

林分密度对I-69杨树冠结构和光能分布的影响*

裴保华 蒋湘宁 郑均宝

(河北林学院)

郑世锴 刘奉觉

(中国林业科学研究院林业研究所)

摘要 密植的I-69杨林分树冠分枝角度小, 骨干枝比率低。当叶面积指数达到7.81、冠层最大叶面积密度达0.8~0.9时, 是林分最适密度状态。光在冠层内的分布, 受叶面积指数和叶片消光系数支配。密植的林分, 光强衰减较快。以8%的相对光强作为临界光强, 林龄6年时以高密度林分的生产能力最低; 中密度林分最高。但林龄7年时, 低密度林分的生产能力已经接近中密度林分。

关键词 I-69杨; 林分密度; 树冠结构

I-69杨 (*Populus deltoides* cv. 'Lux' I-69/55) 是从美洲黑杨的实生苗中选育出来的无性系, 它生长迅速, 年平均材积生长量高达 $1 \sim 2 \text{ m}^3 \cdot \text{亩}^{-1}$ 。在长江中下游和中原地区已广泛栽培, 获得较高的经济效益。

林分密度对木材产量和质量有重要影响, 而集约栽培的速生树种对密度的反应尤为灵敏, 因此, 本文探讨了林分密度对I-69杨树冠结构和光能分布的影响。

一、材料和方法

试验地位于山东省莒县赵家廿里堡。试验林于1982年3月用1年生I-69杨插条苗营造, 林分密度分为 $37 \text{ 株} \cdot \text{亩}^{-1}$ (低密度), $56 \text{ 株} \cdot \text{亩}^{-1}$ (中密度) 和 $111 \text{ 株} \cdot \text{亩}^{-1}$ (高密度)。试验地于造林前1年秋季全面机耕, 深度为25 cm, 栽植穴为 $80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$, 每穴施农家肥15 kg, 栽植深度80 cm, 定植时每株浇水30 kg, 定植后沟灌1次。造林后连续3年间种农作物, 除对作物施肥灌水外, 每年5~6月和7~8月各追施1次氮肥(每株每年施尿素0.5 kg)^[1]。

树冠结构的测定采用平均标准木分层收集法。每种密度选择3株平均标准木, 伐倒后测量树高和胸径, 从下向上按2 m分层, 测量分枝角; 切取侧枝, 摘取叶片, 立即称取枝、叶和主干的鲜重; 从各层叶中选出30个有代表性的叶片, 称出鲜重; 用数点法测出叶面积; 根

本文于1989年6月26日收到。

*此项研究为国家“七五”科技攻关项目人工林集约栽培技术(750703)中部分内容。

刘玉军同志, 85级社立文、王中英同学参加了部分外业工作。莒县林业局和赵家廿里堡的同志给予大力支持。谨此一并致谢。

据叶面积和叶鲜重的关系, 计算树冠各层的叶面积。

用特制 ST-80 棒状照度计(长 1 m, 上有 15 个感光探头, 测时可横向悬挂在行间, 用滑轮上下移动)测得林冠各层的平均照度。林冠以上的光强用 ST-80 点状照度计与林内同步测定。每年 5、7 月下旬和 9 月下旬各测定 1 天, 在 6~18 h 内每隔 2 h 测定一次, 将所得数据换算成光通量密度^[2]。

二、结果和分析

(一) 密度对树冠结构的影响

1. 密度对分枝角和骨干枝形成的影响 根据平均标准木测定的材料看出, 林分密度对分枝角、骨干枝和细弱枝(分枝角 $>70^\circ$ 的细枝、濒死枝)的比率有明显影响(表 1)。低密度的分枝角大, 骨干枝比率达 82.4%; 中密度的分枝角小, 骨干枝比率为 61.5%。

表 1 密度对分枝角度和骨干枝发育的影响

树 高 (m)	低 密 度			中 密 度		
	分 枝 角 (度)	活 枝 数 (根)	细弱枝数 (根)	分 枝 角 (度)	活 枝 数 (根)	细弱枝数 (根)
18~20	56.0±2.5	5	0	46.7±4.4	6	1
16~18	52.9±3.6	7	2	44.2±1.5	3	3
14~16	61.7±4.4	3	1	52.5±7.5	2	1
12~14	58.3±2.0	9	2	56.4±2.4	7	4
10~12	55.0±5.0	3	2	55.0±3.9	6	1
8~10	58.1±2.1	8	0	50.8±3.0	6	4
6~8	61.3±2.4	4	2	50.0±0	1	4
4~6	63.3±1.7	3	0	60.0±0	1	2
总计、平均	58.3±1.3	42	9	52.0±1.8	32	20

2. 密度对叶面积、叶面积指数的影响 立地和栽培条件相同的同一树种, 在未形成群体前单株叶面积大体相等, 但形成群体后单株叶面积将受密度的调节。密度越大个体间竞争越强, 单株叶面积越小。林分叶面积指数是群体生产能力的重要指标, 适宜的密度叶面积指数较高。

表 2 表明, 密植林分的单株叶面积小, 而且随年龄的增长下降的幅度大。在 6 年生的林分中, 高密度由于自然整枝, 叶面积指数最小, 中密度最大; 当林分达 7 年生时, 中密度的叶面积指数下降了 26.4%, 低密度林分只下降 19.7%。

表 2 密度对叶面积和叶面积指数的影响

密 度	叶 面 积 ($m^2 \cdot 株^{-1}$)		叶 面 积 指 数	
	6 年 生	7 年 生	6 年 生	7 年 生
低 密 度	106.9	84.6	5.94	4.77
中 密 度	93.7	69.0	7.81	5.75
高 密 度	32.8	采伐	5.47	采伐

3. 密度对地上部生物量、叶面积密度和枝重密度的影响 林木具有高大的树干, 其叶面积密度($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$)和枝重密度($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$)的垂直分布, 能更真实地体现冠层结构。

从表 3 看出 7 年生两种密度的生物量只差 6%, 所以中密度的高产优势已达顶点。从图 1 可见, 叶片和侧枝主要分布在 9~19 m 冠层范围内。在此区间, 中密度林分的枝重平均密度比低密度林分高 17.0%, 叶面积密度高 40.5%。所以, 低密度林分还有一定的空间发展新枝叶。

表 3 密度对 7 年生 I-69 杨地上部生物量的影响

密 度	平 均 高 (m)	平 均 胸 径 (cm)	地 上 生 物 量 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	主 干 鲜 重 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	枝 鲜 重 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	叶 鲜 重 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)
低 密 度	23.75 ± 0.71	23.10 ± 0.29	20.3	16.0	3.1	1.2
中 密 度	21.98 ± 0.35	19.70 ± 0.17	21.6	16.5	3.6	1.5

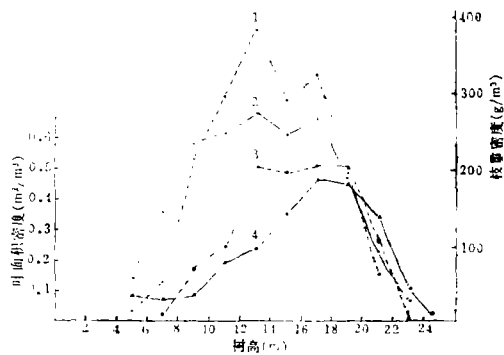


图 1 冠层内叶面积密度和枝重密度的垂直分布

1. 中密度林分枝重密度 3. 中密度林分叶面积密度
2. 低密度林分枝重密度 4. 低密度林分叶面积密度

(二) 密度对林冠内光能分布的影响

1. 林冠内各层光能分布的日变化 根据 1987 和 1988 年的测定结果, 计算出林冠各部位平均光通量密度的日变化(图 2)。据尹伟伦等的研究^[3], 杨树光合作用的光饱和点为 $368 \sim 736 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($20 \sim 40 \text{klx}$), 光补偿点为 $9 \sim 37 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ($500 \sim 2000 \text{lx}$)。I-69 杨光合作用的光饱和点为 $700 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 光补偿点为 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。以此为依据, 将冠层各部位的光强分为 3 个等级, 即高于半饱和光强 (大于 $350 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$), 高于补偿点、低于半饱和光强 ($30 \sim 350 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$) 和低于补偿点 (小于 $30 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)。

根据图 2 的数据计算出不同密度的冠层内各类光强所占的百分率, 发现低密度林分光照状况较好, 全天有 78.8% 的时间光通量密度达到或超过半饱和光强, 仅有 22.2% 的时间低于补

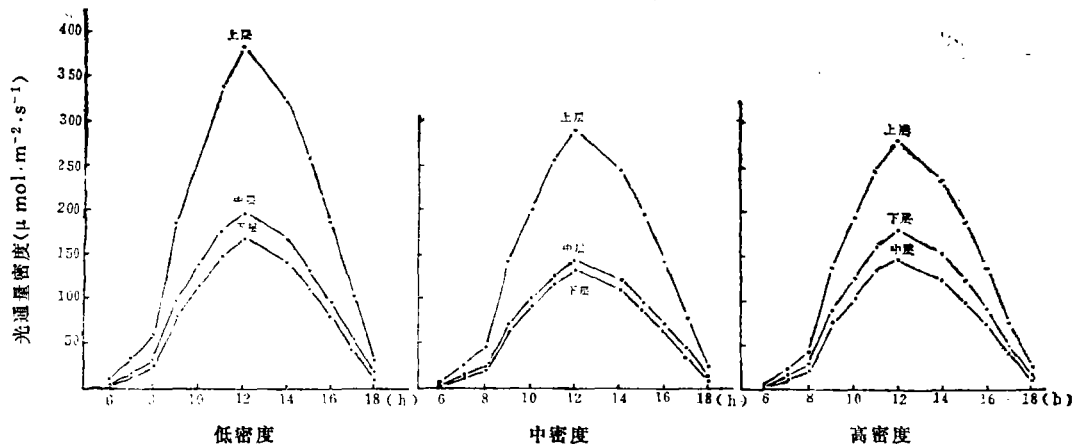


图 2 各种密度林分冠层光能日变化

补偿点。高密度已和中密度林分的光照状况相似(图4下层的光强略高于中层,是因林分天然整枝较好,下层侧射光较强的缘故)。它们日平均有30.5%的时间光强低于补偿点,其余69.5%的时间也低于半饱和光强。

2. 光在冠层内的垂直分布 将林冠上、中、下层的叶面积指数(F)和实测的各层平均相对光强(I/I₀)代入门司方程^[4]($I = I_0 e^{-KF}$), 求出不同密度下林冠上、中、下各部位的消光系数(K), K值的变化在0.34~0.71之间。将K值和各层(以2m为一层)叶面积指数代入门司方程, 求出林冠内光强衰减的垂直廓线(图3~5)。

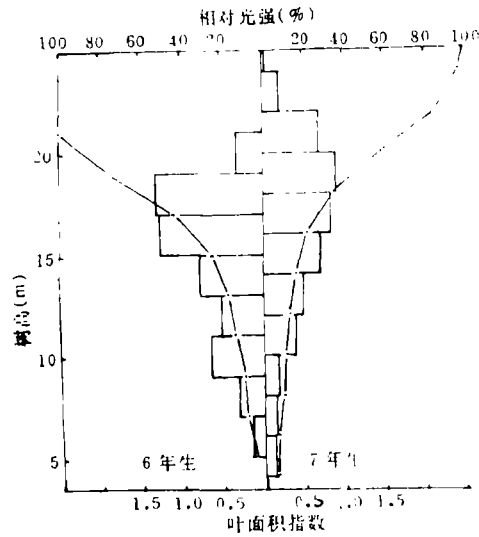


图3 低密度林分光强和叶面积的垂直分布

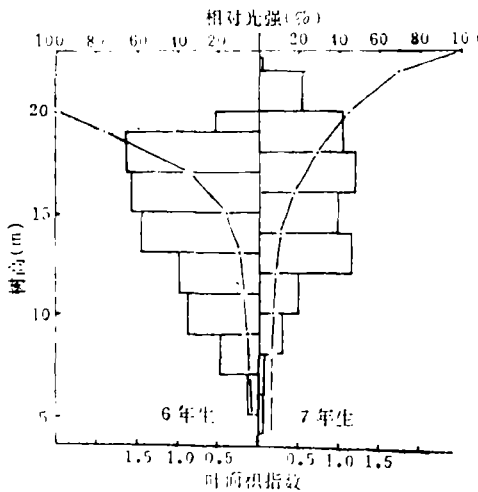


图4 中密度林分光强和叶面积的垂直分布

将实测平均标准木的树冠长度划分为100等分, 从图3~5中查出各部位的相对光强, 同时利用各层的叶面积指数, 计算各层的相对叶面积。

J. L. Monteith^[6]把相对光强5%作为光合作用的临界值; Ю. Л. 采利尼

科尔提出光合有效辐射大于6%时, 喜光树种的有机物平衡为正值^[6]。如果把相对光强小于8%作为I-69杨光合作用的临界值, 从表4的材料可见, 随着密度的增长, 有效叶面积的比率降低。以林分叶面积指数乘有效叶面积比率, 可作为林分相对生产能力。表5说明, 林龄6年的林分, 以中密度相对生产能力最强, 到林龄7年时, 低密度的相对生产能力接近中密

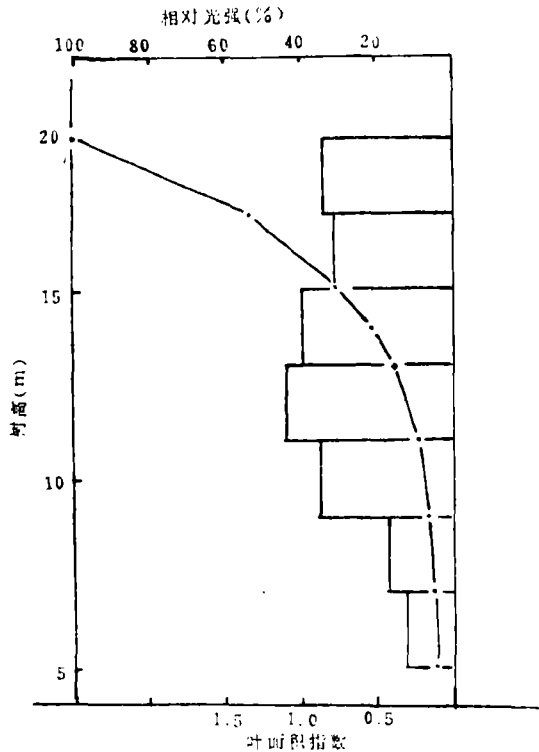


图5 高密度林分光强和叶面积的垂直分布

度林分。

表 4 不同密度的林分林冠光强和叶面积的垂直分布

树冠长度 (%)	低密度(6 a)		中密度(6 a)		高密度(6 a)		低密度(7 a)		中密度(7 a)	
	相对光强 (%)	相对叶面积 (%)	相对光强 (%)	相对叶面积 (%)	相对光强 (%)	相对叶面积 (%)	相对光强 (%)	相对叶面积 (%)	相对光强 (%)	相对叶面积 (%)
10	56.0	6.1	64.0	10.9	66.0	11.2	90.0	3.7	86.0	8.6
20	38.0	12.2	35.0	28.6	43.0	22.4	70.0	16.8	54.0	25.9
30	27.0	30.0	20.0	45.0	31.0	32.4	44.0	35.2	36.0	38.9
40	17.0	48.2	12.0	58.8	17.0	45.7	26.0	53.0	24.0	56.4
50	11.0	62.7	8.0	73.6	11.0	58.9	16.0	68.5	17.0	67.5
60	9.0	79.7	7.0	80.4	7.0	72.6	13.0	79.2	14.0	74.5
70	8.0	86.1	6.0	88.0	6.0	83.1	11.0	88.0	10.0	85.0
80	7.0	98.4	4.0	90.8	4.0	91.0	9.0	93.4	9.0	88.5
90	7.0	99.3	4.0	98.4	3.5	97.9	8.0	96.0	6.0	99.6
100	7.0	100.0	4.0	100.0	3.0	100.0	8.0	100.0	4.0	100.0

表 5 林分密度与相对生产能力

密 度	林 龄 (a)	叶 面 积 指 数	有效叶面积 (%)	相 对 生 产 能 力
低	6	5.94	86.1	5.11
中	6	7.81	73.6	5.75
高	6	5.47	58.9	3.22
低	7	4.77	100.0	4.77
中	7	5.75	88.5	5.09

三、总 结

1. 密度对树冠结构的影响, 表现在分枝角、骨干枝比率、枝重密度和叶面积密度等方面。集约栽培的林龄 6 年的中密度林分, 叶面积指数达 7.81, 主要冠层内(8 ~ 20 m)平均叶面积密度为 $0.664 \text{ m}^2 \cdot \text{m}^{-3}$, 处于最佳密度状态。

2. 林龄 6 年的高密度和中密度林分冠层内光能分布的日变化相似, 白天有 30.5 % 的时间光强低于光补偿点, 而同龄低密度林分为 22.2 %。光在冠层内的垂直分布, 随冠层叶面积指数和消光系数而变化。以 8 % 为 I-69 杨光合作用的临界光强。高密度林分林龄 6 年时其相对生产能力远低于中密度和低密度林分; 林龄为 7 年时, 低密度林分的相对生产能力已接近中密度林分。由此可见高密度林分的采伐不宜晚于 6 年, 中密度林分可推迟到 8 年。

参 考 文 献

- [1] 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, 营林专辑: 35~44。
- [2] 加藤荣等, 1981(侯光良等译, 1985), 光合作用研究方法, 能源出版社, 189。
- [3] 尹伟伦, 1983, 不同种类杨树苗木的生长和光合性能的比较研究, 北京林学院学报, (2): 41。
- [4] 门司正三等, 1953(朱健人译, 1980), 植物群体中光的因素及其对植物生产的影响, 光合作用与作物生产译丛(2), 农业出版社, 1~24。
- [5] J. L. Monteith, , 1969(董明春译, 1980), 作物群丛中光的截获和辐射交换, 光合作用与作物生产译丛(2), 农业出版社, 25~41。
- [6] Ю. П. 采利尼科尔, 1978(王拱绩译, 1986), 木本植物耐阴性的生理原理, 科学出版社, 48~81。

EFFECTS OF STAND DENSITY ON CROWN ARCHITECTURE AND DISTRIBUTION OF LIGHT ENERGY IN *POPULUS* *DELTOIDES* CV. 'LUX' I-69/55 PLANTATION

Pei Baohua Jiang Xiangning Zheng Junbao

(Forrest College of Hebei Province)

Zheng Szekai Liu Fenjue

(The Research Institute of Forestry CAF)

Abstract The close spaced *Populus deltoides* cv. 'Lux' I-69/55 plantations have sharper-angled branches and low percentage of skeleton branches. The optimum stand density appears when the leaf area index reaches 7.81 and the leaf area density amounts to 0.8~0.9. The light distribution within the canopy is subject to the leaf area index and the extinction coefficient. The light intensity weakens faster in closed plantations. Taking 8% of the relative light intensity as a critical light intensity, the close spaced plantation possessed the lowest productivity and the medium density plantation the highest at the sixth year. The widely spaced plantation's productivity approached that of the medium density plantation at the seventh year.

Key words *Populus deltoides* cv. 'Lux' I-69/55; stand density; crown architecture

我国选育出第一批早实核桃新品种

中国林科院林研所、山东省果树所等单位从70年代开始进行了早实核桃新品种选育研究。共调查实生树10万多株，人工杂交组合50多个，获杂交子代苗2000多株，在11个省、市(区)建立无性系测定园和区试园1500多亩。“七五”期间汇集了九个省、市筛选出的36个最优无性系，在豫、晋、陕、辽进行评比及区域化试验。评定出我国第一批16个早实核桃新品种，具有丰产、优质等优良经济性状，已推广栽培2万余亩，产量提高10倍左右，深受生产单位欢迎。研究成果最近在北京通过了部级鉴定。专家们认为该项研究布点合理，试验设计正确，数据可靠，研究成果居国内早实核桃良种选育工作的领先水平，所评定的16个早实核桃新品种，为实现我国核桃生产品种化、良种化奠定了基础。部分品种的果质和丰产性达到了国际核桃良种水平。

(中国林业科学研究院 郭志伟)