6	7	8	9	10	平均
坡下部	63.1	82.0	58.6	76.3	73.8	77.4	88.7	84.7	80.0	76.1
坡上部	53.0	79.5	59.1	77.0	72.6	76.6	88.6	82.4	75.4	73.8
坡下部-坡上部	10.1	2.5	-0.5	-0.7	1.2	0.8	0.1	2.3	4.6	2.3



——坡下部坡上部

图 4 油松林内不同坡位 6 月份平均相对湿度日变化

4 结 论

(1) 林内透过降水量占同期林外降水的 78.3%, 林冠截留量占 19%, 其中, 对降雨的截留率为 17.7%, 对降雪截留率为 45.5%, 树干径流量占 2.7%; 枯枝落叶层截留量占 9.5%。在林外降水量相同时, 林分密度与林内透过降水率呈负相关关系。以林分密度、林外降水量对林内透过降水量进行回归分析建立的关系式:

$$P_1 = 3.9454 + 0.8217P - 0.0022D$$

(P 6.4 D 1275)

可作为不同密度林分内透过降水量的预测方程。

(2) 晴天, 林内相对湿度日变化任何时刻均小于林外, 日平均相对湿度林外比林内高 6.5%。阴天, 5:00~16:00 时,

(下转第 79 页)

而大流域环境因素相似性要差。从这一点上讲,国内外都得出基本结论,即泥沙输移比与流域面积成反比。

解决这个问题的办法,一是根据沟道水流泥沙动力条件,建立沟道泥沙输送参数,将来自坡面上的泥沙演算到流域出口,得出流域侵蚀产沙量,这是一种简单的处理方法。二是将一维水流泥沙冲淤数学模型引进到流域产沙模型,将来自坡面的水流泥沙作为一维数模的旁侧分散来流来沙,根据沟道边界条件、地形条件、初始条件和河床物质组成用有限差分求解,把水流泥沙运动过程演算到出口断面即得流域侵蚀产沙量。

4.2 重力侵蚀问题

黄土地区的坡面尤其是沟谷坡,重力侵蚀发生频繁。目前尚缺乏有效的解决方法。其主要原因是很少有描述重力侵蚀发生的过程与数量的观测资料,缺乏描述重力侵蚀的基本条件,因而不能把过程分离出来定时描述。改进的方法应加强资料的观测,传统的方法可以用打桩进行分析研究,也可用高速摄影法加以研究,甚至可利用卫星或航片资料进行分析,获得第一手重力侵蚀过程资料,再探索用数学描述的可能性。

致谢:此文经过水土保持局总工张艳得同志指导,特予感谢。

参考文献:

- [1] 唐克丽,等. 黄河流域的侵蚀与径流泥沙变化[M]. 北京:中国科学技术出版社,1993.
[2] 汤立群. 物理概念模型在水保效益评价中的应用[J]. 水利学报,1998(9).

(上接第 76 页)

林内相对湿度大于林外,其它时刻林内均小于林外,日平均相对湿度,林外比林内大约 1.75%。日平均相对湿度的垂直变化为林冠层中部>林内 1.5 m 处>林冠表层。坡向对相对湿度日变化过程有显著影响,但对相对湿度的日平均值影响不显著;坡位对相对湿度的影响程度与月份关系密切,以 2

4.3 分散性成因模型的推广问题

分散性成因模型大多是在小流域上建立起来的。由于该类模型对基本资料的要求相对较高,而小流域又易获得所需资料。因此,目前普遍应用于小于 100 km² 的流域,效果比较好。对于中大流域,由于缺乏降雨、径流、泥沙的过程资料,控制密度又较疏,应用还不够理想,必须在现有模型基础上加以改进,使其适合于现状动力条件下的中大流域产流产沙量的计算。

4.4 水土保持措施减少减少沙效益分离评估问题

目前水保效益的评价方法主要有水文法和水保法。近年来物理概念模型^[2]在评价水保效益取得了较好的效果,但属总量评价,没有对每种措施加以分离评估,这也是水保效益评价的难点。

经验统计模型简单易用,有一定精度,但缺乏物理概念,难以移用,外延精度低;随机模型长系列的泥沙过程,但需以长系列水文条件为依托,其研究与发展受到限制;集中物理成因模型概念清楚,成因性很强,但对基本资料要求苛刻,也难以推广应用;分散性成因模型显得比较灵活,适用能力强,值得进一步开发研究,具有推广应用的前景。

月最大,8月最小,2~10月平均相对湿度坡下部高于坡上部;坡位相对湿度日变化过程的影响表现为,白天 9:00~21:00 时坡上部大于坡下部,最大差值在 15:00~17:00 时之间,21:00~次日 9:00,坡下部较高,最大差值出现在 5 时左右。

表 4 油松林地土壤水分

测定日期(日/月)	20/3	17/4	17/5	18/6	20/7	18/8	18/9	17/10	平均值	标准差%
油松林地	11.07	10.37	12.10	9.93	13.23	13.32	11.03	10.64	11.46	±1.28
采伐迹地	13.86	14.52	15.88	13.56	14.17	15.39	12.60	15.66	14.46	±1.14

注:表中的土壤水分分为 0~300 cm 土层加权平均值。

表 5 油松人工林生长季不同土层深度的土壤水分

土层深度/cm	0~20	20~40	40~80	80~120	120~160	160~200	200~260	260~300	%
油松林地	17.7	14.30	11.62	11.00	10.91	10.50	10.27	10.01	
采伐迹地	16.24	15.78	13.83	13.51	14.06	14.27	14.66	15.20	
采伐迹地-林地	0.93	1.48	2.21	2.51	3.15	3.77	4.39	5.19	

(3) 油松林地的土壤含水量水平较低,3~10月平均为 11.46%,约相当于田间持水量的 50%。生长季 0~300 cm 土层平均含水量除表层 0~40 cm 较高外,40 cm 以下土层均较低,其变化范围为 10.01%~11.62%,且随着土层深度的增加,土壤含水量逐渐减小,土壤水分的补给难度增大。而与之

参考文献:

- [1] 呈钦孝,等. 黄土高原油松林地产流产沙及其过程研究[J]. 生态学报,1998(2):151-157.
[2] 孙长忠,等. 黄土高原人工植被与其水分环境相互作用关系研究[J]. 北京林业大学学报,1998(3):7-13.
[3] 李凌浩,等. 武夷山甜槠林水文学效应研究[J]. 植物生态学报,1997,21(5):393-402.
[4] Kenneth N Brooks et al. Hydrology and the Management of Watersheds[M]. [s.l.]: Iowa State University Press/AMES, 1996.
[5] Stephen H, Spurr, Burton V, Barnes. Forest Ecology[M]. [s.l.]: John Wiley & Sons, Inc. 1980.

相对照的采伐 4 年后的迹地,土壤含水量恢复很快,各月平均含水量均明显高于油松林地;其 0~300 cm 土层的含水量变化范围为 13.51%~16.24%,20 cm 土层深度以下的含水量均高于林地,且随着土层深度的增加,二者的差值增大。