

干旱地区杨树速生丰产林灌水与林木生长的关系*

陈兰岭 辛忠智 李宝琪

郑世锴 刘奉觉

(宁夏回族自治区林业技术推广总站)

(中国林业科学研究院林业研究所)

关键词 杨树丰产林, 林木灌溉

70年代以来, 集约栽培的杨树人工林(杨树速生丰产林)在我国有了快速的发展, 收到了显著的经济效益与生态效益。这种人工林近年正在向我国西北干旱地区发展。据宁夏青铜峡市树新林场试验, 合作杨速生丰产林的经济效益比过去提高了3~5倍¹⁾。我国是一个水资源短缺的国家, 干旱地区林木丰产栽培中灌水是关键的措施, 如何科学用水, 节约用水, 利用较少的灌水量得到较多的木材, 即所谓林木节水栽培, 是当前干旱地区人工林发展的重要问题。到目前为止, 这个问题在干旱地区没有进行过系统的研究。为了探讨干旱地区杨树速生丰产林合理用水技术, 于1989年设置了林木灌溉试验, 系统地测定了田间供水量、林木生长指标与水分生理指标, 分析供水对生长和水分生理过程的影响, 为林木节水灌溉技术提供依据。

1 试验地区的自然概况

试验地设在宁夏回族自治区永宁县国营黄羊滩农场。位于宁夏平原西部, 贺兰山东麓的洪积扇内, 地处106°31' E, 38°01' N, 海拔1131 m, 属温带大陆性气候, 年平均气温8.5℃(-30.6~39.3℃), 10℃以上活动积温3267.5℃, 年平均气温日较差13℃, 平均年降水量202 mm, 其中70%集中在7~9月, 年蒸发量1660 mm, 为降水量的8.2倍, 无霜期155天左右, 平均全年日照时数3032.7 h, 年辐射热量为148000 cal/cm², 年平均相对湿度59%。春季多大风, ≥8级以上的大风天数, 每年13.3天, 沙暴日数7.4天。土壤为淡灰钙土, 质地为沙壤土, pH 8.11, 含盐量0.085%, 有机质含量0.76%, 全N与全P含量分别为0.046%与0.063%, 水解N与速效P为37.5 ppm与11.2 ppm, 地下水位1.5 m。

2 试验材料与方法

试验林为集约栽培的合作杨(*Populus simonii* × *P. pyramidalis* cv. 'Opera 8277')人工林。1986年春季, 选择高5~6 m、胸径3.0~3.5 cm的截根苗, 用钻孔深栽法栽植, 钻孔深度1.5 m, 株行距3 m × 8 m, 行间中耕保墒, 每年灌水3次, 施化肥1次。试验林成活

本文于1990年8月7日收到。

*此项研究为国家“七五”攻关项目“人工林集约栽培技术”的一部分。承宁夏国营黄羊滩农场热情支持, 张瑞军、叶克富、张荣慧、殷古琼协助测定, 谨此一并致谢。

1) 青铜峡市树新林场、宁夏林科所, 1984, 杨树速生丰产造林技术的推广, 宁夏林学会第二届年会论文集, 宁夏林学会, 17~21。

率为98%，生长均匀整齐。1988年底的树高为7~8 m，胸径6~7 cm。

1989年春季设置灌溉试验，采用单行小区(每小区21株，面积504 m²)，分4个区组(重复4次)，随机排列。小区之间设1行不灌水的隔离带，以防止处理之间的水分相互影响。试验区除天然降水外，设计不同时期与数量的人工灌水，分为三种处理：

处理Ⅰ 5月份只灌水1次(简称一次灌水)；

处理Ⅱ 5、6、8月各灌水1次，生长季节共灌水3次(三次灌水)；

处理Ⅲ 5~8月各灌水1次，生长季节共灌水4次(四次灌水)。

采用宽沟(1.5 m)灌水，并测定灌水量。测定方法是在进畦的水渠设立测水区，在灌溉水流稳定时测定3个水流断面与流速，用3次重复的平均值计算灌水的平均流量。各小区灌水时间与平均流量的乘积，即为小区灌水量。天然降水从附近气象站抄录。1989年各月田间供水量列入表1。

表1 1989年各处理田间供水量

(单位: mm)

| 月份 | Ⅰ | | | Ⅱ | | | Ⅲ | | |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 灌水 | 降水 | 供水 | 灌水 | 降水 | 供水 | 灌水 | 降水 | 供水 |
| 5 | 172.6 | 0.6 | 173.2 | 172.6 | 0.6 | 173.2 | 275.8 | 0.6 | 276.4 |
| 6 | — | 21.0 | 21.0 | 103.2 | 21.0 | 124.2 | 103.2 | 21.0 | 124.2 |
| 7 | — | 8.9 | 8.9 | — | 8.9 | 8.9 | 52.4 | 8.9 | 61.3 |
| 8 | — | 53.8 | 53.8 | 50.6 | 53.8 | 104.4 | 50.6 | 53.8 | 104.4 |
| 9 | — | 40.8 | 40.8 | — | 40.8 | 40.8 | — | 40.8 | 40.8 |
| 10 | — | 8.3 | 8.3 | — | 8.3 | 8.3 | — | 8.3 | 8.3 |
| 计 | 172.6 | 133.4 | 306.0 | 326.4 | 133.4 | 459.8 | 482.0 | 133.4 | 615.4 |

除测定田间供水量外，还测定了林木的生长指标。5月与11月分别测定树高与胸径，以计算树高、胸径和材积的年增量。7月与9月测定计算胸径生长速度，同时，还用标准枝法^[1]测定了树冠叶面积。首先将试区内主干上着生枝条(也称一级分枝)按其大小分为5类，截枝摘叶称取各类枝条的叶鲜重，重复5次，计算出单枝叶鲜重的平均值。其次，在小区内选出5株平均木，按其枝条类别、数目及相应的单枝叶鲜重计算树冠叶鲜重，再以叶面积与叶鲜重的比值，换算出单株树冠叶面积，用5株重复的平均值代表小区的单株叶面积。立木材积按陈章水编表公式^[2]计算：

$$V = 0.26854 D^2 H + 0.00553 DH + 0.56017 D^2.$$

由于个别区组土壤条件不均匀，计算生长量时舍弃部分生长异常的小区。

3 试验结果与分析

3.1 供水处理对树高、胸径及材积的影响

表2是不同供水处理年生长量的比较。以处理Ⅰ作为对照，处理Ⅱ比对照的树高与胸径都增加14.7%，材积增加27.2%，差异显著；处理Ⅲ的树高增量比处理Ⅰ大(34.1%)，胸径增量较小(6.7%)，材积增加22.2%，胸径和材积差异均显著。表明处理Ⅰ与处理Ⅱ、Ⅲ之间的生长差异是显著的。以处理Ⅲ与Ⅱ相比较，树高增量较大；胸径与材积都比处理Ⅱ小。试验的几个区组内比较，均呈相同趋势。出现这种现象的原因分析如下：从灌水处理情况来看，处理Ⅲ的灌水次数虽多于处理Ⅱ，但安排欠合理，5月下旬(103.2 mm)与7月下旬

表 2 不同供水处理林木的年生长量

(1989年)

| 处理 | 树 高 | | 胸 径 | | 材 积 | | |
|-----|----------------|-------|---------------|-------|------------------------|-------|-------------------|
| | (m) | (%) | (cm) | (%) | 单 株 | 每公顷 | |
| | | | | | (m ³) | (%) | (m ³) |
| I | 2.17 ±0.77 | 100 | 2.25 ±0.52 | 100 | 0.018 15 ±0.006 27 | 100 | 7.56 |
| II | 2.49* ±0.41 | 114.7 | 2.58 ±0.09 | 114.7 | 0.023 08 ±0.001 66 | 127.2 | 9.62 |
| III | 2.91 ±0.11 | 134.1 | 2.40 ±0.04 | 106.7 | 0.022 14* ±0.000 21 | 122.2 | 9.22 |

注: *示0.05水平显著。

(52.4 mm)的灌水, 没有产生明显的生长效应; 另一方面, 试验前两处理的林木平均胸径有些差别, 处理 II 为 8.52 cm, 处理 III 为 8.24 cm。综合分析三个处理的生长结果认为, 生长季节中仅有 5 月份一次灌水是不合理的, 严重地制约着林木生长; 灌水 3 次以上(5、6、8 月)可以大大促进林木生长; 如果再增加灌水, 要考虑灌水的时期与数量, 灌水不当, 不能发挥良好的增产效应。

3.2 胸径生长速度的比较

林木直径是材积形成的主要参数, 不同时期直径生长速度反映着林木材积形成的过程(表 3)。以生长季节的三个时期相比较, 5 月至 7 月上旬胸径生长较快, 平均每日增长 180~220 μm, 7 月上旬至 9 月中旬稍慢, 每日增长 160~180 μm, 9 月下旬以后生长速度很小, 每日仅 20~34 μm。不同处理对胸径生长速度的影响与材积变化趋势基本相同。

表 3 不同供水处理林木的胸径生长速度

| 处理 | 5 月 11 日~7 月 2 日 | | 7 月 3 日~9 月 13 日 | | 9 月 14 日~11 月 14 日 | |
|-----|------------------|----------------|------------------|----------------|--------------------|----------------|
| | 胸径增量 (mm) | 增长速度 (μm/d) | 胸径增量 (mm) | 增长速度 (μm/d) | 胸径增量 (mm) | 增长速度 (μm/d) |
| I | 9.4 | 181 | 11.8 | 164 | 1.4 | 23 |
| II | 11.6 | 223 | 13.1 | 182 | 1.2 | 19 |
| III | 10.4 | 200 | 11.6 | 161 | 2.1 | 34 |

3.3 叶量、叶面积与比叶面积的变化

生长季节中两次叶的测定结果表明(表 4), 5~6 月叶的生长较慢, 7 月 2 日三个处理的叶鲜重、面积基本相同。此后, 处理间差别逐渐增加, 9 月中旬处理 III 与处理 II 的叶面积分别比处理 I 增加 9.1% 和 18.7%。林木材积生长的物质基础是树冠叶部的光合产物, 叶面积的大小影响着生长的快慢, 以上分析的三个处理间生长的差异, 归因于处理间叶面积大小的差别。可以看出, 叶面积是影响林木生长的主要因素。试验林的叶面积指数小于 3, 说明林木截获光能的效率很低。

比叶面积是单位叶重所具有的叶面积(cm²·g⁻¹), 是叶片光合性能的指标, 反映着叶片的厚薄与光合单位的多少, 灌水对此有无影响? 6 月 30 日与 9 月 16 日两次测定表明(表 5), 处理 II 的比叶面积比处理 I 大 2%~10%, 这可能与供水促进叶面积扩展有关^[1], 同时也增加了单位叶面积的材积生产量。

表4 不同供水处理的叶鲜重、叶面积与叶面积指数

| 处理 | 7月2日 | | | | 9月16日 | | | |
|-----|--------|---------------------|-------|------|--------|---------------------|-------|------|
| | 叶鲜重 | 叶面积 | 叶面积 | 叶鲜重 | 叶面积 | 叶面积 | 叶面积 | |
| | (kg/株) | (m ² /株) | (%) | 指数 | (kg/株) | (m ² /株) | (%) | 指数 |
| I | 6.88 | 23.01 | 100 | 0.96 | 13.67 | 49.43 | 100 | 2.06 |
| II | 6.84 | 22.88 | 99.4 | 0.95 | 16.23 | 58.69 | 118.7 | 2.45 |
| III | 6.90 | 23.08 | 100.5 | 0.96 | 14.91 | 53.91 | 109.1 | 2.25 |

表5 处理I、II林木的比叶面积

| 处理 | 6月30日 | | 9月16日 | |
|----|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | cm ² g ⁻¹ FW | cm ² g ⁻¹ DW | cm ² g ⁻¹ FW | cm ² g ⁻¹ DW |
| I | 33.35(100) | 95.19(100) | 34.48(100) | 91.08(100) |
| II | 34.26(102.7) | 100.60(105.7) | 37.94(110.0) | 97.88(110.0) |

注：括号内数字为占处理I的百分数。

3.4 供水量、叶面积与材积生产的关系

3.4.1 供水量与材积产量的关系 可用“吨水材积效率”(供应1 t水林木所生长的立方米材积)来比较(表6)。在试验条件下,每供应1 t水,可以生产1 459~2 486 cm³的材积。随着供水量的增加,单株材积量增大,而吨水材积效率下降,这与本课题在山东的试验结果是致的^[3]。

3.4.2 叶面积与材积产量的关系 已如前述,合理灌水(处理II)促进了叶面积的增加。叶面积与材积产量的关系列入表7。材积产量随着叶面积的扩大而增加,两者相关系数达到0.94;各处理单位叶面积(m²)的产材量变化不大,每平方米叶面积年生产材积约为500~580 cm³。在山东进行的I-69杨灌溉试验中,这个数值为600~700cm³^[3,4]。生产一立方米材积需要平均叶面积约为1700~1900 m²。

表6 不同处理的田间供水量与材积年增量

| 处理 | 5~10月供水量 | 材积年增量 | 吨水材积效率 |
|-----|----------|---------------------|----------------------|
| | (t/株) | (m ³ /株) | (cm ³ /t) |
| I | 7.3 | 0.018 15 | 2 486 |
| II | 11.0 | 0.023 08 | 2 098 |
| III | 14.8 | 0.022 14 | 1 459 |

表7 不同供水处理林木叶面积与材积产量

| 处理 | 年均叶面积 | 年材积增量 | 单位叶面积年产材 | 单位材积产量需叶面积 |
|-----|---------------------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| | (m ² /株) | (m ³ /株) | (m ³ /m ²) | (m ² /m ³) |
| I | 36.22 | 0.018 15 | 0.000 501 | 1 995.6 |
| II | 40.79 | 0.023 08 | 0.000 581 | 1 767.3 |
| III | 38.50 | 0.022 14 | 0.000 575 | 1 738.9 |

3.4.3 供水量、蒸腾耗水量与材积产量的关系 表8是蒸腾耗水量与材积产量的比较。蒸腾耗水量的测定与计算方法见前文^[6]。可以看出,随着林木蒸腾耗水量的增大,材积产量也随之增加,但两者并不完全吻合。林木蒸腾1 t水所生长的材积量,各处理的数值相近,合作杨在0.002 6~0.002 8 m³/t之间,而形成1 m³材积的林木蒸腾量为350~380 t/m³; I-69杨的相应数值为0.004 1~0.005 6 m³/t与180~242 t/m³^[5]。

表 8 不同供水处理的林木蒸腾耗水量与材积增长量

(1989年)

| 处理 | 6~9月供水量 (t/株) | 年平均叶面积 (m ² /株) | 6~9月蒸腾耗水量 (t/株) | 年材积增长量 (m ³ /株) | 蒸腾 1 t 水的 材积增量 (m ³ /t) | 材积需水系数 ^① (t/m ³) |
|-----|------------------|-------------------------------|--------------------|-------------------------------|--|--|
| I | 2.9 | 36.2 | 7.0 | 0.018 15 | 0.002 59 | 385.7 |
| II | 6.6 | 40.8 | 8.2 | 0.023 08 | 0.002 81 | 355.3 |
| III | 8.0 | 38.5 | 8.4 | 0.022 14 | 0.002 64 | 379.4 |

①林木生长 1 m³ 材积的蒸腾耗水量。

4 结语与讨论

(1) 综上所述,合理的灌水,能促进林木树高、胸径、叶面积和材积的生长。如果供水时间与供水量安排不合理,则会降低增产效果。本试验处理 I 与处理 III 的供水安排都不够合理,处理 I 的灌水次数太少,天然降水不足,难以满足林木生长季节蒸腾与生长的需要,因而生长下降,而处理 III 在 5 月 10 日与 27 日安排两次 100 mm 以上的灌水,各个重复区组的生长量都没有明显增加,说明这次灌水没有必要。处理 II 的灌水安排较为合理,因而获得了三个处理中的最佳生长量。

(2) 从灌水量、叶面积、蒸腾耗水量及材积产量之间的关系分析看出,灌水促进材积增产的机理在于灌水促进叶面积的扩大,增加了林木截获光能、进行光合生产的面积,同时也增加了蒸腾耗水,林木光合生产力的提高导致材积增产。单位叶面积的材积产量与单位蒸腾耗水的材积产量,都是较为稳定的数值,可能与树种的遗传特性有关。因此,在干旱地区林木丰产栽培中要重视林木叶的状况,包括叶面积大小、叶光合活性的持续时间等,这些都是林木材积增产的关键因素。

参 考 文 献

- [1] 刘奉觉等, 1988, 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, 林业科学研究, 1(2): 153~161.
- [2] 陈章水, 1989, 杨树二元材积表的编制, 林业科学研究, 2(1): 78~83.
- [3] 刘奉觉等, 1989, 杨树叶面积与生长指标的关系分析, 林业科学, 25(4): 370~374.
- [4] Liu Fengjue et al., 1988, A study on relationship between water supply and growth in poplar plantation, International Poplar Commission Eighteenth Session, China's Section.
- [5] 刘奉觉等, 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, 1987年营林专辑, 35~44.
- [6] 刘奉觉等, 1988, 田间供水与杨树生长关系的研究 II. 田间供水、蒸腾耗水与材积产量的关系分析及林木需水量的估算, 林业科学研究, 1(3): 252~258.

*The Relation between Water Supply and Tree Growth of
High-Yield Poplar Plantation in Dry Area*

Chen Lanling Xin Zhongzhi Li Baoqi

(General Extension Station of Forestry Technology, Ningxia Autonomous Region)

Zheng Szekai Liu Fengjue

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract Irrigation trial was conducted in a 3-year-old poplar plantation (*Populus simonii* × *P. pyramidalis* cv. 'Opera 8277') to study the effects of irrigation on the growth of the plantation. The results reveal that the growth of poplar plantation was promoted by rational irrigation and the increments in height, DBH and volume raised by 14.7 %, 14.7 % and 27.2 % respectively. Irrigation brought about the expansion of leaf area and as a result increased the volume increment. The annual volume increment produced by per unit leaf area is more or less stable, approximately varied from 0.000 50~0.000 58 m³/m² and it is not influenced by the quantity of supplied water.

Key words high-yield poplar plantation; plantation irrigation