

文章编号:1001-1498(2005)01-0080-04

木荷种源鲜叶抑燃和助燃性化学组分的差异^{* *}

张萍¹, 周志春^{1*}, 金国庆¹, 吴云生², 范辉华³

(1. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 富阳 311400; 2. 浙江省桐庐县林业局, 浙江 桐庐 311500;
3. 福建省建瓯市林业科技推广中心, 福建 建瓯 353100)

摘要:选择木荷 15 个代表性种源,以研究火险期鲜叶主要抑燃性和助燃性化学组分的种源差异及地理变异模式。结果表明,木荷叶片含水量、灰分、木质素、粗脂肪和苯-乙醇抽出物 5 个化学组分在种源间存在显著的差异,其最高和最低种源测定值分别相差 5%、31%、80%、66% 和 33%,尤以灰分和粗脂肪两组分的种源差异最大。木荷种源鲜叶的上述 5 个化学组分都呈现随纬度变化的地理模式,木质素和粗脂肪质量分数还与产地经度有关。较之于分布区北部的种源,木荷南部种源鲜叶的含水量、灰分等抑燃性组分质量分数高,粗脂肪、苯醇抽出物等助燃性组分质量分数低。木质素作为一种不易燃烧但燃烧时能释放大热量的组分,呈与产地纬度显著正相关的关系,有异于含水量和灰分两个抑燃性组分的地理变异模式。结合苗期种源试验结果,可以初步判定分布区南部的种源生长快,根系发达、叶片数量多,鲜叶抑燃性组分质量分数高,助燃性组分质量分数低,因此防火性能较好。

关键词:木荷;种源;抗火性能;化学组分

中图分类号:S722 **文献标识码:**A

Provenance Differences for Fire-assistant and Fire-resistant Chemical Components in Fresh Leaf of *Schima superba*

ZHANG Ping¹, ZHOU Zhi-chun¹, JIN Guo-qing¹, WU Yun-sheng², FAN Hui-hua³

(1. The Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Fuyang 311400, Zhejiang, China;

2. Forestry Bureau of Tonglu County, Zhejiang Province, Tonglu 311500, Zhejiang, China;

3. The Extending Center for Forestry S & T of Jianou City, Fujian Province Jianou 353100, Fujian, China)

Abstract: In fire risk period, 15 provenances of *Schima superba* was selected to study the geographic differences and its variation patterns for fire-assistant and fire-resistant chemical component in fresh leaves. The results indicated that there were significant differences among provenances for five main chemical components including water content, percentages of lignin, ash, crude fattiness, benzene-ethanol extractive, whose differences between highest and lowest provenances were reached 5%, 31%, 80%, 66% and 33% respectively. A classical latitude clinal variation pattern was found for the 5 main chemical component abovementioned. In addition, lignin and crude fattiness content were related to the longitude of the seed source. Comparing with provenances from the northern, there were more fire-resistant component content (water and ash content) and less fire-assistant component (crude fattiness and benzene-ethanol extractive content) for provenances from the southern. The lignin, as a fire-resistant component with heavy heat value when firing, was found to be related positively to the latitude of the seed source, whose geographic variation pattern was different from water and ash content. Associated with results from the provenance trial at seedling stage, it was primarily concluded that the southern provenances were more resistant to fire with higher growth rate, richer roots and more leaves, more fire-resistant and less fire-assistant chemical components in fresh leaves.

Key words: *Schima superba*; provenances; fire-resistant ability; chemical component

收稿日期: 2004-03-29

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: 张萍(1975—),女,四川隆昌县人,硕士。

* 通讯作者

* * 试验得到中国林科院亚林所费学谦副研究员、浙江省桐庐县林业局张均民等同志的帮助,谨致谢忱。

生物防火是防止森林火灾的有效手段,生物防火网络一旦建成,可带来持续长久的防火效果,包括我国在内很多国家都积极开展防火树种选择等相关研究。如 Neyiscl 依据着火感应周期从地中海地区 45 种树种中筛选出 6 种难燃性树种^[1]。Wilgen 等^[2]利用生物量、可燃物的垂直分布及数量、叶含水量、热值和粗脂肪质量分数等指标研究南非一些树种的可燃性。李振问等^[3]对木荷 (*Schima superba* Garnd. et Champ.)、火力楠 (*Michelia macclurei* Dandy) 和阿丁枫 (*Altingia chinensis* (Champ.) Olive. ex Hance) 等着火特性的研究发现,影响树叶着火温度的主要内在因子为含水量、苯醇抽出物和挥发成分发热量。陈存及等^[4]利用鲜叶含水量、粗脂肪、粗灰分、SiO₂、挥发性油含量和燃烧热值、燃点和燃烧速度等指标对福建省 37 个针阔叶树种的抗火性能进行了综合评价。舒立福等^[5]对广西大桂山地区 10 种常见针阔叶树的叶、小枝和皮的燃烧性能及其组成成分进行测定,发现木荷、红锥 (*Castanopsis hystrix* A. DC.) 和杨梅 (*Myria rubra* Sieb. et Zucc.) 抗火性最强。

上述报道主要集中在树种水平上防火特性的研究和利用,针对生物防火网络营建为目的的防火树种育种几乎是空白。虽然许多学者强调防火性能在树种选用和种源选择中的重要性^[6,7],但仅见 No-Aini 等^[8]利用过火的大叶相思 (*Acacia auriculiformis* A. Cun ex Benth) 种源实验林研究不同种源的抗火性能。木荷是我国南方高效生物防火树种之一,其树冠浓密,叶片革质而厚,不易燃烧,主要用于生物防火网络的构建^[9]。本文在木荷种源苗期性状地理变异研究和种源区划分(北缘种源区、中部种源区和南部种源区)的基础上^[10],测定分析木荷不同种源火险期鲜叶含水量、木质素、灰分、粗脂肪、苯醇抽出物等抑燃性或助燃性化学组分质量分数,以阐明造成木荷种源抗火和耐火差异的化学基础,从而为筛选适应性强、幼年生长势旺、防火性能好的木荷优良种源提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 叶样采集和处理

试验叶样取自设置在浙江省桐庐县的木荷种源苗期试验 2 年生留床苗。取样种源为来自 7 省区的 15 个代表性种源,包括安徽太平,浙江临海、龙泉,湖南桑植、浏阳、茶陵、嘉禾,江西铜鼓、永丰,福建尤溪、武平,广东韶关、广宁,广西桂林和梧州。取样时

种源的平均苗高为 1.6 m(1.2~2.0 m),大致相当于木荷幼林郁闭时的生长水平。在 2004 年 1 月 5 日(火险期),随机选取每种源的 10 株健壮苗,在各样株中上部采摘当年生成熟叶片约 25 g(鲜质量),混合后作为该种源的叶样,并及时用塑料袋密封好带回实验室。除一部分样叶用于测定含水量外,其余在 80℃ 烘干至恒质量,粉碎机粉碎,过 100 目筛,装入试剂瓶中供测试用。

1.2 测定指标和方法

本文主要测定叶片含水量、木质素、灰分、粗脂肪、苯-乙醇抽出物 5 个指标的质量分数,其中前 3 个指标属抑燃性化学组分,后两者属助燃性化学组分。含水量测定采用 105℃ 烘干法,木质素质量分数采用浓 H₂SO₄ 酸化法测定,灰分质量分数测定采用干灰化法,粗脂肪和苯-乙醇抽取物质量分数均采用残余法测定。具体的备样和测定方法参照 GB/T2677.1、GB/2677.2、GB/2677.3 和 GB/2677.6,作 3 次平衡实验。

2 结果与分析

2.1 抑燃性化学组分的种源差异和地理模式

基于 2 年生留床苗的测定结果(表 1),木荷种源火险期鲜叶抑燃性化学组分的含水量、木质素和灰分的质量分数平均值分别为 56.2%、29.1% 和 4.1%,与易燃性的树种马尾松 (*Pinus massoniana* Lamb.) 比较^[10],木荷鲜叶的含水量高出近 1%,木质素和灰分则分别高出 1.9 倍和 0.6 倍,说明不同树种叶片或针叶抑燃性化学组分差异很大,木荷具有高效生物防火功能可部分归因于叶片具有较高的抑燃性化学组分。从实验测定结果发现,木荷叶片抑燃性化学组分在种源间存在较大的差异,尤以灰分质量分数的种源差异最大。含水量、木质素和灰分的质量分数在种源间的变幅分别为 54.6%~57.6%、26.1%~34.2% 和 3.1%~5.6%,最高和最低种源依次相差 5%、31% 和 80%。与产地经纬度的相关分析表明(表 2):木荷叶片抑燃性化学组分存在明显的地理变异模式,含水量和灰分质量分数两指标与产地纬度呈显著的负相关,而与产地经度的相关性较小,表现为纬向渐变的变异模式。种源叶片的木质素质量分数则呈现经纬双向变异的地理模式,与产地经纬度的相关系数分别为 0.463^{*} 和 0.717^{*},分布区北部和东部种源的叶片木质素质量分数高于南部和西部种源。根据作者对木荷种源

表1 木荷叶片抗火性能各项指标测定结果

种源区和种源	产地经纬度		抑燃性化学指标			助燃性化学指标		
	经度(E)	纬度(N)	含水量 w/ %	木质素 w/ %	灰分 w/ %	粗脂肪 w/ %	苯-乙醇抽出物 w/ %	
北缘种源区	安徽太平	30.3	54.6	34.2	3.1	5.8	15.1	
	浙江龙泉	119.1	28.3	54.6	28.1	3.8	5.6	14.1
	(均值)		54.6	31.1	3.5	5.7	14.9	
中部种源区	湖南浏阳	113.4	28.2	57.6	29.0	4.2	5.2	13.1
	湖南桑植	110.2	29.4	55.2	30.5	3.6	5.6	15.1
	江西铜鼓	114.4	28.5	55.7	31.2	4.4	5.2	15.2
	浙江临海	120.9	28.5	56.2	31.9	4.7	5.8	14.7
	江西永丰	115.4	27.3	54.9	30.2	3.7	4.7	11.4
	湖南茶陵	113.6	26.8	56.4	27.7	4.2	4.9	12.5
	福建尤溪	118.2	26.2	57.1	28.3	3.8	4.6	12.8
(均值)			55.9	29.6	3.9	5.2	13.6	
南部种源区	湖南嘉禾	112.3	25.5	56.3	26.8	4.0	4.4	13.8
	广西桂林	110.3	25.3	56.9	26.1	3.3	4.4	13.9
	福建武平	116.1	25.2	56.3	27.6	5.1	4.2	13.4
	广东韶关	113.6	24.8	57.5	28.8	4.4	3.9	12.9
	广东广宁	112.4	23.6	56.7	29.1	5.6	3.5	12.8
	广西梧州	111.2	23.5	57.4	27.5	3.7	3.6	12.9
(均值)			56.8	27.7	4.3	4.1	13.2	
(总体均值)			56.2	29.1	4.1	4.8	13.6	

区划分的结果^[11],图1给出了北缘、中部和南部3个种源区3个抑燃性化学组分质量分数的平均值,可清楚地说明这些指标在种源间的差异和变异模式。

表2 木荷叶片化学组分与其产地地理经纬度相关分析

产地经纬度	抑燃化学组分			助燃化学组分	
	含水量	木质素	灰分	粗脂肪	苯-乙醇
经度	-0.372	0.463*	0.078	0.510*	0.144
纬度	-0.674**	0.717**	-0.434†	0.739**	0.586*

注:†, *, **显著性概率分别为0.10, 0.05和0.01。

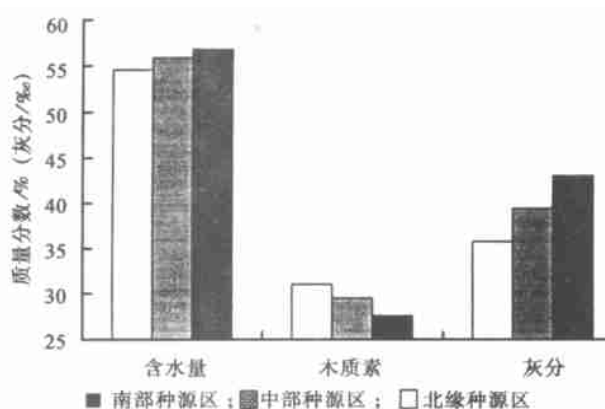


图1 3个不同种源区种源叶片含水量、木质素和灰分的平均含量

2.2 助燃性化学组分的种源差异和地理模式

粗脂肪和苯-乙醇抽出物是两个易燃并在燃烧中能释放大量热量的助燃性化学组分。在本实验中木荷叶片的粗脂肪和苯-乙醇抽出物的质量分数分别为4.1%和13.6%,仅为马尾松的51.9%和64.5%^[5],可见木荷叶片易燃或燃烧时释放大量热量的化学组分质量分数较低。与抑燃性组分一样,种源间助燃性化学组分差异也较大(表1):安徽太平和浙江临海种源的粗脂肪的质量分数为5.8%,广东广宁种源仅3.5%,相差近66个百分点,而苯-乙醇抽出物质量分数在最高和最低种源间相差也高达33.3%。

与产地经纬度的相关分析发现:粗脂肪和苯-乙醇抽出物呈现出与含水量、灰分等抑燃性组分相反的地理模式。两个助燃性组分与产地纬度的相关系数达0.739*和0.586*,此外,种源粗脂肪质量分数还与经度有关,其相关系数为0.510*。木荷种源粗脂肪和苯-乙醇抽出物质量分数在不同种源区间的表现为:北缘种源区>中部种源区>南部种源区,即来自分布区南部的种源其粗脂肪和苯-乙醇抽出物含量较低(图2)。

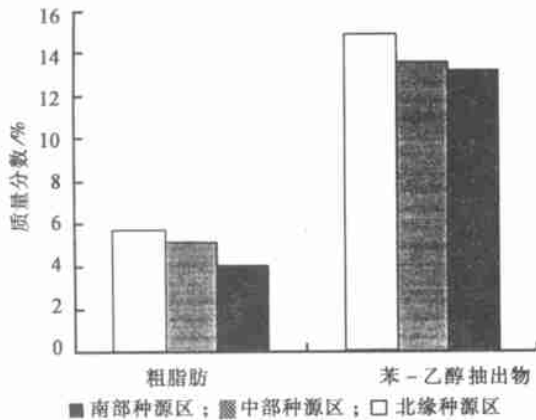


图 2 3 个种源区种源叶片粗脂肪、苯-乙醇抽出物的平均含量

3 讨论与结论

因各树种均以树叶的抗火性能最差,一般多以树叶为对象研究其抗火性能的差异^[10]。影响树叶抗火性能指标很多,主要包括含水量、木质素、灰分、粗脂肪和苯醇抽出物等。叶子含水量高,水分挥发需要的热量就越多,着火感应时间越长,从而有利于阻燃。木质素不易燃烧,但燃烧时却能释放出大量的热量,木质素质量分数高可延长着火感应的时,但着火后却提高了着火的温度,进而影响火的蔓延,其抗火性能在不同阶段的作用是不一样的。苯醇抽出物可在较低温度下分解和释放出大量的热量,是引发火灾和火势蔓延的主要物质;同样,粗脂肪也是易于分解和燃烧的物质^[10]。

本文利用木荷种源苗期试验 2 年生留床苗,重点测定分析 15 个代表性种源叶片中上述 5 个化学组分质量分数的差异,以研究阐明造成木荷防火性能种源差异的化学基础。木荷叶片化学组分在种源间存在显著的差异。对于含水量、灰分、木质素、粗脂肪和苯-乙醇抽出物 5 个组分,最高和最低种源的测定值分别相差 5%、31%、80%、66%和 33%,特别是灰分和粗脂肪两组分的种源差异最大。木荷不同种源鲜叶抑燃性和助燃性化学组分差异巨大,意味着通过选用适宜的种源营造生物防火网络,可有效达到抗火或阻拦火势蔓延的目的。与产地经纬度的相关分析发现,木荷叶片抑燃性和助燃性化学组分存在明显的地理变异模式。较之于分布区北部的种源,分布区南部的种源其鲜叶含水量和灰分等抑燃性组分质量分数高、苯-醇抽出物和粗脂肪等助燃性组分质量分数低,说明木荷南部种源的叶片不易燃烧,抗阻火的性能较好。然而,对于木质素这个不易

燃烧但燃烧时却能释放大量热量的组分,其种源的地理变异模式有异于含水量和灰分两个抑燃性组分,呈与产地纬度显著正相关的关系,需进一步研究在抗阻火性能中的作用。

一个树种的抗火性能除本身器官的燃烧性外,其生物学和生态学特性对防火、阻燃也有很大影响。作为理想的防火种植材料要求常绿、树冠结构紧密、适应性强、栽培容易、幼年生长快、具有较强的燃烧后复萌更新能力等。基于木荷种源苗期实验,作者发现来自木荷分布区南部的种源苗木生长快,根系发达、叶片数量多^[12]。结合本文实验结果,可以初步判定木荷南部种源的生物防火效果优于北部种源。下一阶段将利用木荷种源多点区域试验和种源过火实验的研究结果,进一步研究揭示不同地理种源与抗火性能有关的主要生物学和生态学特性,以选出一批早期生长势强、抗火性能好、适应性广的优良种源供生产应用。

参考文献:

- [1] Neyiscl T. A study on the slow burning plant species suitable for controlling forest fires[J]. Doga Tiirk Tarim ve Ormancilik Dergisi, 1987, 11 (3): 595 ~ 604
- [2] Wilgen B W van, Higgins KB. The role of vegetation structure and fuel chemistry in excluding fire from forest patches in the fire-prone fynbos shrublands of South Africa[J]. Journal of Ecology Oxford, 1990, 78 (1): 210 ~ 222
- [3] 李振问, 阮传成. 防火树种着火特性的研究[J]. 福建林学院学报, 1995, 15 (3): 198 ~ 202
- [4] 陈存及, 何宗明. 37 种针阔树种抗火性能及其综合评价的研究[J]. 林业科学, 1995, 31 (1): 135 ~ 143
- [5] 舒立福, 田晓瑞, 寇纪烈. 广西大桂山区防火树种的选择研究[J]. 林业科学, 1999, 35 (1): 69 ~ 76
- [6] 陈存及. 南方林区生物防火的应用研究[J]. 福建林学院学报, 1994, 14 (2): 146 ~ 151
- [7] Lebot V, Ranaivoson L. Eucalyptus genetic improvement in Madagascar [J]. Forest Ecology and Management, 1994, 63 (2 ~ 3): 135 ~ 152
- [8] Lebot V. Genetic improvement of exotic broadleaved species in Madagascar[J]. Bois et Forets des Tropiques, 1996, 247: 21 ~ 36.
- [9] Nor Aini AS. Recovery of Acacia auriculiformis from fire damage [J]. Forest Ecology and Management, 1993, 62 (1 ~ 4): 99 ~ 105
- [10] 阮传成, 李振问, 陈诚和, 等. 木荷生物工程的防火机理及应用研究[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 1995
- [11] 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
- [12] 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