维普资讯 http://www.cqvip.com

第11卷 第4期
1991年12月

生 态 学 报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol.11, No.4
Dec., 1991

晋西北河北杨林水分生态的研究

王孟本 李洪建
（山西大学黄土高原地理研究所，太原）

摘 要

本文主要根据1989年的定位观测资料，对河北林杨的水分生态问题作了初步研究，结果表明：在年生长期中，河北杨的蒸腾强度日变化与气温日变化的关系很密切，但是蒸腾强度日变化与相对湿度日变化、蒸腾强度季节变化与气温季节变化或土壤水分季节变化的相关关系均不明显。此研究为进一步客观认识与合理规划经营人工林提供科学依据。

关键词：河北杨，水分生态，蒸腾强度，土壤水分平衡。

一、试验概况

试区气候：根据距本流域中心西北约9公里的所在县气象站1954—1973年纪录(1973年以后迁址较远)，年平均气温8.8℃，最热月平均气温23.9℃，最冷月平均气温－9.4℃；年降水量447.5mm，其中5—10月降水量393.2mm；年平均相对湿度48%。

供试林：试验地为24年生的河北杨林，位于流域中部的沙坪村南面，海拔1100mm左右。坡向东至东北，坡度一般10°左右。林木密度2220株/公顷，株高4.63m±1.10(平均值±标准误差，下同)，胸径 5.5cm±1.7。林分无灌木层，其草本层植物仅10余种，以披针叶黄华(*Thermopsis lanceolata*)和阿尔泰狗哇花(*Heteropappus altaicus*)为优势种。试验地土壤：基质为马兰黄土。土壤为栗褐土，全剖面养分贫乏。有机质含量低，速效氮、速效磷和速效钾很少(见表1)。

表1 河北杨林下的土壤养分分析(1989年10月)

Table 1 Analysis of soil fertility in the populus hopeiensis plantation

深度 (cm)	有机质 (%)	全氮 (%)	速效氮 (mg/100g)	速效磷 (mg/100g)	速效钾 (mg/100g)	pH
0—20	0.45	0.028	2.06	0.15	9.0	8.40
20—40	0.29	0.018	1.30	0.15	6.0	8.45
40—100	0.27	0.016	1.27	0.28	6.3	8.60

二、试 验 方 法

1. 蒸腾强度的测定 在使用"快速称重法"[1]时，我们采用了自己设计的"三次称重程序"。即剪下样枝后，立即称重，然后间隔3分钟，再第二次称重，随后把样枝上的叶子立

本文于1990年8月24日收到。

维普资讯 http://www.cqvip.com

即去掉，将枝干称重。蒸腾强度按

$$T_r = (a-b)\times 20/(a-c)$$

这一公式进行计算。式中T_r为蒸腾强度，以单位鲜叶重在单位时间内蒸腾耗水的重量表示，即：克水/克鲜重·小时(g/gf·h)；a、b、c各为第一、第二和第三次称重的克数；$a-b$即蒸腾耗水量，$a-c$即鲜叶重量。

采用"三次称重程序"的直接目的是在使测试样品更接近其自然蒸腾状态的条件下，使以单位鲜叶重计算蒸腾强度得以实现。其基本原理有二。其一是鲜叶从枝上摘下不象在枝上那样接近自然蒸腾状态，且鲜叶在采摘过程中失水量明显。其二是枝干在很短的时间里失水量极少，其重量在4分钟(测蒸腾耗水3分钟＋摘叶1分钟)内可假定为恒定不变。

蒸腾强度的测定时间为1989年5—10月。每月20日左右选一测定日，每日从6时始测至18时。每小时3个样枝，一般20分钟内即可测试完毕。样枝采自树冠中部。

2．土壤水分的测定 用烘干法测定土壤含水率。测深为0—300cm。11个土层的深度下限分别为10、20、40、60、80、100、120、150、200、250、和300cm。每层每次三个样品。1988年4月20日—10月20日，每月5日和20日各测定一次。1989年与1990年4—10月，每月20日左右测定一次。其中1989年5—10月在蒸腾强度测定日的当天或前一天进行。取样地段坡度10°左右。

3．降雨量、气温和相对湿度的测定 生长期降雨量用简易雨量筒实测。蒸腾强度测定日的气温和相对湿度，分别由自记温度计和自记湿度计记录。

三、试验结果与分析

1．蒸腾强度与诸因子的相关性

（1）蒸腾强度与气温的关系

图1为河北杨蒸腾强度与气温日变化的测定结果。如图1所示，一天内平均最低蒸腾强度出现在6时，最高蒸腾强度出现在12时，日变化曲线大致呈抛物线。气温的日变化趋势则略有不同，以6时最低，15时最高，18时亦相当高。

为了进一步探讨气温日变化与蒸腾强度日变化间的关系，根据生长期6个测定日蒸腾数值，以对应时刻河北杨蒸腾强度的平均值为因变量，以相应的气温平均值为自变量，拟合了蒸腾强度与气温的二次回归方程：

$$T_r = -0.1856 + 0.0272t - 0.0033t^2。$$

式中T_r＝蒸腾强度(g/gf·h)，t＝气温(℃)，$F_{(2,10)} = 5.0423$，$> F^{0.05}_{(2,10)} = 4.10$，说明河北杨蒸腾强度与气温日变化的相关关系很密切。

但是，另一方面，河北杨蒸腾强度与气温季节变化间的相关关系则不明显。这可能是由于河北杨蒸腾强度的季节变化节律受其生长发育节律的强烈制约所致。

（2）蒸腾强度与相对湿度的关系

图2为河北杨蒸腾强度与相对湿度日变化的测定结果。因1989年试验后期自记湿度计发生故障，此图系根据1989年5—7月3个测定日相应时刻的蒸腾强度平均值和相对湿度平均值

维普资讯 http://www.cqvip.com

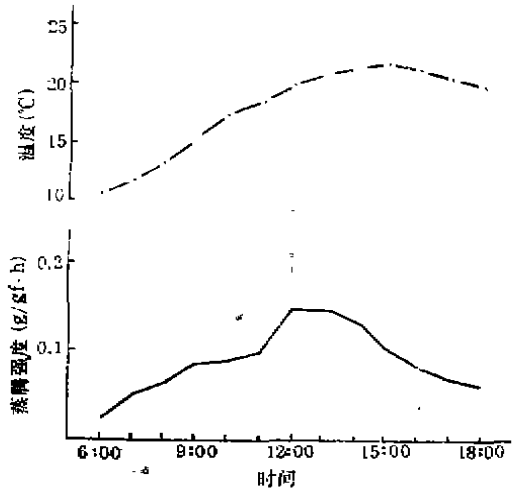

图 1　河北杨蒸腾强度与气温的日变化
Fig.1　Daily changes of the transpiration intensity of populus hopeiensis and the air temperature

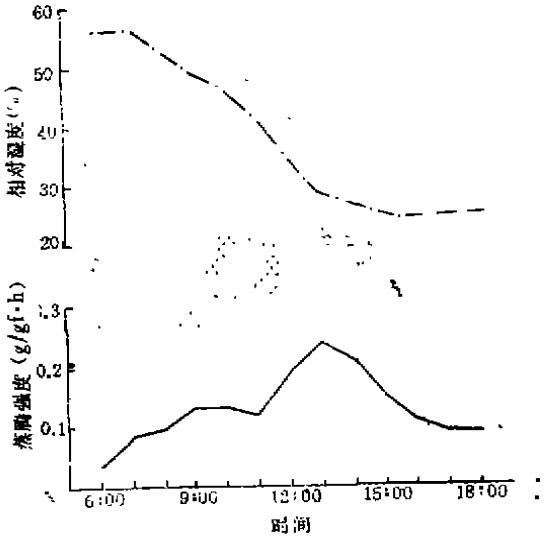

图 2　河北杨蒸腾强度与相对湿度的日变化
Fig.2 Daily changes of the transpiration intensity of populus hopeiensis and the ralative humidity

绘出。由图2可见，一天内蒸腾强度的日变化曲线与图1情形大同小异。但是，相对湿度的日变化为6—7时最高，16—18时最低。相关分析表明，蒸腾强度和相对湿度的相关关系不明显。

（3）蒸腾强度与土壤水分的关系

林木蒸腾消耗的水分补给，无疑要靠根系从土壤中吸收。但是测定结果却表明(图3)，土壤水分与河北杨蒸腾强度季节变化的相关关系不够明显。$r=0.7940$，$<r_4^{0.05}=0.8110$。其原因可能在于土壤水分的低含量和小变幅。因为1989年5—9月0—300cm土层的土壤含水率为6.35±0.67%。亦可能同样是由于河北杨蒸腾强度的季节变化节律主要是受季节生长发育节律所制约的缘故。

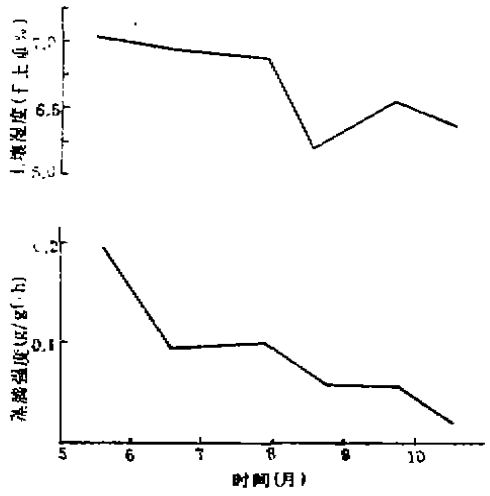

图 3　河北杨蒸腾强度与土壤水分的季节变化
Fig.3　Seasonal changes of the transpiration intensity of populus hopeiensis and the soil water

2．河北杨的蒸腾耗水量与林地蒸散量

在1989年5—10日期间，河北杨的蒸腾强度为 0.0896g/gf·h±0.0586。其蒸腾耗水量(mm)可按下式计算：

$$W=T_r\cdot h\cdot B\cdot 10^{-1}$$

式中W为蒸腾耗水量(mm)；T_r与h意义与前文所述相同；B为鲜叶生物量，以t/ha为单位。此式显然同时意味着水的比重在此以1g/cm³计算。

在估算每个月的河北杨蒸腾耗水量时，其各日的林木蒸腾强度均以当月测定日的平均蒸腾强度作为参考值。每日的蒸腾时数以13小时计算。各月的鲜叶生物量均以2.776t/ha为标准。此值系1989年8月对13株标准木进行测定所得。最终估算结果表明，河北杨在5—10月的蒸腾耗水量为59.6mm，占周期降雨量的

维普资讯 http://www.cqvip.com

18.5%(表2)。

与此同时，由于供试林地无地下水补给和深层水渗漏，不同时段的林地总蒸散量可按下式计算，即

$$ET = (W_1 - W_2) + (P - R_s)$$

表2 河北杨蒸腾耗水量的估算(1989年5—10月)

Table 2 Assessment of the water consumption from the populus hopeiensis transpiration

月 / 项目	5	6	7	8	9	10	计
蒸腾强度(g/gf·h)	0.1939	0.0965	0.1025	0.0612	0.0608	0.0228	
蒸腾耗水量(mm)	21.7	10.4	11.6	6.8	6.6	2.6	59.6
降雨量(mm)	12.0	102.3	92.0	44.2	66.0	6.0	322.5
蒸腾量/降雨量(%)							18.5

式中ET为耗水量；W_1为初期3m土层的储水量；W_2为末期3m土层的储水量；P为同期降雨量；R_s为同期地表径流量。

根据测定结果，1989年5—10月3m土层储水量的差额(即W_1—W_2)为40.0mm。同期降雨量322.5mm。同时根据林地对同期内最大强度的一次暴雨(即47分钟降雨31.7mm)的入渗量可达24.5mm，<25mm的各次降雨一般不会产生地表径流，>25mm的三次降雨(分别为50mm、31.7mm和30mm；各减24.5mm)的总地表径流估计值为38.2mm。

由此可计算出1989年5—10月林地总蒸散量为324.3mm。河北杨的蒸腾耗水量占此值的18.4%。

3. 林分土壤水分循环与平衡

(1) 土壤水分循环的水平或基点

据1988—1990年测试结果，各年4—10月0—300cm土层的土壤含水率分别为6.36%±1.13%、6.44%±0.66%和6.84%±0.80%。在不同年份中，林地土壤含水率大致在6.5%这个较小的常量(仅占田间持水量的41.40%)附近波动，说明河北杨林土壤水分循环的水平或基点的确较低。其特点且可用如下模式表示：

$$\text{低含水率} \xleftarrow[\text{蒸散耗水}]{\text{降水入渗}} \text{较高含水率}$$

(2) 土壤水分循环平衡情况

在1989年，5—10月的降水量为322.5mm，明显低于历年同期降水量平均水平，为缺水年份。由同期地表径流量为38.2mm，可知同期林分土壤水分入渗量为284.3mm(实际上包含植物截流量在内)。且由林分总蒸散量为324.3mm(亦含植物截流部分)，显然可知年生长期林分的土壤水分收入量远远小于支出量。这充分说明，在缺水年份，河北杨林土壤水分收支亏缺较为严重。

四、讨 论

1. 研究表明：河北杨的蒸腾强度为0.0896g/gf·h±0.0586。蒸腾强度日变化与气温

维普资讯 http://www.cqvip.com

日变化的关系很密切，但是蒸腾强度日变化与相对湿度日变化、蒸腾强度季节变化与气温季节变化或土壤水分季节变化的依存关系均不明显。生长期林分总蒸散量（324.3mm）为同期降雨量（322.5mm）的100.6%。河北杨蒸腾耗水量占同期降雨量的18.5%，占林分总蒸散量的18.4%。从水分循环的角度看，林分土壤水分循环的水平较低；在缺水年份，河北杨林土壤水分循环失调，水分亏缺程度严重。

2. 林木蒸腾量在林分蒸散量中占比率较小，究其原因，有两点值得引起注意。一是由于林地土壤十分贫瘠，从而限制了林木对土壤水分的实际利用量和利用率。因此，在进一步营造河北杨林时，不仅应注意到水分问题，而且要充分注意到土壤肥力问题。不但造林地应具备一定的养分条件，在林分生长发育过程中，亦应给林分增施各种养分，以肥调水，充分利用有限的水资源。在一些不宜营造乔木林的地方，营造柠条（*Caragana korshinskii*）等灌木林可能更适宜。因为在土壤更贫瘠和土壤水分循环水平更低的情况下，柠条林仍能较为正常地生长和发育[2]。第二种原因可能是林龄偏大，林木生理机能已趋于衰退，宜及时采取林分更新措施。

参 考 文 献

〔1〕E. M. 拉甫连柯等（陈昌笃等译），1965，《野外地植物学》（第一卷），第398—420页，科学出版社。
〔2〕王孟本等，1989，柠条林土壤水分生态环境特征研究初报，中国科学院、水利部西北水土保持研究所集刊，第10集，第155—160页，陕西科学技术出版社。

STUDIES ON WATER ECOLOGY OF THE POPULUS HOPEIENSIS PLANTATION IN NORTHWESTERN SHANXI

Wang Meng-Ben　Li Hong-Jian
(*Institute of Loess Plateau Shanxi University, Taiyuan*)

The research results show that the transpiration instensity of populus hopeiensis was 0.0896±0.0586g/gf·h. The correlation between daily changes in the transpiration intensity and the air temperature was quite significant, but the correlation between the seasonal changes of the former and the latter, and the correlation between the seasonal changes of the former and the relative humidity or the soil water were not significant. The water consumption of the community evapotranspiration was equal to the precipitation roughly during the growing season. The water consumption through tree transpiration accounted for 18.4% of the water consumption by the forest evapotranspiration and 18.5% of the precipitation during the same period. Judged by water cycle, the level of water cycle in soil was quite lower, and great amount of water deficit in soil arose in a dry year of the forest.

Key words: populus hopeiensis, water ecology, transpiration intensity, soil water equilibrium.