

杨树研究进展

王世绩 主编



●中国林业出版社

杨树研究进展

(1991~1995)

王世绩 主编

中国林业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

杨树研究进展/王世绩主编. —北京: 中国林业出版社, 1995. 12
ISBN 7-5038-1585-X

I. 杨… II. 王… III. 杨属-研究-进展 IV. S792.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 21029 号

中国林业出版社出版

(100009 北京西城区刘海胡同 7 号)

北京龙华印刷厂印刷 新华书店北京发行所发行

1995 年 12 月第 1 版 1995 年 12 月第 1 次印刷

开本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 26.625

字数: 648 千字 印数: 1—750 册

ISBN 7-5038-1585-X/S · 0895

定价: 35.00 元

杨树研究进展(1991~1995)
Advances in Poplar Research(1991~1995)

编辑委员会名单

List of Editors

主编 王世绩

Chief editor Wang Shiji

编著者(按姓氏笔画为序)

卞学瑜 王世绩 王克胜 刘建伟 刘雅荣 朱春全
陈颖 陈章水 胡新生 徐宏远 唐谦 韩一凡
杨自湘

Editor(By alphabet)

Bian Xueyu Chen Ying Chen Zhangshui Han Yifan
Hu Xinsheng Liu Jianwei Liu Yarong
Wang Kesheng Wang Shiji Tang Qian Xu Hongyuan
Yang Zixiang Zhu Chunquan

特约责任编辑 刘雅荣

Managing Editor Liu Yarong

序

1991年由北京农业大学出版社出版,王沙生、王世绩、裴保华三人主编的一本书名为《杨树栽培生理研究》的论文集。在这本集中,主要编辑了由中国林业科学研究院林业研究所,北京林业大学森林资源管理学院和河北林学院等三个协作单位在完成“七五”国家攻关专题任务时所取得的科研成果。可喜的是,这本论文集集中的部分成果分别荣获了1992年林业部科技进步一等奖和1995年国家科技进步三等奖。目前出版的这本《杨树研究进展(1991~1995)》论文集中共收集了71篇论文,这些论文属中国林业科学研究院林业研究所一些科研人员在完成“八五”国家攻关专题任务时,所取得的部分科研成果。与前一本论文集不同的是,这本论文集在内容方面,不仅限于杨树栽培生理研究,而是拓宽到杨树遗传、育种和虫害防治等各个领域。不论是从广度和深度来衡量,论文的学术水平都提高到了一个新的高度。

杨树的拉丁文(*Populus*)字意是“大众”的意思,用它来形容中国杨树分布的广泛性和它在人民经济生活中的重要性,实在是再贴切不过了。全世界杨树人工林面积有多少?据联合国粮农组织的统计是140万 hm^2 ,请注意,这个统计数字是不包括中国在内的。那么,中国的杨树人工林面积有多少呢?据林业部森林资源调查的统计数据是1亿亩即666万 hm^2 。当然这里面包括一些生产力极低的,不能提供商品木材,只能起到防护效益的低产林,但是,即使打很大的折扣,中国的杨树人工林面积也超过了全世界其他国家杨树人工林面积的总和,其重要性是不言而喻的。

欧洲是发展杨树人工林最早的地区,因为杨树生长快,木材具有工业利用的特殊价值,因此,早在1947年由法国和意大利等国发起,成立了国际杨树委员会,而后被接纳为联合国粮农组织下属的唯一以树种为核心的学术团体。国际杨树委员会每四年召开一次大会,我国于1980年加入该组织,并当选为执委会成员,1988年在北京召开了第18届会议,这次会议对推动国际学术交流和促进我国杨树事业的发展起了很重要的作用。在过去的30年间,我国的杨木利用方式主要是满足于民用材的需要,由于木材工业比较落后,对杨木工业利用的潜力缺乏足够的认识,以及传统习惯的影响,使得以杨木为原料的工业没有得到应有的发展,这不但限制了杨树的发展优势,而且也造成了由杨树人工林粗放经营而带来的病虫害猖獗,品种单一等一系列弊端。从另一个角度来看,自80年代以来,小片杨树丰产林也达到了相当高度的经营水平,许多科研成果和论文正是从这些小片丰产林的总结中得到的。从这个意义上讲,我国的常规育种与栽培技术的研究水平,已经走在了杨木工业利用的前面,积累了相当丰富的宝贵资料。

1995年1月在北京召开了第五届全国杨树会议,这是一次学术交流的盛会,许多著名的杨树专家都参加了这次会议。大家一致认为,中国杨树人工林发展的新阶段——杨木工业利用阶段,随着改革开放的进程已经提到议事日程上来。近几年来,东部和中原地区以杨木为原料的胶合板、刨花板、纤维板、包装箱、火柴杆、方便筷以及纸浆厂等纷纷建立和投产,一些外国投资者也在争先恐后地瞄准杨树人工林这个原料基地。可以预见,一个新的杨树人工林发展高潮

正在各地悄然兴起,面临新的挑战,无疑加重了从事杨树生产、教学和科研工作者的任务,但愿这本论文集能向他们提供一些有用的参考资料。

王世绩

1995年8月16日 北京

Introduction

In 1991, a symposium entitled "Advance in the Physiology of Poplar" edited by Wang Shasheng, Wang Shiji and Pei Baohua, was published by the Publishing House of Beijing Agricultural University. In the symposium, the scientific research achievements obtained by the Research Institute of Forestry, CAF, the Forest Resources Management College of the Beijing University and the Hebei Forestry College in the fulfilment of the "7th Five-year National Key Project" were compiled.

A part of the achievements in the symposium were honoured with either the first prize of the Science and Technology Progress Award from the Ministry of Forestry in 1992 or the third prize of the National Science and Technology Progress Award in 1995. In the current symposium "Advance in Poplar Research(1991~1995)", 71 thesis were collected, which were a part of the research achievements after the research scientists of the Research Institute of Forestry, CAF, had completed the "8th Five-year" National Key Projects. Its difference from the previous symposium is that the content of this volume not only deals with the physiology of Poplar, but extends to the fields of poplar genetics, breeding and insect control. Judging whether from the scope or degree of depth, the scientific level of these thesis have been raised to a new height.

The Latin word of poplar is *Populus*, which means, people and mass. Using this word to express its poplar wide-ranging in the distribution of poplar in China or its significance in the economics of people's life is no more than very appropriate. How much is the area of poplar plantation in the world? According to the statistics of FAO, it's 1.4 million hm^2 . Attention please! This statistical data doesn't include the area of poplar plantation in China. Then, how much is the area of poplar in China? According to the statistics of forest resources inventory by the Chinese Ministry of Forestry, it's 6.66 million hm^2 . Of course, it includes some low-yield plantation, which can't provide with commercial timber but only act as protective forest. Even if it is like this, the area of poplar plantation in China has surpassed the total area of poplar plantation in the world, so its importance is self-evident.

Europe is the area, where poplar developed the earliest. Since poplar grows fast and its timber has the special value of industrial utilization, so early in 1947, initiated by France, Italy etc. countries, the International Poplar Commission was formed. Then, it's admitted by FAO as the only one academic organization, which takes tree species as its core. The Interna-

tional Poplar Commission holds a session every 4 years. China joined this organization in 1980 and was elected as the member of the executive committee. In 1988, the 18th session of IPC was held in Beijing, which played an important role in pushing forward the international academic exchange and promoting the development of poplar career in China. In the past 30 years, the utilization type of poplar wood in China is mainly to meet the demand of civil need. Due to the backwardness of wood industry and the influence of traditional customs, which made the industry taking poplar wood as its raw material didn't get its due development, that not only limited the development superiority of poplar, but also resulted in the frequent insect outbreaks because of extensive management, monoculture etc. disadvantages. From another standing point of view, since 1980's, small pieces of high-yield poplar plantation have reached a quite high management level, many scientific achievements and thesis came out from the summary of these small pieces of high-yield plantation. In a sense, the research level of China's conventional breeding and cultivation technology has marched forward before the industrial utilization of poplar wood and quite a lot of precious information have been accumulated.

In January, 1995, the 5th Session of the National Poplar Conference was held in Beijing, which is a grand gathering of academic exchange. Many famous and outstanding poplar experts attended this conference, who unanimously recognized that the new stage of China's poplar development-industrial use of poplar wood was put on the agenda with the progress of reform and open policy. In recent years, in the eastern and central area of China, early or later factories of plywood, particlewood, fibrewood, package box, match-rod, convenient chop-sticks and pulp-making were set up, all of which are using poplar wood as raw material. It can be predicted that a new high tide of developing poplar plantation is quietly rising everywhere. Facing the new challenge, the people who are engaging in the work of poplar production, teaching and scientific research are loaded with heavy tasks. Wishing this symposium can provide them with some useful information

Wang Shiji
Beijing Aug. 18, 1995

目 录

I 生理生态

杨树失叶对生长超越补偿作用的研究.....	王世绩	刘雅荣等	(2)
不同杨树无性系光合作用与其抗旱能力的初步研究.....	刘建伟	刘雅荣等	(7)
水分胁迫下不同杨树无性系苗期的光合作用	刘建伟	刘雅荣等	(13)
半干旱地区 8 种杨树无性系间苗期净光合速率变化的研究	刘建伟	胡新生等	(18)
杨树不同无性系叶面积模型的选择及其建立	刘建伟	刘雅荣等	(25)
PV 技术的计算机处理及其在树木水分关系研究中的应用	刘建伟	刘雅荣等	(31)
集约与粗放经营杨树人工林叶片光—光合作用模型	朱春全	王世绩等	(38)
6 个杨树无性系苗木生长、生物量生产和光合作用的比较研究	朱春全	王世绩等	(44)
4 个杨树无性系在不同温度和相对湿度条件下净光合速率的比较研究	胡新生	刘建伟等	(55)

II 遗传、育种

抗虫转基因欧洲黑杨的培育	田颖川	李太元等	(67)
抗虫转基因欧洲黑杨的 Western 印迹法分析	陈 颖	李 强等	(74)
苏云金杆菌杀虫晶体蛋白基因转化美洲黑杨的研究	陈 颖	韩一凡等	(77)
3 种杨树单株间及 F ₁ 代个体的随机扩增多态性 DNA(RAPD)分析	唐 谦	郑先武等	(84)
杨树纸浆材优良无性系选育方法的研究	卞学瑜	韩一凡等	(91)
不同杨树无性系对云斑天牛抗性差异机理的研究	卞学瑜	韩一凡等	(97)
群众杨改良无性系材性的遗传及性状相关的研究.....	王克胜	韩一凡等	(103)
杨树无性系生长和材性的遗传变异及多样性状选择.....	王克胜	卞学瑜等	(110)
杨树抗云斑天牛纤维材优良无性系选育.....	王克胜	卞学瑜等	(118)
群众杨改良杂种一代优势及无性系遗传距离聚类分析.....	王克胜	李淑梅等	(126)
欧美杨无性系区域试验的效应分析与稳定性测定.....	王克胜	卞学瑜等	(134)
杨树抗寒纸浆材优良无性系选育.....	王克胜	韩一凡等	(141)
杨树生长和材性的遗传改良.....	王克胜	韩一凡等	(146)
杨树生长曲线拟合与生长速率的遗传变异分析.....	王克胜	韩一凡等	(154)
杨树无性系生长性状的遗传动态变化与早期选择.....	王克胜	韩一凡等	(160)
杨树优良无性系多性状选择方法.....	王克胜	卞学瑜等	(164)
杨树抗烂皮病无性系的酚酸物质含量与抗性关系的研究.....	杨自湘	汪太振等	(169)

杨树抗烂皮病与早春抗冰冻能力·····	杨自湘	汪太振等	(174)
---------------------	-----	------	-------

III 栽培、经营

淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 I			
粉煤灰覆田立地的基本特征·····	王世绩	刘雅荣等	(181)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 II			
杨、柳、榆、刺槐对淮北粉煤灰“土壤”中矿质积累的影响 ·····	王世绩	刘雅荣等	(187)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 III			
粉煤灰复垦区杨、柳、榆、刺槐的生物量 ·····	刘雅荣	刘建伟等	(193)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 IV			
粉煤灰覆田立地上杨、柳、榆、刺槐根系的分布和生长特点 ·····	王文全	王世绩等	(197)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 V			
各树种在不同灰土比例上生长量和生物量的试验研究 ·····	冷国友	周树理等	(207)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 VI			
粉煤灰覆田立地欧美杨施肥效应研究·····	王世绩	刘雅荣等	(212)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 VII			
粉煤灰覆田立地欧美杨营养诊断研究·····	王世绩	刘雅荣等	(219)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 VIII			
覆土厚度与压青对树木生长的影响·····	王世绩	刘雅荣等	(223)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 IX			
杨树人工林土壤管理模式的研究·····	王世绩	刘建伟等	(230)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 X			
欧美杨人工林密度效应的研究·····	王文全	王世绩等	(238)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 XI			
欧美杨(Neva)人工林叶面积估测方法探讨 ·····	王文全	谢泽栋等	(245)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 XII			
欧美杨人工林地上生物量估测方法的探讨·····	王文全	王世绩等	(254)
淮北煤矿塌陷区复垦造林技术的研究 XIII			
杨树苗木等级对造林后期生长的影响·····	王世绩	刘雅荣等	(261)
杨树栽培区划的研究·····	陈章水	赵天锡等	(265)
安徽省长江沿岸平原土壤对杨树生长的影响·····	陈章水		(273)
安徽省长江沿岸平原杨树栽培立地选择·····	陈章水		(281)
安徽省长江沿岸平原芦苇对杨树生长影响的研究·····	陈章水		(284)
安徽省长江沿岸平原洪水淹没不同程度对杨树生长影响的研究·····	陈章水		(289)
杨树郁闭林下培养平菇及凤尾菇试验·····	邢 伟	陈章水等	(295)
杨树人工林林农间作·····	邢 伟	陈章水	(298)

杨树人工林下间种生姜及晚贝的试验·····	陈章水	杨志敏等	(302)
安徽省长江中、下游杨树人工林林农间作效益分析·····	陈章水	杨志敏等	(306)
安徽省沿江平原杨树人工林营林技术研究·····	陈章水	仰泽民等	(310)
不同密度 I—69 杨生长规律的研究·····	徐宏远	陈章水	(315)
不同密度 I—69 杨丰产林林分的生长预测及数量成熟龄·····	徐宏远	陈章水	(321)
I—72 杨人工林生物量的研究·····	徐宏远	郑世锴	(328)
I—72 杨人工林的投入产出及经济成熟龄·····	徐宏远	郑世锴	(336)
辽西半干旱地区昭林 6 号杨人工林密度及经济效益的研究 ·····	杨志敏	赵天锡等	(342)
黑杨派杨树在辽西半干旱地区育苗技术·····	邢印华	王富国等	(348)
北京杨间伐试验及其效益分析·····	杨志敏	陈章水等	(352)
我国北方寒冷半干旱区杨树引种选择及生物量·····	徐宏远	陈章水等	(359)
新疆杨材种出材率的研究·····	陈章水		(265)
从水热平衡探讨喀什地区造林面积·····	陈章水	方奇	(367)
新疆杨防护林带造林密度的研究·····	陈章水		(371)
新疆杨立地生产力评价及预测·····	陈章水		(375)
杨树工业用材林的定向培育·····	徐宏远		(379)
盆栽 I—214 杨插条苗喷施稀土试验研究·····	郑槐明	贾慧君等	(385)
总结与回顾·····	王世绩		(387)
关于发展我国杨树人工林的建议 ——第五届全国杨树会议纪要·····	王世绩		(389)
国际杨树委员会第 37 届执委会会议概况·····	王世绩		(391)
瑞典的能源林计划——一个富国的惊人之举·····	王世绩		(396)

IV 虫害防治

安庆沿江杨树丰产林主要害虫的调查与防治·····	高瑞桐	陈章水等	(404)
安徽省长江中下游地区杨树害虫危害及防治的调查研究·····	陈章水	高瑞桐等	(407)
在杨树人工林内招引益鸟 防治杨树害虫的试验研究·····	陈章水	仰泽民等	(411)

I 生理生态

杨树失叶对生长超越补偿作用的研究^①

王世绩 刘雅荣 朱春全

(中国林业科学研究院)

沈应柏

(北京林业大学生物中心)

摘要 1990~1991 年在北京中国林业科学研究院苗圃,以 1 年生美洲黑杨为试材,观测了人工摘叶以后引起的光合作用速率、叶片气孔导度、气孔阻力、主茎伸长生长和叶面积增长速率等生命过程的变化规律。研究证明了超越补偿作用的存在,以及在苗木的不同生长时期、不同摘叶量、摘叶后持续的时间内,超越补偿作用的特点。

关键词 杨树,光合速率,超越补偿

在农林业生产中,人们发现,林木或作物的一部分器官遭受害虫取食后并不一定引起减产,甚至在一定条件下,还能增产,这种现象被称为补偿作用,或超越补偿作用^[1~3]。盛承发等^[1]利用该原理,提出了棉铃虫 2 代期的防治措施,收到了显著的经济生态学效益。在林木害虫防治阈值的研究中,一些作者提出,树木损失 40%~50% 叶量时,不致降低其生长量^[4~10]。杨志敏^[6]最近报道,当泡桐被人工摘叶 10% 时,次年的材积增长量超过了对照。但在以往的研究中,多侧重于较长时期的效应,如果观测人工摘叶后引起某些生理指标的变化,或者数日内的生长变化,则更有利于证明超越补偿作用的存在,及其所需要的内外部条件。此项研究对于确定合理的营林措施,病虫害的防治十分重要。

1 材料与方法

试验是 1990~1991 年在中国林业科学研究院苗圃内进行的。试材为 1989 年扦插的美洲黑杨(*Populus deltoides*)天然杂交家系的无性系。扦插密度为 80 cm×50 cm,用当年生平茬苗做试验。在 6 月 4 日、7 月 15 日和 8 月 21 日分别做 5 种人工摘叶处理:A. 不摘叶(对照);B. 摘叶 25%(每隔 3 叶摘除 1 叶);C. 摘叶 50%(每隔 1 叶摘除 1 叶);D. 摘叶 75%(每隔 1 叶摘除 3 叶);E. 全摘叶(只保留顶端未展开的幼叶)。从摘叶之日起,每天早晨 8 时测量茎端的伸长生长量和茎端相邻的两片未展开叶的长度和宽度,测量方法见前文^[11]。叶面积是由叶片长度和宽度建立的回归方程求得。每种处理重复 10 次。光合速率等生理指标用 LI-COR6200 光合测定仪测定,重复 5 次。

① 刘建伟、陈立文、唐亮、王骏同志参加部分试验

2 试验结果

2.1 摘叶后光合速率、气孔导度等生理指标的变化

从表 1 看出,在光通量、气温、叶温和 CO₂ 浓度 4 个气象因子相当稳定的条件下,进行摘叶处理。摘叶 25%~75%处理,叶片气孔导度和气孔阻力均优于对照;各种处理的光合速率也都高于或等于对照,尤其是摘叶 25%和 50%处理明显高于对照;摘叶后 24 h 至第 8 天,生理变化的趋势是一致的。说明杨树苗期生长超越补偿作用的物质基础来源于高光合效率。

表 1 摘叶处理后苗木生理指标的变化 (测定日期:1991-08-21~29)

天数 (d)	处 理	光 通 量 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	气 温 ($^{\circ}\text{C}$)	叶 温 ($^{\circ}\text{C}$)	CO ₂ 浓度 (ppm)	光合速率 ($\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	气孔导度 ($\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$)	气孔阻力 ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-1}$)
1	对照(不摘叶)	1567	35.0	34.8	298	13.4	0.782	0.529
	(25%)	1553	34.4	33.8	298	16.0	1.118	0.336
	摘叶 (50%)	1626	34.2	33.7	299	16.9	1.279	0.322
	(75%)	1538	34.7	33.9	300	13.8	1.237	0.366
3	对照(不摘叶)	1 267	35.5	34.3	296	17.4	2.406	0.168
	(25%)	1269	35.6	34.3	301	17.4	3.444	0.115
	摘叶 (50%)	1264	35.6	34.3	296	17.6	3.520	0.121
	(75%)	1299	35.5	34.2	302	16.8	2.828	0.142
8	对照(不摘叶)	1 242	35.2	34.4	308	16.5	1.574	0.255
	(25%)	1241	35.2	34.2	305	17.4	2.671	0.151
	摘叶 (50%)	1281	34.9	33.8	301	18.1	2.293	0.173
	(75%)	1237	35.0	33.6	303	17.6	2.936	0.131

2.2 摘叶对茎伸长速率的影响

2.2.1 生长初期 6月4日摘叶处理后,茎伸长速率从第2天起就出现明显的差异(表2)。在摘叶后的6d内,不摘叶的(对照)日伸长速率最大,其平均数值随当天的气象条件而变化,保持1.89~3.53cm·d⁻¹。随摘叶量的增加,茎伸长速率呈规律性的下降,全摘叶处理茎伸长速率最小,平均值在0.19~1.31cm·d⁻¹。单因素方差分析的结果表明,各处理的差异达到了极显著水平。进一步做多重比较表明,全摘叶与其他处理之间的差异达到了极显著水平。对照与摘叶25%之间的差异不显著。处理后的第6天,对照与处理之间发生了质的变化,即对照与摘叶50%、25%之间的差异均不显著;至第8天,摘叶50%、25%两种处理的伸长速率反而超过了对照(仍未达到差异极显著水平)。说明部分摘叶对茎伸长生长有补偿作用。

2.2.2 生长旺盛期 苗木进入旺盛生长期的观测结果(表2)与生长初期相比,其共同点是,对照与摘叶25%的处理差异不显著(第1天例外),全摘叶与其他各种处理之间的差异达到了极显著水平(第1天例外)。不同点是,处理后第5天,摘叶50%和25%与对照的差异已经不显著,第6天以后,茎伸长速率已经超过了对照,第8天达到了差异极显著水平。说明随着苗木叶量的增多,摘叶后茎伸长速率的恢复期缩短了,表现出超越补偿作用。

2.2.3 生长后期 从表2可以看出,8月下旬苗木的超越补偿作用主要表现在以下三方面。一是全摘叶与摘叶75%两处理间差异不显著;二是对照与摘叶25%两处理间的差异不显著;三是摘叶后茎伸长速率的恢复期更加提前了,摘叶后第4天,摘叶25%的茎伸长速率已超过了对照,第8天,摘叶25%和50%的两处理都超过了对照,摘叶75%的也接近对照的水平。

综合 3 个生长时期的试验结果得出,摘叶时间愈早,对降低茎伸长速率的影响愈大,持续的时间也愈长。但是,3 个生长时期都存在着补偿或超越补偿作用。

表 2 不同生长期摘叶处理茎伸长速率方差分析与多重比较

处 理 (摘叶水平)		摘叶后不同天数茎日伸长速率平均值(cm·d ⁻¹)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
生长期初(6月4日)	A(对照)	<u>1.89 a</u> ^①	<u>2.67 a</u>	<u>3.64 a</u>	<u>2.12 a</u>	<u>2.38 a</u>	<u>3.53 a</u>	1.52 a	2.42 a
	B(25%)	1.79 a	2.38 a	3.20 a	2.01 a	2.11 ab	3.33 a	<u>1.71 a</u>	<u>2.70 a</u>
	C(50%)	0.88 b	1.70 b	2.53 b	1.48 b	1.79 b	2.88 ab	1.28 ab	2.54 ab
	D(75%)	0.53 b	1.18 b	1.62 c	1.09 b	1.69 b	2.23 b	0.85 bc	2.196
	E(100%)	0.19 c	0.32 c	0.80 d	0.56 c	0.99 c	1.31 c	0.50 c	1.19 c
	F 值	41.032	47.979	53.287	25.060	21.145	26.947	14.297	25.325
	显著性水平	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0
旺盛期(7月15日)	A(对照)	<u>3.09 a</u>	<u>2.44 a</u>	<u>2.68 a</u>	<u>2.74 a</u>	<u>3.47 a</u>	2.46 ab	<u>2.04 a</u>	1.65 a
	B(25%)	2.38 b	2.05 ab	2.44 ab	2.47 ab	3.26 ab	<u>2.93 a</u>	2.25 a	2.08 ab
	C(50%)	1.89 bc	1.81 b	2.14 b	2.01 bc	3.18 ab	2.72 ab	<u>2.27 a</u>	2.43 b
	D(75%)	1.54 cd	1.18 c	1.55 c	1.60 c	2.50 b	2.00 b	1.95 ab	<u>2.51 b</u>
	E(100%)	1.27 d	0.50 d	0.90 d	0.95 d	1.17 c	1.17 c	1.40 b	1.89 ab
	F 值	23.629	29.514	36.358	25.717	22.681	14.457	5.825	3.626
	显著性水平	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 7	0.012 4
生长末期(8月21日)	A(对照)	<u>3.12 a</u>	<u>2.99 a</u>	<u>3.48 a</u>	3.14 ab	2.97 ab	2.97 ab	2.10 ab	2.10 ab
	B(25%)	2.53 ab	2.90 a	2.94 ab	<u>3.23 a</u>	<u>3.06 a</u>	<u>3.06 a</u>	<u>2.40 a</u>	<u>2.40 a</u>
	C(50%)	2.18 bc	2.54 ab	2.50 bc	2.77 abc	2.86 ab	2.86 ab	2.39 a	2.39 a
	D(75%)	2.10 bc	2.12 b	1.99 cd	2.36 bc	2.79 ab	2.79 ab	2.02 ab	2.02 ab
	E(100%)	1.84 c	0.75 c	1.33 d	2.10 c	2.34 b	2.34 b	1.66 b	1.66 b
	F 值	10.028	43.570	6.266	25.589	2.788	2.788	6.657	6.657
	显著性水平	0.000 0	0.000 0	0.000 0	0.000 4	0.037 8	0.037 8	0.000 3	0.000 3

① 平均值后面字母表示差异显著性,字母相同者差异不显著,不同者差异显著($\alpha < 0.05$)或差异极显著($\alpha < 0.01$)。

下划线“—”为最大值

2.3 摘叶对叶面积增长速率的影响

摘叶处理后,测量上部未停止生长的第 4 片叶的长度和宽度,计算日叶面积的增长速率。以初始叶面积为协变量进行协方差分析,结果表明,6、7 月两次摘叶处理均达到差异极显著水平。8 月下旬叶面积增长速率很低,故未做测量。表 3 列出了多重比较的统计结果,可以看出,摘叶后第 4 天,除摘叶 25% 的处理外,其他处理与对照的差异均极显著,至第 8 天,生长初期摘叶的,除全摘叶的处理与对照差异极显著以外,其他处理与对照的差异均不显著;生长旺盛期摘叶处理,只有全摘叶和摘叶 75% 两个处理与对照差异显著,其余两处理与对照的差异不

表 3 摘叶后叶面积生长量协方差分析多重检验

处 理 (摘叶水平)		摘叶后不同天数叶面积生长量平均值(cm ²)			
		2 d	4 d	6 d	8 d
生长初期 (6月4日)	A(对照)	<u>26.54</u> a	<u>68.44</u> a	111.35 a	120.04 ab
	B(25%)	24.53 a	68.17 a	<u>116.29</u> a	<u>129.53</u> a
	C(50%)	19.38 b	55.37 b	100.04 ab	113.30 ab
	D(75%)	13.93 c	39.73 c	77.22 b	94.41 b
	E(100%)	2.82 d	10.41 d	29.46 c	48.88 c
生长旺盛期 (7月15日)	A(对照)	<u>41.21</u> a	<u>93.30</u> a	<u>167.25</u> a	195.97 a
	B(25%)	28.94 b	77.70 a	149.66 a	<u>209.58</u> a
	C(50%)	19.26 c	50.72 b	113.70 b	176.33 a
	D(75%)	6.62 d	18.51 c	52.24 c	116.56 b
	E(100%)	5.52 d	14.02 c	34.24 c	69.77 b

显著。同时还可以看出,摘叶 25% 的处理,至第 8 天全都超过了对照的叶面积增长率,证明存在补偿作用。

2.4 摘叶对生长季末苗高和地径的影响

为了观察摘叶处理对苗木生长的长期效应,于生长季末(10 月 10 日),调查了苗高和地径。现将方差分析结果列入表 4。从表 4 中看出,3 个生长时期处理的结果都一致表明,摘叶 25% 对苗高和地径生长均有一定的促进作用。摘叶的时期愈早,摘叶量愈大,降低生长量的幅度愈大。

表 4 摘叶对全年苗高^①、地径生长^②的影响 (1991—10—10 测定)

处 理 (摘叶水平)	生长初期摘叶			生长旺盛期摘叶			生长后期摘叶		
	苗 高 生长量 (cm)	增 长 百分数 (%)	地 径 (cm)	苗 高 生长量 (cm)	增 长 百分数 (%)	地 径 (cm)	苗 高 生长量 (cm)	增 长 百分数 (%)	地 径 (cm)
A(对照)	263.50 a	100	2.96 a	132.81 a	100	3.29 a	57.62 a	100	—
B(25%)	264.21 a	100.27	3.11 a	134.87 a	100.05	3.33 a	59.21 a	102.78	—
C(50%)	240.91 a	91.43	2.92 a	118.33 ab	89.10	2.99 ab	52.23 ab	92.38	—
D(75%)	233.91 a	88.77	2.69 ab	106.60 bc	80.27	2.74 b	52.50 ab	91.11	—
E(100%)	167.61 b	63.61	2.30 b	83.34 c	62.75	2.57 b	41.10 b	71.33	—

① 以初始苗高为协变量,对各处理的苗高生长量做协方差分析,多重检验;② 单因素方差分析多重检验

3 结 论

(1) 采取人工摘叶模拟害虫取食 1 年生美洲黑杨,证明对光合作用速率、茎伸长速率、叶面积增长率,以及对全年的苗高和地径生长量均有补偿作用或超越补偿作用。

(2) 摘叶后 24 h 至第 8 天,摘叶量 25% 和 50% 的处理,其叶片气孔导度和光合速率均高于不处理的苗木。

(3) 摘叶对苗木生长补偿作用的大小与苗木的生长时期有关。摘叶 25%~75%,茎伸长速率和叶面积增长率与对照达到差异不显著的水平时生长初期需要 6 d,生长中期需要 5 d,生长后期只需要 4 d。

(4) 阐明了树木失叶对生长的补偿作用,可为制定合理营林措施,防治病虫害的经济阈值提供科学依据。

参 考 文 献

1 盛承发,马世骏. 棉铃虫二代期模拟危害蕾的经济生态学效益. 生态学报,1986,6(2):148~158
2 盛承发. 对于棉花早期蕾损失的补偿作用分析. 生态学报,1988,8(2):97~103
3 盛承发. 生长的冗余——作物对于虫害超越补偿作用的一种解释. 应用生态学报,1990,1(1):26~30
4 齐学智,高秀英,崔继平等. 山西灵丘油松人工林油松毛虫经济阈值的研究. 森林病虫通讯,1987,(2):20~21
5 李兴龙. 榆树受害允许水平及蜡尺蠖防治指标的研究. 森林病虫通讯,1988,(3):5~7
6 杨志敏,俞志顺,杨焕金等. 大袋蛾危害泡桐的经济阈值研究. 山东林业科技,1991,(3):47~50
7 陈水学,张希堂,周凤忱等. 杨树 5 种食叶害虫危害指标研究. 森林病虫通讯,1990,(1):17~20
8 高瑞桐,秦锡祥,李吉震等. 食叶害虫的食叶量与树木生长的关系. 林业科学,1985,21(2):199~205

- 9 奥恒毅,邵崇斌,周嘉熹. 大袋蛾防治阈值的研究. 林业科学研究,1991,4(2):167~171
- 10 葛庆杰,关励巧,李周直等. 马尾松毛虫防治指标的研究. 南京林业大学学报,1988,12(3):94~99
- 11 王世绩,刘奉觉,刘雅荣等. 杨树苗木的生长节律和水分状况的昼夜变化. 植物生理学通讯,1983,(3):39~41

A Study on the Over-Compensation Effect of Poplar from Leaf Loss

Wang Shiji Liu Yarong Zhu Chunquan

(The Research Institute of Forestry, CAF)

Shen Yingbai

(Biological Center, Beijing Forestry University)

Abstract During 1990~1991, in the nursery of the Chinese Academy of Forestry, leaf-plucking experiment of one-year-old *Populus deltoides* was conducted. The changing law of photosynthesis rate, stomatal conductance, stomatal resistance, main stem height growth rate and enlarging rate of leaf area were observed, which proved the existence of over-compensation effect and expounded the characteristics of over-compensation effect in different growth stages, different leaf-plucking amount and different duration after leaf plucking.

Key words poplar, photosynthesis, over-compensation