

# 河南省杨树人工林生物量估算

丁晋利<sup>1</sup>, 魏红义<sup>2</sup>, 李秀玲<sup>3</sup>

(1. 郑州师范学院, 河南 郑州 450044; 2. 南水北调中线干线工程建设管理局, 河南直管建管局, 河南 郑州 450046;  
3. 河南省林业工程咨询有限公司, 河南 郑州 450045)

**摘 要:**利用 1989—2008 年间共 4 次森林资源清查资料, 依据生物量转换因子法(BEF)建立的杨树生物量与蓄积量相关方程, 对河南省杨树人工林的生物量进行了估算。结果表明: 河南省 4 次森林清查杨树人工林的生物量分别为  $92.44 \times 10^4$  t、 $191.88 \times 10^4$  t、 $1\,256.79 \times 10^4$  t 和  $3\,454.59 \times 10^4$  t, 呈明显增长的趋势; 20 a 间, 杨树生物量共增加  $3\,362.15 \times 10^4$  t, 年均增长  $224.14 \times 10^4$  t; 而同期生物量密度呈逐年下降的趋势, 生物量密度由  $48.14 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  下降到  $37.50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 远低于全国杨树平均水平, 表明河南省杨树人工林森林质量较差; 模型的选用对估算区域生物量的大小影响较大, BEF 法与生物量转换因子连续函数法估算结果相差 33.95%。

**关键词:** 杨树; 森林资源连续清查; 蓄积; 生物量转换因子法; 生物量估算

**中图分类号:** S792.11      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1001-7461(2013)06-0084-04

## Estimation of the Biomass of Poplar Plantations in Henan Province

DING Jin-li<sup>1</sup>, WEI Hong-yi<sup>2</sup>, LI Xiu-ling<sup>3</sup>

(1. Zhengzhou Normal University, Zhengzhou, Henan 450044, China;  
2. Middle Route Project Construction Administration of Henan Straight CWRA, Zhengzhou, Henan 450046;  
3. Henan Province Forestry Engineering Consulting Co. Ltd., Zhengzhou, Henan 450045, China)

**Abstract:** Using the forest inventory data from 1989 to 2008, biomass of poplar plantations in Henan Province were estimated with the method of biomass expansion factor (BEF) that was built on the regression equations between stand volume and biomass. The results showed that total biomass of poplar plantations in four periods (1989—1993, 1994—1998, 1999—2003, 2004—2008) were  $92.44 \times 10^4$  t,  $191.88 \times 10^4$  t,  $1\,256.79 \times 10^4$  t, and  $3\,454.59 \times 10^4$  t, respectively. The trends were increasing distinctly with the time. From 1988 to 2008, the total biomass of poplar plantations had increased  $3\,362.15 \times 10^4$  t in twenty years with an annual increment of  $224.14 \times 10^4$  t. However, mean biomass of poplar plantation density decreased with time from  $48.14 \text{ t}$  to  $37.50 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$  within twenty years. The mean biomass of poplar plantation density in Henan Province was far below to the average in China. Therefore, the quality of poplar plantations was not high in Henan Province. Moreover, the difference was 33.95% when the biomass was estimated by BEF and continuous function BEF, indicating the importance of selecting suitable models.

**Key words:** poplar; forest inventory; volume; BEF; biomass estimation

杨树(*Populus*)具有生长快、成材早、产量高、材质优良及易于更新等特点, 在河南省广泛栽植, 截止 2008 年, 河南省杨树人工林面积已达到  $92.13 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 占全省人工乔木林面积的 46.95%<sup>[1]</sup>。杨树不仅直接提供木材创造经济价值, 而且可作为生

态屏障, 具有防风、固沙、涵养水源、保持水土等生态防护的效益, 在生态建设发挥着重大作用, 在河南省林业生态工程建设中有着不可替代的地位。

森林生物量是森林生态系统的最基本数量特征, 准确的评估某一地区的生物量大小, 能有效说明森林

的经营水平和开发利用价值,为促进资源合理利用和提高生物产量提供决策依据。20 世纪 90 年代以来,由于森林资源清查资料具有系统性和权威性,借助森林资源清查资料,并利用材积推算法估算生物量,已成为国际上在区域和全国范围内进行森林生物量及其动态变化和碳平衡研究中最具代表性的手段<sup>[2-5]</sup>。河南省于 1989—2008 年共开展 4 次森林资源清查<sup>[1,6-7]</sup>,为河南省杨树人工林生物量估算提供了基础资料。生物量转换因子法(biomass expansion factor,简称 BEF)又称材积源生物量法(volume-derived biomass),是利用林分生物量与木材材积比值的平均值,乘以该森林类型的总蓄积量,得到该类型森林的总生物量的方法,或利用木材密度(一定鲜材积的烘干重)乘以总的蓄积量和总生物量与地上生物量的转换系数求算<sup>[3-4,8]</sup>。BEF 是林木生物量和蓄积量的集中体现,与林木的年龄、种类组成、其它生物学特性和立地条件等密切相关。由于森林资源清查资料只提供了森林的蓄积量,不能由森林资源清查数据直接得出森林的全部生物量。W. J. LIANG<sup>[9]</sup>等通过总结杨树生物量的研究,表明杨树的生物量与树干材积、根、茎、叶都存在很强的相关性,因此,可用树干材积推算杨树林总生物量。

国际政府间气候变化专门委员会(IPCC)以森林蓄积、木材密度、生物量转换因子和根茎比等为参数,建立生物量转换因子的材积源生物量模型,计算公式如下<sup>[10-11]</sup>:

$$B=[V\times DN\times BEF]\times(1+RSR)\quad(1)$$

式中: $B$ :每  $\text{hm}^2$  乔木林总生物量( $\text{kg}\cdot\text{hm}^{-2}$ );  
 $V$ :每  $\text{hm}^2$  乔木林树干蓄积( $\text{m}^3\cdot\text{hm}^{-2}$ ); $DN$ :木材基本密度( $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ),取  $0.395\text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ;  $BEF$ :生物量转换因子,地上生物量与树干蓄积量的比值;  
 $RSR$ :地下根部的生物量与地上部分生物量的比值。

李建华<sup>[12]</sup>等通过对 148 块样地杨树(选用 I—72 杨)调查统计,拟合了杨树的  $BEF$ 、 $RSR$  与林分蓄积的关系,得出相关方程,如公式(2)、(3):

$$BEF=\text{EXP}(0.321-0.015\ln V)\quad(2)$$

( $R^2=0.927$ )

$$RSR=0.62-0.08\ln V\quad(3)$$

( $R^2=0.866$ )。 式中: $R^2$  为相关系数。

将模型公式(2)、(3)代入模型公式(1)得出杨树人工林生物量估算值,经与实际调查值进行相关检验, $t$  检验值为  $0.738<t_{0.05/2}(148)=1.96$  的标准值,表明模型估算值与实际值无显著差异,为利用生物量相对生长式结合森林资源清查资料求算  $BEF$  和  $RSR$  提供了理论基础<sup>[12]</sup>。

利用河南省森林资源清查资料,采用生物量转

换因子法对河南省杨树人工林生物量进行了估算,为评价该树种的生物量和提高营林水平及综合利用其产品提供论依据,对建立不同森林类型的碳库,进一步探索碳循环模式有重要的意义。

## 1 研究资料与方法

### 1.1 研究区概况

河南省地处我国中东部( $110^{\circ}21'\sim116^{\circ}39'E$ 、 $31^{\circ}23'\sim36^{\circ}22'N$ )之间,全省总面积为  $16.7\times10^4\text{ km}^2$ ,约占全国总面积的  $1.74\%$ 。全省地貌较为复杂,处于我国第二级地貌台阶向第二级地貌台阶的过渡带,主要地貌类型为山地、丘陵、平原。其中,河南省平原面积  $9.30\times10^4\text{ km}^2$ ,占全省总面积的  $55.7\%$ 。河南省处于暖温带和亚热带气候交错的边缘地区,气候具有明显的过渡性特征。年平均气温  $14.5\sim15.8^{\circ}\text{C}$  左右,平均降水量在  $600\sim1\,200\text{ mm}$  之间, $\geq10^{\circ}\text{C}$  的平均年积温为  $4\,300\sim5\,000^{\circ}\text{C}$ ,无霜期  $205\sim240\text{ d}$ 。河南省平原地区主要分布的土类有潮土、砂姜黑土、风沙土、盐土、碱土、盐碱土,另有少量的水稻土、新积土、黄褐土、褐土等,各种土壤类型适宜杨树的生长。植被类型由北向南依次由暖温带落叶阔叶林向北亚热带落叶阔叶林地带过渡。根据第 7 次河南省森林资源清查结果,全省林业用地总面积  $502.02\times10^4\text{ hm}^2$ ,森林面积  $336.59\times10^4\text{ hm}^2$ ,全省森林覆盖率  $20.16\%$ <sup>[1]</sup>。

### 1.2 数据来源

采用 1989—2008 年共 4 次森林资源清查中杨树人工林面积、蓄积等资料作为计算生物量的基础数据<sup>[1,7]</sup>。

### 1.3 研究方法

依据生物量转换因子法( $BEF$ )建立的杨树生物量与蓄积量相关方程,对河南省杨树人工林的生物量进行估算。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同时期生物量

根据 1989—2008 年共 4 次河南省森林资源清查资料,基于  $BEF$  法由公式(1)得出 20 a 河南省杨树人工林总生物量。由表 1 可看出,河南省杨树人工林生物量 1989—2008 年保持逐年增长趋势。2008 年生物量比 1993 年生物量增长了  $37.4$  倍,年均增长  $224.14\times10^4\text{ t}$ ,增长显著。各时期增长幅度不一致,1989—1998 年期间,生物量增长较为缓慢。自 1998 年以后,杨树生物量增长加快,2004—2008 年的 5 a 生物量增长量是 1999—2003 年共 15 a 总生物量的  $2.2$  倍,表明河南省杨树人工林生物量在近 5 a 间增幅较大。

2.2 杨树生物量动态变化

杨树人工林面积和生物量 1989—2008 年均呈增长趋势,20 a 间杨树林面积共增长了 48.0 倍,而生物量仅增长了 37.6 倍(图 1)。

表 1 1989—2008 年河南省杨树人工林不同时期生物量  
Table 2 Total biomass of poplar plantation in Henan Province from 1989 to 2008

年 份	面积/ ( $\times 10^4 \text{ hm}^2$ )	蓄积/ ( $\times 10^4 \text{ m}^3$ )	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	生物量密度/ ( $\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$ )
1989—1993	1.92	143.33	92.44	48.14
1994—1998	4.20	296.22	191.88	45.69
1999—2003	29.68	1 939.64	1 256.79	42.34
2004—2008	92.13	5 273.12	3 454.59	37.50

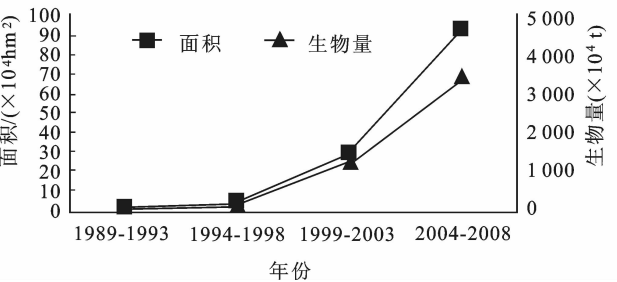


图 1 河南省杨树人工林面积与生物量动态比较  
Fig. 1 Comparison with the area and biomass from 1988 to 2008

表 2 1999—2003 年、2004—2008 年河南省杨树人工林各龄级生物量分布  
Table 2 Biomass of poplar plantation in Henan Province from 1999 to 2008

年 份	幼龄林		中龄林		近熟林		成熟林		过熟林	
	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	比例/%	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	比例/%	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	比例/%	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	比例/%	生物量/ ( $\times 10^4 \text{ t}$ )	比例/%
1999—2002	224.02	17.83	694.73	55.28	256.95	20.45	63.96	5.09	17.12	1.36
2004—2008	1 314.93	38.06	1 640.98	47.50	377.93	10.94	103.99	3.01	16.76	0.49

李庆云<sup>[15]</sup>等研究黄淮海平原区 5~13 a 农间作杨树林生物量在 16.35~127.82 t·hm<sup>-2</sup> 之间,丁扬<sup>[16]</sup>研究在苏北地区不同年龄杨树人工林生物量的变化时,发现 4~10 a 杨树人工林的生物量在 14.955~112.154 t·hm<sup>-2</sup> 之间。因此,杨树生物量的大小与树龄的大小相关性较大,杨树生物量随年龄的增加而增大。森林的生物量是森林在一定时空范围内生物个体或群体的干物质来表示。本文中所指的生物量密度表示单位面积生物量的大小。生物量密度的变化趋势与生物量增长恰恰相反。1989—2008 年的生物量密度呈下降趋势,由 1989—1993 年的 48.14 t·hm<sup>-2</sup> 下降至 2004—2008 年 37.50 t·hm<sup>-2</sup>,年平均下降 1.1%,说明杨树人工林单位面积上的生物量越来越少。

周三强<sup>[7]</sup>等采用灰色理论方法预测河南省杨树在以后的几年内蓄积还将继续增长。本研究表明,河南省杨树人工林生物量主要集中在中、幼龄林阶段,因此,河南省杨树人工林生物量还将持续增长,全省杨树人工林生物量可以得到进一步提升。

中、幼杨树林生物量占整个龄组生物量的 73.10%~85.56%(表 2),表明河南省杨树人工林生物量主要集中在中、幼龄林中。杨树人工林年龄越小,单位面积生物量低,对河南省杨树林森林质量有着重要影响。

3 讨论与结论

李海奎<sup>[13]</sup>等研究表明,2004—2008 年我国杨树生物量密度为 72.57 t·hm<sup>-2</sup>,而河南省同期生物量密度只有 37.50 t·hm<sup>-2</sup>,杨树的生物量密度远低于全国平均水平。杨树是一种具有生长快、效益高的树种,受平原绿化、退耕还林以及平原农地上的种植结构调整等影响,使得全省杨树栽植面积大幅增加,同时随着木材加工企业的发展对木材需求的增加,受市场的影响,2004—2007 年期间胸径 25 cm 以上一级通方杨树木材售价为 1 100 元·m<sup>-3</sup>,经济效益相当可观<sup>[14]</sup>。鉴于绿化造林和经济价值高的因素,杨树在平原地区大量栽植,且由于农户主要培育中小径材,杨树培育的周期短,因此,单位面积生物量较小,致使杨树人工林森林质量不高。

由生物量转换因子法计算 2003 年河南省杨树人工林生物量 1 256.79×10<sup>4</sup> t,而光增云<sup>[17]</sup>采用生物量转换因子连续函数法(variable BEF changes)计算同期杨树人工林生物量为 1 902.78×10<sup>4</sup> t,两者计算结果相差 645.99×10<sup>4</sup> t,采用生物量转换因子法比生物量转换因子连续函数法计算得出的杨树生物量低 33.95%,表明计算方法不同,生物量估算结果相差较大。经比较发现,由于选取样本的差异,两者所采用的生物量与树干蓄积比值有较大差异。光增云<sup>[17]</sup>在计算杨树生物量所选取的样本为 11~15 年生的毛白杨树种,生物量转换因子连续函数法的 BEF 值在 0.83~1.09 之间,而李建华<sup>[12]</sup>选取的样本为 3~18 年生的欧美杨系列 I—72 杨,生物量转换因子法 BEF 值在 1.36~1.24 之间,换算生物量转换因子连续函数法的 BEF 值为 0.54~0.87,两者 BEF 值相差 0.22~0.29,因此,BEF 取值大小直接影响生物量的估算结果。

毛白杨和欧美杨生长习性以及在河南省的分布有较大差异,毛白杨在河南北部多以农田防护林为主,

而欧美杨在河南全省多以片林形式存在,受光照、水分和养分条件的影响,农田林网的杨树较片林的树木生产力高,积累的生物量大<sup>[18]</sup>。采用农田防护林毛白杨树种为模型计算的生物量大于以片林为主的欧美杨树种生物量,因此,在计算杨树生物量时,模型的选取直接影响到生物量估算结果。

杨树是一种速生树种,且品种多,选用不同品种及不同方法计算生物量的结果有较大差异,因此在计算杨树生物量时,选用模型时既要考虑到树龄、立地条件等各方面对生物量的直接作用,又应充分考虑不同杨树品种之间生物量的差异,这将对提高估算杨树生物量精确性有着直接影响。

参考文献:

[1] 国家林业局华东森林资源监测中心,河南省林业厅. 河南省森林资源连续清查第五次复查成果[R]. 2008.

[2] 汤萃文,陈银萍,陶玲,等. 森林生物量和净生长量测算方法综述[J]. 干旱区研究,2010,27(6):939-946.

TANG C W,CHEN Y P,TAO L,*et al.* Overview of forest biomass and models of estimating NPP[J]. Arid Zone Research, 2010,27(6):939-946. (in Chinese)

[3] BROWN S L,SCHROEDER P,KERN J S. Spatial distribution of biomass in forests of the eastern USA[J]. Forest Ecology Management,1999,123(1):81-90.

[4] 赵敏,周广胜. 基于森林资源清查资料的生物量估算模式及其发展趋势[J]. 应用生态学报,2004,15(8):1468-1472.

ZHAO M,ZHOU G S. Forest inventory data (FID)-based biomass models and their prospects[J]. Chinese Journal of Applied Ecology,2004,15(8):1468-1472. (in Chinese)

[5] 方精云,刘国华,徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报,1996,16(5):497-508.

FANG J Y,LIU G H,XU S L. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. Acta Ecologica Sinica,1996,16(5):497-508. (in Chinese)

[6] 赵义民. 河南森林资源连续清查体系研究[J]. 河南农业大学学报,2005,39(4):402-405.

ZHAO Y M. Study on improvement of the national forest inventory system in Henan[J]. Journal of Henan Agricultural University,2005,39(4):402-405. (in Chinese)

[7] 周三强,谢文贵,江帆. 浅议河南省杨树资源的发展趋势[J]. 河南林业科技,2008,28(2):90-91.

[8] 王维枫,雷渊才,王雪峰,等. 森林生物量模型综述[J]. 西北林学院学报,2008,23(2):58-63.

WANG W F,LEI Y C,WANG X F,*et al.* A review of forest biomass models[J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008,23(2):58-63. (in Chinese)

[9] LIANG W J, HU H Q,LIU F J,*et al.* Research advance of biomass and carbon storage of poplar in China[J]. Journal of Forestry Research,2006,17(1):75-79.

[10] 李海奎,赵鹏祥,雷渊才,等. 基于森林清查资料的乔木林生物量估算方法的比较[J]. 林业科学,2012,48(5):44-52.

LI H K,ZHAO P X,LEI Y C,*et al.* Comparison on estimation of wood biomass using forest inventory data[J]. Scientia Silvae Sinicae,2012,48(5):44-52. (in Chinese)

[11] IPCC. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry[M]. IPCC/IGES, Hayama, Japan, 2003.

[12] 李建华,李春静,彭世揆. 杨树人工林生物量估计方法与应用[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2007,31(4):37-40.

LI J H,LI C J,PENG S K. Study on the biomass expansion factor of poplar plantation[J]. Journal of Nanjing Forestry University; Natural Sciences Edition, 2007, 31(4): 37-40. (in Chinese)

[13] 李海奎,雷渊才. 中国森林植被生物量和碳储量评估[M]. 北京:中国林业出版社,2010.

[14] 赵牧峰,黄治民,李红利,等. 河南省杨树产业发展存在的问题及对策[J]. 林业资源管理,2012(4):22-25,40.

ZHAO M F,HUANG Z M,LI H L,*et al.* Problems and countermeasures of poplar industry development in Henan Province[J]. Forest Resource Management,2012(4):22-25,40. (in Chinese)

[15] 李庆云,万猛,樊巍,等. 黄淮海平原农区杨树人工林生物量和生产力研究[J]. 河南科学,26(4):434-437.

LI Q Y,WAN M,FAN W,*et al.* Study on biomass and productivity of *Populus* plantation in the Huanghuaihai Plain[J]. Henan Science,26(4):434-437. (in Chinese)

[16] 丁扬. 苏北杨树人工林生物量与碳贮量的研究[D]. 南京林业大学,2008.

[17] 光增云. 河南森林植被的碳储量研究[J]. 地域研究与开发,2007,26(1):76-79.

GUANG Z Y. Study on forest biomass carbon storage in Henan province[J]. Areal Research and Development,2007,26(1):76-79. (in Chinese)

[18] 赵体顺. 林农复合生态系统物质循环的研究 I: 农田林网杨树生物量的研究[J]. 农村生态环境,1989(2):1-5