第3卷 第2期 林业科学研究 Vol. 3, No.2
1990年4月 FOREST RESEARCH Apr., 1990

山东临沂地区杨树人工林密度及经济效益的研究*

郑世锴 刘奉觉 徐宏远
（中国林业科学研究院林业研究所）

卢永农 杜佃桓 吴衍德
（山东省沂南县沂河林场） （山东省沂南县林业局）

关键词 杨树人工林；短轮伐期；集约栽培；密度；间伐

密度在人工林集约栽培中是一个重要问题，一旦确定在林分整个生长过程中都起作用，对采伐年龄和产量影响很大。合理的密度应保证林木群体结构最大限度地利用空间，达到最高产量，同时还应注意到所培育木材的径级的价格。

本研究总结了短轮伐期集约栽培下各种密度杨树人工林的生长规律及产量；探索间伐是否增产木材；并根据农村建筑材各品种的价格分析，提出了木材品种适销和经济效益大的密度[1,2]。

一、试验地区的自然概况

试验区设在山东临沂地区沂南县沂河林场。地处35°19′～35°46′ N，118°07′～118°43′ E，年平均气温12.8 ℃，无霜期208天，年平均日照时数2 487.4 h，10 ℃以上积温4 359.6 ℃，年平均降水量836.8 mm，年平均相对湿度68 %。

试验地位于沂河二级阶地，土壤为河潮土，0～30 cm为砂壤土，下层为粘土，土层厚4m。pH 7～7.5，有机质含量0.57%～0.62 %，全N 0.033%～0.036 %，全P 0.075%～0.116 %，水解N、速效P、速效K含量分别为20.03～21.39 ppm、3.18～3.2 ppm和43.32～48.09 ppm。地下水位4～5 m。试验地前茬是18年生刺槐林，平均高17.0 m，平均胸径17.8 cm，平均蓄积量93.15 m^3/ha。

二、试验方法

试验的杨树无性系是I-72杨（*Populus euramericana* cl. "San Martino" I-72/58）和I-69杨（*Populus deltoides* cl. "Lux" I-69/55）。采用二年根、一年干苗木造林，苗高

本文于1989年6月1日收到。
*此项研究是"杨树丰产栽培中间试验"（国家科委合同项目）的一部分。试验得到了临沂地区林业局和沂南县林业局的支持，谨此致谢。

4m，胸径 2 cm 左右。造林前对采伐迹地全面深翻，深度 1 m，并由附近河滩运来细沙，每公顷掺沙300 m^3。1982年及1983年春造林，栽植深度 0.8 m，每穴施人粪干 15 kg 和过磷酸钙 1 kg，栽后灌水。试验林每年灌水 2 ～ 3 次，每年追肥 1 次，施尿素量逐年增加，第三年增加到0.45 kg/株，第四年后均为0.75 kg/株。

设置了七个以培养中小径材为主的密度等级，由于死亡缺株，每公顷株数没有完全达到设计要求。各密度的株行距及实有株数如下：I-72 杨的四种密度：2m × 3m——1 560 株/ha、2 m × 5 m——855 株/ha、4 m × 5m——495 株/ha、5 m × 6m——285 株/ha；I-69杨的三种密度：3 m × 3 m——1 050 株/ha、3 m × 4 m——750 株和 3 m × 6 m——540 株/ha。

各密度设固定标准地 1 ～ 2 块，标准地的总株数为60株，每年生长季末调查树高及胸径，并用平均木测算蓄积量。由每一密度选出 3 株平均木，按 1 m区分段测算材积。标准地的蓄积量(M)按以下公式计算：$M=\Sigma G\cdot\Sigma V/\Sigma g$，式中 ΣG——标准地胸高断面积总和，ΣV——3 株平均木的材积，Σg——3 株平均木胸高断面积之和。

1986年 4 月对 4 年生 I-72杨 2 m × 3 m 和 2 m × 5 m 两个密度分别按42 %及38 %的间伐强度间伐，间伐区面积分别为0.63 ha 及 1 ha，对照区分别为0.07 ha 和0.1 ha。

三、结果与分析

（一）密度对树高生长的影响

6 ～ 8 年的高生长过程(表 1)说明，除了 2 m × 3 m密度由于个体间竞争开始早和剧烈，树高生长受抑制外(第七年树高较其他密度小4.0～4.2 m)，其他六种密度之间的树高差异不显著，因此，除最大密度 2 m × 3 m外，大多数密度对树高生长没有显著影响。

表 1　　密度对杨树平均树高增长的影响　　(单位：m)

林龄(a)	1		2		3		4		5		6		7		8	
株行距(m)	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量	树高	生长量
I-72 杨																
2 × 3*	5.7	2.0	7.2	1.5	10.7	3.5	14.0	3.3	15.0	1.0	17.3	2.3	18.4	1.1		
2 × 5	5.2	1.5	8.2	3.0	12.2	4.0	15.4	3.2	17.3	1.9	20.1	2.8	22.6	2.5	24.9	2.3
4 × 5	5.2	1.5	6.7	1.5	11.0	4.3	14.9	3.9	17.0	2.1	19.8	2.8	22.4	2.6	24.8	2.4
5 × 6	5.2	1.5	6.6	1.4	11.2	4.6	15.0	3.8	16.5	1.5	19.7	3.2	22.5	2.8	25.7	3.2
I-69 杨																
3 × 3*	5.4	1.7	9.8	4.4	14.0	4.2	16.9	2.9	18.9	2.0	20.8	1.9				
3 × 4*	5.0	1.1	9.4	4.4	13.1	3.7	16.1	3.0	18.9	2.8	21.4	2.5				
3 × 6	5.1	1.4	8.9	3.8	12.9	4.0	16.0	4.1	18.2	2.2	20.5	2.3	24.7	4.2		

注：*表示第 7 年及第 6 年已采伐。

（二）密度对胸径生长的影响

2 m × 3 m这一最大密度第二年的平均胸径生长量仅为2.2 cm，为其他密度的38～52%(表 2)。这说明在大密度(2 m × 3 m)的条件下，第二年就显出个体间的竞争，并且开始抑制胸径的生长。然而，在密度小的条件下(4m × 5 m和 5 m × 6 m)，年平均胸径生长量在 2 ～ 5

年中一直维持在3～6 cm之间，处于较高水平，受个体间竞争的影响较小。其他四种密度的年平均胸径生长量在3～4年以后因密度的制约逐年减少。由表2可以看出年平均胸径生长量随年龄的增长和密度的加大而递减的总趋势。当地6年生的Ⅰ-72杨和Ⅰ-69杨林木高达20 m左右，造林3～4年后胸径生长便受到所采用的密度的限制，说明这两个杨树无性系需要较大空间，适于稀植及培育大径材。

表2 密度对杨树平均胸径增长的影响 （单位：cm）

林龄(a)	1		2		3		4		5		6		7		8	
株行距(m)	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量	胸径	生长量
Ⅰ-72 杨																
2×3*	5.2	2.5	7.4	2.2	10.8	3.4	13.1	2.3	14.4	1.3	15.5	1.1	16.6	1.1		
2×5	5.0	2.3	10.0	5.0	13.9	3.9	16.6	2.7	18.8	2.2	20.2	1.4	21.4	1.2	22.5	1.1
4×5	5.0	2.4	10.0	5.0	13.3	3.3	16.4	3.1	19.5	3.1	21.0	1.5	22.8	1.8	24.0	1.8
5×6	5.0	2.4	9.2	4.2	15.2	6.0	20.1	4.9	23.2	3.1	25.9	2.7	28.0	2.1	29.7	1.7
Ⅰ-69 杨																
3×3*	5.0	2.8	9.9	4.9	13.1	3.2	14.7	1.6	15.6	0.9	16.7	1.1				
3×4*	5.4	3.2	11.1	5.7	15.1	4.0	17.3	2.2	18.1	0.8	19.7	1.6				
3×6	5.2	3.2	10.8	5.6	14.9	4.1	17.2	2.3	19.0	1.8	20.1	1.1	21.2	1.1		

注：*表示第7年及第6年已采伐。

（三）密度对材积生长的影响

表3说明密度对材积生长量有明显的影响，7年生Ⅰ-72杨林分，密度为2 m×3 m时，每公顷木材蓄积量为256.65 m^3/ha，比4 m×5 m和5m×6m多55.7％和83.8％；密度为2m×5 m时，每公顷木材蓄积量为266.25 m^3/ha，比4 m×5 m和5 m×6 m多61.5％和90.7％。2 m×3 m及2 m×5 m这两种密度4～6年的连年材积生长量达到45.75～65.85 m^3/ha·年，年平均材积生长量分别为36.60和38.10 m^3/ha·年，达到高产水平(图1)。3 m×3 m和3 m×4 m Ⅰ-69杨的年平均材积生长量分别为27.00和26.40 m^3/ha·年，比3 m×6 m (19.05 m^3/ha·年)高41.7％和38.6％，也达到较高水平[3]。

图1表明，2 m×3 m和2 m×5 m的Ⅰ-72杨的连年材积生长曲线第5～6年达到高

表3 密度对杨树材积生长的影响 （单位：m^3/ha）

林龄(a) / 株行距(m)	2	3	4	5	6	7	年平均材积生长量
Ⅰ-72 杨							
2×3	25.65	67.05	120.75	166.35	232.35	256.65	36.60
2×5	27.75	64.80	124.35	174.75	237.00	266.25	38.10
4×5	9.75	28.20	63.60	102.60	139.50	164.85	23.55
5×6	6.90	24.45	53.25	83.25	118.50	139.65	19.95
Ⅰ-69 杨							
3×3	31.80	73.65	112.95	147.60	162.15		27.00
3×4	24.60	66.60	112.95	145.20	158.55		26.40
3×6	20.10	44.70	73.50	100.50	114.60		19.05

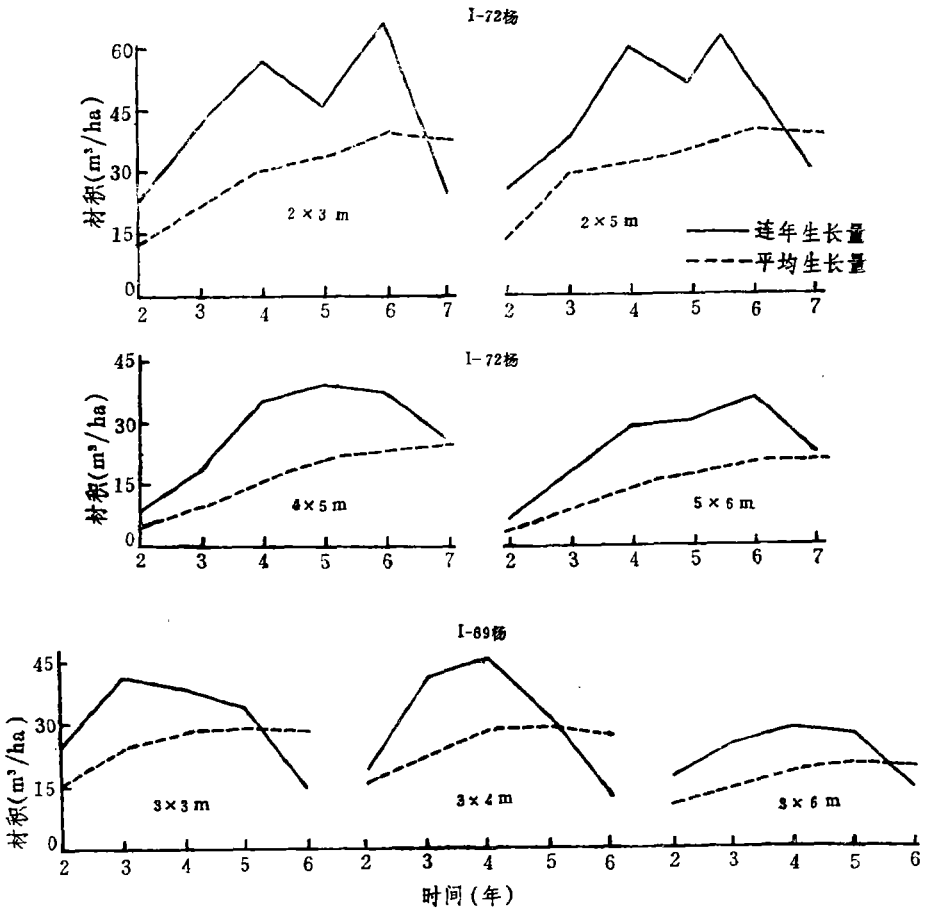

图 1　密度对杨树材积连年生长和平均生长过程的影响

峰，然后急剧下降，6～7年与平均材积生长曲线相交；I-69杨的三种密度(3 m×3 m、3 m×4 m、3 m×6 m)的上述两条曲线在5～6年相交。由此可见，I-72杨和I-69杨的这五种密度的数量成熟年龄早，可在6～8年采伐。此期间采伐，林木年平均材积生长量大，在27.0～37.5 m³/ha·年之间。4 m×5 m和5 m×6 m两密度的连年材积生长量还继续高于平均材积生长量，可培育中径材和大径材，预计分别在10年和14年前后采伐。各密度中以2 m×5 m木材产量最高，产值最大。

（四）间伐对材积生长的影响

密度较大的杨树人工林间伐是否有利，是生产中常见的问题，人们的意见不相同。为了查明"先密后稀"的密度调控结果，对2 m×3 m和2 m×5 m的4年生I-72杨人工林每公顷分别间伐660株和330株，间伐强度分别为42 %和38 %，获得胸径13.1 cm和14.7 cm的小径材，间伐材售价为22.85元/株和26.15元/株。

2 m×3 m的I-72杨间伐后三年的木材总产量(261.45 m³/ha)与对照(256.65 m³/ha)接近，虽然主伐的木材的胸径比对照粗3 cm，但两者的木材总收入也相差不大(表4)。2m×3 m密度间伐的结果是：木材产量与对照相比，基本不增也不减；间伐的好处主要在于提早收入和获得较粗的木材。

表4 间伐对Ⅰ-72杨人工林木材产量的影响

处理	密度 (株/ha)	1986年4月 平均高 (m)	平均胸径 (cm)	间伐材积 (m^3/ha)	保留木蓄积 (m^3/ha)	1989年4月 平均高 (m)	平均胸径 (cm)	主伐材积 (m^3/ha)	木材总产量 (m^3/ha)	木材总收入 (元/ha)
2m×3m(间伐)	900	14.0	13.1	44.7	79.05	18.4	19.6	216.75	261.45	85 158
2m×3m(对照)	1 560	14.0	13.1		123.75	18.4	16.6	256.65	256.65	82 134
2m×5m(间伐)	525	14.7	14.7	34.5	61.95	23.0	22.5	172.20	206.70	81 552
2m×5m(对照)	855	14.7	14.7		96.45	22.6	21.4	266.25	266.25	98 880

2 m×5 m的Ⅰ-72杨间伐三年后平均胸径较对照增粗1.1 cm，蓄积量较对照少22.4 %，木材收入少17.5 %(17 328 元/ha)。此密度的间伐不仅没增产，反而减产不少。

两次间伐试验结果表明，间伐不增加木材产量，但能提前获得收益，以短养长，并且在主伐时收获较粗的木材。这和美国关于美洲黑杨人工林间伐没明显改变材积总产量的结论是一致的[4]。

（五）不同密度的经济效益

我们在临沂市的2 m×3 m Ⅰ-69杨试验林，第4年采伐时蓄积量为132.9 m^3/ha，年平均材积生长量为33.23 m^3/ha·年，达到高产。但因所产木材胸径小(13.0 cm)，1985 年每立方米仅售95元[6]。3 m×3 m和3 m×4 m的Ⅰ-69杨林第6年和第7年采伐时，年平均材积生长量较小，分别为28.33 m^3/ha·年和26.55 m^3/ha·年，但由于木材胸径较大（分别为17.9 cm和20.2 cm），每立方米木材售价比2 m×3 m的高一倍多。

表3中Ⅰ-72杨7年时2 m×3 m与2 m×5 m两密度的蓄积量很接近，但后者的每公顷产值却比前者多20 %(16 746 元/ha)(表5)。2 m×3 m密度高产低收入的原因仍是木材平均胸径偏小，木材的高产并不总意味着经济上的高收入。

表5 不同密度杨树人工林生产的建筑材品种及价格

株行距 (m)	实有株数 (株/ha)	平均胸径 (cm)	平均树高 (m)	建筑材品种[长度(m)×小头直径(cm)] 单价 (元)				平均单株价 (元/株)	产值 (元/ha)	年产值 (元/ha)
7年生 Ⅰ-72杨										
2×3	1 560	16.6	18.4	上弦①(3.6×14) 25.50	檩(3.6×12) 18.90	檩(3.6×9) 8.25		52.65	82 134	11 733.4
2×5	855	21.4	20.21	樑(6×16) 89.50	檩(3.6×13) 19.40	檩(3.6×8) 6.75		115.65	98 880	14 125.7
4×5	495	22.8	21.0	门板(2.5×21) 70.50	樑(5×16) 44.00	檩(3.6×12) 18.90	檩(3.6×7) 5.50	138.90	62 505	8 929.3
6×6	285	28.0	25.9	门板(2.5×22) 70.50	樑(5×16) 49.00	檩(3.6×12) 18.90	檩(3.6×8) 6.75	145.20	41 367	5 909.6
6年生 Ⅰ-69杨										
3×3	1 050	16.7	18.9	檩(3.6×14) 25.50	檩(3.6×11) 16.10	檩(3.6×8) 6.75		48.35	53 668	8 944.8
3×4	750	19.7	18.9	上弦(3.5×17) 44.50	檩(3.6×13) 19.40	檩(3.6×10) 14.00		77.90	58 425	9 737.5
3×6	540	20.1	18.18	上弦(3.5×16) 50.0	檩(3.6×12) 18.90	檩(3.6×8) 6.75		75.65	41 985	6 997.5

① 三角形屋架的两斜边为上弦，底边为樑。

为了查明木材产量、径级和价格的关系，对七个密度的平均木(每密度 3 株)按农村建筑材品种造材，并分段定价，算出单株价格及每公顷产值。由表 5 可得出结论：培育平均胸径 21～22 cm 的密度(如 2 m × 5 m)在经济上最有利，因为这种径级的木材能产出一根樑、两根檩，单株价格和每公顷产值都最高。因此，选定造林密度时应考虑到不同径级商品材的价格因素。

杨树丰产试验林的总投入(包括：整地、栽植、灌溉、施肥、修枝和治虫等费用)为 3 099.0(5 m × 6 m I -72杨)～6 772.5 元/ha(2 m × 3 m I -72杨)，总产出为总投入的10～19.7倍。林业总产出除表 5 中木材产值外还包括修枝总收入247.5～750.0元/ha。2 m × 5 m 7 年生 I -72杨林分的总投入为5 037 元/ha，木材产值为98 880 元/ha，修枝总收入为 603 元/ha，产出为投入的19.75倍。加上头两年农林间作收入 (2 793～3 450 元/ha)，经济效益就更高了。由此可见，适宜的密度可以保证杨树丰产林的木材高产和高收入。

参 考 文 献

[1] 联合国粮农组织，1979，木材生产和土地利用中的杨树和柳树，罗马，201。

[2] I. Herpka, 1986, Poplars and willows in Yugoslavia, Poplar Research Institute, Novi Sad, Yugoslavia, 182～198.

[3] Birler A. S., 1972, Some Investigations on financial maturity of Poplar plantations, Poplar and Fast Growing Forest Trees Research Institute, Izmit, Turkey, 3～19.

[4] Raymod J. Gascon, 1976, Biological response of plantation cottonwood to spacing, pruning, thinning, from proceedings, Symposium on Eastern Cottonwood and Related Species, 385～391.

[5] 郑世锴等，1987，杨树短轮伐期高产试验，林业科技通讯，(1)：16～18.

A STUDY ON STAND DENSITY AND ECONOMIC BENEFITS OF POPLAR PLANTATION IN LINYI PREFECTURE, SHANDONG PROVINCE

Zheng Szekai　Liu Fenjue　Xu Hongyuan

(The Research Institute of Forestry CAF)

Lu Yongnun　Du Deinhuan

(Yihe Forest Farm, Yinan County, Shandong Province)

Wu Yande

(Forest Bureau of Yinan County)

Abstract According to the trial of 7 stand densities, the growing rules and volume yields of poplar plantations with different densities under short rotation intensive cultivation (SRIC) system were summerized. Based on the prices of rural building timber an economic analysis was made for different densities. The best spacing with maximum yield and income was suggested for growing small and medium sized rural building timber. The thinning trial shows that thinning didn't increase volume yield.

Key words poplar plantation; short rotation; intensive cultivation; stand density; thinning