

不同种源木荷种实及苗期表型性状分析及综合评价

唐洁¹, 陈建军², 李永进¹, 易剑³, 杨艳¹, 黎蕾¹, 汤玉喜¹

(1.湖南省林业科学院, 湖南 长沙 410004 2.沅江市林业科学研究所, 湖南 益阳 413100 3.汨罗市白水苗圃, 湖南 汨罗, 414400)

摘要: [目的]研究湖南省不同种源木荷的种实及苗期表型性状多样性, 为木荷种质资源收集、评价和利用提供科学依据。[方法]选择 12 个种源采集果实、种子、叶片, 繁育 1 年生苗木, 测定果横径、果纵径、果柄长、叶长、叶宽、叶柄长、种子长、种子宽、地径和苗高等 10 个表型性状, 利用方差分析、多重比较、相关性分析和聚类分析等方法, 探究不同种源木荷的种实和苗期表型性状变异及其与环境因子的关系。[结果]木荷 8 个种实与叶表型性状在种源间存在广泛变异, 变异系数为 8.9~25.82%, 果横径、果柄长、叶宽、叶柄长存在显著性差异。(2) 不同种源木荷各表型性状与地理环境之间存在不同程度的相关性, 果横径、叶长、叶宽、叶柄长、种子长和种子宽与北纬、pH 值存在显著负相关, 苗高与东经呈显著负相关, 与 pH 值呈极显著正相关。苗期地径变幅 4.23~5.71mm, 苗高变幅 30.10~45.00cm, 桑植县、龙山县与茶陵县、长沙县木荷苗高呈显著性差异。苗期地径生长大于平均值百分比为 1.28~16.6%, 苗高生长大于平均值百分比为 0.84~17.84%。(4) 通过聚类分析将 12 个木荷种源分为四大类型, 第Ⅰ类包括金洞区、通道县、古丈县和泸溪县等 4 个湘西南产地, 果大、叶宽、生长快; 第Ⅱ类包括靖州县、南山公园、城步县和资兴市等 4 个湘东南产地, 果大, 叶长、叶宽, 生长较快; 第Ⅲ类包括茶陵县和长沙县等湘东产地, 果小、生长一般; 第Ⅳ类包括龙山县和桑植县等湘北产地, 果小、叶短、叶窄、种子小, 生长快。[结论] 果横径、果柄长、叶宽、叶柄长是木荷种源地理变异主要性状。东经、北纬、pH 值是影响种实表型性状的主要因素。以苗高为标准筛选出优良种源产区为桑植县、龙山县、南山公园和靖州县。

关键词: 木荷; 种源; 表型性状; 遗传变异

Analysis and comprehensive evaluation of phenotypic traits of *Schima superba* seeds and seedlings from different sources

TANG Jie¹, CHENG JiangJun² LIYong-jin¹, LI Lei¹, TANG Yu-xi¹, HE Guang zong²

(1.Hunan Academy of Forestry, Changsha 410004,Hunan,China 2. Yuanjiang Forestry Science Research Institute,YiYang 413100,China 3. Baishui Nursery in Miluo City, Miluo 414400, Hunan, China)

Abstract: [Objective] To study the diversity of seed and seedling phenotypic traits of *Schima superba* from different sources in Hunan Province, and provide scientific basis for the collection, evaluation, and utilization of *Schima superba* germplasm resources. [Method] 12 seed sources were selected to collect fruits, seeds, and leaves, and 1-year-old seedlings were bred. Ten phenotypic traits, including fruit transverse diameter, fruit longitudinal diameter, fruit stem length, leaf length, leaf width, leaf stem length, seed length, seed width, ground diameter, and seedling height, were measured. Using methods such as analysis of variance, multiple comparisons, correlation analysis, and cluster analysis, the variation of seed and seedling phenotypic traits in different seed sources of *Schima superba* and their relationship with environmental factors were explored. [Result] There was extensive variation in the fruit and leaf surface traits of 8 *Schima superba* varieties among their sources, with a coefficient of variation of

收稿日期:

基金项目: 湖南省林业科技创新项目 (XLKY202207); 省种质专项“木荷种质资源收集保存与评价”

作者简介: 唐洁, (1980年-), 男, 研究员, 主要从事林木育种与培育、林业生态工程学研究。

通信作者: 汤玉喜, 湖南省林业科学院, 研究员。E-mail:tyx999@163.com

8.9-25.82%。There were significant differences in fruit diameter, stem length, leaf width, and stem length. (2) There is varying degrees of correlation between the phenotypic traits of different *Schima superba* species and their geographical environment. There is a significant negative correlation between fruit diameter, leaf length, leaf width, petiole length, seed length, and seed width with north latitude and pH value, a significant negative correlation between seedling height and east longitude, and an extremely significant positive correlation with pH value. The diameter variation during the seedling stage is 4.23-5.71mm, and the height variation is 30.10-45.00cm. There is a significant difference in the height of *Schima superba* seedlings between Sangzhi County, Longshan County, Chaling County, and Changsha County. The percentage of aboveground diameter growth exceeding the average value during the seedling stage is 1.28-16.6%, and the percentage of aboveground height growth exceeding the average value is 0.84-17.84%. (4) Through cluster analysis, 12 *Schima superba* germplasm sources were classified into four major types. The first type includes four southwestern Hunan producing areas: Jindong District, Tongdao County, Guzhang County, and Luxi County, with large fruits, wide leaves, and fast growth; The second category includes four production areas in southeastern Hunan, including Jingzhou County, Nanshan Park, Chengbu County, and Zixing City, with large fruits, long and wide leaves, and fast growth; The third category includes Xiangdong producing areas such as Chaling County and Changsha County, with small fruits and average growth; The fourth category includes Xiangbei producing areas such as Longshan County and Sangzhi County, with small fruits, short leaves, narrow leaves, small seeds, and fast growth. [Conclusion] The lateral diameter, stem length, leaf width, and stem length of *Schima superba* are the main geographic variation traits. East longitude, north latitude, and pH value are the main factors affecting the phenotypic traits of seeds and fruits. Based on the standard of seedling height, excellent seed production areas were selected as Sangzhi County, Longshan County, Nanshan Park, and Jingzhou County.

Keywords: *Schima superba*; Seed source; Phenotypic traits; genetic variation

种实表型是植物生命史的一项重要特征, 决定了天然建群及群落演替。由于不同种源分布范围广, 地理气候差异大, 长期自然选择过程中, 遗传、环境多样性综合影响植物性状, 使其具有丰富的表型多样性^[1]。表型作为各种形态特征的组合, 是生物遗传变异的表征, 因此表型变异是遗传多样性研究的重要内容^[2]。木荷 (*Schima superba* Gardn. et Champ) 属山茶科木荷属常绿阔叶大乔木, 是我国南方重要的生态修复树种、高效的生物防火树种和珍贵用材树种^[3-4]。近年来, 随着国家木材战略储备、森林质量精准提升、珍稀林木培育和生态公益林等工程项目大力实施, 木荷已是湖南省杉木、马尾松等针阔混交培育大径阶优质用材及迹地更新的主要造林树种, 造林面积日益增大, 苗木需求量逐年递增, 不同种源苗木频繁调动。木荷分布区广, 气候、土壤等因子有明显差异, 不同种源苗木区域适应性不同, 可导致造林成效受较大的影响。许多研究表明^[5-7], 林木种子性状存在着一定的地理种源变异, 往往与分布区的光照、温度、降水量及海拔、纬度等环境因素有关, 而这些因素又通常是相互作用、相互影响的。因此, 开展不同区域优良木荷种质资源收集与评价, 结合不同地理种源子代苗期生长变异进行早期筛选具有重要意义。本文主要利用种实、叶和苗期生长形态性状来研究遗传变异, 探索不同种源的基础遗传背景, 为下一步开展本土适生良种的选育和种质改良提供参考。

1 材料与方法

1.1 群体选择及试验材料

在湖南省木荷天然分布区调查并收集 12 个种源。每个种源选取 5 株以上采种母树, 林龄 20a 以上, 母树间距 50m 以上, 收集的种子均已成熟饱满, 无病虫害。2021 年在湖南省林业科学院浏阳龙伏苗圃进行苗木繁育, 按照随机区组设计每个种源繁育 30 株幼苗。育苗容器规格 15cm×18cm, 每个容器内播 2-3 粒种子, 5 月间苗, 每个育苗容器保留 1 株幼苗。种子处理、营养土配置以及苗期管理等均按照相同的常规方法进行。不同种源地理和气候因子见表 1。

表 1 木荷种源采种点地理环境因子

Table 1 Geographical and Environmental Factors of *Schima superba* Seed Source Sampling Sites

序号	种源地	东经	北纬	年均 温/°C	≥10°C年 积温/°C	无霜 期/d	年 降水/mm	海 拔/m
1	南山公园	110°12'19"	26°11'37"	10.9	5100	282	1256	835
2	城步县	110°12'19"	26°11'37"	16.1	5200	271	1218.5	840
3	古丈县	110°4'48"	28°38'53"	16	4997	240.8	1475.9	910
4	通道县	109°50'12"	26°9'36"	16.6	4914	298	1480.7	450
5	中方县	110°6'15"	27°30'43"	17	4611	297	1563	380
6	龙山县	109°45'23"	29°34'23"	15.8	5100	275	1400	628
7	长沙县	113°19.449'	28°24.137'	17.6	5457	260	1472.9	171
8	桑植县	100°02'131"	29°40'77"	16.2	5200	269	1415	389
9	靖州县	109°34'4"	26°29'52"	16.8	5570	290	1378.9	680
10	茶陵县	113°42'4"	26°47'38"	17.9	5509	294	1422.4	130
11	资兴市	113°23'32"	25°42'3"	17.7	6218	348	1536.3	310
12	泸溪县	110°8'7"	28°18'49"	17.4	4660	278	1465.3	470
13	金洞区	112°9'16"	26°12'27"	17	4950	293	1275.2	240

1.2 试验方法

将每个种源采集的木荷果实、种子进行混合后，采用四分法随机选取 30 粒果实和种子测定果横径、果纵径、果柄长和种子长、种子宽，采集 30 片叶片共 3 次重复测量叶长、叶宽。并于 12 月不同种源苗木停止生长时，选择 30 株平均苗共 3 次重复测量地径、苗高。

1.3 数据处理

采用 Excel2013 对测量的基础数据进行整理，SPSS19.0 进行方差分析、相关性分析和聚类分析等。种源变异系数（CV）计算公式^[8]： $CV = (SD/MN) \times 100\%$ 。式中：SD 为标准偏差，MN 为平均值。

2 结果与分析

2.1 木荷的种实、叶片表型性状地理种源变异研究

对 12 个种源木荷的果横径、果纵径、果柄长、叶长、叶宽、叶柄长、种子长和种子宽等 8 个表型性状进行分析（表 2）。结果表明：在种源间果横径、果柄长达到极显著性差异，叶宽、叶柄长存在显著性差异，果纵径、叶长、种子长和种子宽等无显著性差异。果横径变幅为 10.17~16.57mm，金洞区的果横径最宽，龙山县的最窄；果纵径变幅为 10.97~18.13mm，古丈县的果纵径最长，龙山县的最短；果柄长变幅为 12.96~28.70mm，长沙县的果柄最长，龙山县的最短；叶长变幅为 10.59~14.45mm，城步县的叶最长，桑植县的最短；叶宽变幅为 3.35~4.75mm，城步县的叶最宽，桑植县的最窄；叶柄变幅为 1.13~2.55mm，金洞区的叶柄最长，桑植县的最短；种子长变幅为 8.44~11.22mm，资兴市种子最长，南山公园的最短；种子宽变幅为 4.54~5.95mm，金洞区种子最宽，龙山县的最窄。总体来看，湘南地区种源木荷的种实与叶子性状普遍大于湘西北种源分布区。对不同种源木荷的种实与叶片表型性状变异进行分析，结果表明：8 个表型性状中，果柄长变异系数最高（25.82%），其次是叶柄长（25.52%）；种子宽的变异系数最低（8.94%），其次是种子长（13.14%）；说明不同种源间果实和叶片表型变异系数高于种子。

表 2 12 个种源木荷表型性状差异性分析

Table 2 Analysis of Differences in Phenotypic Traits of 12 Schima superba Provinces

种源	序号	果横径	果纵径	果柄长	叶长	叶宽	叶柄长	种子长	种子宽
茶陵县	1	(14.42±1.75)bc	(12.04±1.02)abc	(20.25±3.14)bcd	(11.6±0.25)abc	(4.33±0.25)bcd	(2.27±0.55)cd	(9.70±0.76)ab	(5.44±0.56)abc
城步县	2	(16.30±1.04)c	(12.80±0.71)abc	(17.79±0.55)abc	(14.4±0.81)c	(4.75±0.47)d	(2.06±0.31)bcd	(10.20±1.26)ab	(5.68±0.43)bc
古丈县	3	(16.11±2.89)c	(14.80±3.00)bc	(23.36±7.83)cde	(11.3±0.88)ab	(4.21±0.48)bcd	(1.83±0.25)bc	(9.45±1.59)ab	(5.42±0.83)abc
金洞区	4	(16.57±2.18)c	(15.12±1.77)c	(25.93±5.65)de	(12.0±1.88)abc	(4.51±0.15)cd	(2.55±0.32)d	(11.21±1.03)b	(5.95±0.69)c
靖州县	5	(16.28±1.04)c	(12.67±0.75)abc	(21.51±1.28)bcd	(13.0±2.62)abc	(4.54±1.01)cd	(1.90±0.44)bcd	(9.70±1.23)ab	(5.78±0.23)bc
龙山县	6	(10.17±1.21)a	(10.97±1.31)a	(12.96±0.68)a	(10.7±1.90)ab	(3.58±0.39)ab	(1.49±0.38)ab	(8.70±0.85)a	(4.54±0.42)a

泸溪县	7	(15.01± 1.57)c	(13.16± 2.15)abc	(22.96± 2.91)cde	(11.1 8±1.23)ab	(4.12 ±0.54)abcd	(2.37±0. 08)cd	(9.46±1. 34)ab	(5.30± 0.87)abc
南山公 园	8	(16.48± 0.99)c	(12.52± 1.33)abc	(19.64± 1.95)abcd	(11.9 4±1.86)abc	(4.54 ±0.35)cd	(1.80±0. 40)bc	(8.44±0. 10)a	(5.54± 0.33)abc
桑植县	9	(12.31± 1.27)ab	(11.74± 1.17)ab	(15.31± 0.51)ab	(10.5 9±0.75)a	(3.35 ±0.13)a	(1.13±0. 29)a	(8.61±0. 58)a	(4.88± 0.33)ab
通道县	10	(15.33± 0.92)c	(14.19± 1.87)bc	(25.44± 5.46)de	(13.1 7±1.31)abc	(4.41 ±0.47)bcd	(2.20±0. 30)cd	(10.22± 0.61)ab	(5.70± 0.56)bc
长沙县	11	(15.60± 0.09)c	(13.96± 1.55)abc	(28.71± 4.50)e	(13.5 9±1.37)bc	(3.83 ±0.32)abc	(1.49±0. 24)ab	(10.02± 1.89)ab	(5.74± 0.40)bc
资兴县	12	(13.74± 0.29)bc	(13.99± 1.00)abc	(18.05± 0.24)abc	(13.6 1±2.24)bc	(4.26 ±0.26)bcd	(1.95±0. 38)bcd	(11.22± 0.93)b	(5.79± 0.23)bc
均值		14.86± 2.25	13.16± 1.81	20.99± 5.42	12.28 ±1.74	4.20± 0.56	1.92±0. 49	9.74±1. 28	5.48±0. 49
F 值		5.318**	1.903	4.518**	2.128	2.512*	4.166*	1.990	1.795
变异系数/%		15.14	13.75	25.82	14.17	13.33	25.52	13.14	8.94

2.2 木荷子代苗期性状地理种源变异研究

从表 3 可以看出，12 个种源苗期地径变幅 4.23~5.71mm，最大是桑植县（5.71mm），其次是靖州县（5.37mm）、金洞区（5.29mm）、通道县（5.08mm）、资兴市（4.97mm）等，只桑植县与城步县木荷苗期地径达显著性差异，其他无显著性差异；苗高变幅 30.10~45.00cm，最高是桑植县（45.00cm），其次是龙山县（44.23cm）、南山公园（40.55cm）、靖州县（39.19cm）等，桑植县、龙山县与茶陵县、长沙县木荷苗高呈显著性差异，其他均无显著差异。从表 4 可以看出，12 个种源苗期地径生长大于平均值百分比为 1.28~16.6%，苗高生长大于平均值百分比为 0.84~17.84%。由于木荷地径和苗高之间呈正相关，以苗高为标准初步筛选出优良种源为桑植县（17.84%）、龙山县（15.81%）、南山公园（6.04%）和靖州县（2.44%）。

表 3 12 个种源木荷苗期性状的平均值和标准差

Table 3 Average and standard deviation of seedling traits of 12 Schima superba sources			
序号	种源	地径（mm）	苗高（cm）
1	茶陵县	4.59±0.61ab	30.10±0.17a
2	城步县	4.23±0.43a	36.86±8.09ab
3	古丈县	4.62±0.07ab	36.93±2.47ab
4	金洞区	5.29±0.27ab	38.27±1.54ab
5	靖州县	5.367±1.22ab	39.19±7.15ab
6	龙山县	4.84±0.11ab	44.23±1.24b
7	泸溪县	4.74±0.59ab	38.67±6.76ab
8	南山公园	4.65±0.46ab	40.55±8.89ab
9	桑植县	5.71±0.87b	45.00±7.21b
10	通道县	5.08±0.40ab	39.15±7.05ab
11	长沙县	4.72±0.06ab	31.17±1.57a
12	资兴县	4.97±0.95ab	38.59±8.17ab

表 4 木荷苗期生长优良种源筛选

Table 4 Selection of Excellent Seed Sources for Schima superba Seedling Growth				
种源	地径（mm）	苗高(cm)	大于地径平均值%	大于苗高平均值%
茶陵县	4.59	30.10	-6.40	-21.66
城步县	4.23	36.86	-13.66	-3.73
古丈县	4.62	36.93	-5.71	-3.54
金洞区	5.29	38.27	7.96	0.00
靖州县	5.36	39.19	9.47	2.44
龙山县	4.84	44.23	-1.14	15.81
泸溪县	4.74	38.67	-3.23	1.05

南山公园	4.65	40.55	-5.03	6.04
桑植县	5.71	45.00	16.60	17.84
通道县	5.08	39.15	3.63	2.33
长沙县	4.72	31.17	-3.59	-18.83
资兴市	4.96	38.59	1.28	0.84

2.3 不同种源木荷主要表型性状及环境地理因子相关性分析

不同种源木荷各表型性状之间存在不同程度的相关性（表 5），果横径与叶宽、种子宽存在极显著正相关，与果纵径和果柄长存在显著正相关；果纵径与果柄长、种子宽存在极显著正相关，与种子长存在显著正相关；果柄长与种子宽存在显著正相关，与苗高存在显著负相关；叶长与种子宽存在极显著正相关，与叶宽、种子长存在显著正相关；叶宽与叶柄长、种子宽存在极显著正相关；叶柄长与种子长存在显著正相关；种子长与种子宽存在极显著正相关。

表 5 木荷种源主要表型、苗期性状的相关系数

Table 5 Correlation coefficients between the main phenotypes and seedling traits of *Schima superba* germplasm sources

表型性状	果横径	果纵径	果柄长	叶长	叶宽	叶柄长	种子长	种子宽	地径
果纵径	0.648*								
果柄长	0.702*	0.782**							
叶长	0.513	0.390	0.338						
叶宽	0.790**	0.414	0.328	0.593*					
叶柄长	0.532	0.484	0.437	0.228	0.736**				
种子长	0.367	0.706*	0.458	0.636*	0.466	0.595*			
种子宽	0.843**	0.735**	0.692*	0.750**	0.764**	0.574	0.746**		
地径	-0.252	-0.018	-0.048	-0.31	-0.4	-0.257	-0.004	-0.103	
苗高	-0.485	-0.354	-0.602*	-0.426	-0.366	-0.389	-0.412	-0.546	0.525

从表 6 可以看出，不同种源木荷各表型性状与地理环境之间存在不同程度的相关性。果横径与东经、pH 值呈显著负相关；果纵径与 pH 值呈显著负相关；果柄长与 pH 值呈显著负相关；叶长与北纬、pH 值呈显著负相关；叶宽与北纬、pH 值呈极显著负相关；叶柄长与 pH 值呈极显著负相关，与东经呈显著正相关，与北纬呈显著负相关；种子长与东经呈显著正相关，与北纬、pH 值呈显著负相关；种子宽与北纬、pH 值呈极显著负相关；苗期地径与各地理环境因子相关性不显著，苗高与东经呈显著负相关，与 pH 值呈极显著正相关。

表 6 木荷表型性状和地理环境因子的相关系数

Table 6 Correlation coefficients between phenotypic traits and geographical environmental factors of *Schima superba*

	果横径	果纵径	果柄长	叶长	叶宽	叶柄长	种子长	种子宽	地径	苗高
东经	0.391	0.456	0.484	0.427	0.536	0.626*	0.584*	0.563	-0.57	-0.704*
北纬	-0.591*	-0.34	-0.19	-0.649*	-0.865**	-0.618*	-0.610*	-0.796**	0.198	0.339
年均温/℃	-0.148	0.236	0.254	0.172	-0.161	0.239	0.586*	0.148	0.152	-0.405
≥10℃年积温/℃	-0.132	-0.055	-0.203	0.448	0.033	-0.212	0.367	0.272	0.064	-0.241
无霜期/d	-0.107	0.077	-0.14	0.33	0.269	0.346	0.555	0.347	0.211	0.033
年降水/mm	-0.344	0.182	0.173	-0.12	-0.454	-0.161	0.123	-0.126	0.184	-0.136
海拔/m	0.196	-0.117	-0.303	-0.004	0.283	-0.152	-0.431	-0.158	-0.318	0.397
pH 值	-0.647*	-0.617*	-0.651*	-0.669*	-0.753**	-0.723**	-0.675*	-0.812**	0.466	0.668*

2.4 不同种源木荷主要表型性状聚类分析

基于 10 个木荷主要表型性状对 12 个木荷种源进行系统聚类分析（图 1），各类型的主要特征见表 7。12 个木荷种源可分为四大类，第Ⅰ类包括金洞区、通道县、古丈县和泸溪县等 4 个湘西南产地，果大、果柄长、叶宽、叶柄长，苗期生长好；第Ⅱ类包括靖州县、南山公园、城步县和资兴市等 4 个湘东南产地，果大，叶长、叶宽，苗期生长好；第Ⅲ类包括茶陵县和长沙县等湘东地区产地，果柄长、生长一般；第Ⅳ类包括龙山县和桑植县等湘北地区产地，果小、叶短、叶窄、种子小，苗期生长好。

表 7 不同类型木荷种源表型性状平均值

Table 7 Average phenotypic traits of different types of Schima superba germplasm sources										
类型	果横 径/mm	果纵径/ mm	果柄长 /mm	叶长/ cm	叶宽/ cm	叶柄 长/cm	种子长 /mm	种 子宽/mm	地径/ mm	苗高/c m
I	15.76	14.32	24.42	11.96	4.31	2.24	10.09	5.59	4.93	38.25
II	15.70	13.00	19.25	13.26	4.52	1.93	9.89	5.70	4.80	38.80
III	15.01	13.00	24.48	12.60	4.08	1.88	9.86	5.59	4.66	30.63
IV	11.24	11.36	14.14	10.65	3.47	1.31	8.66	4.71	5.28	44.62

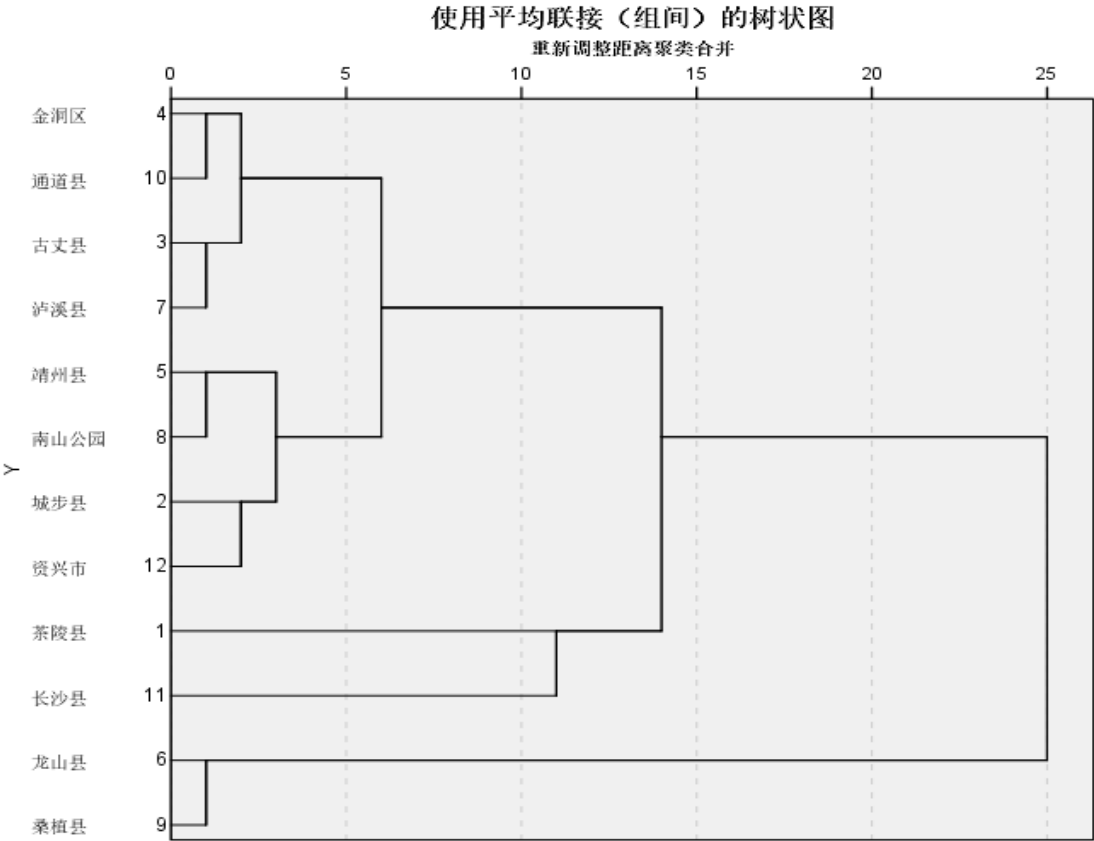


图 1 不同种源木荷表型性状聚类分析

Figure 1 Cluster analysis of phenotypic traits of Schima superba from different sources

3 结论与讨论

种质资源调查和评价是品种起源、演化和驯化的基础，对优异资源筛选、品种选育具有重要意义^[7,9]。因自然选择、遗传漂变引起的表型变异在种内十分常见^[10]。本研究通过对湖南省 12 个木荷种源的果横径、果纵径、果柄长、叶长、叶宽、叶柄长、种子长和种子宽 8 个表型性状进行测定与分析，得出在种源间果横径、果柄长存在极显著性差异，叶宽、叶柄长存在显著性差异，表明这 4 个性状主导木荷种源地理变异。果纵径、叶长、种子长和种子宽均无显著性差异，且变异系数较小，受环境的影响较小，稳定性较高。不同种源木荷表型差异主要是果实和叶，湘东南地区的木荷果实与叶片普遍大于湘西北分布区的种源。本研究木荷的平均变异系数为 16.23%，与相近区域其他物种相比，高于闽楠（6.14%）^[1]，枫香（15.83%）

[14], 元宝枫 (11.46%) [15], 国槐 (9.40%) [16], 种源间变异丰富, 为其优良种源的筛选提供了有利条件。

形态变异具有一定的遗传基础, 人工选择和环境压力在导致形态变异中也起着重要的作用[11-13]。许多研究表明植物的表型性状与环境因子之间存在一定的相关性。冯建等[17]研究山桐子果实表型性状与经度、纬度、海拔之间存在一定的相关性; 刘雄盛等[18]研究江南油杉种实表型随着分布区海拔的升高, 形状同椭圆形趋于圆形; 郭松等[19]研究不同种源掌叶木果实和种子表型性状与经度和纬度的相关性不显著; 文珊珊等[20]研究灰木莲叶周长和叶长宽比与经度呈显著正相关。本研究发现, 不同种源木荷各表型性状与地理环境之间存在不同程度的相关性, 东经、北纬、pH 值是影响种实表型性状的主要因素, 温度、降雨和海拔为次要因素。这与徐肇友等[10]发现叶片性状受经度、湿度和降水量的综合影响, 东部温度和降水量较高的地区木荷叶片较小、短且宽圆的结论有差异, 这可能与区域环境有一定关系。果横径、叶长、叶宽、叶柄长、种子长和种子宽与北纬、pH 值存在显著负相关。苗期地径与各地理环境因子相关性不显著, 苗高与东经呈显著负相关, 与 pH 值呈极显著正相关。

种源试验是了解种源间地理变异模式及规律的重要途径之一[8]。本研究开展了不同种源苗高、地径生长性状研究, 12 个种源苗期地径变幅 4.23~5.71mm, 桑植县与城步县木荷苗期地径达显著性差异, 其他均无显著性差异; 苗高变幅 30.10~45.00cm, 桑植县、龙山县与茶陵县、长沙县木荷苗高呈显著性差异, 与其他无显著差异。12 个种源苗期地径生长大于平均值百分比为 1.28~16.6%, 苗高生长大于平均值百分比为 0.84~17.84%。由于木荷地径和苗高之间呈正相关, 以苗高为标准筛选出优良种源为桑植县 (17.84%)、龙山县 (15.81%)、南山公园 (6.04%) 和靖州县 (2.44%)。以上结论仅为 1 年生苗期生长数据, 还需要进行区域性种源试验进一步验证。

聚类分析是系统描述和鉴定种质资源的基本方法[10]。本研究基于 10 个表型性状, 通过聚类分析将 12 个木荷种源分为四大类型, 第Ⅰ类包括金洞区、通道县、古丈县和泸溪县等 4 个湘西南产地, 果大、果柄长、叶宽、叶柄长, 生长快; 第Ⅱ类包括靖州县、南山公园、城步县和资兴市等 4 个湘东南产地, 果大, 叶长、叶宽, 生长较好; 第Ⅲ类包括茶陵县和长沙县等湘东区域产地, 果柄长、生长一般; 第Ⅳ类包括龙山县和桑植县等湘北区域产地, 果小、叶短、叶窄、种子小, 生长快。

参考文献

- [1] 欧汉彪, 董利军, 李娟, 等. 闽楠种实性状表型多样性与环境地理因子的关系[J]. 东北林业大学学报, 2021, 49(8): 45-50.
- Ou Hanbiao, Dong Lijun, Li Juan, et al. The relationship between phenotypic diversity of fruit traits and environmental geographic factors in Minnan [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2021, 49 (8): 45-50.
- [2] 姜荣波, 刘军, 姜景民, 等. 红楠主要表型和苗期性状地理种源变异[J]. 东北林业大学学报, 2011, 39(5): 9-11.
- Jiang Rongbo, Liu Jun, Jiang Jingmin, et al. Geographical Provenance Variations of Main Phenotypes and Seedling Traits of Red Nan [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2011, 39 (5): 9-11.
- [3] 童方平, 吴际友. 湖南主要乡土树种培育技术[M]. 中国林业出版社, 2015: 254-258.
- Tong Fangping, Wu Jiyu. Cultivation techniques for major local tree species in Hunan [M]. China Forestry Press, 2015: 254-258.
- [4] 唐洁, 汤玉喜, 杨艳, 等. 不同种源木荷种子形态变异研究[J]. 湖南林业科技, 2015, 42(6): 61-69.
- Tang Jie, Tang Yuxi, Yang Yan, et al. Morphological variation of Schima superba seeds from different sources [J]. Hunan Forestry Science and Technology, 2015, 42 (6): 61-69.
- [5] 王旭军, 张日清, 许忠坤, 等. 红榉不同种源种子形态性状变异[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(1): 1-6.
- Wang Xujun, Zhang Riqing, Xu Zhongkun et al. Variations in Seed Morphological Traits of Red Beech from Different Provinces [J]. Journal of Central South University of Forestry and Technology, 2015, 35 (1): 1-6.
- [6] 宋丽华, 王娅丽. 几个臭椿种源种子的生物学特性变异研究[J]. 农业科学研究, 2005, 26(1): 18-22.
- Song Lihua, Wang Yali. Biological characteristics variation of several Ailanthus altissima seed sources [J]. Agricultural Science Research, 2005, 26 (1): 18-22.
- [7] 任俊杰, 庞新博, 刘昭昭, 等. 不同种源蒙古种子表型性状的多样性[J]. 浙江农林大学学报, 2022, 39 (6): 1221-1228.
- Ren Junjie, Pang Xinbo, Liu Zhaozhao, et al. Diversity of phenotypic traits in Mongolian seeds from different origins [J]. Journal of Zhejiang A&F University, 2022, 39 (6): 1221-1228.
- [8] 陈丽君, 刘明骞, 谢正生, 等. 不同种源刨花润楠苗期生长及叶片性状变异的研究[J]. 西南林业大学学报, 2020, 40(5): 32-3

9.

Chen Lijun, Liu Mingqian, Xie Zhengsheng, etc. A study on the growth and leaf trait variation of different sources of wood shavings in the seedling stage of Runnan [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2020,40 (5): 32-39.

[9]DENWAR N N,AWUKU F J,DIERS B, et al.Genetic diversity,population structure and key phenotypic traits driving variation within soyabean(*Glycine max*) collection in Ghana[J].*Plant Breed*,2019,138(5):577-587.

[10]徐肇友,王云鹏,肖纪军,等.不同产地木荷优树无性系表型多样性[J].东北林业大学学报,2021,49(2):5-10.

Xu Zhaoyou, Wang Yunpeng, Xiao Jijun, et al. Phenotypic diversity of superior tree clones of *Schima superba* from different regions [J]. Journal of Northeast Forestry University, 2021, 49 (2): 5-10.

[11]贺思腾,魏静,吴疆翀,等.不同种源多油辣木的形态变异分析[J].热带作物学报,2020,42(6):1566-1571.

He Siteng, Wei Jing, Wu Jiechong, et al. Morphological variation analysis of *Moringa oleifera* from different sources [J]. Journal of Tropical Crops, 2020,42 (6): 1566-1571.

[12]谭文靖,李娟,林建勇,等.闽楠种源苗期生长性状地理变异研究[J].林业与环境科学,2019,35(2):48-54.

Tan Wenjing, Li Juan, Lin Jianyong, et al. Geographical variation of growth traits in Minnan germplasm during seedling stage [J]. Forestry and Environmental Science, 2019, 35 (2): 48-54.

[13]任红剑,丰震,乔谦,等.元宝枫叶片形态特征的地理变异[J].西北林学院学报,2018, 33 (1): 113-119.

Ren Hongjian, Feng Zhen, Qiao Qian, et al. Geographical variation of leaf morphology characteristics of Yuanbao maple [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33 (1): 113-119.

[14]何庆海,杨少宗,李因刚,等.枫香树种群种子与果实表型性状变异分析[J].植物生态学报,2018, 42 (7): 753-763.

Ren Hongjian, Feng Zhen, Qiao Qian, et al. Geographical variation of leaf morphology characteristics of Yuanbao maple [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2018, 33 (1): 113-119. He Qinghai, Yang Shaozong, Li Yingang, et al. Analysis of seed and fruit phenotypic traits variation in maple populations [J]. Journal of Plant Ecology, 2018, 42 (7): 753-763.

[15]乔谦,丰震,任红剑,等.元宝枫天然种群种实表型多样性[J].生态学杂志,2017,36(10):2707-2715.

Qiao Qian, Feng Zhen, Ren Hongjian, et al. Phenotypic diversity of natural populations of *Acer truncatum* [J]. Journal of Ecology, 2017,36 (10): 2707-2715.

[16]孙荣喜,郑勇奇,张用红,等.不同群体国槐种子表型变异研究[J].河北农业大学学报,2011,34(3):65-70.

Sun Rongxi, Zheng Yongqi, Zhang Yonghong, et al. Study on phenotypic variation of *Sophora japonica* seeds in different populations [J]. Journal of Hebei Agricultural University, 2011, 34 (3): 65-70.

[17]冯建,刘震,蔡齐飞,等.不同居群山桐子果实表型性状变异及与环境因子的关系[J].生态学报,2023,43(3):1165-1174.

Feng Jian, Liu Zhen, Cai Qifei, et al. Variations in phenotypic traits and their relationship with environmental factors in Tongzi fruit from different cohabiting groups [J]. Journal of Ecology, 2023,43 (3): 1165-1174.

[18]刘雄盛,蒋懿,黄荣林,等.江南油杉种实性状变异及其与环境因子的关系[J].广西植物,2017,37(1):118-126.

Liu Xiongsheng, Jiang Yi, Huang Ronglin, et al. Variations in seed and fruit traits of Jiangnan Chinese fir and their relationship with environmental factors [J]. Guangxi Botany, 2017, 37 (1): 118-126.

[19]郭松,李在留,薛建辉,等.不同种源掌叶木果实和种子表型性状多样性分析及综合评价[J].植物资源与环境学报,2018,27(4):11-20.

Guo Song, Li Zailiu, Xue Jianhui, et al. Diversity analysis and comprehensive evaluation of phenotypic traits in fruits and seeds of different sources of palm leaved wood [J]. Journal of Plant Resources and Environment, 2018,27 (4): 11-20.

[20]文珊珊,仲崇禄,姜清彬,等.灰木莲种源幼苗叶片性状表型多样性分析[J].植物研究,2017,37(2):288-297.

Wen Shanna, Zhong Chonglu, Jiang Qingbin, et al. Analysis of Phenotypic Diversity of Leaf Traits and Phenotypes in Seedlings of *Scutellaria argyi* [J]. Plant Research, 2017, 37 (2): 288-297.