

田间供水与杨树生长关系的研究

I. 供水处理对杨树生长、 树体结构和叶量的影响*

刘奉觉 郑世锴 臧道群

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘 要

在集约栽培的杨树人工林中作了小区灌溉试验,进行了林木生长指标、水分生理指标与供水量关系的研究。结果表明,供水大大促进了林木生长,其树高、胸径和材积的年增长量均随供水量的提高而增加。1983—1986年其树高、胸径、材积分别比对照增加17.2—24.6%、10.7—22.1%和22.0—42.6%。供水还影响到树体的结构,有利于同化产物向枝条中运输与积累,促进了树干、枝条、叶数与叶面积的增长。

关键词 杨树人工林; 林木蒸腾作用; 蒸腾耗水量; 林木需水量; 材积增长量

在我国平原地区杨树栽培历史上,七十年代兴起营造杨树速生丰产林,对发展林业具有很重要意义。它的经济效益、社会效益与生态效益,正在被人们所认识。灌水是杨树人工林速生丰产的重要措施之一,如何有效地利用水分获得高产,这是当前人工林生产上亟待解决的问题。所谓合理灌水就是按照环境因子的变化和林木生长的需要,科学地确定林木不同时期的需水量,按时、按量地向林木供应水分,尽量作到科学用水,以合理的灌水量换取更多的木材。

在林木生长过程中,根部吸收的水分绝大多数用于蒸腾消耗,因此林木蒸腾耗水规律是研究林木需水量的基础。林木材积产量对田间供水的反应则是估算需水量的依据。为了探讨集约栽培杨树人工林的合理灌水量,我们从研究林木水分生理指标入手(叶含水率、水分亏缺、水势、蒸腾速率、组织液浓度等),聚焦到林木蒸腾作用上^[1]。研究了估算树冠蒸腾耗水量的方法^[2];探讨了蒸腾耗水量与材积增产量之间的关系和材积产量对供水量的反应。据此提出估算人工林需水量的方法和I-69杨人工林需水量表,作为林木灌溉用水的参考。

本文于1987年12月28日收到。

* 此项研究为“杨树丰产栽培中间试验”(国家科委合同项目)的一部分。王世绩参预试验设计, 臧忠福、刘雅荣、杨炳才、徐宏远、王永江等先后参加过造林及部分测定工作。本文初稿承侯治溥研究员、王世绩副研究员以及美国加州大学 Dr. T. C. Hsiao 提出宝贵意见。试验得到山东省临沂地区林业局、莒县林业局和甘里乡的支持, 于现、郭春等同志协助测定, 谨此一并致谢。

一、试验地区的自然概况

试验地设在山东省莒县甘里乡。地处东经 $118^{\circ}50'$ ，北纬 $35^{\circ}35'$ ，东邻黄海较近，属海洋性与大陆性的过渡型气候，年平均气温 12.1°C （ $-20.0-39.4^{\circ}\text{C}$ ），无霜期187天左右， 10°C 以上活动积温 4081.5°C ，平均年降水量850mm，平均全年日照2598h，年平均相对湿度71%，试验地土壤为河流冲积沙壤土，pH7.0—7.3，容重 $1.43-1.47\text{g}/\text{cm}^3$ ，有机质含量0.3—0.4%，全N、P、K含量分别为0.03%、0.12%和3.36%，速效N、P、K含量分别为4.04、0.099和 $3.09\text{mg}/100\text{g}\text{土}^*$ 。地下水位2m左右。

二、试验材料与方法

试验林为集约栽培的I-69杨(*Populus deltoides* Bartr. cv. "Lux" ex. I-69/55)人工林。1982年春季造林，因气候干旱定植后全部平茬，株行距 $3\times 6\text{m}$ ，造林前植树行进行条带深翻(带宽2m，深1m)，每株施土杂肥15kg，以后每年生长季节追施化肥2—3次。1982—1984年实行农林间作，行间种植冬小麦和甘薯(一年两季)。试验林长势旺盛，均匀整齐，1983年初树高5m左右，胸径5cm左右；1984年末树高10—12m，胸径12—14cm；1986年末树高16—19m，胸径17—23cm。大多数林木已经达到当地小径商品材标准。

从1983年开始进行灌溉试验，划分为7个试验小区(小区面积 0.45ha)，1983—1985年用滴灌管道供水，分小区用水表记录水量。1986年改用畦灌，按进畦水流速与时间计算灌水量。天然降水量从当地气象站抄录。

试验设三级供水水平，一级和二级供水设2次重复，对照设3次重复：

① 对照：仅有天然降水；

② 一级供水：天然降水加人工计量灌水；

③ 二级供水：天然降水加人工计量灌水，其人工灌水量约为一级供水的2倍。

除灌水以外的其它田间管理措施，各小区均保持一致。

1983—1986年各试验区的天然降水量与人工供水量列入表1。应当指出，由于各年气象因素(尤其是降水量)的变化及多种因素的影响，实际的田间供水量有时难于与试验设计相一致。1983年气候较干旱，人工供水较多，一级人工供水量相当于天然降水量的46.4%，二级供水量相当于87.3%，各试验区间供水差异是明显的。而1984年降雨较多，一级与二级人工供水量分别相当于天然降水的19.3%和31.9%，各试验区间供水量档次没有拉开。1985年和1986年，人工供水量过少，时间安排有时也不适当。尽管如此，各年不同供水的林木生长量仍表现出明显的差别。

试验期间测定的指标有：

1. 林木蒸腾速率 用KS-016A快速天平称重法进行。在1983、1984和1986年的生长季节，每月中旬选择1—2个晴天作为测定日，从日出到日落每隔2小时测定1次，取样部位为树冠南面中层枝条上的功能叶。1984与1986年，用稳态气孔计进行对比测定。根据蒸腾速率

* 试验地土壤分析资料承刘寿坡先生提供。

表 1 试验处理的降水量与人工供水量*(mm)

年	供 水	月								合计	人工供水 相当天然 水 (%)
			4 (下旬)	5	6	7	8	9	10		
1983	天然降水		4.1	37.9	33.4	144.2	81.0	61.3	66.5	428.4	—
	一级人工供水		0	0	32.1±6.1	52.2±1.1	85.2±14.0	47.8±2.1	8.3±0.8	198.6	46.4
	二级人工供水		0	0	51.6±6.9	102.2±2.1	112.4±0.5	90.8±5.4	17.2±6.2	374.2	87.3
1984	天然降水		17.4	41.8	123.3	259.8	132.1	124.1	17.3	715.8	—
	一级人工供水		8.2±0.4	50.3±5.9	19.9±0.8	6.3±0.1	19.7±0.2	15.1±0.1	18.8±3.0	138.3	19.3
	二级人工供水		8.5±0.4	63.0±6.7	41.8±0.1	13.2±0.0	38.6±1.6	29.8±0.0	33.1±0.0	228.0	31.9
1985	天然降水		17.9	104.7	20.4	163.4	77.2	85.6	60.8	530.0	—
	一级人工供水		0.4±0.0	26.1±0.3	128.0±0.0	0	3.3±0.0	0	0	157.8	29.8
	二级人工供水		0.4±0.0	45.7±1.8	128.0±0.0	0	11.0±0.0	0	0	185.1	34.9
1986	天然降水		15.4	20.5	78.3	166.5	101.4	29.4	34.5	446.0	—
	一级人工供水		65.7±19.6	28.6±0.0	0	200.2 ±43.3	0	0	0	294.5	66.0
	二级人工供水		134.8±32.2	57.4±0.0	78.3±0.0	279.3±8.1	0	0	0	549.8	123.3

* 人工供水量用“重复小区平均供水量±标准差”表示。

在时间和空间上的变异规律提出的树冠蒸腾耗水量估算出树冠蒸腾耗水量^[2]。

2. 林木生长量 各试验小区设立标准木30株,生长季节每隔半月或1月测量1次胸径与树高,以其平均值按下式计算材积^[3]:

$$V = 0.00572 + 0.66667d^2h - 0.63862d^3h + 0.66056d^2 + 0.39450d^2h \lg d$$

3. 树冠叶面积与叶鲜重 每月测定1—2次。1983年用标准叶计数法,即先将待测树(平均木)的单叶按面积大小划分5个等级(标准叶),逐枝计算树冠各等级的叶数,叶数与相应标准叶面积的乘积总和为树冠叶面积。1984和1986年改用标准枝法,每处理区按平均胸径选择5株标准木,按其树冠自然状况分为三层,分层选取标准枝,截枝摘叶称鲜重,该鲜重与该层枝数的乘积即为该层叶鲜重。树冠各层叶鲜重之和即为该株树冠的叶鲜重。用5株标准木的平均值代表处理区的树冠叶鲜重,按同时测定的叶面积与叶鲜重比值(20次重复的平均值)推算树冠叶面积。

三、试验结果与分析

(一) 供水处理对树高、胸径及材积的影响

4年试验结果(表2)说明供水促进了树高和胸径的生长。生长量随供水量的高低而增减,头两年的树高和胸径分别比对照增加了17.2—24.6%和10.7—22.1%。后两年有些数据反常的原因与供水量过少及修枝不当有关。

材积增长量对供水反应很有规律性,4年结果一致,供水增加则材积产量增大(表2、图1)。尽管后两年供水量不足,但材积生长仍能发挥优势(树体的高大与根系的发达),可见杨树人工林初期加强灌水是很重要的。

图2说明树高、胸径与材积的生长速度随供水量提高而增加。图2还显示出各处理区

表 2 不同供水处理的年生长量

年 处	生长指标 理	树 高		胸 径		单 株 材 积		公顷 材 积 (m ³ /ha)
		m	占对照 (%)	cm	占对照 (%)	m ³	占对照 (%)	
1983	对 照	3.26 ± 1.02 ^{b_a*}	100	5.03 ± 1.02 ^{c_b}	100	0.01415 ± 0.00614	100	7.80
	一级供水	3.85 ± 0.51 ^{a_b}	117.8	5.57 ± 1.12 ^{b_b}	110.7	0.01727 ± 0.00375	122.0	9.60
	二级供水	3.99 ± 0.36 ^{a_a}	122.4	6.14 ± 0.99 ^{a_a}	122.1	0.01963 ± 0.00161	135.2	10.95
1984	对 照	3.38 ± 1.16 ^{b_a}	100	4.22 ± 0.95 ^{b_b}	100	0.03592 ± 0.00164	100	19.95
	一级供水	3.96 ± 0.32 ^{a_b}	117.2	4.68 ± 0.56 ^{a_a}	110.9	0.04693 ± 0.00126	130.7	26.10
	二级供水	4.21 ± 0.66 ^{a_a}	124.6	4.71 ± 0.55 ^{a_a}	111.6	0.05122 ± 0.00830	142.6	28.50
1985	对 照	3.36 ± 0.56 ^{a_a}	100	3.71 ± 0.02 ^{a_a}	100	0.06056 ± 0.01148	100	33.60
	一级供水	3.20 ± 0.57 ^{a_a}	95.2	3.46 ± 0.11 ^{a_a}	93.3	0.06652 ± 0.00515	109.8	36.90
	二级供水	3.17 ± 0.24 ^{a_a}	94.3	3.44 ± 0.11 ^{a_a}	92.7	0.06939 ± 0.00561	114.6	38.55
1986	对 照	2.10 ± 0.18 ^{b_b}	100	2.13 ± 0.35 ^{a_a}	100	0.05573 ± 0.00224	100	30.90
	一级供水	3.60 ± 0.0 ^{a_a}	171.4	1.80 ± 0.20 ^{a_a}	84.5	0.06575 ± 0.00634	118.0	36.45
	二级供水	3.70 ± 0.20 ^{a_a}	176.2	1.95 ± 0.15 ^{a_a}	91.5	0.07357 ± 0.00153	132.0	40.80

* 表中“平均值 ± 标准误”后面字母表示差异显著性检验结果(t)，字母相同者差异不显著，不同者差异显著；上行字母表示 P < 0.05，下行 P < 0.01。

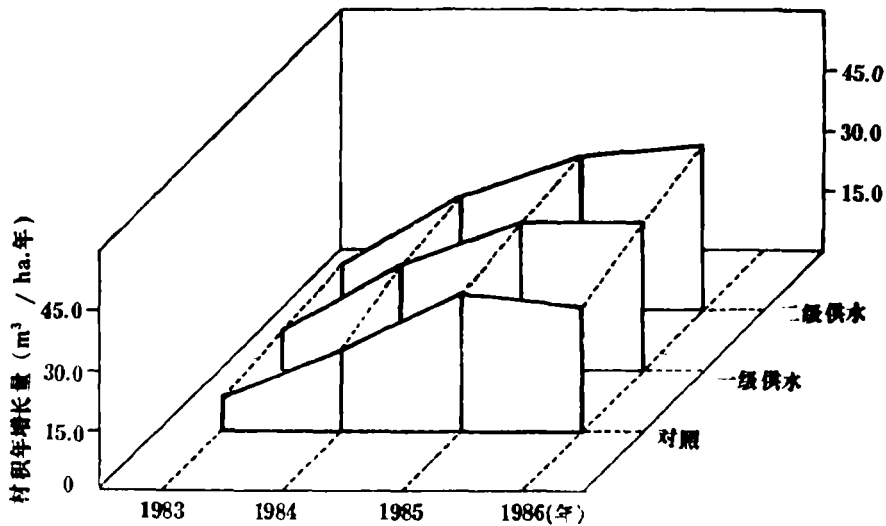


图 1 不同供水处理年材积产量的变化(1983—1986)

共有的林木生长节律性：树高生长速度年变化呈单峰曲线，高峰生长期在6月中旬至8月，胸径生长每年有两个峰值，一次在生长初期(5—6月)，另一次在7—8月。此节律与王明

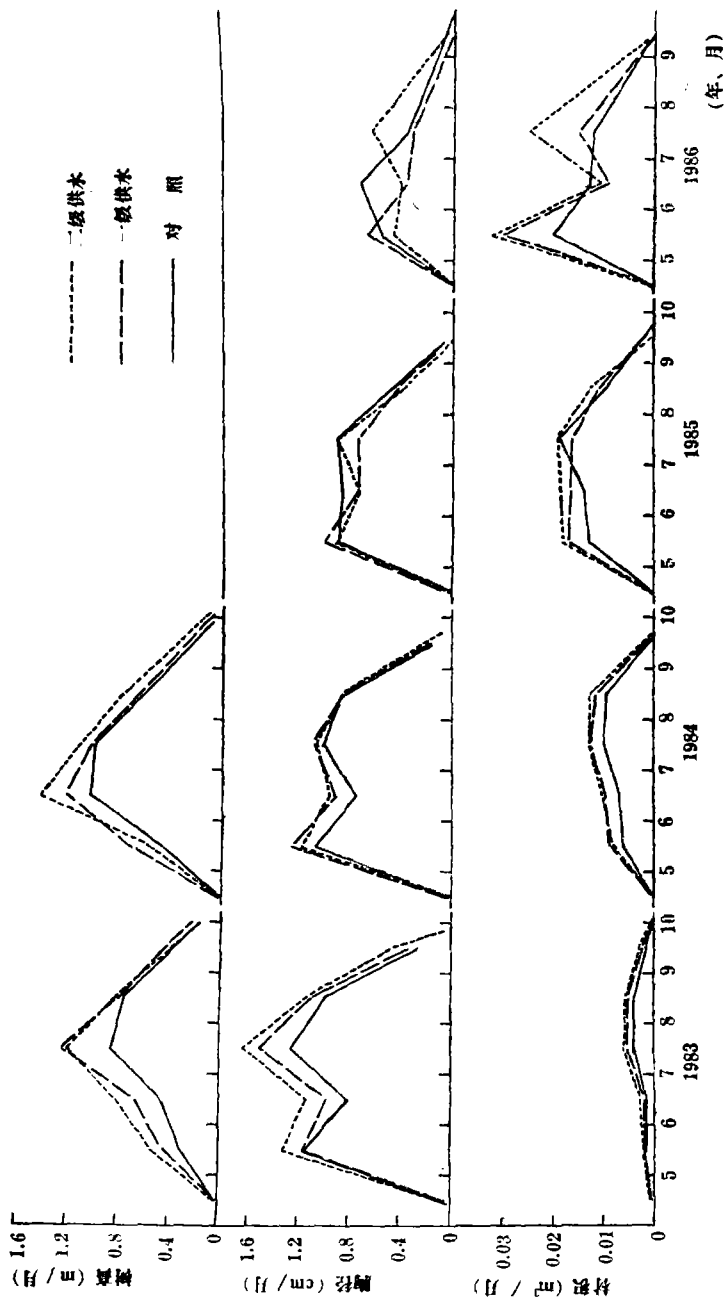


图 2 不同供水处理下树高、胸径和材积生长速度的变化

麻等在江苏泗阳的测定结果大体一致^[4]。

(二) 供水对树体结构的影响

1. 树干与枝条 1986年4月3日在每小区选2株标准木,调查树干枝条状况(表3),结果表明树干重量、枝条长度与重量均随供水标准的提高而增加,其增加幅度:树干重量为55.8—101.1%,枝长26.2—31.8%。枝重79.5—138.5%,而枝条数增加较少,不超过10%。值得注意的是供水处理提高了枝条与树干的干重比值17.9—21.4%。可以认为是供水影响树体内光合产物的分配与累积,从而促进了同化产物向枝条中积累,使枝条长度与重量增长较多。

2. 枝条与叶 从1984年7、8月枝与叶的干重(表4)看出,与对照相比,供水促进枝重增加109.6—130.6%,叶重增加65.1—87.6%,同样也增加了同化产物在枝中累积的比值24.2—27.8%,这种影响有利于枝条的加粗与延伸。

上述不同处理的树干、枝条和叶的比较,表明随着供水的增加,树冠各部位物质重量也增加,它们所占的空间相应也扩大,枝条增重与延伸效应尤为突出。

(三) 供水对林木叶数和叶面积的影响

1. 叶面积指数的变化 叶面积指数是林木捕获光能进行光合作用的面积指标。由图3看出不同处理叶面积指数逐月逐年的变化。供水对叶面积影响很大,至生长季节各月中,对照处理的叶面积指数最小,一级供水居中,二级供水最大,仅有极少数例外。灌水对叶面积指数的效应以1983年7月15日的叶面积指数为例,一级供水比对照增加了80.8%,二级供水增加了237.0%。截止到1986年8月,对照的叶面积指数为4.58,一级供水为5.14,二级供水为7.65。生长季节各月的叶面积指数呈单峰状变化,8月叶面积最大。另外,图3还显示出叶面积指数随树龄而增加。

表3 不同供水处理林木(4年生)的树干枝条状况

处 理	树 干				枝 条				枝条与树									
	树 高 (m)	地 径 (cm)	胸 径 (cm)	重 量 (kg)	鲜 重 (kg)	含 水 率 (%)	干 重 (kg)	个 数 (%)	一 级 (%)	二 级 (%)	干 重 比 (%)	比 值 (%)						
													鲜 重 (kg)	干 重 (kg)	鲜 重 (kg)	干 重 (kg)		
对 照	13.6	16.0	14.2	27.6	64.0	55.9	27.6	52	101.6	100	1.95	100	15.8	50.4	7.8	100	0.28	100
一 级 供 水	15.8	19.6	16.9	43.0	104.8	59.0	43.0	56	137.5	135.3	2.46	126.2	30.8	54.5	14.0	179.5	0.33	117.9
二 级 供 水	16.7	21.5	18.0	55.5	125.8	55.9	55.5	57	146.4	144.1	2.57	131.8	39.8	53.2	18.6	238.5	0.34	121.4

表3

表 4 不同供水处理树冠枝重与叶重的变化(1984)

处 理	项 目 月 日	枝		叶		枝 与 叶 的 干 重 比		
		干 重 (g/株)	占同期对照 (%)	干 重 (g/株)	占同期对照 (%)	比 值	平均比值	%
对 照	7.4	3436.9	100	3463.7	100	0.992	0.968	100
	8.17	5381.7	100	5705.6	100	0.943		
一 级 供 水	7.4	7204.5	209.6	6048.4	174.6	1.191	1.237	127.8
	8.17	12091.2	224.7	9422.4	165.1	1.283		
二 级 供 水	7.4	7503.8	218.3	6497.3	187.6	1.155	1.202	124.2
	8.17	12410.9	230.6	9933.9	174.1	1.249		

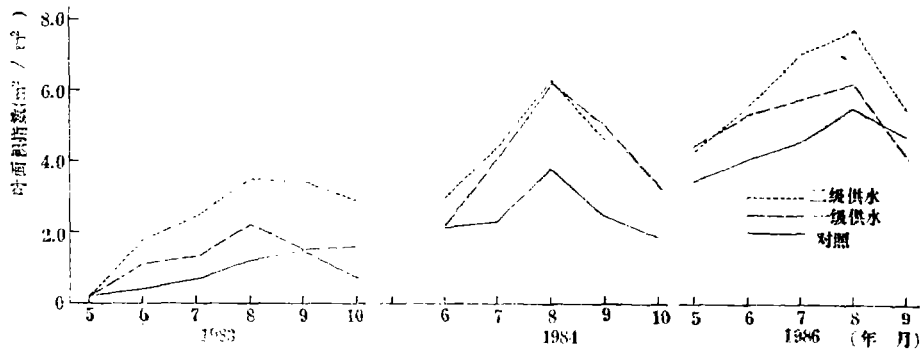


图 3 不同处理叶面积指数的变化

2. 叶数和单叶面积的变化 供水处理的叶面积指数的增大是叶数增多和单叶面积扩大的结果(表 5)。

由上可见, 供水促进了树冠叶数的增加和单叶面积的扩大, 从而使叶面积指数增大。Isebrands 等也证明了集约栽培促进杨树叶数增加和单叶面积扩大^[6]。叶子是杨树进行光合作用制造同化产物的主要器官, 叶面积的大小直接影响着光合产物累积的多少, 3 年结果证明叶面积的增大促进了林木的材积增产(表 6)。

表 5 单株树冠叶数与平均单叶面积的变化(1983)

项 目	处 理	6 月		7 月		8 月	
		值	%	值	%	值	%
树 冠 叶 数 (枚/株)	对 照	1669	100	2159	100	2384	100
	一 级 供 水	3324	199.2	3827	177.3	4629	194.2
	二 级 供 水	5103	305.8	5226	242.1	5369	225.2
平 均 单 叶 面 积 (cm ² /枚)	对 照	46.5	100	60.8	100	91.8	100
	一 级 供 水	58.2	125.2	62.3	102.5	—	—
	二 级 供 水	62.7	134.8	84.6	139.1	117.8	128.3

表6 不同供水的树冠叶面积与材积产量

年 份	处 理 目 的	生长季节平均单株叶面积		单 株 材 积 年 增 量	
		m ²	占对照(%)	m ³	占对照(%)
1983	对 照	17.4	100	0.00980	100
	一 级 供 水	27.6	158.6	0.01475	150.5
	二 级 供 水	50.2	288.5	0.01995	203.6
1984	对 照	48.0	100	0.03628	100
	一 级 供 水	78.4	163.3	0.04589	126.5
	二 级 供 水	82.4	171.7	0.05709	157.4
1986	对 照	80.3	100	0.05442	100
	一 级 供 水	91.4	113.8	0.05941	109.2
	二 级 供 水	115.1	143.3	0.07509	138.0

四、讨 论

(一) 通过供水对杨树生长影响的分析, 可以认为, 材积增产效应主要是通过供水促进树冠叶数、单叶面积和叶面积指数的增加, 扩大了受光面积。林木光合生产的“源”(Source)的增加, 使光合产物较多地向枝条运输与累积, 枝条的加粗使运输通道扩大, “源—库(材积)” (Source—sink) 关系进一步沟通。林木水分状况的改善, 又促进了叶面积的扩大, 如此形成一种良性反馈关系。因此, 叶面积状况是林木栽培中很值得重视的问题。

(二) 供水十分显著地促进材积增产, 经济效益得到提高。据计算, 1984—1986年, 供水处理的人工林产值扣除水费的纯收入在500—1500元/公顷之间, 投资经济系数在5.3—14.6之间, 即每1元水费投入可得到利润5.3—14.6元。可见加强灌水是林木速生丰产的重要措施。至于如何合理灌水, 供水量与材积产量的关系等问题, 将在下文讨论。

STUDIES ON RELATIONSHIP BETWEEN WATER SUPPLY AND GROWTH IN A POPLAR PLANTATION

I. THE EFFECT OF WATER SUPPLY ON GROWTH, ARCHITECTURE AND LEAF QUANTITY OF TREE

Liu Fengjue Zheng Shikai Zang Daoqun

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract

An irrigation experiment was conducted in an intensively cultivated poplar plantation (*Populus deltoides* Bartr. cv. “Lux” ex. I-69/55) in 1983—1986. The relationship between the indices of tree growth, water physiological

indices and water supply in the field was studied. The results reveal that artificial water supply can greatly promote the growth of tree. In comparison with the control (rainfall only) the average height, D. B. H. and volume increment increased by 17.2—24.6%, 10.7—22.1% and 22.0—42.6% respectively under irrigation. Water supply has a great influence upon the structure of tree, increasing dry weight of stem and branch, leaf number and leaf area, favouring the accumulation of assimilation and it's transport to branch.

The enlargement of leaf area of crown promotes the increase of volume increment.

Key words: poplar plantation; transpiration of tree; transpiration water-consumption; water requirement; volume increment

(to be continued)

参 考 文 献

- [1] 刘奉觉、郑世锴、臧道群, 1986, 杨树几个水分关系的主分量分析, 植物生理学通讯, (3):13—16。
 [2] 刘奉觉、郑世锴、臧道群, 1987, 杨树人工幼林的蒸腾变异与蒸腾耗水量估算方法的研究, 林业科学营林专辑, 23:35—44。
 [3] 高丽春等, 1984, 黑杨派四个无性系立木材积表的编制, 南京林学院学报, (1):131—138。
 [4] 王明麻等, 1979, 黑杨派三个新无性系的性状分析, 林业科学, 15(1): 9—14。
 [5] Isebrands, J. G. & Nelson, N. D., 1982, Crown architecture of short-rotation, intensively cultured *Populus* II. Branch morphology and distribution of leaves within the crown of populus "Tristis" as related to biomass production, Can. J. For. Res. 12(4):853—863.

加速我院科技开发工作的进展

中国林业科学研究院于1987年12月4—7日, 在大岗山实验局召开了第一次林业科学技术开发工作会议。

会议总结了1984年以来我院科技开发工作的成绩。从事科技开发立项的单位, 由1984年前的1个增加到12个; 成交合同1011项, 比1984年前增加了19.8倍; 成交金额624.9万元, 增加了14.1倍; 单位收益金额318万元, 增加了18.6倍。科学技术开发所产生的社会经济效益可以估价的金额达256亿元。林研所研制的ABT生根粉, 已在26个省市, 4千多个单位进行了推广, 经济效益达800多万元。利用生根粉致富的万元户已有几百户。小陇山的次生林改造280万亩, 经济效益达1.26亿元。竹荪素有“真菌之花”、“蘑菇皇后”之称, 亚林所人工培养的竹荪菌种, 五平方米可收干品1kg, 按国内价计算可获利100—140元, 在5个单位22400m²的试种, 产值可达112万元。木材所签订的横向合同有624项, 合同金额达175万元。研制的马尾松改性制品, 打开了国际市场的大门。SD-I湿粘性封边胶低带技术, 救活了一个面临倒闭的城镇集体企业, 创产值80万元。林化所科技开发的收入年均可达50万元。

会议期间初步拟定了“七五”后三年科技开发项目70项, “八五”期间科技开发规划(设想)项目60项。为了面向经济建设, 加速我院科技开发工作的进展, 会议要求的几点措施有: ①提高科技开发工作的战略地位; ②搞好多层次的开发; ③健全机构, 充实人员; ④随时总结经验教训。

(中国林科院 吕启光)