

不同地理种源麻栎苗期变异和初步选择

刘志龙^{1,2}, 虞木奎², 唐罗忠¹, 方升佐^{1*},
王新洋³, 张春祥³, 曹| 达¹

(1. 南京林业大学森林资源与环境学院, 江苏 南京 210037; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所,
浙江 富阳 311400; 3. 安徽省滁州市南谯区林业局, 安徽 滁州 239000)

摘要: 利用 13个省(区)的 36个种源麻栎种子在安徽省滁州市红琊山林场进行苗期试验, 结果表明: 不同种源麻栎苗高、根长、地径、高径比、生物量、热值和能量均存在极显著差异。麻栎苗高和地径生长均表现“S”型曲线, 7—9月为生长速生期; 麻栎不同器官热值大小排序为叶>茎>根, 生物量为根>茎>叶, 能量为茎>根>叶。主成分分析表明: 种源的差异主要是由各器官生物量决定。初步选出安徽太湖、安徽太平、浙江开化、江苏句容、浙江建德、浙江龙泉和贵州榕江种源为优良种源。

关键词: 麻栎; 地理种源; 苗期性状; 生物量; 热值

中图分类号: S722.7 文献标识码: A

Provincance Variation and Preliminary Selection of *Quercus acutissima* Seedlings

LIU Zhi-long^{1,2}, YU Mu-kui², TANG Luo-zhong¹, FANG Sheng-zuo¹,
WANG Xin-yang³, ZHANG Chun-xiang³, CAO Yi-da¹

(1. College of Forest Resources and Environment Nanjing Forestry University, Nanjing 210037, Jiangsu China

2. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400 Zhejiang China

3. Forestry Bureau of Nanqiao Area in Chuzhou City, Anhui Province Chuzhou 239000 Anhui, China)

Abstract Thirty-six seed lots of *Quercus acutissima* was collected from 13 provinces and the seedling provenances trial was conducted at Hongyashan Forestry Farm in Anhui Province. The results showed that there were significant difference in seedling height, root length, ground diameter, biomass, calorific value and energy. The annual fast growing period of seedling height and ground diameter was from July to September and displayed “S” growth curve. The calorific value in the components was in the order of leaf> stem> root, sequence of biomass was root> stem> leaf and energy was stem> root> leaf. Principle component analysis showed that difference of provenances was determined by biomass of different organs. As a preliminary result, seven excellent provenances from AnhuiTahu, AnhuiTaiping, Zhejiang Jiande, Zhejiang Longquan, Zhejiang Kahua, Jiangshu Jurong and Guizhou Rongjiang were selected for the further study.

Key words *Quercus acutissima*, geographical provenances, seedling characters, biomass, calorific value

收稿日期: 2008-10-06

基金项目: 国家林业局“948”引进项目(2005-4-44); 国家公益性行业科研专项(200704034); 国家“十一五”科技支撑计划项目(2006BAD03A160101); 江苏省普通高校研究生创新计划(2007)

作者简介: 刘志龙(1982—), 男, 安徽滁州人, 博士研究生, 从事人工林定向培育理论和技术研究。

* 通讯作者: 方升佐, 男, 教授, 博士生导师. E-mail: fangs@njfu.edu.cn

麻栎 (*Quercus acutissima* Carr) 隶属于壳斗科 (Fagaceae) 栎属 (*Quercus* L.), 是优良的硬阔叶能源树种和用材树种。麻栎在我国分布广泛, 水平分布以长江流域及黄河中下游较多, 云南伏牛山、大别山、秦岭、大巴山以及南岭等山区都有垂直分布; 其为深根性, 对土壤要求不严格, 具有很强的萌芽力和良好的水土保持功能; 材质坚硬, 为炭材的最好原料; 树叶可养蚕, 还可做菌材, 是一种多功能高效益可再生的绿色能源树种^[1-2]。

生物质能源作为可再生环境友好型能源受到世界各地广泛重视^[3-7], 麻栎作为理想的能源树种成为研究热点。迄今为止, 麻栎研究主要在造林、更新、生理与育苗技术等方面^[8-12], 还未见麻栎地理

种源苗期变异与选择的报道。本文首次从苗期生长、生物量和热值角度综合分析 36 个种源麻栎苗期变异, 旨在为选择麻栎优良种源提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验材料

供试的麻栎种子于 2006 年 10—11 月分别采集于麻栎自然分布区 13 个省 (区) 的 36 个种源地 (表 1)。林龄 30 a 以上, 选采的 10 株母树之间相距在 50 m 以上。每个采种地 10 株母树种子等量混合, 作为该种源种子。种源的分布范围为 25°17′~35°03′N, 105°51′~119°57′E。种子收集后置于 0~5℃ 中沙藏, 2007 年春播种。

表 1 参试麻栎种源地理坐标

序号	采种地点	地理坐标		序号	采种地点	地理坐标	
		N	E			N	E
1	四川万源	32° 04′	108° 03′	19	安徽太平	30° 16′	118° 07′
2	四川古南 1	28° 01′	105° 47′	20	安徽太湖	30° 37′	116° 24′
3	四川古南 2	28° 01′	105° 47′	21	安徽池州	30° 11′	117° 28′
4	四川广元	32° 16′	105° 27′	22	浙江开化	29° 09′	118° 23′
5	山东蒙阴	35° 19′	117° 34′	23	浙江富阳	29° 57′	119° 46′
6	山东沂水	35° 48′	118° 44′	24	浙江建德	29° 29′	119° 16′
7	山东费县	35° 15′	117° 58′	25	浙江龙泉	28° 01′	119° 07′
8	山东平邑	35° 13′	117° 22′	26	陕西汉中	32° 49′	106° 30′
9	湖南岳阳	29° 13′	113° 03′	27	湖北远安	30° 48′	111° 42′
10	湖南常德	29° 03′	111° 41′	28	湖北浠水	30° 27′	115° 13′
11	湖南新宁	26° 26′	110° 50′	29	湖北襄樊	32° 13′	112° 04′
12	湖南长沙	28° 12′	113° 04′	30	江苏句容	32° 04′	118° 51′
13	湖南桑植	29° 28′	110° 03′	31	山西方山	37° 34′	112° 02′
14	安徽潜山	30° 55′	116° 41′	32	广东乐昌	25° 08′	113° 21′
15	安徽泾县	30° 26′	118° 13′	33	河南南召	33° 35′	112° 24′
16	安徽休宁	29° 33′	118° 02′	34	贵州榕江	25° 56′	108° 30′
17	安徽滁州	32° 10′	118° 04′	35	贵州三穗	26° 53′	108° 52′
18	安徽六安	31° 29′	116° 05′	36	广西融水	25° 06′	109° 08′

试验地设在安徽省滁州市红琊山林场, 位于皖东江淮之间, 北亚热带边缘, 117°50′~118°50′E, 32°05′~32°35′N。处于华中湿润带向华北半干旱温带的过渡地区, 四季分明, 年平均气温 15.2℃, 年降水量 1041.6 mm; 境内岗峦起伏, 海拔 100~300 m, 地带性植被类型为落叶阔叶林; 土壤多为泥质岩、石灰岩发育的普通黄棕壤, 土层浅薄。

1.2 田间试验设计

试验采用完全随机区组设计, 3 次重复。采用条播育苗, 播种床长 20 m, 床宽 1.2 m, 每个小区 40 行, 每行播种 15 粒种子, 行距 10 cm。

1.3 生长性状观测和数据收集

1.3.1 苗高和地径生长节律 从 2007 年 5 月 14 日起至 2007 年 11 月 18 日, 每个小区选择 1 个播种

行, 每个种源共选定 30 株为固定测定株, 每月用钢卷尺和游标卡尺测量苗高和地径, 精确到 0.1 cm 和 0.01 cm。试验数据用于年生长节律研究。

1.3.2 苗高、地径、主根长和生物量 苗木停止生长后, 每个种源选择 10 株平均苗进行生物量和形态测定, 起苗时要保护根系完整。苗木带回实验室用直尺和游标卡尺测量苗高、主根长、地径。将苗木在 (105±5)℃ 下烘干至恒质量, 用电子天平分别称量根、茎和叶的生物量, 精确到 0.01 g。

1.3.3 热值和能量 将在 (105±5)℃ 下烘干至恒质量的样品分别取样 0.6 g 用美国 Parr 6300 氧弹式量热仪测定热值。样品热值以干质量热值 (每克干物质在完全燃烧条件下所释放的总热量) 表示。每份样品重复 3 次, 测定环境用空调控制在 20℃ 左右, 重复

间误差控制在 $\pm 0.15 \text{ kJ} \cdot \text{g}^{-1}$, 每次测定前用苯甲酸标定^[13]。能量由生物量和热值的乘积推算。

1.4 数据统计分析

测定的数据按小区平均数统计, 采用 SPSS 13.0 分析软件包对数据进行方差分析、主成分分析、聚类分析^[14]。

2 结果与分析

2.1 苗高和地径生长节律

根据参试种源地理位置, 以 10 个种源为例, 分析苗高和地径的生长规律。由图 1、2 可以看出, 不同种源麻栎苗高和地径生长表现为“S”型曲线, 均

表现为: 生长缓慢 - 生长中速 - 生长快速 - 生长减慢 - 停止生长。

苗高速生期为 7—9 月, 此期间光热条件好, 苗高生长最快。种源间生长期也存在差异, 山东蒙阴和山西方山种源的高生长期比其他种源短, 9 月份基本停止生长, 但其他种源还在缓慢生长。由表 2 可以看出: 36 个种源的平均苗高为 46.99 cm, 变幅为 24.05~70.72 cm, 优劣种源之比为 2.94。地径生长期较长, 从 6 月到 9 月都处于生长期。地径平均值为 0.93 cm, 最大为浙江建德 0.76 cm, 最小是湖南桑植 0.38 cm, 优劣种源之比为 2.00。

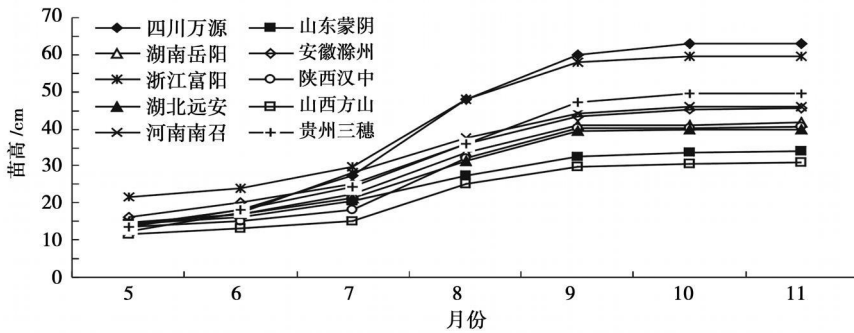


图 1 麻栎苗高生长节律

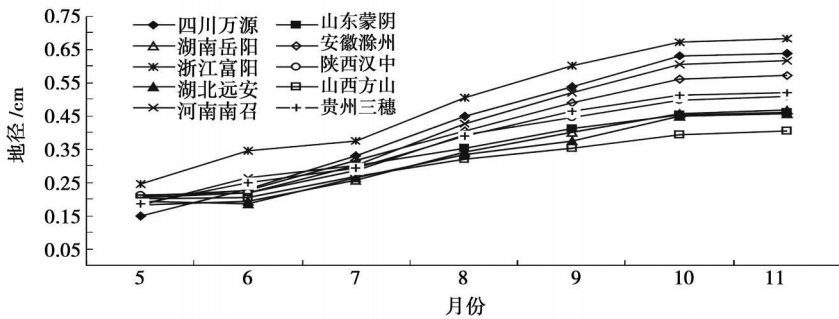


图 2 麻栎地径生长节律

方差分析表明: 不同种源间苗高 ($F(35, 72) = 31.17$) 和地径 ($F(35, 72) = 24.69$) 差异达到极显著水平。苗木生长节律不仅与树种的遗传特性有关, 还与气候条件和管理水平有关^[15-16]。图 1、2 反映的麻栎苗期的生长节律可为田间管理提供科学依据。麻栎多数种源速生期为 7—9 月, 这是生长关键时期, 天气和水肥都将直接影响苗木生长。因此, 此期间要加强管理, 追施肥料, 促进苗木生长, 充分发挥生长潜力。

2.2 苗高、地径和生物量差异

苗高、地径、根长和生物量的大小是衡量该苗木生长优劣的一个综合性指标, 也是开展苗期种源选

择的主要指标之一^[17]。从表 2 可以看出: 浙江、安徽和江苏地区种源的苗高、地径生长较快, 表现最优; 山东、广西和山西种源表现最差。

南方种源生物量明显高于偏北种源, 有 17 个种源的总生物量大于平均值, 最大的 5 个种源为浙江建德、浙江龙泉、江苏句容、安徽太湖和安徽太平 (图 3), 是平均值的 2.18、1.97、1.63、1.56 和 1.46 倍; 最小的 5 个种源为山东费县、山东平邑、安徽休宁、安徽泾县和湖北浠水, 仅达到平均值的 39.00%、39.00%、43.02%、47.69% 和 48.52%。该结果与地径和苗高表现基本一致。

表 2 不同种源麻栋苗高和地径比较

种源	苗高 /cm	地径 /cm	种源	苗高 /cm	地径 /cm
四川万源	52.86 ± 6.94	0.63 ± 0.08	安徽太平	63.54 ± 6.79	0.71 ± 0.06
四川古南 1	47.33 ± 7.44	0.48 ± 0.05	安徽太湖	60.23 ± 6.95	0.63 ± 0.09
四川古南 2	42.98 ± 5.45	0.45 ± 0.05	安徽池州	53.88 ± 5.17	0.79 ± 0.08
四川广元	34.00 ± 4.37	0.45 ± 0.06	浙江开化	60.07 ± 5.12	0.63 ± 0.07
山东蒙阴	33.81 ± 7.73	0.45 ± 0.06	浙江富阳	59.50 ± 6.24	0.67 ± 0.07
山东沂水	38.89 ± 9.25	0.45 ± 0.06	浙江建德	70.72 ± 6.21	0.76 ± 0.08
山东费县	33.68 ± 7.97	0.46 ± 0.06	浙江龙泉	69.02 ± 7.67	0.76 ± 0.08
山东平邑	39.17 ± 8.74	0.63 ± 0.06	陕西汉中	40.32 ± 9.62	0.50 ± 0.05
湖南岳阳	41.19 ± 8.32	0.46 ± 0.05	湖北远安	39.71 ± 4.11	0.45 ± 0.06
湖南常德	46.83 ± 9.95	0.48 ± 0.05	湖北浠水	38.31 ± 5.88	0.49 ± 0.12
湖南新宁	37.27 ± 8.11	0.40 ± 0.07	湖北襄樊	32.68 ± 7.09	0.50 ± 0.12
湖南长沙	40.28 ± 9.51	0.44 ± 0.05	江苏句容	66.19 ± 5.16	0.66 ± 0.14
湖南桑植	24.05 ± 7.96	0.38 ± 0.06	山西方山	30.69 ± 6.11	0.39 ± 0.09
安徽潜山	35.67 ± 4.35	0.39 ± 0.04	广东乐昌	69.90 ± 7.42	0.67 ± 0.05
安徽泾县	41.70 ± 7.39	0.47 ± 0.05	河南南召	45.90 ± 5.31	0.60 ± 0.07
安徽休宁	48.97 ± 6.81	0.62 ± 0.07	贵州榕江	65.63 ± 6.70	0.64 ± 0.09
安徽滁州	45.27 ± 7.28	0.56 ± 0.06	贵州三穗	49.49 ± 4.86	0.51 ± 0.06
安徽六安	38.06 ± 4.73	0.50 ± 0.07	广西融水	31.80 ± 2.46	0.50 ± 0.13

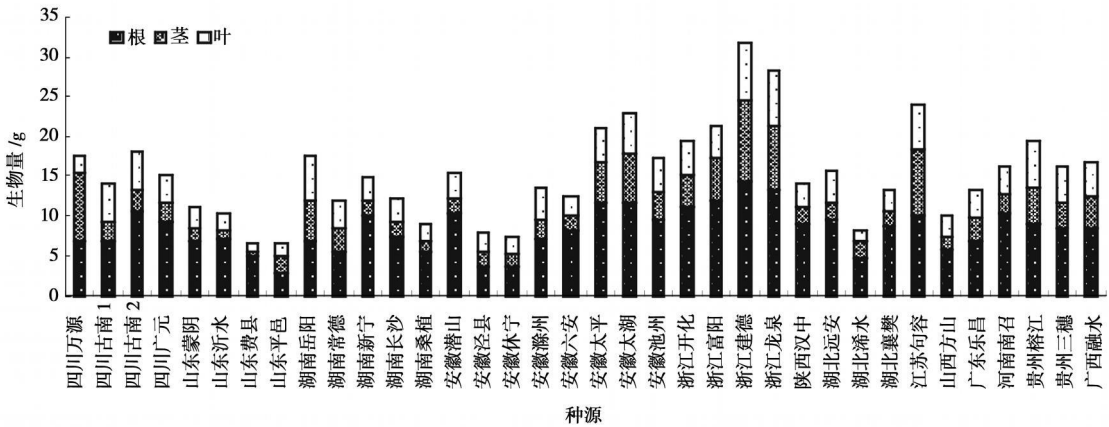


图 3 不同种源麻栋的生物量

36个种源苗高、地径、根长和生物量的差异分析结果见表 3。从表 3可以看出:种源间苗高、地径等生长性状和各器官的生物量均达到极显著差异,

平均苗高和地径的变异系数分别为 27.57% 和 22.53%, 生物量的变异系数为 43.00%, 同苗高和地径相比, 其变异更大。

表 3 不同种源麻栋生长性状和各器官生物量差异分析

指标	生长性状					生物量				
	苗高 /cm	根长 /cm	地径 /cm	高径比	苗高/根长	根 /g	茎 /g	叶 /g	地上/地下	总量 /g
均值	44.78	52.65	0.52	89.83	0.88	10.10	3.41	3.77	0.76	17.28
变幅	21.25~80.75	30.75~80.10	0.24~0.85	56.17~275.00	0.42~1.89	2.76~20.46	0.60~10.00	0.92~7.48	0.29~1.95	6.59~36.81
变异系数 /%	27.57	18.99	22.53	18.64	34.85	68.37	47.30	76.05	52.26	43.00
均方	442.49	216.19	0.04	616.91	0.26	61.64	14.35	25.79	0.24	239.22
自由度	35	35	35	35	35	35	35	35	35	35
F 值	40.52*	6.25*	13.17*	8.06*	12.89*	13.88*	18.14*	8.84*	5.68*	20.40*

注: * * 表示差异极显著 (α = 0.01)。

2.3 麻栋能量差异

从图 4 看出: 麻栋茎的热值变幅为 17.14~18.85 kJ·g⁻¹, 根的热值变幅为 16.41~18.27 kJ·g⁻¹, 叶的热值变幅为 17.92~22.25 kJ·g⁻¹。各器官热值大

小顺序为叶 > 茎 > 根。对种源间的茎热值 (F(35, 72) = 24.69)、根热值 (F(35, 72) = 146.72) 和叶热值 (F(35, 72) = 391.75) 进行方差分析表明, 不同种源麻栋各器官热值差异均达到极显著水平。

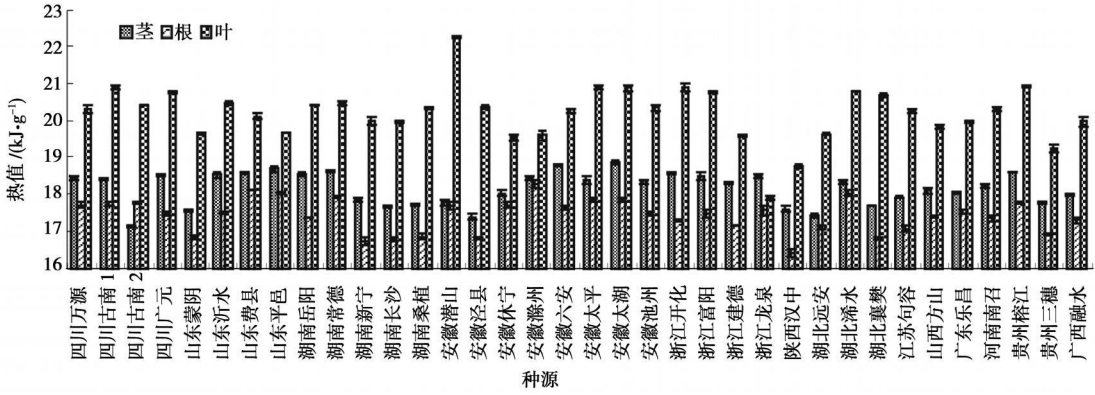


图 4 不同种源麻株各器官的热值

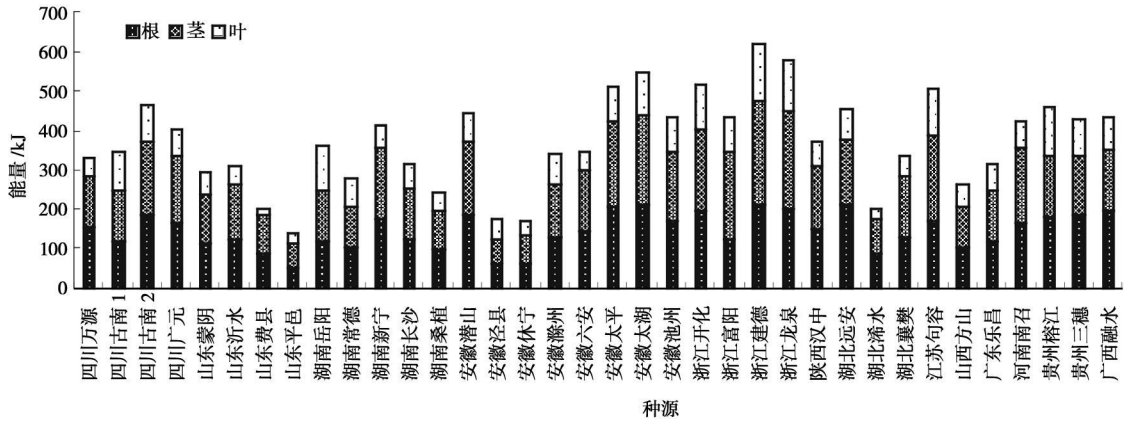


图 5 不同种源麻株各器官的能量

由生物量(图 3)和热值(图 4)推算的能量(图 5)可见:总能量最高的 5 个种源从大到小排列依次是浙江建德、浙江龙泉、安徽太湖、浙江开化和安徽太平;总能量最低的 5 个种源分别是山东费县、山东平邑、安徽休宁、安徽泾县和湖北浠水。各器官能量排序为茎 > 根 > 叶,这与生物量和热值分配规律相一致。

2.4 苗期性状主成分分析

麻株苗木的生长性状、生物量和热值特征因子的主成分分析结果见表 4。特征根大于 1 的主成分

有 4 个,总累计贡献率已达 78.724%。第 1 主分量中,茎生物量和苗高具有最大的正向负荷量,其次是叶和根的生物量具有较大的正向负荷量,反应了麻株种源间的差异,主要是由不同器官的生物量和苗高决定的。第 2 主分量主要由不同器官的生物量和高径比决定,贡献率为 20.530%。第 3 主分量主要体现在根长和生物量及高径比方面。第 4 主分量也集中表现为根的长度,体现了根对种源的选择具有重要意义。

表 4 麻株生长性状、生物量、热值的因子负荷量和累计贡献率

因子负荷量	生长性状				生物量			热值			特征根	累计贡献率/%
	苗高	根长	地径	高径比	茎	根	叶	茎	根	叶		
主成分 1	0.899	0.363	-0.121	0.401	0.912	0.772	0.833	0.315	0.075	-0.178	3.372	33.725
主成分 2	0.064	-0.027	0.634	0.457	0.036	-0.231	-0.238	0.671	0.810	0.470	2.053	54.255
主成分 3	-0.050	0.482	0.471	0.646	-0.016	0.108	-0.314	-0.433	-0.341	-0.130	1.305	67.309
主成分 4	-0.315	0.719	-0.218	-0.264	-0.156	0.408	-0.055	0.135	0.116	0.427	1.142	78.724

2.5 不同种源麻株初步划分

根据主成分分析结果,以第 1 主成分包含的性状作为分析对象,对不同种源麻株进行综合聚类分

析。由图 6 可以看出:36 个地理种源可以分为 3 大类,第 1 类是:安徽太湖、安徽太平、浙江开化、江苏句容、浙江建德、浙江龙泉和贵州榕江,主要分布于

浙江和皖南地区; 第 2 类为: 安徽潜山、安徽池州、四川古南 2 四川广元、湖北远安、贵州三穗、广西融水、河南南召、湖南新宁和浙江富阳; 余下的为第 3 类。

麻栎在我国分布广泛, 地理环境的变化导致麻栎种群间产生巨大的差异, 因此从中选择优良种源

具有较大的潜力。按照 10% 优良种源入选率, 第 1 类入选为优良种源。从选择结果看, 优良种源主要分布于东南地区和长江以南的中下游地区, 淮河以北的地区则无一种源入选。长江流域及黄河中下游地区是麻栎的主要分布区, 今后麻栎优良种源选择应重点关注东南地区和长江以南中下游地区。

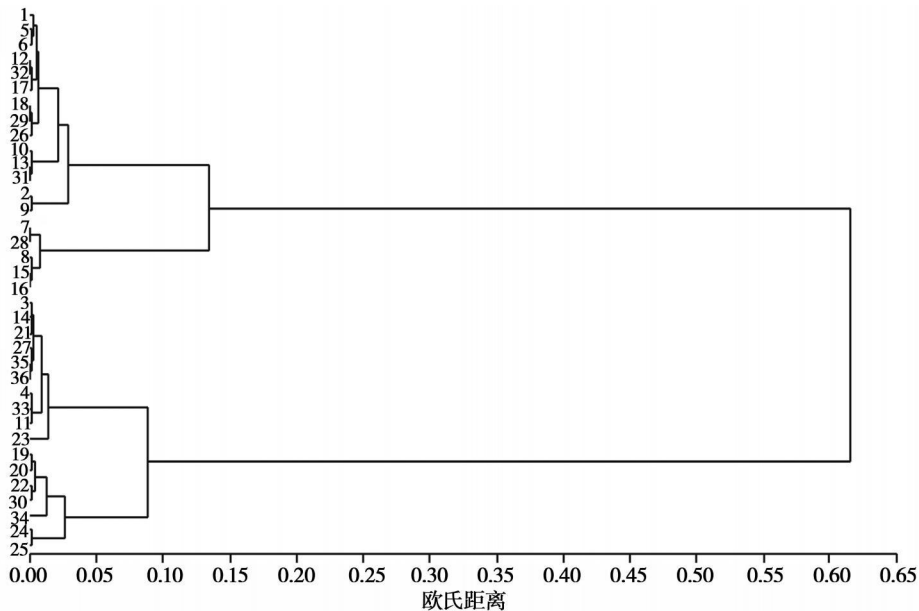


图 6 36 个种源麻栎的系统聚类图

3 结论与讨论

通过 36 个种源麻栎苗期综合生长性状、生物量和热值指标的综合分析, 初步认为安徽太湖、安徽太平、浙江开化、江苏句容、浙江建德、浙江龙泉和贵州榕江种源综合表现良好, 应作为优良种源重点发展; 安徽潜山、安徽池州、四川古南 2 四川广元、湖北远安、贵州三穗、广西融水、河南南召、湖南新宁和浙江富阳种源表现中等, 具有发展潜力, 需进一步观测和改良。

不同种源间麻栎苗高和地径生长表现出相似的“S”型生长规律, 7—9 月是生长关键时期。麻栎对环境条件适应性极强, 在干旱贫瘠的丘陵山地上也能生长良好, 常用地下生物量与地上生物量比值来反映这一特性, 比值越大, 根系质量越好, 意味着根系越发达, 其适应逆境的能力越强。麻栎深根性在苗期表现明显, 地下部分长度和生物量均高于地上部分。另外, 地上地下长度比和高径比也是反映苗木质量的重要指标。因此, 根系发育状况和生物量可作为评价麻栎苗木质量的一个重要形质指标。

麻栎不同器官热值大小顺序为叶 > 茎 > 根。植物各器官热值差异受其组成、结构、功能、光照强度、土壤类型和日照长短的影响^[18-19]。植物的含能物质中, 脂肪、蛋白质和碳水化合物的热值不同, 其顺序为脂肪 > 蛋白质 > 碳水化合物^[20]。麻栎各器官的脂肪、蛋白质和碳水化合物含量不同, 所以热值也相应不同。叶片的热值最高可能与这些化合物含量比茎和根的高有关。

在生物量基础上, 结合各器官的热值, 推算能量在各器官中的分配规律, 但热值与形态和生物量的关系尚不能断定, 有待进一步的研究。此外, 本文仅就麻栎种源苗期性状作了研究, 其结论尚需在今后的区域化造林试验中进一步验证和选择。项目组已于 2008 年分别在安徽省滁州市红琊山林场、浙江省开化林场和江西省永丰林场开展了麻栎种源区域化造林试验, 以进一步研究麻栎种源的生长变异和完善初步选择结果。

参考文献:

[1] 树木学(南方本)编写委员会. 树木学[M]. 北京: 中国林业出版

- 社, 1994
- [2] 柴承佑, 王新洋, 丁伯让. 江淮丘陵地区麻栎薪炭林经营效益的调研 [J]. 中国林副特产, 2001(3): 56- 57
- [3] Dickmann D I. Silviculture and biology of short rotation woody crops in temperate regions then and now [J]. Biomass and Bioenergy, 2006, 30: 696- 705
- [4] Shao H, Chu L. Resource evaluation of typical energy plants and possible functional zone planning in China [J]. Biomass and Bioenergy, 2008, 32: 283- 288
- [5] Chow J, Kopp R J, Portney P R. Energy resources and global development [J]. Science, 2003, 302: 1528- 1531
- [6] Fang S Z, Xue J H, Tang L Z. Biomass production and carbon sequestration potential in poplar plantations with different management patterns [J]. Journal of Environment Management, 2007, 85: 672- 679
- [7] 方升佐. 关于加速发展我国生物质能源的思考 [J]. 北京林业管理干部学院学报, 2005(2): 30- 34
- [8] 罗世群. 麻栎造林技术 [J]. 安徽农学通报, 2006, 12(13): 208
- [9] 唐罗忠, 虞木奎, 严春风, 等. 立地条件及抚育措施对麻栎人工林生长的影响 [J]. 福建林学院学报, 2008, 28(2): 130- 135
- [10] 谢会成, 姜志林, 叶镜中. 麻栎光合作用的特性及其对 CO₂ 倍增的响应 [J]. 南京林业大学学报: 自然科学版, 2002, 26(4): 67- 70
- [11] 李 蓉. 麻栎内生真菌抗菌活性的研究 [J]. 辽宁中医药大学学报, 2007, 9(1): 56- 58
- [12] 侯 昆, 于成琦, 赵庆喜, 等. 麻栎不同播种量及施肥生理效应的研究 [J]. 吉林林业科技, 2005, 134(12): 15- 18
- [13] 方运霆, 莫江明, 李德军, 等. 鼎湖山马尾松能量分配及其生产的动态 [J]. 广西植物, 2005, 25(1): 26- 32
- [14] 罗应婷, 杨钰娟. SPSS 统计分析 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2007
- [15] 曾志光, 肖复明, 包国华, 等. 木荷地理种源苗期性状遗传变异研究 [J]. 林业科学研究, 2005, 18(1): 27- 30
- [16] 柳新红, 何小勇, 袁德义, 等. 翅荚木地理种源苗期遗传性状变异 [J]. 林业科学研究, 2007, 20(6): 814- 819
- [17] 乌丽雅斯, 刘 勇. 造林树种苗木定向培育理论探讨 [J]. 北京林业大学学报, 2004, 26(4): 85- 90
- [18] 刘世荣, 王文章, 王明启. 落叶松人工林生态系统净初级生产力形成过程中的能量特征 [J]. 植物生态与地植物学学报, 1992, 38(12): 209- 219
- [19] 张清海, 叶功富, 林益明. 海岸退化沙地木麻黄人工林能量的研究 [J]. 林业科学, 2006, 42(8): 1- 7
- [20] 祖元刚. 能量生态学引论 [M]. 长春: 吉林科学技术出版社, 1990: 241- 246