

# 蓬溪县乔木型香椿人工林生长特性研究

贾晨<sup>1</sup> 侯盛昌<sup>2</sup> 辜云杰<sup>1</sup> 罗建勋<sup>1\*</sup> 高洁<sup>1</sup> 周云霞<sup>1</sup>

(1. 四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081; 2. 巴中市恩阳区农村发展局, 四川 恩阳 636000)

**摘要:** 采用树干解析法对蓬溪县香椿人工林生长规律进行研究。结果表明: 27 a 生香椿的胸径、树高与材积总生长量分别为 38.2 cm、22.3 m 与 0.9874 m<sup>3</sup>; 其年平均生长量分别为 1.41 cm、0.83 m 与 0.03624 m<sup>3</sup>; 材积连年生长量在第 15 a 时达到最大值, 年平均生长量在第 24 a 时达到最大值, 两者在第 26 a 时相交, 香椿材积数量成熟龄为 26 a; 香椿的胸高形数在第 15 a 左右基本稳定在 0.4; logistic 曲线对香椿胸径、树高、材积生长动态有较好的拟合效果, 其回归方程分别是  $y = 40.1890 / (1 + 5.4884 \times e^{-0.1719x})$ ,  $y = 22.2083 / (1 + 7.3383 \times e^{-0.2352x})$ ,  $y = 1.0785 / (1 + 27.0171 \times e^{-0.2010x})$ , 其拟合相关系数分别为 0.9782、0.9722、0.9975。

**关键词:** 香椿; 生长特性; 人工林; 蓬溪县

中图分类号: S750

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)02-0108-05

## Research on the Growth Characters of *Toona sinensis* Plantation in Pengxi County

JIA Chen<sup>1</sup> HOU Sheng-chang<sup>2</sup> GU Yun-jie<sup>1</sup> LUO Jian-xun<sup>1\*</sup> GAO Jie<sup>1</sup> ZHOU Yun-xia<sup>1</sup>

(1. Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, Sichuan, China; 2. Rural Development Bureau of Enyang District, Bazhong 636000, Sichuan, China)

**Abstract:** The research was conducted on the growth characteristics of the *Toona sinensis* plantation in Pengxi county in Sichuan province by using the stem analysis method. The results showed that the DBH, tree height and tree volume growth of the 27-year-old *Toona sinensis* plantation were 38.2 cm, 22.3 m and 0.9874 m<sup>3</sup>, respectively. Their mean annual increment were 1.41 cm, 0.83 m and 0.03624 m<sup>3</sup>. The current annual increment and mean annual increment of timber volume reached maximum at the age of 15 and 24, and they intersected at the age of about 26, which meant that the *Toona sinensis* growth process had reached its quantitative maturity at the age of 26. The tree form was basically steady at the age of about 15. The growth dynamic models of DBH, height and volume of *Toona sinensis* were established with the Logistic Equation. Three regression equations were:  $y = 40.1890 / (1 + 5.4884 \times e^{-0.1719x})$ ,  $y = 22.2083 / (1 + 7.3383 \times e^{-0.2352x})$  and  $y = 1.0785 / (1 + 27.0171 \times e^{-0.2010x})$ , and the correlation coefficients of fitting curve ( $R^2$ ) were 0.9782, 0.9722 and 0.9975.

**Key words:** *Toona sinensis* (A. juss) Roem., Growth characteristic, Plantation, Pengxi county

香椿 (*Toona sinensis* (A. juss) Roem.) 为楝科 (Meliaceae) 香椿属 (*Toona*) 落叶乔木, 树高可达 25 m, 胸径 50 cm。在我国广泛分布于长江南北地区的低山阔叶林中, 具有适应性强、抗逆性强、生长快等

特点, 是珍贵的速生用材树种, 在国际上被誉为“中国的桃花心木”<sup>[1]</sup>。其嫩芽和嫩苗富含抗氧化物、蛋白质、氨基酸和维生素等营养成分<sup>[2]</sup>, 可作为食物食用, 且味鲜美、加工方法简单, 深受群众喜

收稿日期: 2015-02-02

基金项目: 楝类等种质资源收集与利用 [ZL-2012-06]。

作者简介: 贾晨 (1989-), 硕士, 工程师, 主要从事森林培育。

\* 通讯作者: 罗建勋 (1964-), 博士, 研究员, 主要从事森林遗传与树木改良研究。

爱<sup>[3-4]</sup>。目前,我国对香椿的研究主要集中在香椿化学成分<sup>[2,5]</sup>、种子品质<sup>[6]</sup>、种苗生长特性、香椿幼树光合特性<sup>[8-9]</sup>、香椿组培快繁技术<sup>[10]</sup>及人工林对土壤理化性质影响<sup>[11]</sup>等方面,而对香椿生长特性的研究尚未见报道。因此,以四川蓬溪县香椿人工林为研究对象,对香椿生长规律进行研究,掌握其生长特性,为四川香椿人工林抚育管理提供科学依据,提高香椿人工林经济效益与生态效益。

## 1 材料与方法

### 1.1 研究地概况

蓬溪县位于四川盆地中部偏东,涪江中游,周边与南充、武胜、合川、大英、射洪县、西充县等相邻。地理位置:介于东经 105°25'41" - 105°59'48",北纬 30°22'11" ~ 30°56'30"之间。属盆中丘陵区,地势四周高中部低,北部高于南部,最高海拔 565.8 m,最低海拔 251.3 m,平均海拔 404 m。气候属中亚热带温湿季风气候区,雨量充沛,光照充足,气候温和,四季分明,年平均气温 17 °C,极端最高温 39.4 °C、极端最低温 -4.6 °C,年平均降雨量 929.5 mm,年均日照数 1 471.7 h,年均蒸发量 990.3 mm,相对湿度 82%, $\geq 10$  °C 的活动积温 5 383.2 °C。土壤多为紫色土,其次是河流冲积物形成的潮土,pH 值 7.5 ~ 8.3,为典型的碱性土壤。

### 1.2 标准地选择

2012 年在蓬溪县吉星乡库楼村与盐井沟村的两个香椿人工林分中设置标准地进行调查,每林分设置 3 个标准地样方,每个标准地设置为 20 m × 20 m;对标准地内的香椿进行每木检尺,测定胸径、树高、冠幅、通直度等性状。各标准地内的香椿生长情况见表 1。

表 1 标准地中香椿生长性状

母树林 - 样地号	样地株数	树高均值 ± 标准差 (m)	胸径均值 ± 标准差 (cm)	冠幅均值 ± 标准差 (m)	通直比 (%)
库楼村 - 1	70	17.5 ± 1.02	35.37 ± 1.13	8.6 ± 0.12	80%
库楼村 - 2	68	17.1 ± 1.15	34.81 ± 1.21	8.8 ± 0.15	83%
库楼村 - 3	62	18.0 ± 1.24	35.20 ± 1.03	8.2 ± 0.21	81%
盐井沟村 - 1	73	17.0 ± 1.32	33.98 ± 0.99	8.0 ± 0.32	80%
盐井沟村 - 2	70	18.1 ± 1.06	35.43 ± 1.04	7.9 ± 0.16	78%
盐井沟村 - 3	65	17.3 ± 0.98	34.87 ± 1.23	8.1 ± 0.28	82%

### 1.3 树干解析

在库楼村 1 号和 2 号标准地以及盐井沟村 3 号标准地分别选择有代表性的 1 株平均木进行树干解

析,共解析 3 株平均木。按 2 m 区分段进行树干解析(即在基径、胸径 1.3 m、3.6 m、以后每隔 2 m 锯取树干解析圆盘,梢头不足 1 m 时弃取,梢头大于 1 m 时在 1 m 处取样)。用直尺按南-北、东-西方向量取树干解析圆盘的带皮直径、去皮直径、各年轮直径等指标。3 株解析木(I、II、III)的生长环境基本情况见表 2。根据获得的解析木的树高(H)和胸径(D)数据,采用中央断面区分求积式计算出相应材积(V),计算公式如下:

$$V = l \sum_{i=1}^n g_i + \frac{1}{3} g' l'$$

式中: $g_i$  为第  $i$  个区分段中央断面积; $l$  为各区分段长度; $n$  为区分段个数; $g'$  为梢头断面积; $l'$  为梢头长度。

材积生长率计算采用普雷斯勒生长率公式求算,公式如下:

$$P_v = (V_a - V_{a-n}) / (V_a + V_{a-n}) \times 200 / n$$

式中: $P_v$  为材积生长率; $V_a$  为调查末期材积量; $V_{a-n}$  为调查初期材积量; $n$  为龄级数。

表 2 解析木的生长性状

解析木	GPS 坐标	海拔 (m)	地点	树龄	胸径 (cm)	树高 (m)
I	30°38'45.56"N 105°47'14.75"E	364	吉星乡库楼村	24	37.8	21.7
II	30°38'45.53"N 105°47'14.71"E	386	吉星乡库楼村	27	38.2	22.3
III	30°38'44.22"N 105°47'15.05"E	372	吉星乡盐井沟村	25	36.5	20.8

### 1.4 生长模型的拟合

分别将解析木的胸径、树高与材积同林分年龄建立回归方程,采用具有典型代表的逻辑斯蒂(logistic)模型进行拟合,其表达式如下:

$$y = k / (1 + a * e^{-bx})$$

式中: $y$  为生长量; $x$  为生长时间; $k$ 、 $a$ 、 $b$  为待定参数,可用倒数求和法来选取待定参数的初始值,再用 spss 软件中 Marguardt 迭代法求解。

### 1.5 数据处理

采用 EXCEL2007 软件和 SPSS18.0 软件对所测数据进行统计分析。

## 2 结果与分析

通过对不同标准地中的 3 株乔木型香椿解析木的胸径、树高、材积生长量进行分析研究,测定 3 株

解析木树龄分别为 24 a、27 a、25 a。香椿生长速度快,以 3 a 为 1 个龄级进行统计分析,取得 3 株树的

胸径、树高、材积的总生长量、平均生长量和连年生长量,最后取其平均值(见表 3)。

表 3 香椿树干生长过程

年龄(a)	胸径(cm)			树高(m)			材积(m <sup>3</sup> )				胸高形数
	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	总生长量	平均生长量	连年生长量	生长率/%	
3	8.33	2.78	2.78	5.20	1.73	1.73	0.02310	0.00770	0.00770	66.67	0.82
6	14.4	2.40	2.02	7.60	1.27	0.80	0.08760	0.01460	0.02150	38.85	0.71
9	19.0	2.11	1.54	11.60	1.29	1.33	0.22540	0.02504	0.04593	29.35	0.69
12	23.4	1.95	1.47	15.60	1.30	1.33	0.33160	0.02763	0.03540	12.71	0.49
15	29.0	1.93	1.87	18.70	1.25	1.03	0.48670	0.03245	0.05170	12.64	0.39
18	31.3	1.74	0.77	19.90	1.11	0.40	0.61410	0.03412	0.04247	7.72	0.40
21	34.2	1.63	0.97	20.80	0.99	0.30	0.74060	0.03527	0.04217	6.23	0.39
24	37.9	1.58	1.23	21.40	0.89	0.20	0.89000	0.03708	0.04980	6.11	0.37
27	38.2	1.41	0.08	22.30	0.83	0.30	0.97840	0.03624	0.02947	3.15	0.38

2.1 胸径生长过程

对乔木型香椿的胸径生长进行了分析(见表 3 与图 1) 结果表明: 27 a 生香椿的胸径生长量达到 38.2 cm, 平均生长量变异范围为 1.41 cm ~ 2.78 cm, 连年生长量的变异范围为 0.77 cm ~ 2.78 cm; 在 3 a ~ 15 a, 胸径生长速度较快, 16 a ~ 24 a, 生长速度开始减缓。图 1 中可看出, 平均生长量和连年生长量都是随着年龄的增加而降低的趋势, 且平均生长量一直高于连年生长量, 这与其他树种有一定差异, 原因可能是此树种的胸径生长速度快, 胸径的平均生长量与连年生长量在前 3 a 年即相交; 平均生长量曲线下降趋势比较平稳, 而连年生长量曲线在下降过程中出现一定波动, 这与香椿生长的环境变化有一定关系。

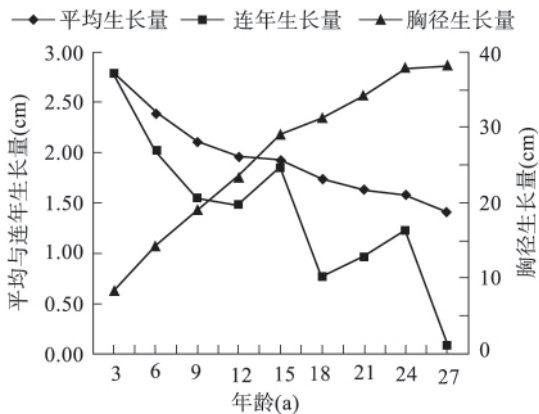


图 1 香椿胸径生长规律

2.2 树高生长过程

对乔木型香椿的树高生长进行了分析(见表 3 与图 2)。结果表明: 27 a 生香椿的树高达 22.3 m, 树高平均生长速度为 0.83 m · a<sup>-1</sup>; 在 3 a ~ 6 a, 香椿树高生长速度较慢, 在 7 a ~ 15 a, 香椿树高生长

速度较快, 而 16 a ~ 27 a, 生长速度逐渐减缓, 香椿树高生长表现出“慢 - 快 - 慢”规律; 平均生长量的变异范围为 0.83 m ~ 1.73 m, 在第 3 年时达到最大值为 1.73 m, 其后逐渐降低; 连年生长量的变异范围为 0.2 m ~ 1.73 m, 同样是第 3 年达到最大值, 而在第 24 年达到最小值仅有 0.2 m; 图 2 中可看出, 树高的平均生长量与连年生长量均表现出先下降再上升然后下降的变化, 平均生长量在第 3 年时第 1 次达到最大值为 1.73 m, 在第 12 年时第 2 次达到峰值为 1.30 m, 之后逐渐降低; 连年生长量在 3 a ~ 12 a 先降低到 0.80 m 再上升到 1.33 m, 然后在 13 a 左右与平均生长量相交, 之后逐渐下降。树高生长的数量成熟应在 13 a 左右。树高连年生长出现较大波动时间与胸径连年生长量出现波动的时间相一致, 说明香椿在此期间受到外界环境影响的效果很明显, 此期间连年生长都有增加, 应是人工对林分进行了一定抚育管理, 改善了林分环境, 提高了林木生长质量。

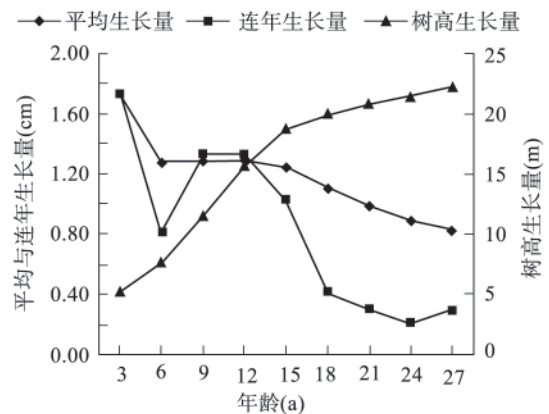


图 2 香椿树高生长规律

2.3 材积生长过程

对乔木型香椿的材积生长过程进行了分析(见

表 3 与图 3),结果表明:27 a 生香椿的材积达到 0.9784m<sup>3</sup>,材积平均生长速度为 0.03624 m<sup>3</sup>·a<sup>-1</sup>;在 3 a~6 a,香椿材积生长速度缓慢,在 7 a~24 a,生长速度较快,在 25 a~27 a,生长速度减慢,香椿材积生长表现出“慢-快-慢”规律;香椿的材积平均生长量变异范围为 0.0077 m<sup>3</sup>~0.03708 m<sup>3</sup>,在第 3 年时其值最小,在第 24 年时其值最大;香椿材积连年生长量变异范围为 0.0077 m<sup>3</sup>~0.0517 m<sup>3</sup>,同样在第 3a 时最小,而在第 15 年时最大。从图 3 中可看出,平均生长量与连年生长量的曲线均表现出先上升后下降的趋势,平均生长量曲线变化较平稳,而连年生长量曲线波动较大;在生长过程中,连年生长量开始一直大于平均生长量,直至第 26 年左右,两者相交,说明香椿材积数量成熟年龄约是 26 a,这是确定林分可进行采伐或者主伐的重要依据之一。

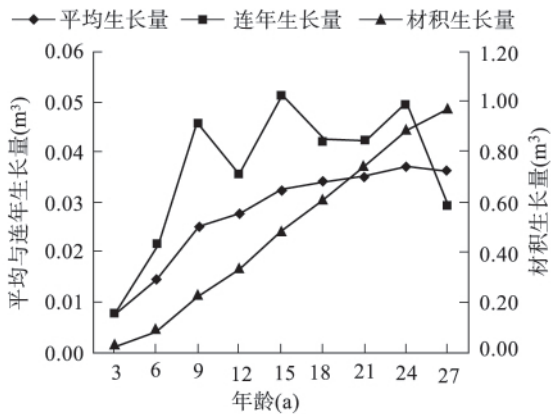


图 3 香椿材积生长规律

### 2.4 材积增长率与胸高形数

对乔木型香椿的材积增长率和胸高形数进行了分析(见表 3 与图 4)。结果表明:材积增长率随着年龄的增长而逐渐降低;在 3 a~12 a 时,生长率下降速度快,从 66.67% 下降到 12.71%,在 13 a~27 a,生长率下降速度减慢,最后仅有 3.15%,这与上述中材积生长规律相一致。

胸高形数是树干材积与以胸高断面为比较圆柱体断面,树高为比较圆柱体高度的材积之比求得的形数。香椿的胸高形数表现出随着年龄的增长而降低并最终维持在一定的范围的趋势。胸高形数在 3 a~15 a 下降最快,在 16 a 之后基本稳定在 0.40 左右。

### 2.5 香椿生长模型拟合

#### 2.5.1 胸高、树高、材积生长模型拟合

通过分析得到胸径、树高和材积的待定参数 a、

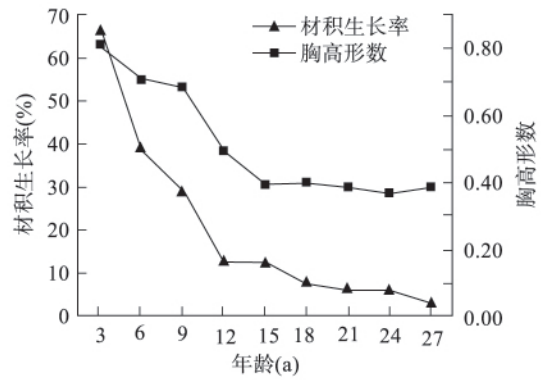


图 4 材积增长率与胸高形数生长规律

b、k 的值,对所求参数进行显著性方差分析,结果见表 4。香椿胸径、树高和材积的待定参数概率 p 值均小于 0.0001,说明 y 与 x 的回归关系极显著。

表 4 胸径、树高与材积回归方差分析

因子	来源	自由度	平方和	平方	F 值	Pr > F
胸径	回归	3	7060.7	2353.6	297.48	<0.0001
	残差	6	4.7475	0.7913		
	总和	9	7065.5			
树高	回归	3	2595.5	865.2	6131.79	<0.0001
	残差	6	0.8466	0.1411		
	总和	9	2596.3			
材积	回归	3	3.075	1.025	1050.7	<0.0001
	残差	6	0.00585	0.000976		
	总和	9	3.0808			

将待定参数代入 logistic 方程,分别得到胸径、树高、材积的生长曲线模型(见表 5)。胸径、树高、材积的生长曲线方程拟合的精度分别为 0.9782、0.9722、0.9975,说明香椿人工林的胸径、树高、材积与林龄存在密切的相关性,拟合的模型能够很好地反映林木生长情况。

表 5 胸径、树高与材积的生长曲线模型

因子	回归方程	决定系数 R <sup>2</sup>
胸径	$y = 40.1890 / (1 + 5.4884 \times e^{-0.1719x})$	0.9782
树高	$y = 22.2083 / (1 + 7.3383 \times e^{-0.2352x})$	0.9722
材积	$y = 1.0785 / (1 + 27.0171 \times e^{-0.2010x})$	0.9975

#### 2.5.2 生长模型的验证

通过建立香椿胸径、树高和材积与林龄的回归方程可知,其相关性强,拟合效果较好,为进一步验证香椿的生长模型的可靠性,将树龄代入生长模型进行各性状因子的预测,结果见表 6。

由表 6 可知,各性状的预测值与实测值的比较接近,各性状的不同林龄的残差值均较小,预测值能够较好的反应林分的生长情况,拟合方程比较科学实用,能够给实际生产提供指导意义。

表6 香椿胸径、树高与材积生长模型检验

年龄 (a)	胸径(cm)			树高(m)			材积(m <sup>3</sup> )		
	实测值	拟合值	残差	实测值	拟合值	残差	实测值	拟合值	残差
3	8.33	9.40	-1.07	5.20	4.80	0.40	0.02310	0.06833	-0.04523
6	14.38	13.59	0.79	7.60	7.96	-0.36	0.08760	0.11866	-0.03106
9	19.00	18.53	0.47	11.60	11.79	-0.19	0.22540	0.19877	0.02663
12	23.40	23.67	-0.27	15.60	15.46	0.14	0.33160	0.31519	0.01641
15	29.00	28.37	0.63	18.70	18.27	0.43	0.48670	0.46386	0.02284
18	31.30	32.19	-0.89	19.90	20.07	-0.17	0.61410	0.62520	-0.01110
21	34.20	34.99	-0.79	20.80	21.10	-0.30	0.74060	0.77217	-0.03157
24	37.90	36.92	0.98	21.40	21.65	-0.25	0.89000	0.88614	0.00386
27	38.15	38.17	-0.02	22.30	21.93	0.37	0.97840	0.96400	0.01440

### 3 结论与讨论

通过对香椿的生长特性分析研究,发现香椿具有生长速度快、生长量大等特点,27 a 生香椿胸径、树高与材积的生长量分别达到 38.2 cm、22.3 m、0.9784 m<sup>3</sup>。

胸径在 3 a~15 a 的生长较快,在 16 a~27 a 生长逐渐缓慢;从第 4 年开始,胸径连年生长量一直低于平均生长量,且都是下降趋势。而树木正常生长过程一般是连年生长量与平均生长量先上升再下降,且上升过程中连年生长量高于平均生长量,下降过程中两者相交后,平均生长量一直高于连年生长量。造成香椿与树木正常生长过程不一样的原因可能是香椿在前期生长速度较快,短期内达到生长高峰,而后期有由于林分的郁闭,生长速度开始减缓,年生长量减小,造成连年生长量与平均生长量在很早就相交。

树高在 3 a~6 a 生长较慢,7 a~15 a 生长较快,在 16 a~27 a 生长又减缓;平均生长量与连年生长量出现“高-低-高-低”的变化趋势,且连年生长量的波动范围较大,这与胸径生长有一定相似,外界环境对香椿生长影响的效果比较明显。

材积在 3 a~6 a 生长速度缓慢,在 7 a~24 a 生长速度较快,在 25 a~27 a 生长速度减慢。材积连年生长量在第 15 年达到高峰为 0.0517 m<sup>3</sup>,平均生长量在第 24 年时达到生长高峰 0.03708 m<sup>3</sup>;连年生长量与平均生长量在第 26 a 左右相交,说明香椿材积数量成熟年龄为 26 a,此时可对香椿林分进行疏

伐或间伐等抚育措施。

运用 SPSS 软件得到的香椿胸径、树高、材积生长量与树龄间的回归方程,能较好反映胸径、树高、材积生长量与树龄之间的关系,可用于香椿生长的预测预报。胸径生长模型:  $y = 40.1890 / (1 + 5.4884 \times e^{-0.1719x})$  树高生长模型:  $y = 22.2083 / (1 + 7.3383 \times e^{-0.2352x})$  材积生长模型:  $y = 1.0785 / (1 + 27.0171 \times e^{-0.2010x})$ 。

### 参考文献:

- [1] 周翔宇. 中国香椿属研究[D]. 南京: 南京林业大学森林资源与环境学院, 2005.
- [2] 陈铁山, 罗忠萍, 崔宏安等. 香椿化学成分初步研究[J]. 陕西林业科技, 2000, (2): 1~2, 20.
- [3] 马秋香. 香椿的加工和栽培技术[J]. 农产品加工学刊, 2005, (8): 70~71.
- [4] 梁宁, 王昌禄, 罗成等. 香椿提取物对痛风抑制作用的初步研究[J]. 农产品加工学刊, 2010, (7): 12~14.
- [5] 王旭波, 顾芹英, 沈玉萍等. 香椿的化学成分研究进展[J]. 南京中医药大学学报, 2014, 30(4): 396~400.
- [6] 郝明灼, 陈德根, 彭方仁等. 8 个种源香椿种子性状及芽苗菜产量和品质比较[J]. 浙江农林大学学报, 2012, 29(2): 180~184.
- [7] 张立伟, 刘世琦, 张自坤等. 不同光质下香椿苗的生长动态[J]. 西北农业学报, 2010, 19(6): 115~119.
- [8] 张军, 李贤伟, 范川等. 林窗面积对香椿生长及光合生理特性的影响[J]. 广西植物, 2014, (3): 355~361.
- [9] 张玉洁. 香椿幼树光合作用及其影响因子研究[J]. 林业科学研究, 2002, 15(4): 432~436.
- [10] 许丽琼, 涂炳坤. 香椿叶片组织培养和快繁技术的研究[J]. 湖北农业科学, 2007, 46(1): 24~26.
- [11] 邓伊晗, 夏玉芳, 郝静等. 不同年龄人工香椿林对土壤理化性质的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(8): 117~120.