

# 构树天然林生长规律研究

颜慧萍<sup>1</sup>, 高正龙<sup>1</sup>, 陈谭星<sup>1</sup>, 曹力凡<sup>1</sup>, 孟庆法<sup>2</sup>, 闫灵敏<sup>1</sup>, 吕文竹<sup>1</sup>, 王品胜<sup>1\*</sup>

(1. 河南省高新技术实业有限公司, 河南郑州 450000; 2. 河南省科学院地理研究所, 河南郑州 450000)

**摘要** [目的]探究构树天然林生长规律,为野生构树的进一步开发利用提供科学依据。[方法]采用树干解析法对河南伏牛山构树(*Broussonetia papyrifera*)天然林生长规律进行研究。[结果]16年生野生构树的胸径、树高与材积总生长量分别为19.55 cm、10.2 m与0.144 14 m<sup>3</sup>;其年均增长量分别为1.222 cm、0.638 m与0.009 01 m<sup>3</sup>;胸径连年生长量和年均生长量均在6年生时达到最大值,两者在6~9年生相交,此时为胸径数量成熟龄;树高连年生长量与年均生长量均在3年生时达到最大值,两者在6~9年生间相交,此时为树高数量成熟龄;材积连年生长量在15年生时达到最大值,材积生长率在12年生时开始稳定,胸高形数在10年生时基本稳定。早期构树高生长速度快,胸径增长量大,易于成林;天然林材积的增长量明显,并随树龄的增加呈现规律的递增趋势。[结论]构树可作为木本饲用植物推广栽培。

**关键词** 构树;天然林;生长规律;树干解析

**中图分类号** S 792.99 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2021)19-0102-03

**doi**:10.3969/j.issn.0517-6611.2021.19.025



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Study on the Growth Rhythm of the Natural *Broussonetia papyrifera* Forest

YAN Hui-ping, GAO Zheng-long, CHEN Tan-xing et al (Henan High Tech Industrial Co., Ltd., Zhengzhou, Henan 450000)

**Abstract** [Objective] To explore the growth law of *Broussonetia papyrifera* natural forest and provide scientific basis for the further development and utilization of wild *Broussonetia papyrifera*. [Method] The research was conducted on the growth characteristics of the natural *Broussonetia papyrifera* forest growing at Funiu Mountain Forest Henan Province by using stem analysis method. [Result] The results showed that the DBH, tree height and tree volume growth of the 16-year-old *Broussonetia papyrifera* were 19.55 cm, 10.2 m and 0.144 14 m<sup>3</sup>. Their mean annual increments were 1.222 cm, 0.638 m and 0.009 01 m<sup>3</sup>. The current annual increment of DBH reached maximum at the age of 6 while the mean annual increment was at the age of 6. They intersected at about 6-9 years old, which meant that the DBH growth process had reached its quantitative at the age of 6-9. The current annual increment and mean annual increment of tree height reached maximum at 3 years old. The quantitative mature age of tree height was 6-9. The current annual increment of timber volume reached maximum at 15 years old. The volume increment percent began to become stable at 12 years old. The tree form was basically steady at about 10 years old. Natural forest of *Broussonetia papyrifera* was easy to form the forest with tree height growing rapidly in the preliminary stage, and big diameter at breast height growth. Natural forest volume significantly increased, and presenting regular increasing trend with the increase of tree age. [Conclusion] *Broussonetia papyrifera* could be used as woody forage plants to promote the cultivation.

**Key words** *Broussonetia papyrifera*; Natural forest; Growth rhythm; Stem analysis

构树(*Broussonetia papyrifera*)为桑科构树属多年生落叶阔叶乔木,有乳汁,雌雄异株,树高达20 m。根系发达,分生能力强。树皮平滑,树干挺直,呈浅灰色或灰褐色。叶互生,宽卵形,叶形变化多,有少数不分裂或不规则的3裂至5裂,顶端较尖,基部圆形或心形,边缘有粗锯齿,表面粗糙少毛,叶背绒毛丛生,叶柄密布糙毛<sup>[1]</sup>。雄花序为腋生柔荑花序,长条状下垂,3—4月中旬长出,4月中旬开花,雄花花被4裂,与雄蕊对生;雌花序球形头状,苞片棒状,顶端圆锥形,有毛,花被管状,顶端与花柱紧贴。聚花果球形,球径约1.5~3.0 cm,7—9月为果熟期,成熟时小核果呈红色,内有1粒种子<sup>[2]</sup>。构树别名还有楮树、楮树、构桃树、构乳树、沙纸树、假杨梅、谷浆树等,在我国分布极其广泛<sup>[3-4]</sup>,大部分分布于我国华北、西南、华东、中南、西北各省区。构树叶蛋白质含量高达20%~30%,富含高蛋白成分,其粗蛋白是小麦的2倍,大米、玉米的3倍,属于优质的畜禽饲料,构树叶所含氨基酸、维生素、碳水化合物及微量元素也十分丰富<sup>[5-6]</sup>。构树具有适应性强、速生、分布广、易繁殖、热量高、分蘖能力强、轮伐期短等特点,当株高1 m左右就可收割作为优质的禽畜

饲料<sup>[7]</sup>。近年来关于野生构树树木解析及生长规律研究鲜见报道。随着我国蛋白饲料原料需求不断提高,原料进口量比重不断加大,蛋白饲料原料创新成为打破现有局面、保障畜牧业健康发展的重要挑战。构树是我国的乡土树种,具有营养丰富、蛋白质生物学价值高、饲喂效果好等特点。截至2017年,全国构树种植面积已经超过2万hm<sup>2</sup>。构树作为一种新兴蛋白饲料原料,对我国缓解蛋白饲料原料危机方面具有极大帮助<sup>[8]</sup>。对我国构树资源野外调查,该试验选用伏牛山野生构树天然林林分的平均木,树龄为16年,采用树干解析法,通过分析树高、胸径、材积的变化规律,旨在为野生构树进一步的开发利用和人工育苗造林提供理论依据。

## 1 材料与方 法

**1.1 研究地概况** 试验地设在河南省南阳市桐柏县淮源镇磨角坊村,南阳市地处河南省西南角,是亚热带向暖温带的过渡地带,属于典型的季风大陆半湿润气候,年降水量为765.2 mm,地处伏牛山脉,海拔370 m,地理位置为113°18'45"E, 32°28'46"N,坡向东坡,坡度35°,坡位中部,岩石裸露度5%。腐殖质层厚度2 cm,土壤类型为黄棕壤,土层深厚,基岩种类为花岗岩。群落分为乔木层、灌木层和草本层3层。乔木层树种构成相对单调,只有5种,其中构树为优势种,其他还有

**基金项目** 河南省科学院重大科研项目聚焦专项(190114002)。

**作者简介** 颜慧萍(1994—),女,河南洛阳人,硕士,从事植物栽培育种研究。

\* 通信作者,高级工程师,从事能源与环境研究。

**收稿日期** 2021-01-14

臭椿、棕子木、君迁子、榔榆。乔木层盖度 75%。灌木层树种构成相对较丰富,以黄荆、浙江山胡椒为优势种,其他还有拔契、水蜡、竹叶花椒、瓜木、扁担杆、小叶女贞、小叶朴等。灌木层盖度 45%。由于乔木层和灌木层盖度较大,群落的草本层不发达,主要植物构成有千里光、蛇莓、何首乌、苎麻、蕈状黄芩、堇菜、一年蓬、凤尾蕨、半夏、风轮菜、炸浆草、贯众、白英等。草本层盖度 5%。还有少量层间植物生长在草本层和灌木层之间,主要有铁线莲、五叶木通等。

**1.2 研究方法** 选取野生构树中具有代表性的树木作为解析木,树高 10.2 m,树龄 16 年,带皮胸径 20 cm,冠幅 5 m×6 m;选择砍伐方向,清理场地,从根颈处下锯。测量胸径、冠长、死枝下高、活枝下高、树干全长及 1/2、1/4、3/4 处的直径,剪去树枝,在树干标出南北方向。在 0、0.5、1.3、1.5 m 处锯取圆盘,1.5 m 后以 1 m 为一区段截取圆盘,圆盘厚度为 3~5 cm,在圆盘非工作面上标明解析木号数、区分段号、南北向等信息。之后将圆盘刨光,判别年轮,用游标卡尺测量各

龄阶直径,一个龄阶为 1 年。按测树学的方法<sup>[9]</sup>计算各年间树高、直径、材积、生长量,包括总生长量、连年生长量和平均生长量,绘制相应图表。

**1.3 样木处理** 将圆盘工作面抛光处理,依照髓心画出南北、东西方向 2 条直径线,辨别年轮,用游标卡尺测量各龄阶直径,按照树干解析的方法对解析木的树高、胸径、材积进行计算<sup>[10]</sup>。

**1.4 数据处理** 利用 Microsoft excel 2003 软件进行数据整理分析和作图;采用中央断面面积积法计算树干材积。

## 2 结果与分析

**2.1 生长规律** 通过树干解析计算野生构树的生长过程,结果见表 1。由表 1 可知,16 年生的野生构树带皮胸径为 20.00 cm,16 年去皮胸径为 19.55 cm,胸径年均增长量为 1.222 cm;16 年生的野生构树平均树高为 10.2 m,树高年均增长量为 0.638 m;16 年生的野生构树平均材积(去皮)可达到 0.144 14 m<sup>3</sup>,年均生长量 0.009 01 m<sup>3</sup>。

表 1 构树标准木生长情况

Table 1 Growth process of standard trees of *Broussonetia papyrifera*

树龄 Age a	胸径 DBH//cm			树高 Tree height//m			材积 Volume//m <sup>3</sup>				胸高形数 Breast height form factor
	总生长量 Total growth	年均 生长量 Annual average growth	连年 生长量 Current annual growth	总生长量 Total growth	年均 生长量 Annual average growth	连年 生长量 Current annual growth	总生长量 Total growth	年均 生长量 Annual average growth	连年 生长量 Current annual growth	生长率 Growth rate//%	
3	4.45	1.483	1.483	3.5	1.167	1.167	0.003 44	0.001 15	0.001 15	66.7	0.632 27
6	11.60	1.933	2.383	6.3	1.050	0.933	0.024 73	0.004 12	0.007 10	50.4	0.371 62
9	14.25	1.583	0.883	7.2	0.800	0.300	0.055 01	0.006 11	0.010 09	25.3	0.479 30
12	16.90	1.408	0.883	8.7	0.725	0.500	0.084 27	0.007 02	0.009 75	14.0	0.432 03
15	19.00	1.267	0.700	10.1	0.673	0.467	0.123 10	0.008 21	0.012 94	12.5	0.430 09
16	19.55	1.222	0.183	10.2	0.638	0.033	0.144 14	0.009 01	0.007 01	5.2	0.471 00

**2.2 胸径的生长规律** 结合图 1、表 1 可知,胸径表现出在前期(1~6 年)生长迅速,中期(7~9 年)生长较快,后期(10~16 年)生长缓慢的特点。胸径连年增长量在第 6 年时达到最大值 2.383 cm,此后逐渐下降;胸径年均生长量总体趋势较平稳,最大值出现在第 6 年时,为 1.933 cm,之后逐渐下降。除 3 年生时,连年生长量和年均生长量曲线相交于第 6 至第 9 年,在这之前连年增长量略高于年均增长量,说明 9 年生前胸径处于快速生长期,之后连年增长量略低于年均增长量,且二者呈缓慢下降。

**2.3 树高的生长规律** 由图 2、表 1 可知,野生构树树高年平均生长量总体趋势较平稳,最大值出现在 3 年生时,为 1.167 m,之后缓慢下降;树高连年生长量呈波浪式下降趋势,最大值出现在 3 年生时,为 1.167 m;树高年平均增长量除 3 年生时,之后始终高于连年生长量。6 年生之前连年增长量接近于平均生长量,此时野生构树生长迅速,每年约增高 0.930 m。之后林分郁闭度增大,野生构树的速生优势削弱,阳性树种难以获得充足阳光,生长速度降低,6~9 年生连年增长量迅速降低,9 年生比 6 年生时仅长高 0.9 m。9~15 年生期间,连年增长量增加,与年均增长量差距缩小,野生构树生长迅速,15 年生比 9 年生时高 2.9 m;之后连年增长量

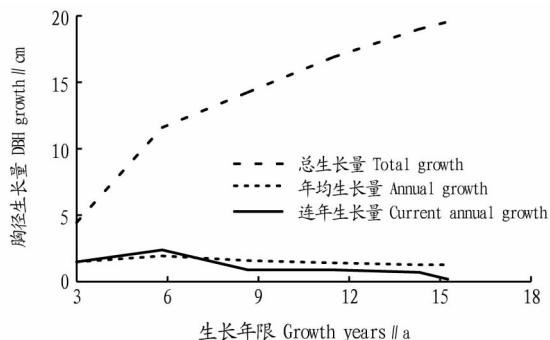


图 1 构树解析木胸径生长过程曲线

Fig. 1 The DBH growth process curve of *Broussonetia papyrifera* analytical tree

迅速下降,野生构树生长极其缓慢,高度保持稳定。

**2.4 材积的生长规律** 0~16 年生野生构树的材积年均增长量和总生长量均呈现逐年增加的趋势。根据图 1~3 可知,树高、胸径与材积存在正相关关系,由图 3 可以看出,连年增长量与年均增长量在 15~16 年相交,说明在这之前野生构树均处于速生期,在这之后野生构树达到成熟龄。

**2.5 材积生长率和形数的变化** 材积生长率是某调查对象材积的连年生长量与其原有总量的百分比,说明树木生长的

相对速度。形数(form factor)是树干材积与比较圆柱体体积之比,通常有胸高形数、正形数和试验形数。由表2可知,野生构树的生长率在3~16年生期间呈连续下降趋势,3~6年生期间,生长率下降幅度较小;6~12年生期间,生长率大幅下降;12~16年生期间,生长率下降幅度减小。野生构树形数呈“W”变化趋势,3~6年生与9~12年生呈下降趋势,6~9年生与15~16年生呈上升趋势。

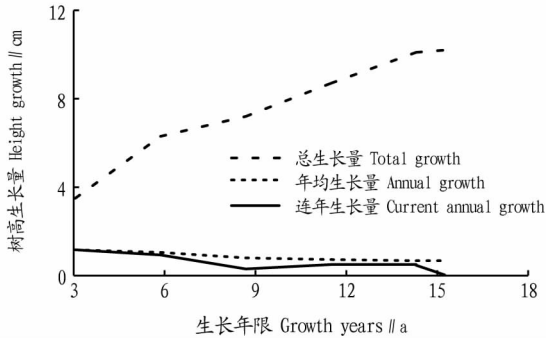


图2 构树解析木树高生长过程曲线

Fig. 2 The height growth curve of *Broussonetia papyrifera* analytical tree

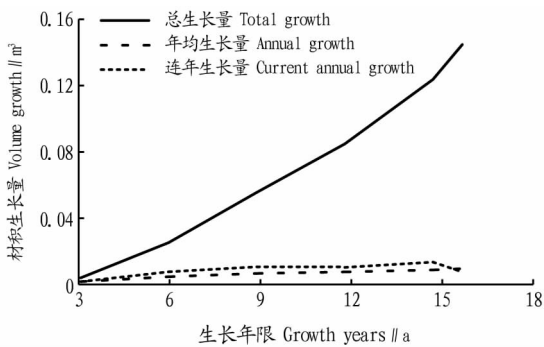


图3 构树解析木材积生长过程曲线

Fig. 3 The wood volume growth curve of *Broussonetia papyrifera* analytical tree

表2 构树解析木材积生长率和胸高形数的变化

Table 2 The change of volume increment percent and breast height form factor of *Broussonetia papyrifera* analytical tree

生长年限 Growth years//a	生长率 Growth rate//%	形数 Figure number
3	66.7	0.632 27
6	50.4	0.371 62
9	25.3	0.479 30
12	14.0	0.432 03
15	12.5	0.430 09
16	5.2	0.471 00

### 3 小结

解决蛋白质饲料原料供应已成为我国畜牧业发展的瓶颈,大力发展粗蛋白木本饲料植物资源,使“以树代粮”成为缓

解饲料原料危机和确保食品安全的新途径。构树作为重要的饲喂树种,有较高的药用价值<sup>[11]</sup>,还是强阳性树种,根系浅,具有速生、丰产、耐砍伐、粗蛋白含量高、适应性强、分布广、生长快、萌芽和根蘖力强、经营周期短等特点。构树树冠开张、叶片肥大、果实艳红,是优良的饲料、造纸和观赏树种<sup>[12]</sup>。

构树对土壤和气候条件要求不高,抗污染,耐贫瘠、耐干旱,具有广泛的适应性和饲用价值,可在我国大部分地区种植,还能改善荒漠化,获得粗蛋白木本饲料,解决农牧争地的矛盾,帮助农户脱贫致富,又能改善贫困地区的生态环境,是一项实现“经济-生态-社会”三个效益统一的利国利民工程<sup>[3]</sup>。

利用解析木生长性状平均值了解树种生长过程及其规律,对于人工林培育具有重要的指导意义<sup>[13]</sup>。6年生之前野生构树胸径与树高均处于快速增长期,之后增长速度变慢,林分生长规律表明,伏牛山野生构树早期树高生长速度快,胸径增加明显,材积增长量明显且几乎保持匀速增长状态,但野生构树对阳光依赖性强,对阴蔽不耐受,在树冠下生长速度明显减弱,这与红毛山楠等树种不同,与楠木(*P. zhen-nan*)等<sup>[14]</sup>很多其他樟科树种有相似性。唐继新等<sup>[15]</sup>研究表明,红椎9年生树高年均生长量达到0.93 m,高于该研究的野生构树;红椎9年生胸径年均生长量0.660 cm,而该研究得出野生构树为1.583 cm。9年生野生构树材积(去皮)可达到0.055 01 m<sup>3</sup>,年均生长量0.006 11 m<sup>3</sup>;9年生红椎分别为0.018 67和0.002 07 m<sup>3</sup>,该研究的9年生野生构树的胸径、材积生长优于红椎。

### 参考文献

- [1] 倪建伟,闻志刚,贺磊,等. 中国野生构树自然类型及其利用现状[J]. 世界林业研究,2017,30(5):69-74.
- [2] 崔勤,徐国强,吴瑞敏. 构树叶营养成分研究[J]. 养殖与饲料,2008(6):102.
- [3] 王念,翟晓琦,任媛媛,等. 构树新品种‘饲构1号’选育及关键栽培技术[J]. 河南林业科技,2020,40(4):8-10.
- [4] 黄咏明,田瑞,卢素芳,等. 构树化学成分及饲用价值研究进展[J]. 湖北林业科技,2019,48(2):36-40.
- [5] 屠焰,刁其玉,张蓉,等. 杂交构树叶的饲用营养价值分析[J]. 草业科学,2009,26(6):136-139.
- [6] 李乔仙,薛世明,黄必志,等. 两种野生木本植物饲用价值研究[J]. 中国草食动物科学,2020,40(5):37-41.
- [7] 周璟,陈中义,李华成. 野生植物构树的生物学、生态学及园林应用[J]. 长江大学学报(自科版),2015,12(15):9-12,26.
- [8] 邓植,沈世华. 构树作为新兴的蛋白饲料原料的研究[J]. 饲料工业,2018,39(11):23-28.
- [9] 彭建平,邵爱军. 基于 Matlab 方法确定 VG 模型参数[J]. 水文地质工程地质,2006,33(6):25-28.
- [10] 孟宪宇. 测树学[M]. 2版. 北京:中国林业出版社,1996.
- [11] 王文君,侯志华,任媛媛,等. 不同构树品种药用化学成分含量比较和综合评价[J]. 河南林业科技,2020,40(4):1-5.
- [12] 台建武. 皖东丘陵区石灰岩山地黄山栎树和构树点播造林试验[J]. 现代农业科技,2020(21):174-175,178.
- [13] 陈奕良,谢正成,张俊红,等. 天然光皮桦树干生长特性初步研究[J]. 浙江林业科技,2009,29(4):73-77.
- [14] 杜娟,卢昌泰. 楠木人工林的研究现状与展望[J]. 安徽农业科学,2009,37(33):16610-16612.
- [15] 唐继新,白灵海,郭文福,等. 红椎人工林生长规律的初步研究[J]. 中南林业科技大学学报,2012,32(4):51-54,60.