

辽宁东部山区几种主要森林植被类型水量平衡研究

高人

(中国科学院 南京土壤研究所 土壤圈物质循环开放实验室, 江苏 南京 210008)

摘要: 采用固定标准地观测方法, 在对辽宁东部山区 5 种主要森林类型降雨分配、植被层的蒸腾耗水及林地土壤蒸发的实际观测及对某些平衡因子(如径流量)通过简化水量平衡方程余项法推求基础上, 建立森林水量平衡关系。研究表明, 各林分类型生长季总蒸散量为 476.6~651.3 mm, 以林冠的蒸发散为主, 占同期总蒸散量的 73.5%~88.6%, 林冠下林地蒸发散为 69.3~126.5 mm, 占总蒸发散的 11.4%~26.5%; 林地不易发生地表径流, 生长季地下径流深 76.6~263.9 mm, 占同期降雨量的 10.3%~35.5%。各林间间水量平衡分量有很大差异, 针叶林总蒸散量明显高于阔叶林。

关键词: 森林水文; 水量平衡; 蒸发散

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2002)02-0005-04

中图分类号: S715.5

Water Balance of Major Forest Types in East Liaoning Mountainous Region

GAO Ren

(Laboratory of Mater Cycling of in the Pedosphere, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu Province, China)

Abstract The forest water balance relationships were established based on the rainfall redistribution by forests, water transpiration from vegetal strata, forest soil evaporation observed and measured in site by means of fixed standard plots method as well as other concerned factors (such as runoff) deduced as balances from the simplified water balance equations. The results showed that the total evapotranspiration ranged from 476.6 to 651.3 mm for the five forest vegetation types in growth season, in which the canopy evapotranspiration was the major part, ranged 476.6~651.3 mm, accounting for 73.5%~88.6% of the total; The forest field evapotranspiration under canopy changed from 69.3 mm to 126.5 mm, making up 11.4%~26.5% of the total; The groundflow depth ranged from 69.3 mm to 126.5 mm, sharing 11.4%~26.5% of the total; Surface runoff did not easily happen in forest fields, and ground flow depth ranged 76.6~263.9 mm, accounting for 10.3%~35.5% of the rainfall amount in the same period. There was much large difference among forest types in water balance components, showing that the total evapotranspiration for conifers was apparently larger than that for hardwoods.

Keywords forest hydrology; water balance; evapotranspiration

森林水量平衡是通过对水分的收入和支出系统进行定量分析, 来研究森林植被中水分的运动规律。水是森林生态系统中能量和物质循环的主要载体, 也是影响森林生产力的重要生态因子。研究森林水量平衡可以比较全面地认识水的分配状况, 以揭示水在运动中所具有的各种形式之间的内在联系, 从而通过森林的合理经营使森林生态环境朝着人们所期待的方向转化。

走向山脉构成, 自北向南有大黑山、吉林哈达岭山脉、千山山脉和老爷岭山脉, 地势由北向南逐渐升高。水系主要属辽河流域, 主要支流浑河、太子河, 东南有鸭绿江、浑江、绥河、大洋河, 主要分支水系均贯穿于东部山区。本区属于温带湿润的季风气候, 年降水量 750~1200 mm, 年均气温 5℃~8℃, 土壤多为棕色森林土和暗棕色森林土。全区属长白植物区系, 地带性植物群落为以红松为主的针阔混交林, 目前绝大部分已演变为天然次生林, 天然次生林已占该地区森林面积的 84%, 其中柞木林占 54%, 杂木林占 30%。人工林约占 16%, 以落叶松林、油松林、红松林为主。

1 研究区域自然概况

辽宁东部山区属于低山丘陵, 由几条 NE-SW

收稿日期: 2001-11-15

资助项目: 辽宁省自然科学基金项目 (92203004)

作者简介: 高人 (1963-), 男 (汉族), 辽宁宽甸人, 博士, 副教授, 主要从事土壤中氮素循环及其环境影响、农业非点源污染、环境生态方面的研究工作。E-mail: greatrenew@263.net

2 材料与方

在辽宁省实验林场地车沟工区的邻域范围内,选择具有代表性的 5 种森林植被类型作为固定标准地,标准地状况见表 1 实际观测的各水分平衡分量采用

传统方法测定,如林冠截留雨量筒法,蒸腾强度用快速称重法,蒸腾耗水量用公式估算(刘奉觉, 1991), 枯落物层蒸发量用网筐法,土壤含水率用烘干法,土壤容重、含水率用环刀法,对某些平衡分量(如径流量)通过简化水量平衡方程余项法推求。

表 1 固定标准地概况

林分类型	坡向	坡度	林龄 / a	密度 / (株·hm ⁻²)	平均胸径 / cm	平均高 / m	郁闭度	灌木盖度 / %
红松林	S	25°	33	1 630	16.8	11.6	0.85	10
落叶松	S	26°	34	1 030	19.2	18.4	0.75	35
油松	W	30°	33	1 600	12.3	12.6	0.75	30
柞木林	W	30°	—	1 600	14.4	11.6	0.70	45
杂木林	S	33°	—	1 030	11.9	8.3	0.70	35

3 结果与分析

森林水量平衡指大气降水到达森林作用面后的再分配状况。降水到达林冠表面,一部分被冠层所截留,直接消耗于物理蒸发,其余部分透过冠层(即穿透雨)或沿树干下落到林地(即茎流)或为林内降水。林内降水有一部分沿地表和以土体侧渗流形式流出,沿地表流出的部分称为地表径流,以土体侧渗流形式流出的称为土壤径流。林内降水中还有一部分以一维入渗运动补给地下水,这部分地下水在切割深度比较大的河道中流出而称为地下径流,在坡地则以入渗到土壤深层的形式出现称为深层入渗水量。林内降水中还有一部分被土壤蒸发到大气中,或被乔灌木、草本植物的根系所吸收,其结果也是通过植物蒸腾而到达大气中,总称为蒸发散。林内降水中的其余部分,则储存在土壤中。储存在土壤中水量增加为正,减少为负,总称为土壤储水量的变化。

另外,水量平衡因素还应包括地下水通过毛管支持水对水量平衡场的补给量。

森林地区的水量平衡包括水和水汽的转换。林内水的储存量的变化,类似热量平衡模型,若水平方向无水分交换。大气降水到达林冠后,在某一时段内,林内储存水的一部分以水汽的形式散发到大气中,另一部分仍以液体水的形式从林内流出,水的这种收支数量上的平衡关系常常以水量平衡方程表示。

林冠层水量平衡方程:

$$r + Q = (E_1 + E_1') + rf + rp + \Delta s + \Delta q \quad (1)$$

式中: Q ——乔灌木根系的吸水量

林冠下林地(以下简称林地)水量平衡方程:

$$rf + rp + f_2 = (E_2 + E_2') + (F_1 + F_2) + f_1 + Q + \Delta w \quad (2)$$

森林(包括林冠层和林地)水量平衡方程:

$$r + f_2 = (E_1 + E_2) + (E_1' + E_2') + (F_1 + F_2 + f_1) + \Delta s + \Delta q + \Delta w \quad (3)$$

林内空气中水含量 q 一般很小,其变化量 Δq 更小,可以忽略不计,各林分类型内植物体含水量的变化 Δs 与林木生长量和季节有关,它与生长量成正比,其值同降水量相比很小,也可以忽略不计(朱劲伟等, 1982)。由于坡地地下水埋藏较深,因而由毛管支持水补给植物根系活动层的地下水补给量 f_2 可视为 0。因此,(1)~(3)式可简化为:

$$r + Q = (E_1 + E_1') + rf + rp \text{ (林冠层)} \quad (4)$$

$$rf + rp = (E_2 + E_2') + (F_1 + F_2 + f) + Q + \Delta w \text{ (林冠下林地)} \quad (5)$$

$$r = (E_1 + E_2) + (E_1' + E_2') + (F_1 + F_2 + f) + \Delta w \text{ (森林)} \quad (6)$$

式中: r ——大气降雨量; rf ——茎流量; rp ——透过林冠降雨量; E_1 ——林冠物理蒸发量; E_1' ——林冠蒸腾量; E_2 ——地表物理蒸发量; E_2' ——地表植物蒸腾量; F_1 ——地表径流量; F_2 ——土壤径流量; f_1 ——深层入渗量; f_2 ——地下水补给量; Δw ——土壤储水量变化; Δs ——植物体含水量的变化; q ——林冠层空气中水汽含量变化

根据观测资料,5种林分类型水量平衡各分量的统计结果如表 2 表 3 所示。表中地表径流、土壤径流及深层入渗量(或地下径流)合并为一项,称做径流量,用水量平衡公式余项法求得。计算时段为 5 月初至 9 月末(生长季)。

表 2 不同林型生长季水量平衡

林分类型	降雨量 (mm %)	蒸发散			径流	土壤贮水变动值
		林冠蒸发散	林地蒸发散	合计		
油松	743.1/100	529.5/71.3	121.8/16.4	651.3/87.6	76.6/10.3	15.3/2.1
落叶松	743.1/100	483.9/65.1	97.1/13.1	581.0/78.2	138.3/18.6	23.8/3.2
红松	743.1/100	536.4/72.2	69.3/9.3	605.7/81.5	110.0/14.8	27.4/13.7
杂木	743.1/100	419.7/56.5	124.7/16.8	544.4/73.3	174.7/23.5	14.0/1.9
柞木	743.1/100	350.1/47.1	126.5/17.0	476.6/64.1	263.9/35.5	2.6/0.3

注: 各项单位“/”前为 mm,“/”后的数值为各水分平衡项占生长季总降雨量百分点,下表同。

表 3 不同林型林冠层生长季节水量平衡

林分类型	降雨量 (mm %)	蒸发散			径流	土壤贮水变动值
		林冠蒸发散	林地蒸发散	合计		
油松	743.1/100	218.0/29.3	311.5/41.9	529.5/71.3	525.2/70.7	311.5/41.9
落叶松	743.1/100	179.1/24.1	304.8/41.0	483.9/65.1	564.0/75.9	304.8/41.0
红松	743.1/100	199.0/26.8	337.4/45.4	536.4/72.2	544.1/73.2	337.4/45.4
杂木	743.1/100	173.1/23.3	246.6/33.2	419.7/56.5	560.0/75.4	246.6/33.2
柞木	743.1/100	171.3/23.1	178.8/24.1	350.1/47.1	571.8/76.9	178.8/24.1

注: 降水+ 由根系吸入水= 蒸发量+ 透过林冠水; 由根系吸入水即为林冠蒸腾, 林冠物理蒸发即为林冠截留, 根系吸入水可由水量平衡公式余项法求得。

表 4 不同林型林冠下林地生长季水量平衡

林分类型	林内降雨量 (mm %)	蒸发散			径流	被根系 吸走水	土壤贮水 变动值
		地表物理蒸发	地表植物蒸腾	合计			
油松	525.2/100	64.7/12.3	57.1/10.9	121.8/23.2	76.6/14.6	311.5/59.3	15.3/2.9
落叶松	564.0/100	41.9/7.4	55.2/9.8	97.1/17.2	138.3/24.5	304.8/54.0	23.8/4.2
红松	544.1/100	50.6/9.3	18.7/3.4	69.3/12.7	110.0/20.3	337.4/62.0	27.4/5.0
杂木	560.0/100	41.8/7.5	82.9/14.8	124.7/22.3	174.7/31.2	246.6/44.0	14.0/2.5
柞木	571.8/100	75.6/13.2	50.9/8.9	126.5/22.1	263.9/46.2	178.8/31.3	2.6/0.5

注: “径流”项由林地水量平衡公式余项法求得, 因而包括误差项在内; “/”后面数值为各水分平衡项占林内降雨量的百分点。

从表 2 可知, 各林分类型生长季总蒸散量变化范围为 476.6~ 651.3 mm, 占同期降水量的 64.1%~ 87.6%, 平均值为 571.8 mm, 占大气降水 76.9%, 其中以林冠蒸发散为主, 占同期降雨量的 47.1%~ 72.2%, 占同期总蒸散量的 73.5%~ 88.6%, 可见由于森林生态系统的存在, 抬高了作用层, 导致了以汽态水交换为主、液态水流出为次的水量分配格局。

林地径流大小及特点是森林水文效应的综合体现。输入森林中的雨水, 经过植被层蒸散、凋落物吸持及土壤蓄存, 多余的水都以径流的形式输出。根据我们的研究以及国内外大量同类研究, 证明林地很少或不产生地表径流, 到达林地的降水主要以土壤径流、深层入渗和(或)地下径流形式输出(詹鸿振等, 1989; Richard H. Waring et al, 1990), 表 2 中的径流项, 可以近似认为是土壤径流量、深层入渗量和(或)地下径流量。分析结果表明, 各植被类型总径流深的变化范围为 76.6~ 263.9 mm, 占同期降雨量的 10.3%~

31.5%, 平均值为 152.7 mm(变异系数为 47.1%), 占同期降雨量 20.5%, 充分体现了辽东山区森林巨大的拦蓄降雨和调节径流的作用。

林型间的各水量平衡分量之间有很大差异, 针叶林的总蒸散量明显高于阔叶林, 前者平均为 612.7, 后者为 510.5 mm; 针叶林的径流量明显低于阔叶林, 前者平均为 108.3 mm, 后者平均为 219.3 mm, 说明阔叶林较针叶林有更大的拦蓄降水、调节径流及涵养水源能力。在针叶林中, 落叶松林和红松林有较大的径流量, 前者达 138.3 mm, 后者超过 110.0 mm, 分别占降雨量的 18.6% 和 14.8%, 阔叶林中柞林木径流量最大, 达 263.9 mm 占降雨量的 35.5%。

林冠层的水量平衡关系表明, 林冠层蒸发散构成中林冠蒸腾为主分量, 林冠截留蒸发为次分量, 前者平均值 275.82 mm, 占大气降水 37.12%, 后者平均值 188.1 mm, 占大气降水 25.3%, 前者为后者的 1.5 倍, 林冠蒸发和蒸腾都表现为针叶林大于阔叶林。

林冠下林地水量平衡研究表明,林内降雨大部分被植被根系吸走用于冠层蒸腾及由林地蒸散损失掉,两者占林内降雨的 69.62%,针叶林是阔叶林的 1.27 倍,其中根系吸走的水分占林内降雨的 50.1%,林地蒸发散为 19.5%,前者是后者的 2.6 倍,由以上分析不难看出,水量平衡各分量之间的关系,主要是由下垫面的植被结构特征决定的,只要改变它的结构性质,使水量平衡和水分循环朝着人们所期望的方面变化,就可以营造一个有利于人类生息活动和促进国民经济发展的生态环境

4 结 论

辽宁东部山区 5 种主要森林类型生长季总蒸散量为 476.6~651.3 mm,占同期降雨量的 64.1%~87.6%。其中以林冠的蒸发散为主,占同期降雨量的 47.1%~72.2%,总蒸散量的 73.5%~88.6%。林冠下林地蒸发散为 69.3~126.5 mm,仅占同期降雨量的 9.3%~17%,总蒸发散的 11.4%~26.5%;林地不易发生地表径流,生长季地下径流深 76.6~263.9 mm,占同期降雨量的 10.3%~35.5%。各林型间水量平衡分量有很大差异。针叶林总蒸散量明显高于阔叶林,但地下径流量却明显低于阔叶林

[参 考 文 献]

- [1] 康文星,等.杉木人工林水量平衡和蒸散的研究[J].植物生态学报与地植物学学报,1992,16(2): 187-196.
- [2] 刘奉觉.树木蒸腾耗水量的测算方法[J].林业科技通讯,1991(1): 27-29.
- [3] 马雪华.森林水文学[M].北京:中国林业出版社,1993.
- [4] 齐亚东.天然柞木次生林的能量、蒸腾与蒸发的研究(硕士论文)[C].东北林业大学,1987.
- [5] 王礼先,等.森林水文研究及流域治理综述[J].水土保持科技情报,1990(2): 10-15.
- [6] 吴长文,王礼先.林地土壤孔隙的贮水性能分析[J].水土保持研究,1995,2(1): 76-79.
- [7] 向师庆.凋落物层对渗入底土水分数量影响的研究[J].林业科学,1999,13(4): 53-56.
- [8] 杨海军,孙立达,等.晋西黄土区森林流域水量平衡研究[J].水土保持通报,1994,14(2): 26-31.
- [9] 杨海军,孙立达,等.晋西黄土区水土保持林水量平衡的研究[J].北京林业大学学报,1993,15(3): 42-50.
- [10] 余新晓.降雨入渗与产流问题的研究进展和评述[J].北京林业大学学报,1991,13(4): 88-94.
- [11] 赵鸿雁,刘向东,吴钦孝.枯枝落叶覆盖下的土壤蒸发的数学模型[J].水土保持通报,1992,12(2): 61-64.
- [12] 朱劲伟,崔启武,史继德,等.红松林和采伐迹地的水量平衡分析[J].生态学报,1982,2(4): 335-343.
- [13] 朱劲伟,史继德,等.小兴安岭红松阔叶林的水文效应[J].东北林学院学报,1982(4): 37-44.
- [14] Bosch J M, Hewlett J D. A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration[J]. J. Hydrol., 1982, 11(2):
- [15] Brachtel H M, Fuhrer H W. Importance of forest hydrological benchmark-catchments in connection with the forest decline problem in Europe[J]. Agr. For. Meteor., 1994, 72: 89-89.
- [16] Bruijnzeel L A. Estimates of evaporation in plantations of Agathis Dammara Warb in south-central Java[J]. Indonesian Journal of Tropical Forestry Science, 1988, 1(2): 145-161.
- [17] Dunne T. Field studies of hillslope flow processes[M]. In: Kirkby, Hillslope Hydrology, John Wiley & Sons, 1978. 227-294.
- [18] Lee Richard. Forest Hydrology[M]. Columbia University Press, USA, 1980. 349
- [19] Putuhena W M, Cordery I. Estimation of interception capacity of the forest floor[J]. J. Hydrol., 1996, 180: 283-299.
- [20] Simon K H, Ritter G, Mraz K. Water balance for a spruce stand in the central Bohemian uplands[J]. Beitrage fur die Forest wirtschaf. 1985. 19(2): 65-69.

《水土保持通报》被编入《中国报刊精品荟萃》等

《水土保持通报》被收入《中国报刊精品荟萃》,该书系中国国际图书贸易总公司,在目前所代理海外发行的 5000 多种报刊中挑选的一小部分期刊编辑而成,主要用来向中国国际图书贸易总公司的海外代理宣传推广中国的刊物。

另外,根据中国科技期刊研究 2002 年第 1 期中“中国水利科技期刊综合评价初探”一文利用中国科技信息研究所 2001 年 1 月提供的中国科学技术期刊科学计量指标数据研究报告,《水土保持通报》影响因子在中国水利科技期刊中排名第 3,综合评价指标排名第 5,被列入中国水利科技期刊总体水平 24 强中。

《水土保持通报》编辑部