

木荷种源苗期干物质积累和分配差异

余琳¹, 张萍², 周志春^{2*}, 金国庆²

(1. 浙江省淳安县林业局, 浙江 淳安 311700; 2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400)

摘要: 利用 28 个木荷种源的苗期测定材料, 研究了不同种源的干物质积累和分配规律。结果显示: 木荷苗期单株及其根、茎、叶各器官的干物质积累量在不同种源区间和种源区内不同种源间存在显著的遗传变异, 这种变异主要来源于种源区内种源间, 其次是来源于不同种源区间。木荷苗期单株及各器官的干物质积累量呈典型的纬向渐变模式, 即南部种源区 > 中部种源区 > 北缘种源区, 而与经度的相关性较小。研究发现, 不同种源区间木荷干物质积累量在地下和地上部分的分配比例(即根冠比)遗传分化较小, 变异主要来源于种源区内种源间, 木荷种源根冠比表现为随机变异的地理模式, 自然分布区内降雨量丰富, 较少干旱胁迫可能是其主要的的原因之一。

关键词: 木荷; 种源; 干物质积累和分配; 地理变异

中图分类号: S722 文献标识码: A

Differences of *schima Superba* Provanances in Seedling Dry Matter Accumulation and Allocation

YU Lin¹, ZHANG Ping², ZHOU Zhi-chun², JIN Guo-qing²

(1. Forestry Bureau of Chun'an County, Zhejiang Province, Chun'an 311700, Zhejiang, China;

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

Abstract: The provenance trails including 28 seed sources of *Schima superba* was used to illustrate the differences among provenances in seedling dry matter accumulation and allocation. The results showed that there existed significant differences among and within provenance zones in the dry matter accumulation of seedling and its organ (root, stem and leaf), whose differences came mainly from the provenances within provenance zones and secondly from the provenance zones. A classical latitude clinal variation pattern was found for seedling dry matter accumulation of *Schima superba*. Provenances from the southern zones had higher productivity of dry matter, compared with the northern provenances. No obvious genetic differentiation among provenance zones was detected for the root-shoot ratio (or the allocation of seedling dry matter to roots), and while its variation between provenances within provenance zones was marked. It was guessed that abundant rainfall and less droughty stress in the natural range of *Schima superba* could be one of main reasons for random variation pattern for the root shoot ratio.

Key words: *Schima superba*; provenance; dry matter accumulation and allocation; geographic variation

干物质的积累是衡量苗木生产力高低的重要指标, 直接反映苗木吸收、同化养分能力的大小。研究不同林木基因型干物质积累量的差异, 洞悉其在各器官的分配规律, 可以根据不同培育目标筛选确定

优良的种植材料。如周国模等^[1]通过对喜树(*Camptotheca acuminata* Decne.)种源苗期干物质积累和分配规律的研究, 结合考虑喜树碱在不同器官中的分布情况, 初选出丰产生物碱的优良种源。任华

收稿日期: 2004-04-29

基金项目: 浙江省科技厅“十五”攻关重点项目“林种树种结构调整支撑技术与示范”(011102166)、浙江省科技厅一般项目“木荷高效生物防火和材用优良种源筛选和应用”(2004C32072)和福建省林业厅科技项目“木荷地理种源试验”

作者简介: 余琳(1963—), 男, 浙江淳安人, 工程师。

* 通讯作者

东等^[2]基于香樟(*Cinnamomum comphora* (L.) Presl)种源苗期生物量及相关性状的研究,发现来自其分布区东北部的种源根系发达,分配至地下部分的干物质质量相对较高,更符合防护树种特性。李纪元等^[3]则根据枫杨(*Pterocarya stanoptera* C. DC.)种源苗木根系发育状况和根系干物质积累量的研究,筛选出一批抗逆境,特别是耐渍涝的生态防护型种源。

木荷(*Schima superba* Gamd. et Champ.)是我国南方各省区的高效生物防火和优良用材树种,在生态公益林和商品用材林建设中占有重要地位。自启动木荷育种计划以来,项目组系统研究揭示了木荷苗期主要生长性状的种源差异和地理模式^[4],并结合利用分子标记划分了木荷种源区^[5]。本文将通过对木荷种源苗期干物质积累和分配差异的进一步研究,揭示其不同种源区间和种源区内不同种源间的变异规律及与苗木生长、形态和根系性状的相互关系,为不同培育目标的木荷育种提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试材来源和试验设计

木荷种源育苗试验设置在浙江省淳安县赋溪林

场,计有安徽、浙江、江西、福建、湖南、广东、广西等 7 省区 36 个木荷种源种子参加育苗试验^[4]。2002 年 3 月中旬播种,试验按完全随机区组设计,3 次重复,3 行小区(条播),行间距 20 cm。5—6 月份 2~3 次间苗以使苗木株距基本相同。苗期除草、施肥、灌溉及病虫害防治等按正常生产进行管理。

1.2 数据收集与分析

2002 年 11 月底木荷停止生长后,除量测木荷苗高、地径等性状外,还开展干物质积累量等测定。每试验小区挖取 5 株平均大小的苗木,分别称其根、茎、叶的鲜质量,同时观测叶片形态和根系特征^[4]。带回实验室后,105 °C 杀青 30 min 后在 85 °C 恒温下烘干至恒质量。由于第 3 个重复有 8 个种源(浙江临海、龙泉,江西铜鼓、安福、资溪、贵溪,湖南洞口,广东开平)育苗不理想,发芽率较低,这里只利用其余 28 个种源的材料统计分析(表 1)。以小区平均值为单元进行方差分析以检验种源区和种源区内种源间差异的显著性,方差分析时根冠比(地下/地上干物质积累量比例)经反正弦数据转换。性状方差分析和遗传相关分析分别采用 SAS/GLM 和 SPQG 软件。

表 1 参试木荷种源及其产地地理气候因子

种源区和种源		E/(°′)	N/(°′)	年均温/°C	1月均温/°C	7月均温/°C	≥10 °C积温/°C	年降水量/mm	无霜期/d
北缘种源区	安徽绩溪	118 34	30 05	16 0	3 4	27.6	4 947.3	1 405.1	220 0
	安徽太平	118 07	30 17	15 6	2 8	27.8	4 857.4	1 481.7	227 0
	浙江淳安	119 01	29 37	17.2	5 0	29.2	5 484 0	1 376.3	260 0
	浙江开化	118 24	29 10	16 4	4 1	27.7	5 128 5	1 704.1	251 0
中部种源区	江西德兴	117 35	28 57	17.2	4 8	28.6	5 442 9	1 853.1	251 5
	江西婺源	117 51	29 16	16 7	4 6	28.0	5 232 8	1 821.0	251 4
	江西永丰	115 26	27 20	18 0	5 8	29.3	5 724 8	1 577.4	280 4
	福建尤溪	118 09	26 10	19 0	8 4	28.0	5 993 5	1 556.4	300 0
	福建建瓯	118 19	27 03	18 7	7 7	28.6	5 957.2	1 723.2	282 0
	福建武夷山	118 00	27 43	17 9	6 8	27.8	5 701.3	1 975.7	277 0
	福建政和	118 49	27 23	11 6	7 8	28.2	5 961.3	1 543.1	253 0
	湖南浏阳	113 38	28 09	17 3	5 1	28.9	5 477.4	1 615.1	315 0
	湖南城步	110 19	26 22	16 2	4 7	26.8	5 011.1	1 221.4	275 0
	湖南桑植	110 10	29 24	16 4	4 9	27.5	5 208 4	1 456.5	275 0
	湖南茶陵	113 33	26 47	17 9	6 2	29.4	5 678 7	1 376.1	297 0
	南部种源区	江西龙南	114 49	24 55	19 0	8 4	27.7	6 278 0	1 518.3
福建连城		116 45	25 41	19 0	8 6	27.2	5 968 3	1 596.2	281 0
福建武平		116 04	25 09	19 5	9 4	27.4	6 241.7	1 624.7	282 0
福建华安		117 45	24 37	20 9	11 9	28.3	7 273 2	1 618.1	308 0
湖南嘉禾		112 18	25 32	18 1	6 4	28.9	5 737 8	1 415.7	294 0
湖南桂阳		112 43	25 45	17 3	5 5	28.3	5 326 8	1 437.2	275 0
广东韶关		113 35	24 48	20 4	10 0	29.2	6 614 0	1 451.6	345 0
广东阳山		112 38	24 29	20 2	10 1	28.7	6 574 9	1 792.2	350 0
广东广宁		112 26	23 38	20 7	11 2	28.0	6 911.7	1 658.9	350 0
广东河源		115 15	24 06	21 1	10 6	28.1	7 110 9	1 609.6	346 0
广东翁源		114 06	24 21	20 4	10 3	28.0	6 647.0	1 589.6	354 0
广西桂林		110 18	25 20	18 8	8 0	28.3	5 920 0	1 873.6	365 0
广西梧州	111 18	23 29	21 1	12 0	28.3	6 991.7	1 523.3	365 0	

注:摘自 1961—1970 年亚林馆藏“全国气象资料汇编”。

2 结果与分析

2.1 种源区和种源区内种源间苗木干物质积累和分配差异

方差分析结果显示:木荷苗单株及其根、茎、叶各器官的干物质积累量在种源区间和种源区内种源间都存在显著和极显著的遗传变异(表2),意味着在这两个变异层次上进行选择可望获得大的遗传增益。比较发现,不管是木荷单株干物质积累量,还是各器官的干物质积累量,其变异主要来源于不同种源区内种源间,其次是来源于不同种源区间。种源区内种源间的方差分量占总变异的23.6%~30.3%,而种源区间的方差分量只占总变异的13.9%~15.8%。

表2 木荷苗期干物质积累量的方差分析结果

性状	方差分量/%		
	种源区	种源区内种源	机误
总干物质积累量	0.4147 [*] (15.8)	0.6909 ^{**} (26.4)	1.5131 (57.8)
根干物质质量	0.0258 [*] (13.2)	0.0601 ^{**} (30.3)	0.1003 (51.3)
茎干物质质量	0.0297 [*] (14.5)	0.0509 ^{**} (24.8)	0.1172 (57.2)
叶干物质质量	0.0947 [*] (13.9)	0.1606 ^{**} (23.6)	0.4242 (62.4)
地下/地上	-	0.0085 ^{**} (56.9)	0.0064 (43.1)

注:*,** 显著性概率分别为0.05和0.01(下同)。

表3分别列出了不同种源区木荷单株和各器官干物质积累量的均值和变幅。从表中数据可清楚地看出,木荷北缘种源区种源的干物质生产能力最低,

表3 木荷不同种源区苗期干物质积累量及分配

种源区 (产地数)	总干物质积累量/g		根干物质/g		茎干物质/g		叶干物质/g		地下/地上	
	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅	均值	变幅
北缘区(4)	2.44	2.02~3.34	0.62	0.49~0.91	0.42	0.21~0.66	1.41	1.20~1.77	0.32	0.29~0.36
中部区(11)	3.83	3.36~5.54	0.94	0.60~0.24	0.73	0.34~1.10	2.16	1.42~3.37	0.30	0.24~0.37
南部区(13)	4.20	2.72~7.02	1.07	0.56~1.50	0.88	0.49~1.59	2.25	1.93~3.76	0.31	0.23~0.37

表4 木荷种源干物质积累量与主要经济生长性状的遗传相关

性状	苗高	地径	侧根数	根幅	叶片长	叶片数	叶片厚度	干物质质量		
								根	茎	叶
总干物质积累量	0.90 ^{**}	0.95 ^{**}	0.566 ^{**}	0.768 ^{**}	0.832 ^{**}	0.741 ^{**}	-0.018	0.943 ^{**}	0.952 ^{**}	0.965 ^{**}
根干物质质量	0.88 ^{**}	0.919 ^{**}	0.582 ^{**}	0.712 ^{**}	0.781 ^{**}	0.704 ^{**}	-0.121	1	0.807 ^{**}	0.843 ^{**}
茎干物质质量	0.809 ^{**}	0.708 ^{**}	0.486 ^{**}	0.586 ^{**}	0.593 ^{**}	0.641 ^{**}	-0.109	1	1	0.862 ^{**}
叶干物质质量	0.818 ^{**}	0.601 ^{**}	0.551 ^{**}	0.770 ^{**}	0.804 ^{**}	0.750 ^{**}	0.090	1	1	1

2.3 种源干物质积累量与产地地理气候因子的相关性

大量的研究表明,树木在许多性状上都存在明显的地理变异,了解种源变异与地理气候的关系,有助于揭示影响地理变异的主导自然因子,这也是种源试验的重要内容。相关分析结果显示(表5):木

平均值为2.44 g,而南部种源区种源的干物质生产能力最高,均值达4.20 g,两者相差72%。根、茎、叶等器官干物质积累量也具有类似的变异趋势,即南部种源区>中部种源区>北缘种源区。

干物质积累量在各器官,特别在地下、地上部分的分配比例即根冠比,是评价苗木质量及说明苗木适应环境能力的重要指标。在木荷苗单株总干物质积累量中,根、茎、叶平均占25%、19%和56%,叶片所占比例最大,茎次之。然而从表2可看出,木荷不同种源区间根冠比不存在显著差异,主要变异来源于种源区内种源间,其方差分量占总变异的一半以上。

2.2 种源干物质积累与苗木生长、形态和根系性状的遗传相关

从表4给出的遗传相关估算结果来看,除叶片厚度这一性状外,苗木干物质积累量与生长、叶片形态和根系特征等主要经济性状呈显著的正向遗传相关。根系发达,枝叶茂盛,吸收和同化养分的能力强,干物质生产能力高,这是树木相对生长规律的重要特点。苗木单株干物质积累量与苗高、地径的关系最为密切,其遗传相关系数分别高达0.900和0.950,苗高、地径可作为苗期干物质积累量的间接评价指标。此外,各器官干物质积累量之间也具有高度的遗传相关性,如叶片干物质与总干物质积累量间的遗传相关系数为0.965,干物质积累量大的种源必然枝繁叶茂。

荷苗期单株及各器官的干物质积累量与产地纬度呈显著的负相关,而与产地经度相关性较小,也就是说木荷种源的干物质积累量基本上呈纬向渐变的地理模式,即来自分布区南部的种源其干物质生产力普遍高于北部的种源,这与木荷苗期生长、形态等性状

的地理变异模式是一致的^[4]。通过与产地气候因子的进一步相关分析,发现木荷种源的干物质积累量与年均气温、1月平均气温、 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温虽有一定程度的正相关,但相关性较少,有异于苗期生长性状与产地气温因子的关系^[4]。然而,木荷种源干物质积

累量却与反应产地温度的综合性指标无霜期呈显著的正相关。由于根冠比在种源区间差异性较小,这里未发现其显著的地理变异模式,而主要表现为随机变异的趋势。

表 5 生物量与产地地理气候因子的相关分析

性状	东经	北纬	年均温	1月均温	7月均温	$\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温	年降水量	无霜期
总干物质积累量	0.087	-0.358 ⁺	0.199	0.226	-0.192	0.133	0.087	0.345 ⁺
根干物质质量	0.068	-0.354 ⁺	0.195	0.209	-0.199	0.112	0.123	0.312 ⁺
茎干物质质量	0.067	-0.296 ⁺	0.093	0.170	-0.162	0.079	0.143	0.315 ⁺
叶干物质质量	0.103	-0.374 ⁺	0.246	0.249	-0.185	0.166	0.030	0.382 ⁺
地上/地下	0.057	0.042	-0.034	0.111	0.139	0.164	-0.014	-0.103

注: + 示显著性概率为 0.10。

3 结论与讨论

研究树木干物质积累的问题,一方面可说明其木材生产力水平的高低,另一方面可阐明碳循环的问题。选育干物质积累能力强的林木新品种,可实现提高木材生产力和大量固定 CO_2 减小温室效应的双重目的。木荷是我国亚热带常绿阔叶林的优势建群种之一,分布广泛,生长迅速,干物质积累能力较强,是南方山地造林的优选树种。本文利用种源苗期试验,系统研究木荷干物质积累的种源差异及其分配规律。结果表明:不管是单株干物质积累量,还是根、茎、叶各器官的干物质积累量,其种源区效应和种源区内种源效应都达到显著或极显著水平,种源区内种源效应为种源区效应的 2~3 倍。确定优良种源区,在优良种源区内开展优良种源选择对于提高干物质积累量至关重要。与产地地理气候因子的相关分析发现,木荷种源苗期的干物质积累量呈典型的纬向渐变模式,也即南部种源区 > 中部种源区 > 北缘种源区,产地无霜期是造成这种变异的主要环境因子。

在研究苗木干物质的分配规律时,根冠比是一个最常用的指标,也是一个较好反映苗木品质和生态适应性的重要指标。根冠比大,意味着根系发达,积累的干物质较多地分配至地下部分,其适应逆境的能力强,造林易成活。从本文获得的结果来看,木荷根冠比在不同地理种源区间差异较小,其变异主要来源于种源区内不同种源间。木荷种源根冠比表现为随机变异的地理模式,未发现其与产地经纬度间的显著相关性。木荷根冠比这种地理变异模式与我国南方广布性的其它阔叶树种如马尾松(*Pinus*

massoniana Lamb.) 和香樟不同^[2, 6]。我国降水量的分布规律是南多北少,越往北气候就越干燥,其结果是北部的种源将积累的干物质较多地分配至地下部分,促使发达根系的形成以应对干旱胁迫,大多数树木的干物质分配都遵循这一地理变异规律。木荷种源苗期的干物质分配没有表现出这种南北变异模式,究其原因应与其地理分布区内的气候条件有关。与马尾松和香樟等树种相比,木荷自然分布区的北界较南,分布区内降水量非常丰富(1 200~2 000 cm,多集中在春夏两季),推测自然分布区内存在较少的干旱胁迫,可能是导致不同种源区间的木荷在干物质分配方面遗传分化不明显的一个主要原因。总的来讲,来自木荷分布区南部的种源,虽然其根冠比略低于北部种源,但植株总的干物质生产能力和分配至地下部分的绝对干物质质量却高出许多。在不存在冻害等生态风险的前提下,可选择地下部分干物质积累量高的较南部种源,有利于提高木荷的造林成活率,促进其早期生长和快速成林。

参考文献:

- [1] 周国模, 吴家胜, 应叶青, 等. 喜树种源苗期生物量研究[J]. 林业科学研究, 1999, 12(4): 389~391
- [2] 任华东, 姚小华, 孙银祥, 等. 樟树种源苗期生物量变异及其综合评价[J]. 林业科学研究, 2000, 13(1): 80~85
- [3] 李纪元, 饶龙兵, 王惠雄, 等. 枫杨种源苗期生长及生物量地理变异研究[J]. 林业科学研究, 2001, 14(1): 60~66
- [4] 张萍, 金国庆, 周志春, 等. 木荷苗木性状的种源变异和地理模式[J]. 林业科学研究, 2004, 17(2): 192~198
- [5] 张萍. 木荷地理种源变异及分子基础[D]. 北京: 中国林业科学研究院, 2004
- [6] 全国马尾松种源试验协作组. 马尾松种源变异及种源区划分的研究[J]. 亚热带林业科技, 1987(2): 81~89