

黄土丘陵区油松人工林对土壤水分因子影响的相关分析

韩冰 吴钦孝 赵鸿雁

(中国科学院水利部水土保持研究所 杨陵 712100)

朱首军

(西北林学院)

摘要 利用宜川森林水文观测站 10 年长期定位监测资料,在对影响土壤水分的各单因子进行分析的基础上,把土壤水分视作一个系统进行研究,通过回归分析,建立了不同土层深度水分含量(y)与蒸腾强度(x_1)、林地蒸发量(x_2)、降水量(x_3)、地表径流深(x_4)的回归方程 $y = A + Bx_1 + Cx_2 + Dx_3 + Ex_4$, 回归方程相关系数高,结果表明影响林地土壤水分的主要因子是降水和林木蒸腾作用,其次为林地蒸发,影响最小的为地表径流。同时还对各因子间相互关系进行了分析,为黄土丘陵区林草植被建设提供科学依据。

关键词 油松林; 土壤水分; 影响因子

朱显谟院士近几年撰文,向国家有关部委乃至国务院上书,再次提出黄土高原国土整治“28 字方略”,即“全部降水就地入渗拦蓄,米粮下川上塬,林果下沟上岔,草灌上坡下坳”,并建议将其作为治理黄土高原的基本指导思想。其核心是全部降水就地入渗,并肯定了生物措施的治本作用。黄土丘陵区属黄河中游地区,油松是该地区的主要造林树种,它在防止土壤侵蚀和调节径流方面的巨大功能是其它工程措施所不能替代的,在黄土丘陵区的生态系统中,起着非常重要的作用,成为维护地区生态平衡的一支重要力量。

有关水土保持林地土壤水分与动态及生产力关系等方面研究的论文较多^[1,2,3]。由于黄土丘陵区的特殊地域,本区林地土壤水分经常处于亏缺状态,使其对植物供水调节能力显著降低。

我们利用宜川森林水文站 10 年(1988 ~ 1997 年)测观的试验资料,对黄土丘陵区人工油松林地影响土壤水分的相关因素作一分析,为黄土丘陵区林草植被建设提供科学依据。

1 自然概况

试验林地位于宜川县铁龙湾林场富曲营林区。该区属黄龙山东缘,属黄土丘陵半湿润区,海拔 1 100 m,年平均气温 9.8 ,年平均降水量 574.4 mm,土壤为灰褐色森林土,pH 值 8.7 左右。供观测的人工油松林为 1966 年营造,分布于山坡的东、北、西北坡,初植密度 6 000 株/hm²,1983 年进行二次间伐,保存密度 1 800 株/hm²,林分平均树高 11.0 m,胸径 12 cm,郁闭度 0.7。林下有少量灌木,覆盖度 0.2。有少量草本,覆盖度 0.4,优势种是大披针苔草(*Carex lanceolata*)。

2 研究项目和方法

林地土壤水分与土壤性质、地质构造、地形、植被、水文、气象等条件有关,也受人为活动因素的影响,而且还是降水、径流、下渗、蒸发、蒸腾等现象综合作用的结果。它是一个很复杂的现象,为使问题简单明了,我们把林地土壤水分视作一个系统进行研究,系统内有土壤水(有效水、重力水、深层补充水等),系统外有降水、林木蒸腾、林地蒸发、地表径流等。

用叶片快速称重法测定群落植物蒸腾强度;用波波夫土壤蒸发器观测油松林地土壤蒸发量;用自记雨量计和量雨筒观测降水量;用土钻法测定土壤水分;在土壤0~200 cm不同深度处安置托盘,下接承水器测定重力水;林内设置5 m×20 m径流小区,每次降雨后观测地表径流。

3 研究结果与分析

3.1 单因子分析

大气降水除植被(特别是林冠)截留和地表径流外,其余部分便进入土壤中成为土壤水。土壤水的消耗有以下途径,即向下渗漏、侧向径流和地下径流;土壤蒸发;植被蒸腾;土壤水分的上移等。土壤含水量就是这些水分收入和支出的差额。

3.1.1 降水 5年(1988~1992年)观测结果表明,该地区大气平均降水量550.6 mm,其中林内降水量占78.3%,树干径流占2.7%,林冠截留占19.0%,年平均进入林地水量为443.2 mm。

3.1.2 土壤水 在进入林地的443.2 mm降水中,地表径流量为2.3 mm,进入土壤的水量为440.9 mm。降水入渗后油松林地一般可补偿到土层3 m以内。3 m以下水分仍处于亏缺状态,所以渗漏、侧向径流和地下径流均不产生,此外,即使长时间降水,降雨强度小,降雨量大时,雨后仍

无重力水。

3.1.3 林地蒸发 它是一个相当复杂的热物理过程,不仅受气象因素的影响,而且还受土壤本身和环境条件的影响。

气象因素:包括太阳辐射;从土表到贴地空气之间的汽压梯度;风速。

土壤因素:(1)土壤含水量。当土壤处于水分饱和状态时,土壤含水量主要取决于气象因素。10年观测资料表明,油松林地在降雨2 d后土层深度0~3.0 m内,土壤水分未能达到饱和状态。在土壤处于水分不饱和状态时,土壤在蒸发过程中蒸发量的减少,直接引起水力传导度和水势梯度的急剧变化,这时土壤水蒸发速度就受到水分运行速度的限制。由于含水量的减少,水力传导度变小,同时上下层间的水势梯度也变小,因而土壤蒸发速度将降低。当达到毛管水断裂时,借助于毛管水补给的地面蒸发,也就基本停止了。(2)土壤质地和结构。灰褐色森林中壤土,质地均一,毛管孔隙发达,低吸力水分含量高,因而有较强的蒸发能力。杨文治^[1]等在室内用土柱法测定,当蒸发历时30昼夜时,失水比为0.23。我们从野外定位观测结果也得到了验证^[6]。(3)地下水位。黄土丘陵区地下水埋藏深,故除沟谷地带外,地下水影响甚微。(4)林地枯落物层。本区油松林枯落物层厚2~4 cm,蓄积量17.5 t/hm²,最大持水能力相当于自身重量的223.0%,最大持水量39.0 t/hm²,相当于3.9 mm当量水深。枯落物吸水为一动态过程,在开始1 h内吸水量较大,1 h后吸水量急剧下降,一般在24 h左右达到饱和。降水是枯枝落叶层水分补给的唯一来源,其含水量增减与降水变化同步,且与气象因素有关。研究枯枝落叶层对抑制土壤蒸发的结果表明,在生长季4~10月,覆盖原状枯枝落叶层的土壤蒸发量较去掉枯枝落叶层减少138.6 mm,抑制率为62.6%,枯枝落叶层

加厚1倍,减少土壤蒸发量150.7 mm,抑制率为72.7%。(5)林冠层。林冠覆盖抑制了林地的蒸发。裸地之所以比林地蒸发量大,除去枯落物作用外,实验结果证明,林冠层的作用也不可忽视。

综合以上各因子的影响,据1990~

1991年2年观测结果(表1),4~11月油松林地土壤蒸发量2年平均为135.6 mm,林地蒸发受降水影响相当明显,在一般情况下,在降水停止后1~2 d蒸发量较大,以后逐月减少,直至下一次降水为至。

表1 油松林地生长期土壤蒸发量

mm

月份	4	5	6	7	8	9	10	11	合计	降水量
1990		10.36	19.41	24.87	21.00	20.60	17.90		114.12	530.2
1991	9.30	16.60	29.20	23.05	20.40	23.00	13.20	6.5	141.25	382.0
平均	9.30	13.48	24.30	23.95	20.70	21.80	15.55	6.5	135.58	456.1

3.1.4 群落蒸腾 土壤有效水的消耗主要是由林木蒸腾作用造成的。蒸腾作用不仅能消耗植物根系活动层土壤的有效水,而且还能通过支持毛管水的输导而消耗下层土壤水分。

人工油松林群落在生长期的蒸腾强度为0.259~0.991 g/(g·h),且随气温和相对湿度而变化。有关方面的研究已有论述^[6]。

3.2 多因素相关分析

林地土壤水内外系统的各因子相互影响、相互制约、相互联系,是一个统一体。

从本试验区10年观测数据中选出包括平水、丰水、欠水年的1989、1990、1997三年,对其生长季3~10月土层0~300 cm,每隔20 cm土壤含水率 y_n (1997年测定的土壤深度为0~200 cm)与林地蒸腾强度(x_1)、蒸发量(x_2)、大气降水量(x_3)、地表径流深(x_4)相对应的600组数据作相关分析,经计算机处理得回归方程: $y_n = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$,各不同土层深度的回归方程参数详见表2,其相关系数除表层为0.85外,其余均达0.90以上。

表2 各土层含水率与影响因子回归方程表

回归方程		$y_n = a + bx_1 + cx_2 + dx_3 + ex_4$						
土层深 (cm)	y_n	系 数					相关系数R	样本数n
		a	b	c	d	e		
0	y_1	27.533 2	2.853 9	- 0.814 0	0.083 9	1.918 2	0.850 6	32
20	y_2	17.932 5	- 6.863 9	- 0.259 9	0.032 4	1.185 4	0.938 4	32
40	y_3	13.945 2	- 13.656 0	- 0.010 7	0.047 7	- 1.385 6	0.960 4	32
60	y_4	11.867 1	- 23.062 3	0.154 0	0.093 5	- 6.542 0	0.951 5	32
80	y_5	10.709 1	- 22.684 9	0.194 0	0.103 7	- 8.517 2	0.928 0	32
100	y_6	10.979 2	- 20.094 7	0.170 1	0.081 1	- 6.661 3	0.943 2	32
120	y_7	10.573 3	- 12.631 6	0.101 7	0.050 1	- 3.775 1	0.958 0	32
140	y_8	11.156 3	- 19.754 2	0.150 4	0.085 6	- 6.468 1	0.924 7	32
160	y_9	10.098 7	- 22.220 9	0.219 8	0.109 1	- 8.800 3	0.910 4	32
180	y_{10}	10.071 4	- 23.104 9	0.261 6	0.092 0	- 7.447 6	0.935 0	32
200	y_{11}	10.013 2	- 20.534 5	0.250 3	0.076 5	- 6.762 4	0.944 4	32
220	y_{12}	11.562 3	- 20.692 6	0.140 6	0.084 9	- 7.177 5	0.967 6	24
240	y_{13}	11.390 8	- 20.581 0	0.122 9	0.085 7	- 7.360 5	0.962 9	24
260	y_{14}	10.561 4	- 20.962 0	0.134 6	0.104 2	- 8.790 2	0.952 6	24
280	y_{15}	11.165 3	- 1.212 7	- 0.044 0	0.006 7	- 1.130 0	0.990 2	24
300	y_{16}	10.770 5	0.360 7	- 0.054 9	0.004 1	- 0.544 0	0.993 0	24

3.2.1 各影响因子对不同土层深度含水率相关分析

x_1 与 y_n :除0 cm和280~300 cm土层外,其它土层含水率与蒸腾强度成负相

关。其中 60~260 cm 土层蒸腾强度对土壤含水率影响显著, 因为林木根系主要分布在这个层次。蒸腾强度愈大, 林木生产力愈高, 土壤含水率愈小, 特别是在生长旺季的 6~8 月更为明显。在这期间土壤含水率偏低。表层因没有主根及侧根系, 故蒸腾强度对该层土壤水分没有影响, 多因素耦合成为正相关。在 280~300 cm 土层水分含量与蒸腾强度成正相关, 这可能是下层土壤水分补充的结果(“抽水机”^[6])。

x_2 与 y_n : 林地蒸发与土壤含水率在 0~40 cm 土层表现为负相关, 且 0~20 cm 土层林地蒸发影响大, 20~40 cm 影响较小。在 40~260 cm 土层林地蒸发与土层厚度理论上应为负相关, 但回归结果为正相关。据分析, 这与 40~260 cm 土层水分运动, 包括蒸发、蒸腾、降水等因子综合作用的影响有关, 也说明林地蒸发影响土壤水分表现在 0~40 cm 土层上, 与深层土壤关系不大。

x_3 与 y_n : 降水与土壤含水率在 0~300 cm 土层都表现为正相关。降水作为输入项, 是增加土壤含水率的主要因子, 在 0~40 cm 土层其影响较小, 说明降水之后通过蒸发部分返回大气, 部分则下渗到 40 cm 土层以下; 40~260 cm 土层其影响较大, 反映降水可以渗入到 260 cm 土层, 补充林木生长所需; 对 260~300 cm 土层影响因素又较小, 反映了降水在 260 cm 土层以下补偿很少, 难以补充深层土壤水分的亏缺。

x_4 与 y_n : 在 0~20 cm 表层(包括部分腐殖质层)土壤含水量与地表径流呈显著正相关, 说明地表径流愈大, 土壤含水率愈高。该层土壤在吸水饱和后入渗较慢, 这时多余的地表水就变为径流。20~260 cm 土层地表径流与土壤含水率则呈负相关, 且影响甚小, 这是因为林地地表径流量非常小, 最大月径流深只有 1.446 mm, 所以对

20 cm 土层以下土壤含水率影响甚微。

3.2.2 影响因子间相关分析

x_1 与 x_2 : 相关系数为 0.7568, 相关性很好, 且蒸腾强度与林地蒸发呈正相关。蒸腾强度随时间、季节变化, 它与日照量成正比。蒸腾也是一种蒸发现象, 与气温、湿度、太阳辐射量、降水、风速密切相关, 林地蒸发亦然。蒸腾量受植物根系可能吸收的有效水分量的影响, 而林地蒸发与林冠大小有关, 因而也与根系有关。该试验资料表明, 32 龄人工油松林地林木蒸腾与林地蒸发密切相关。

x_3 与 x_4 : 相关系数为 0.7212, 相关性也很好, 即降雨与地表径流呈正相关, 降雨愈大, 地表径流愈多。

x_2 与 x_3 : 相关系数为 0.5197, 相关性较好, 即降水与林地蒸发较为密切, 这已为我们实验所证实^[6]。

x_1 与 x_3 : 相关系数为 0.3840, 相关较小, 说明蒸腾强度受降水影响, 是次要因素。降水影响温度、湿度、太阳辐射, 从而影响蒸腾强度。

x_1 与 x_4 : 相关系数为 0.2547, 相关性较差, 说明林木蒸腾与地表径流关系不密切。

总之, 经过相关分析表明影响林地土壤水分的主要因子是降水和林木蒸腾, 其次为林地蒸发, 影响最小的还是地表径流。

4 讨论

4.1 在黄土丘陵区, 包括半湿润区, 建造水土保持林, 最好选用抗旱性强、蒸腾作用小的针叶树种, 地点选择在阴坡或土壤含水量高的沟谷地带, 以减少对林木正常生长的影响。

4.2 对于深层土壤水分的上移规律, 尚待深入研究。

参考文献

1 农林草地水分论文专集. 水土保持(下转 12 页)

表3 洪泽湖大堤林台土壤的孔隙特征

地 点	土壤深度 (cm)	总孔隙度 (%)	无效+ 毛管孔隙 (%)	通风孔隙 (%)	土壤类型
铁水牛湾	25	48.81	44.51	4.30	粘土
	50	50.39	45.87	4.52	粘土
粮 站	25	46.58	40.30	6.28	壤土
	50	48.53	42.91	5.62	壤土

由上向下发展,因此,枝条也自上而下逐渐死亡。粮站长势强的柳树对病虫的抵抗力强,腐烂病发病率仅为17.41%。病菌侵入后,长势强的树能抑制病斑的扩展,恢复快。铁水牛湾的柳树长势弱,腐烂病发病率高达83.6%。总之根系发育不良的柳树,其地上部分长势也弱,易感病,病虫害反过来又更削弱树木生长。

2.2.6 插干柳树的品种 部分插干带病,增加了病源,相应使柳树发病率升高,加速死亡。

2.2.7 插干苗长及入土深度 一般插干长度超过130cm,入土深度60cm以上,在土壤粘重,含水率高、透气性差的情况下,插干柳树很难形成根系,地上部生长极弱,以致逐渐死亡。

2.2.8 管理因素 首先是土壤管理,植柳前土壤没有耕翻,植后亦没中耕松土,杂草丛生,土壤通气性得不到改善,其次是病虫害得不到及时有效的控制。这些因素的作用,使柳树长势严重减弱,甚至死亡。如杂交柳虽然成活率高,其抗病性也强,发病率低,但活而不发,生长缓慢,原因在于缺乏必要的耕作及防治病虫害、施肥促长等管理。

上述测定结果表明,洪泽湖大堤植柳成活率低的原因主要是林台土壤过分板结,含水量高,通气性差,影响柳树插干根系生长,难以形成骨干根。病虫害严重,以及缺乏管理,萌生枝条难以生长。

3 洪泽湖大堤防护林改造措施

3.1 改变传统的栽植方式,选用2年生扦插带根苗,用60cm×60cm坑,移植必须

保鲜,栽种时坑底施适量的有机肥。

3.2 柳树栽前全面深翻土壤,以改善土壤通气性,结合整地,去除茅草根。在地下水位高的地段,开挖排水沟,确保土壤不积水。

3.3 因地制宜开挖栽植坑或沟。对于土质较疏松、排水良好、地下水位低的地段,挖大坑,相当于耕翻土壤,同样有改善土壤通气性的效果。而对于土壤粘重、排水不畅、地下水位高的地段不宜采用,应在全面耕翻基础上,挖沟栽种。

3.4 选用优良品种,保证优育优生。

3.5 加强管理:中耕松土,每年1~2次;及时防治病虫害;在生长季节内追施1~2次氮肥,增强柳树长势。

3.6 采取块状混交。即将选定的落羽杉、中山杉、重阳木、121意杨、172杂交柳、黄山栎树6个适应性好、生长速度快、种植又比较经济的树种分块种植,重复进行,直到建成全里程的大堤防护林。

(上接5页)通报,1990,(6)

- 2 土壤水分与土壤肥力研究专集.中科院西北水保所集刊.1985,(2)
- 3 森林水文生态与水土保持效益研究专集.中科院西北水保所集刊.1991,(14)
- 4 李忠魁.关于水土保持林效益的讨论.水土保持通报,1995,(5):58~63
- 5 北京林学院主编.土壤学.北京:中国林业出版社,1985
- 6 黄土高原水土流失区林草植被建设专集.水土保持研究,1994,(3)
- 7 中野秀章著.李云森译.森林水文学.北京:中国林业出版社,1983
- 8 杨文治,等.黄土高原地区造林土壤水文生态分布区研究.水土保持学报,1994,(3):1~9