

修枝促接干对泡桐叶片生长影响的研究

王保平^{1,2} 李吉跃² 乔杰¹ 文瑞钧¹ 周海江¹ 孙志强¹ 李宗然¹

(1 国家林业局泡桐研究开发中心 2 北京林业大学资源与环境学院, 森林培育与保护教育部重点实验室)

摘要:为揭示修枝促接干影响泡桐枝叶干相对生长关系的效应,采用全株测定方法对4年生修枝促接干和对照泡桐叶片的生长状况进行测定.结果表明,修枝促接干对泡桐叶片生长的影响极为明显,表现在从单叶到单枝、冠层和全株等各级层面.①使单叶的干重和面积明显提高,在树冠下层分别提高26.54%、28.78%,在树冠上层分别提高19.93%、23.71%,且有减小上下冠层间差异性的趋势.②使单枝的叶片数、叶干重和叶面积在树冠下层分别提高48.59%、99.62%和98.51%,而在树冠上层分别降低33.29%、20.56%和17.59%,冠层间的差异性明显降低.③使树冠上层的叶片数、叶干重和叶面积分别降低62.30%、55.10%和53.42%,同时使树冠下层的叶片数降低16.45%,而叶干重和叶面积反而分别提高12.22%和11.61%,进而使全株的叶片数、叶干重和叶面积分别降低32.29%、22.88%和20.59%.④修枝促接干使泡桐的侧枝数在树冠上层和下层均明显减少,但由于促进了新接干的形成和下层侧枝的发育和生长,其叶片数、叶干重和叶面积在总体上的降低幅度较小.

关键词:泡桐, 修枝促接干, 叶片生长

中图分类号:S792.43 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-1522(2005)05-0070-05

WANG Bao-ping^{1,2}; LI Ji-yue²; QIAO Jie¹; WEN Rui-jun¹; ZHOU Hai-jiang¹; SUN Zhi-qiang¹; LI Zong-ran¹. **Effects of pruning to promote trunk extension on leaf growth of *Paulownia*.** *Journal of Beijing Forestry University* (2005) 27(5)70-74 [Ch, 10 ref.]

1 Paulownia Research Center of State Forestry Administration, Zhengzhou, 450003, P. R. China;

2 Key Laboratory of Silviculture and Conservation, Ministry of Education; College of Resources and Environment, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China.

Leaf growth of *Paulownia* under the treatments of pruning to promote trunk extension was investigated by using the method of whole plant analysis. The results showed that the pruning had great influence on such aspects as the single leaf, single branch, crown and whole tree: 1) regarding to the single leaf, there was a tendency of lessening the difference of leaf growth parameters between the upper and lower crown, of which leaf dry weight (LDW) and leaf area (LA) were significantly enhanced by pruning by 26.54% and 28.78% in the lower crown and by 19.93% and 23.71% in the upper crown compared with the control; 2) for leaves of a branch, pruning significantly lessened the differences of the parameters between the upper and lower crown, and increased its leaf quantity (LQ), LDW and LA in the lower crown by 48.59%, 99.62% and 98.51%, while in the upper crown decreases by 33.29%, 20.56% and 17.59%; 3) for leaves of the whole crown, pruning decreased its LQ, LDW and LA in the upper crown by 62.30%, 55.10% and 53.42%, while in the lower crown decreased its LQ by 16.45% but increased its LDW and LA by 12.22% and 11.61%, thereby decreased its total LQ, LDW and LA of the whole tree only by 32.29%, 22.88% and 20.59%; 4) although pruning reduced the lateral branches of upper and lower crown significantly, it evidently enhanced the formation of new trunks and the growth of branches of the lower crown, which nevertheless did not lead to an obvious decrease of LQ, LDW and LA as a whole.

Key words *Paulownia*, pruning to promote trunk extension, leaf growth

收稿日期:2005-03-20

<http://journal.bjfu.edu.cn>

基金项目:“十五”国家科技攻关子课题(2002BA515B0304).

第一作者:王保平, 博士生, 副研究员. 主要研究方向: 森林培育. 电话: 0371-65833625 Email: bpingwang@sina.com 地址: 450003 河南省郑州市纬五路3号国家林业局泡桐研究开发中心.

林木叶片的生长状况与其光合干物质的生产能力和各器官的相对生长密切相关,它因林木种类及其所处的发育阶段不同而不同,并受环境条件和栽培措施的影响而发生相应变化,是遗传改良、适应性评价和培育措施研究的重要内容。但以往对泡桐叶片生长的研究,仅局限于苗木培育、无性系选育、自然栽培条件下主要种类间的差异、随树龄的变化及其与生长的相关性^[1-5],而缺乏对培育措施(空间配置、水肥管理、修枝抚育等)在成林期影响的相关研究。由于泡桐的假二叉分枝特性及生长和冠形特点,其主干的自然延长和通直度常受到很大的限制,干形培育技术及其生理机理的研究也因此一直成为泡桐研究的重要课题^[1,6]。

笔者的前期研究表明,在适当树龄修除顶部分权枝和部分下层枝是促进泡桐接干生长和培育高干通直无节材的极有效的措施,并根据其对主干生长量的影响确定出适宜的起始修枝树龄和强度^[7,8]。本文旨在研究采用该技术措施对泡桐从单叶到单枝、冠层和全株叶片生长状况的影响,为修枝促接干技术适宜强度和方法的确定和完善提供依据。

1 试验地概况

试验地位于河南省商丘市梁园区国有林场,地理位置 34°33′18″~34°34′28″ N, 115°34′44″~115°40′53″ E,属暖温带大陆性季风气候,春季干旱多风,夏季炎热多雨,年平均气温 14.1℃,极端最高和最低气温分别为 43.6 和 -13.9℃,年平均降雨量和蒸发量分别为 711.9、1 756 mm,无霜期 213 d。

土壤由黄河泛滥泥沙沉积形成,属粉沙土,以中孔隙为主,土壤密度 1.40~1.51 g/cm³,保水保肥性能差,地下水位 1.5~3 m;pH 值 8.2~9.2,有机质、全 N、速效 P 含量分别低于 1.30、1.25、3.40 mg/kg。

试验林采用豫林一号泡桐 (*Paulownia fortunei* ‘Yulinensis 1’ Wang) 1 年生苗于 1997 年春营造,栽植株行距 5 m×6 m,1999 年 3 月修枝促接干时,其初始胸径为 10.24~15.64 cm,干高为 2.8~4.2 m、枝下高为 2.7~2.9 m,自然接干率极低。

2 研究方法

2.1 试验设计

设对照(以下简称 CK、不修枝、侧枝数 6~18 枝、13 株共 149 枝)和修枝促接干(以下简称 P、修除顶部分权枝和部分下层枝、保留 2~8 枝、修枝强度^[7]为 21.7%~77.8%、平均 53.6%、9 株共 58 枝)2 种处理。

根据泡桐冠形特点将树冠划分为上层和下层。

对 P 处理,将新接干部分作为树冠上层,原苗干部分作为树冠下层;对 CK 处理,将苗干顶部分叉枝作为树冠上层,其下部分作为树冠下层。

2.2 研究方法

分别在 1999 年 3 月和 11 月,测定各典型株泡桐的主干高(苗干 H_0 、接干 H_1)、不同部位的直径($d_{1.3}$ 和 2.6 m、苗干顶部、接干基部的直径)和侧枝的数量(BQ)、分枝状况及各枝基径(d_b),计算胸高断面面积($S_{1.3}$)、主干材积(V)和侧枝基部断面积(S_b)等。

在 1999 年 10 月中旬落叶之前,采用全株测定方法测定各泡桐单株各侧枝的叶片数(LQ)、叶干重(LDW),并分别处理和冠层选取典型侧枝,测定其 LQ 、 LDW ,用打孔称重法^[9,10]测定单位干重的叶面积和单位面积的叶干重,以求算不同处理、不同冠层、不同单枝和单叶的叶面积(LA)。

用 t 检验方法检验 LQ 、 LDW 和 LA 等在 P、CK 处理间和上、下冠层间的差异性显著程度,用协方差分析方法分析两处理 $d_{1.3}$ 、 $S_{1.3}$ 和 V 等的差异性。数据分析采用 Excel 2003 和 SPSS 12.0 软件。

3 结果与分析

泡桐的 LQ 、 LDW 和 LA 是反映其叶片生长状况的重要指标,其水平高低与光合产物量密切相关。对 22 株泡桐 207 个侧枝 3 项指标的测定结果表明,修枝促接干的影响明显表现在从单叶到单枝、冠层和全株等各级层面。

3.1 修枝促接干对泡桐单叶生长的影响

分处理(P、CK)和冠层(上、下),对其单叶生长指标的测定结果表明(见表 1),两处理单叶的 LDW 和 LA 均为上层高于下层,其中, P 处理的分别高 99.37%、82.86% (差异性 t 值分别为 9.331**、8.406**、 $f=67$), CK 处理的分别高 110.35%、90.14%(t 值分别为 10.925**、9.272**、 $f=104$)。由此差异可以看出,修枝促接干对单叶的 LDW 和 LA 在上下冠层间的差异性均有一定程度降低的趋势。

在同一冠层,P 处理单叶的 LDW 和 LA 与 CK 处理的相比均有极显著提高,在树冠下层分别提高 26.54%、28.78%,在树冠上层分别提高 19.93%、23.71%,这使其全株单叶平均的 LDW 和 LA 分别达到 5.227 7 g、581.044 7 cm²,较 CK 处理的分别高 13.30%、16.51% (t 值分别为 2.911*、3.693*、 $f=20$),表明修枝促接干能显著提高各冠层和全株平均单叶的 LDW 和 LA ,并且对其下层的影响有大于上层的趋势。

就两处理、两冠层叶片的单位面积干重(LDW 与 LA 的比值、可作为叶片质量指标)来看,P、CK 处

理的均为上层高于下层,分别高 11.40% ($t=2.417^*$ 、 $f=42$)、10.48% ($t=3.284^*$ 、 $f=47$),均达显著水平,但在同一冠层两处理之间并无显著差异,

由此可以看出,叶片单位面积干重的差异主要表现在冠层之间,而修枝促接干并未对此质量指标造成不良的影响.

表 1 不同处理泡桐单叶的测定结果
TABLE 1 Measurement results of single leaf by various treatments

指标	冠层	修枝促接干(P)			对照(CK)			差异性 t 值	差异/%
		平均值	样本数	标准差	平均值	样本数	标准差		
叶干重/g	下层	4.200 3	58	1.411 4	3.319 4	87	1.268 9	3.887**	26.54
	上层	8.374 2	11	0.875 1	6.982 5	19	1.491 3	2.730*	19.93
叶面积/cm ²	下层	486.952 6	58	147.264 1	378.137 5	87	135.973 4	4.534**	28.78
	上层	889.441 2	11	121.561 1	718.972 4	19	175.139 9	2.758*	23.71
单位面积叶干重/(mg·cm ⁻²)	下层	8.482 0	32	1.264 4	8.566 6	29	1.051 9	0.278	1.00
	上层	9.449 3	12	0.791 7	9.464 0	20	0.687 3	0.054	0.16

3.2 修枝促接干对泡桐单枝叶片生长的影响

以单个侧枝为单元,对两处理、两冠层泡桐叶片的测定结果表明(见表 2),修枝促接干对其 LQ 、 LDW 和 LA 的影响在树冠下层和上层有着不同的方向和程度.

在树冠下层,P 处理单枝的 LQ 、 LDW 和 LA 分别较 CK 处理的提高 48.59%、99.62%和 98.51%,均达极显著水平,表明修枝促接干对下层单枝的叶片生长具有明显的促进效应,这与其促进下层侧枝的发育和生长密切相关(P 处理单枝基部的断面积生长

量较 CK 处理的平均高 165.17%、径生长量平均高 1.52 cm);而在树冠上层,前者均较后者有一定程度的降低,其中单枝的 LQ 降低幅度较大,达 33.29%,其 LDW 和 LA 的降低幅度较小,分别为 20.56%、17.59%,这与 P 处理的上层枝由于为新发育和形成的接干而分枝数量少明显相关.从修枝促接干对三项指标的影响程度看,对单枝 LQ 的影响明显不同于对其 LDW 和 LA 的影响,这显然与其明显提高单叶的 LDW 和 LA 有关.

表 2 不同处理泡桐单枝叶片的测定结果
TABLE 2 Measurement results of single branch leaves by various treatments

指标	冠层	修枝促接干(P)			对照(CK)			差异性 t 值	差异/%
		平均值	样本数	标准差	平均值	样本数	标准差		
叶片数/片	下层	192.9	49	111.9	129.8	126	77.7	4.202**	48.59
	上层	250.4	9	97.3	375.4	23	203.5	1.709	-33.29
叶干重/kg	下层	0.864 3	49	0.610 2	0.433 0	126	0.283 1	6.330**	99.62
	上层	2.052 9	9	0.812 8	2.584 2	23	1.464 4	0.996	-20.56
叶面积/m ²	下层	9.800 6	49	6.592 5	4.937 0	126	3.223 1	6.480**	98.51
	上层	21.854 0	9	8.648 9	26.519 1	23	15.411 6	0.830	-17.59

在同一处理的不同冠层之间比较可以发现,两处理泡桐单枝的 LQ 、 LDW 和 LA 均为上层高于下层,其中, P 处理的分别高 29.81%、137.52%、122.99% (t 值分别为 1.419、4.987**、4.698**、 $f=56$),而 CK 处理的分别高 189.21%、496.81%、437.15% (t 值分别为 10.033**、14.922**、14.023**、 $f=147$),由此差异可明显看出,修枝促接干明显降低了单枝叶片 3 项指标在两冠层间的差异性.

3.3 修枝促接干对泡桐冠层叶片生长的影响

以冠层为单元的叶片生长指标,与其侧枝数量 (BQ)和单枝的叶片指标密切相关.对两处理(P 处理 9 株、CK 处理 13 株)不同冠层叶片生长的测定结果表明,由于 P 处理上、下冠层的 BQ 在修枝时分别减少 100%、42.68%(见图 1),加之修枝促接干对两冠层单枝叶片指标的不同影响,使其对两冠层叶片

指标的影响呈现出不同的特点(见图 2~4).

在树冠上层,P 处理的 LQ 、 LDW 和 LA 分别为 250.4 片、2.052 9 kg、21.854 0 m²,较 CK 处理的分别降低 62.30% ($t=5.225^{**}$)、55.10% ($t=4.841^{**}$)和 53.42% ($t=4.895^{**}$),均达极显著水平,这显然与 P 处理在该冠层仅有 1 枝新形成的接干且分枝少,而 CK 处理的多为 2 枝(平均 1.77 枝)经 3 年发育的有大量分枝的顶枝有关.尽管如此,但由于新接干的形成和在当年的快速生长,加之“高高在上”的优势环境和通直的干形,势必对上层树冠的快速形成进而促进主干的快速生长奠定了重要的基础.这可以在修枝促接干对主干生长的持续效应方面得以证实^[8,9].

在树冠下层,P 处理的 LQ 为 1 051 片,较 CK 处理的降低 16.45% ($t=1.279$),而其 LDW (达 4.709 5

kg)和 LA (达 $53.404\ 4\ \text{m}^2$) 则分别提高 12.22% ($t=0.965$) 和 11.61% ($t=0.934$), 这足以表明修枝促接干尽管使该冠层的 BQ 明显减少, 但并未对其 3 项叶片指标造成明显降低, 反而在其叶干重和叶面积指标上略有增加, 这与修除顶部分叉枝和部分下层枝(保留 2~3 对侧枝)能显著促进接干形成和生长并维持下层主干的径生长的结论完全吻合^[8,9], 同时也与其明显促进下层侧枝生长并使其侧枝总断面积与 CK 处理的相近(仅差 9.15%)相一致.

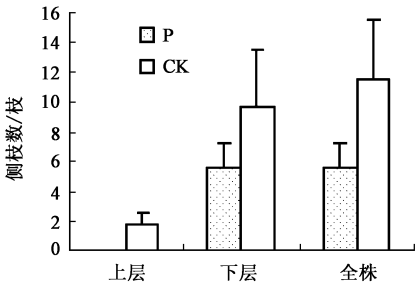


图1 修枝促接干对泡桐冠层和全株侧枝数的影响
FIGURE 1 Effects of pruning on BQ of whole tree and various crowns of *Paulownia*

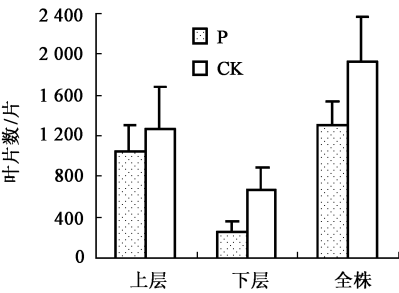


图2 修枝促接干对泡桐冠层和全株叶片数的影响
FIGURE 2 Effects of pruning on LQ of whole tree and various crowns of *Paulownia*

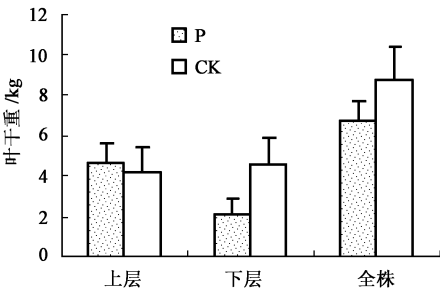


图3 修枝促接干对泡桐冠层和全株叶片干重的影响
FIGURE 3 Effects of pruning on LDW of whole tree and various crowns of *Paulownia*

3.4 修枝促接干对泡桐全株叶片生长的影响

由于 P 处理泡桐全株的 BQ 在修枝时减少 51.53% (修枝强度平均为 53.60%) (见图 1), 加之修枝促接干对上、下冠层叶片生长的不同影响, 使得 P 处理全株叶片的各指标与 CK 处理的相比均有显著的降低, 但其降低幅度均明显低于其全株 BQ 的减

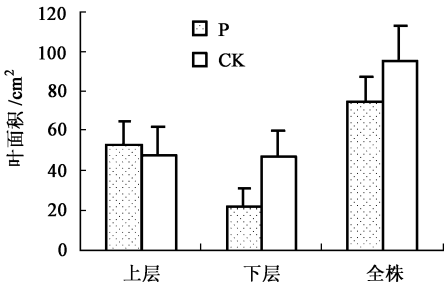


图4 修枝促接干对泡桐冠层和全株叶面积的影响
FIGURE 4 Effects of pruning on LA of whole tree and various crowns of *Paulownia*

少幅度(见图 2~4). 其中, LQ (为 $1\ 302$ 片) 的降低幅度最大, 达 32.29% ($t=3.718^*$), 而 LDW (达 $6.762\ 4\ \text{kg}$) 和 LA (达 $75.258\ 4\ \text{m}^2$) 的降低幅度明显较小, 分别为 22.88% ($t=3.142^*$) 和 20.59% ($t=2.767^*$), 表明 LDW 和 LA 是反映修枝促接干对泡桐叶片生长影响的更准确的指标. 这也可以从上层各叶指标所占全株的比例来加以证明, P 处理的上层 LQ 占全株的 19.24% , 而其 LDW 和 LA 占全株的比例则分别高达 30.35% 和 29.04% .

对两处理泡桐单位干重和单位面积叶片对枝、干指标年生长量影响的测定结果表明, P 处理 $S_{1.3}$ 的年生长量为 $10.971\ \text{cm}^2/\text{kg}$ 和 $0.987\ 7\ \text{cm}^2/\text{m}^2$, 较 CK 处理的低 17.40% ($t=1.619$) 和 19.49% ($t=1.834$); 而其侧枝总 S_b 的则较 CK 处理的高 60.44% ($t=6.117^{**}$) 和 56.33% ($t=5.742^{**}$), 达 $31.691\ 7\ \text{cm}^2/\text{kg}$ 和 $2.852\ 8\ \text{cm}^2/\text{m}^2$; 其主干 V 的高 39.56% ($t=2.889^*$) 和 36.05% ($t=2.674^*$), 达 $0.007\ 68\ \text{m}^3/\text{kg}$ 和 $0.000\ 69\ \text{m}^3/\text{m}^2$. 这使得 P 处理的 $d_{1.3}$ 、 $S_{1.3}$ 和 S_b 分别达 $17.00\ \text{cm}$ 、 $229.38\ \text{cm}^2$ 和 $276.755\ 6\ \text{cm}^2$, 较 CK 处理的分别低 6.43% ($t=5.006^{**}$)、 12.04% ($t=4.849^{**}$) 和 15.83% ($t=1.955$), 而其主干 V 则达 $0.106\ 71\ \text{m}^3$, 较 CK 处理的高 14.51% ($t=3.844^*$). 由此表明, 修枝促接干可通过提高单位数量叶片的侧枝生长量而维持侧枝的发育和生长, 进而在不显著降低主干径生长的情况下, 显著提高单位数量叶片的主干材积生长和总材积.

4 结论与讨论

1) 在造林后第 3 年春季修枝促接干对泡桐叶片生长的影响明显表现在从单叶到单枝、冠层和全株等各级层面. ①使单叶的干重和面积明显提高, 在树冠下层分别提高 26.54% 、 28.78% , 在树冠上层分别提高 19.93% 、 23.71% , 且有减小上下冠层间差异性的趋势. ②使单枝叶片各指标在冠层间的差异性明显降低, 使单枝的叶片数、叶干重和叶面积在树冠下层分别提高 48.59% 、 99.62% 和 98.51% , 而在树

冠上层分别降低 33.29%、20.56%和 17.59%。③使树冠上层的叶片数、叶干重和叶面积分别降低 62.30%、55.10%和 53.42%，同时使树冠下层的叶片数降低 16.45%，而叶干重和叶面积反而分别提高 12.22%和 11.61%，进而使全株的叶片数、叶干重和叶面积分别降低 32.29%、22.88%和 20.59%。④与叶片数指标相比，叶干重和叶面积指标更能准确反映修枝促接干对泡桐叶片生长的影响。

2)修枝促接干尽管使泡桐的侧枝数在树冠上层和下层均明显减少,但由于促进了新接干的形成和下层侧枝的发育和生长,其叶片数、叶干重和叶面积在总体上的降低幅度较小,并且可通过提高单位数量叶片的侧枝生长量而维持侧枝的发育和生长,进而在不显著降低主干径生长的情况下,显著提高单位数量叶片的主干材积生长和总材积。这可能是由于修枝促接干从总体上改善了泡桐树冠的结构和通风透光条件,进而对其光合干物质的生产、运输和分配产生了有利于主干形成和生长的影响。

3)修枝促接干对泡桐叶片生长的影响是与其对侧枝和主干生长的影响相互联系和统一的,对其影响的多种效应也将是持续的,对这些方面的研究将有待于系统和深入。

参 考 文 献

[1] 蒋建平. 泡桐栽培学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1990.
JIANG J P. *Paulownia cultivation science* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1990.
[2] 熊耀国, 赵丹宁. 泡桐遗传改良[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.
XIONG Y G, ZHAO D N. *Paulownia genetic improvement* [M]. Beijing: China Science & Technology Press, 1995.
[3] 赵丹宁, 熊耀国, 宋露露. 泡桐树冠结构与生长性状遗传相关的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(4): 11-16.

ZHAO D N, XIONG Y G, SONG L L. Relationship between tree grown structures and growth characters of *Paulownia* [J]. *Journal of Northwest Forestry College*, 1995, 10(4): 11-16.
[4] 魏安智, 杨途熙, 杨焕叶. 泡桐无性系苗期叶部性状的主成分分析[J]. 西北植物学报, 1994, 14(1): 68-72.
WEI A Z, YANG T X, YANG H Y. Principal component analysis of the leaf characteristic of *Paulownia* clones in the seedling stage [J]. *Acta Boreal-Occident Sin*, 1994, 14(1): 68-72.
[5] 王保平, 李宗然, 乔杰, 等. 泡桐枝叶相关关系的研究[J]. 北京林业大学学报, 1998, 20(3): 128-133.
WANG B P, LI Z R, QIAO J, et al. Study on branch-leaf correlation of *Paulownia* trees [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1998, 20(3): 128-133.
[6] 侯元凯, 翟明普. 泡桐干形培育研究进展[J]. 林业科学, 1999, 35(3): 76-83.
HOU Y K, ZHAI M P. The advances of *Paulownia* stem form cultivation research [J]. *Scientia Sibre Sinicae*, 1999, 35(3): 76-83.
[7] 王保平, 李宗然, 文瑞均, 等. 泡桐修枝接干技术及其效应的研究[J]. 林业科学研究, 2003, 16(2): 183-188.
WANG B P, LI Z R, WEN R J, et al. Pruning technique and its effects on *Paulownia* trunk extension [J]. *Forest Research*, 2003, 16(2): 183-188.
[8] 王保平, 李吉跃, 文瑞均, 等. 修枝接干对泡桐年生长节律影响的研究[J]. 北京林业大学学报, 2003, 25(4): 11-15.
WANG B P, LI Z R, LI J Y, WEN R J, et al. Effects of pruning on annual growth rhythm of *Paulownia* trunk [J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2003, 25(4): 11-15.
[9] 王世绩主编. 杨树研究进展[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995.
WANG S J. *Advances in poplar research* [M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1995.
[10] KITTREDGE J. Estimation of amount of foliage of trees and shrubs [J]. *J Forest*, 1994, 42(11): 50-67.

(责任编辑 赵 勃 冯秀兰)

本刊 2005 年第 6 期要目预告

- 郭惠红等: 金边卫矛冷驯化期间 SOD 和 POD 同工酶及蛋白的研究
石 娟等: 松材线虫入侵对马尾松林主要种群生态位的影响
陈 玮等: 沈阳东陵区油松栎林群落数量特征的研究
贾黎明等: 地下滴灌条件下杨树速生丰产林生产力及效益分析
胡建忠: 黄河上游退耕地人工林的碳储量研究
张建军等: 日本山地森林小流域悬移质泥沙研究
张厚江等: 振动方式测定木材弹性模量基本方法的研究
刘晓丽等: 人工林尾巨桉树木表面轴向生长应变