

井冈山自然保护区 16 种树叶的抗火性排序

邹璐¹, 陶远胜², 甘继权¹, 贾博¹, 肖金香^{1*}

(1. 江西农业大学 园林与艺术学院, 江西 南昌 330045; 2. 江西省金溪县林业局, 江西 抚州 335300)

摘要: 选择井冈山自然保护区内 16 个树种, 对其树叶的含水率、燃点、热值、粗灰分、粗脂肪、木质素、粗纤维、燃烧时间及火烧强度这 9 种理化性状进行了测定分析, 应用因子分析法进行统计分析。通过计算和分析, 得出了反映树叶抗火性的排序, 苦槠、青冈、钩栲等抗火性较强, 对于井冈山防火树种的选择有参考作用。

关键词: 树叶; 抗火性; 因子分析; 井冈山自然保护区

中图分类号: S762.8 文献标志码: A 文章编号: 1000-2286(2012)05-0976-07

Ordering of Fire Resistance of 16 Leaves in Jinggangshan Nature Reserve

ZOU Lu¹, TAO Yuan-sheng², GAN Ji-quan¹, JIA Bo¹, XIAO Jin-xiang^{1*}

(1. College of Landscape Architecture and Art, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045, China; 2. Bureau of forestry of Jinxi County, Fuzhou 335300, China)

Abstract: Leaves of sixteen species from JingGangshan Nature Reserve were collected for analysis of their physical and chemical properties. The moisture content, ignite temperature, energy content, ash content, crude fat content, lignin content, crude fiber content, burning time, and burning intensity, were chosen as the evaluation indexes, and the nine factors were analysed. Through calculation and analysis, the order of fire resistance of the sixteen species was obtained. The species of strongest fire-resistance are *Castanopsis sclerophylla*, *Cyclobalanopsis glauca* (Thunberg) Oersted, *Castanopsis tibetana* Hance, etc. The result provides reference for the selection of fire-resistant tree species in JingGangshan.

Key words: leaves; fire resistance; factor analysis; JingGangshan Nature Reserve

井冈山自然保护区是我国南方最大的林区之一, 一旦发生森林火灾, 不但会破坏森林资源, 尤其是珍贵树种, 而且会破坏自然景观及园林古文化。因此, 加强井冈山自然保护区防火工作势在必行。防火树种选择是开展绿色防火的重要基础工作, 根据不同树种的化学内含物、生物学特性、生态学特性等方面存在不同程度的差异, 经过分析可以得出由不同树种所形成的林分(带)在抗火、耐火及阻火性能上的强弱^[1]。

国外对防火树种的选择研究较我国更早^[2-4]。1959年, 美国学者 Byram G. M. 对森林可燃物的燃烧性进行了研究^[5]。1984年, Penafiel S. R. 在菲律宾通过火烧试验, 认为赤杨的抗火性能较强^[6]。1990年, Wilgen B. W. 对南非某些树种的燃烧性研究选用了生物量、可燃物的垂直分布和大小、叶含水率、热

收稿日期: 2012-04-06 修回日期: 2012-06-17

基金项目: 国家自然科学基金项目(40865004)

作者简介: 邹璐(1987—), 女, 硕士生, 主要从事林火管理研究, E-mail: jxzoulu@163.com; * 通讯作者: 肖金香, 教授, 主要从事林火管理教学和科研工作。

值和粗脂肪含量等指标^[7]。近年来,美国和加拿大针对房屋建筑、郊区、农业区域提出了一系列防火林带树种,以灌木居多^[8]。我国对防火树种研究虽起步晚,但取得了丰硕的研究成果。肖金香等^[9-10]对江西常见28个树种进行抗火性研究,结果表明,抗火性强的有四川山矾、冬青、火力楠、木荷等,为南方防火林带的建设提供了目前公认以外的防火树种。李振问^[11]认为,可将树叶的着火温度、含水率、水分析出速率、活化能及挥发分发热量等可作为判断树种防火性能优劣的主要指标。宋春涛等^[12]对绍兴18个常绿阔叶树种树叶的含水率、发热量、粗脂肪含量等进行了测定和模糊聚类分析,得出木荷、杜英、红楠、金叶含笑和女贞的抗火能力较强。可见树叶的抗火性在绿色防火中起着举足轻重的作用^[13-14]。

本文以江西省井冈山上16种主要树种树叶为研究对象,测定分析各树叶的含水率、燃点、热值、粗灰分、粗脂肪、木质素、粗纤维、燃烧时间和火烧强度9个指标,应用多元统计分析中的因子分析,使用SPSS 15.0 for Windows进行统计分析,得出树叶抗火性的强弱排序,旨在为井冈山防火树种筛选等提供科学依据。

1 试验地概况

试样采集于井冈山自然保护区内。井冈山地处南岭山地向北延伸的罗霄山脉中段,地理位置为 $26^{\circ}22' \sim 26^{\circ}48' N$, $114^{\circ}05' \sim 114^{\circ}23' E$ 。井冈山森林资源丰富,用材林4.68万 hm^2 ,经济林0.71万 hm^2 ,竹林1.08万 hm^2 ,其他特用林0.7万 hm^2 ,活立木蓄积量614.6万 m^3 。

2 材料与方方法

16个树种分别为:鹿角栲(*Castanopsis lamontii* Hance)、罗浮栲(*Castanopsis fabri* Hance)、钩栲(*Castanopsis tibetana* Hance)、栲树(*Castanopsis fargesii* Franch.)、甜槠(*Castanopsis eyrei* (Champ. ex Benth.) Tutch.)、台湾松(*Pinus taiwanensis* Hayata)、银木荷(*Schima argentea* Pritz. ex Diels)、红楠(*Machilus thunbergii* Sieb. et Zucc.)、水青冈(*Fagus longipetiolata* Seem.)、云山青冈(*Cyclobalanopsis sessilifolia* (Blume) Schottky)、青冈(*Cyclobalanopsis glauca* (Thunberg) Oersted)、猴头杜鹃(*Rhododendron simiarum* Hance)、青榨槭(*Acer davidii* Franch.)、拟赤杨(*Alniphyllum fortunei* (Hemsl.) Makino)、苦槠(*Castanopsis sclerophylla*)、油茶(*Camellia oleifera* Abel.)。

为减少试验误差,确保样品一致。本研究于秋季采样,选择晴天在树冠阳面采集成熟叶3个重复,每个重复500g;采集的样品用塑料袋封好带回室内。先用电子天平称其鲜重,再将样品铺开,在室内晾干,直至置烘箱烘烤称量为恒重,即可计算其含水率。将烘至恒重的样品分为两部分,一部分用做室外燃烧试验,另一部分用做化学成分分析。将其中用做化学成分分析的样品置于粉碎机进行粉碎,过60目筛,装入试剂瓶中备试。

含水率测定采用105℃烘干恒重法;热值测定用GR3500型氧弹式热量计;燃点测定用DW-02型点着温度测定仪;粗灰分测定采用干灰化法;粗脂肪采用索氏残余法测定;木质素采用硫酸水解法测定;纤维素采用硫酸和氢氧化钠先后沸腾水解的方法来测定。

树叶燃烧试验在室外进行,取相同重量的烘至绝干的树叶样品放置于自制燃烧床上,点燃后用秒表计时,记录燃烧时间与火焰高度,计算不同树叶的火烧强度。计算公式如下:

$$I = 273h^{2.17} \quad (1)$$

I : 火烧强度 [$kcal / (m \cdot s)$]; h : 火焰高度(m)。

本文采用因子分析法对各个抗火性评价指标进行计算分析,得出树叶抗火性排序。因子分析的基本思想是从为数众多的可观测变量中概括和推导出少数几个因子,用最少的因子来概括和解释大量的观测事实,从而建立起最简洁、最基本的概念,揭示出事物之间最本质的联系。数学模型为:

$$x_i = \alpha_{i1}f_1 + \alpha_{i2}f_2 + \alpha_{i3}f_3 + \dots + \alpha_{im}f_m + \varepsilon_i \quad (i=1, 2, \dots, p) \quad (2)$$

其中: $M \leq p$, f_1, f_2, \dots, f_m 为公因子,是各变量中共同出现的因子; $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p$ 为特殊因子,是对某特定变量起作用的因子,在实际模型中往往忽略不计; α_{ij} 为因子载荷,是第*i*个变量在第*j*个因子上的负荷,若某变量在某因子上的载荷越大,则与该因子相关程度越高。

$$\text{令: } g_j^2 = \alpha_{1j}^2 + \alpha_{2j}^2 + \dots + \alpha_{pj}^2 \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad (3)$$

g_j^2 是第 j 个公因子 f_j 的方差贡献率,表示的是第 j 个公因子 f_j 所反映的信息量占总体信息量的比例。 $\sum_{j=1}^m g_j^2/p$ 是前 m 个公因子 f_1, f_2, \dots, f_m 的累积方差贡献率,表示前 m 个公因子所反映的信息量占总体信息量的比例。根据变量的相关关系选出第一主因子 f_1 ,它在各变量中的公因子方差中所占的方差贡献率为最大,再消除这个因子的影响,从剩余的相关关系中选出与 f_1 不相关的因子 f_2 ,其在各变量的剩余因子方差贡献率中为最大,用此方法分解完各变量的公因子方差,使它们在总方差中所占的比重为 $f_1 > f_2 > \dots > f_m$ 。在实际研究中根据累积方差贡献率 $\geq 85\%$ 的原则,选取前 m 个累计方差贡献率达到 85% 的公共因子,舍弃那些方差贡献小的因子,用最少的指标数并使信息量损失最小^[1]。建立一个因子载荷阵 $A = (\alpha_{ij})_{p \times m}$,使因子载荷阵的每一列元素的平方值向 0 或 1 两级分化,也就是说要使各因子对各变量的载荷系数有比较明显的差别,进而对 m 个公共因子 f_1, f_2, \dots, f_m 进行命名,赋予实际意义。最后,建立因子得分模型,解决实际问题中性能评价中的的优劣问题。

$$f_j = b_{j1}x_1 + b_{j2}x_2 + \dots + b_{jp}x_p (j=1, 2, \dots, m) \tag{4}$$

其中 x_p 指各抗火因子原始变量, b_{jp} 指 x_p 的抗火因子得分。用该式计算每个样品的公共因子得分,进而对样品进行分类或作为下一步分析的原始数据对问题做出更深入的研究^[15]。

3 结果与分析

3.1 主成分的提取

运用统计分析软件 spss 15.0 for windows,对 16 个树种树叶的 9 个变量进行因子分析,其计算结果与分析见表 1。表 2 为相关系数矩阵,提供了提取因子的依据。按照累计方差贡献率 $\geq 85\%$ 的原则,选取前 5 个公共因子,累计方差贡献率为 88.70%,方差分解如下。

表 1 抗火性单变量的平均数与标准差

Tab. 1 Mean and standard deviation of fire resistant single variable

变量 Variable	均值 Mean	标准差 Std. deviation	分析数 Analysis number
含水率 Moisture content	48.324 4	4.236 0	16
燃点/℃ Lignite point	269.687 5	7.820 6	16
热值/(kJ·kg ⁻¹) Heat of combustion	17 981.630 6	2 889.369 4	16
粗灰分/% Crude ash content	4.198 8	1.275 6	16
粗脂肪/% Crude fat content	4.238 1	1.566 8	16
木质素/% Lignin content	44.358 1	7.006 7	16
粗纤维/% Crude fiber content	28.150 6	7.590 7	16
燃烧时间/S Burning time	34.187 5	5.153 9	16
燃烧强度/(Kcal·s·m ⁻¹) Fire intensity	351.868 1	130.196 0	16

表 2 抗火性因子相关系数矩阵

Tab. 2 Matrix of correlation coefficients of fire resistant factors

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
x_1	1.000	-0.109	-0.224	-0.058	-0.289	-0.387	-0.599	0.418	-0.583
x_2	-0.109	1.000	0.186	0.437	-0.441	0.164	0.001	-0.440	0.104
x_3	-0.224	0.186	1.000	0.191	0.075	0.569	-0.091	-0.340	0.469
x_4	-0.058	0.437	0.191	1.000	-0.168	0.147	-0.293	0.008	-0.081
x_5	-0.289	-0.441	0.075	-0.168	1.000	0.412	0.076	0.295	0.275
x_6	-0.387	0.164	0.569	0.147	0.412	1.000	0.203	-0.485	0.568
x_7	-0.599	0.001	-0.091	-0.293	0.076	0.203	1.000	-0.372	0.534
x_8	0.418	-0.440	-0.340	0.008	0.295	-0.485	-0.372	1.000	-0.546
x_9	-0.583	0.104	0.469	-0.081	0.275	0.568	0.534	-0.546	1.000

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ 分别为含水率、燃点、热值、粗灰分、粗脂肪、木质素、粗纤维、燃烧时间、燃烧强度。 $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9$ means moisture content, ignite point, heat of combustion, crude ash content, crude fat content, lignin content, crude fiber content, burning times, fire intensity.

表 3 因子提取后的总方差分解

Tab. 3 Dissection of total variance after extracting factors

公共因子 General factor	特征根 Characteristic root	方差贡献率/% Contribution probability of variance	累计方差贡献率/% Cumulative contribution probability of variance
1	3.240	36.00	36.00
2	1.954	21.71	57.71
3	1.434	15.94	73.65
4	0.871	9.68	83.32
5	0.484	5.38	88.70

从表 3 可看出, 选取的 5 个公共因子在树叶抗火性分析中已包括大部分的信息, 能对大多数的数据给与充分的解释和概括。本文应用主成分法提取公共因子, 没有经过正交旋转的因子矩阵如表 4。

表 4 公共因子矩阵

Tab. 4 General factor matrix

变量 Variable	公共因子 General factor				
	1	2	3	4	5
含水率/% Moisture content	-0.751	0.201	0.155	-0.439	0.220
燃点/°C Ignite point	0.289	0.796	-0.173	0.161	0.252
热值/(kJ·kg ⁻¹) Heat of combustion	0.575	0.262	0.518	-0.374	-0.373
粗灰分/% Crude ash content	0.049	0.654	0.384	0.572	-0.115
粗脂肪/% Crude fat content	0.228	-0.707	0.545	0.227	0.223
木质素/% Lignin content	0.772	0.005	0.436	-0.087	0.362
粗纤维/% Crude fiber content	0.576	-0.366	-0.599	0.193	-0.028
燃烧时间/s Burning time	-0.728	-0.348	0.344	0.286	-0.149
燃烧强度/(Kcal·s·m ⁻¹) Fire intensity	0.866	-0.169	-0.017	-0.089	-0.127

3.2 因子得分模型的建立

用以上 5 个因子代替原始 9 个变量, 能够概括原始变量所含信息量的 88.7%。由于每一因子中各

表 5 旋转后因子提取结果

Tab. 5 Result of extracting factors after rotating

变量 Variable	公共因子 General factor				
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
含水率/% Moisture content	-0.882	0.015	-0.150	-0.184	-0.186
燃点/°C Ignite point	0.017	0.777	-0.003	-0.088	0.475
热值/(kJ·kg ⁻¹) Heat of combustion	0.026	0.105	0.947	0.139	0.135
粗灰分/% Crude ash content	-0.079	0.109	0.096	-0.002	0.944
粗脂肪/% Crude fat content	0.170	-0.510	0.007	0.809	-0.072
木质素/% Lignin content	0.195	0.343	0.437	0.758	0.058
粗纤维/% Crude fiber content	0.860	0.156	-0.147	0.019	-0.278
燃烧时间/s Burning time	-0.379	-0.777	-0.325	-0.024	0.144
燃烧强度/(Kcal·s·m ⁻¹) Fire intensity	0.647	0.197	0.492	0.292	-0.136
特征值 Characteristic value	2.153	1.670	1.490	1.376	1.294
方差贡献率/% Contribution probability of variance	23.928	18.552	16.555	15.289	14.381

原始变量的系数没有很明显的差别,为了清楚地解释公共因子,就要使各因子对各变量的载荷系数有较明显的差别,对因子载荷阵进行旋转,使载荷值的水平方向 1 和 0 分化。选用方差最大化正交旋转方法,经过 7 次旋转迭代后,得载荷矩阵如表 5。

从表 5 可以看出,经过旋转后载荷系数已明显的两极分化。第 1 公因子 f_1 对含水率有绝对值最大的载荷系数,所以将 f_1 解释为“含水”因子 f_1 的方差贡献率为 23.928%,所反映的因素最为显著;第 2 公因子 f_2 对燃点、燃烧时间有较大绝对值的载荷系数,所以,可将 f_2 解释为“引燃”因子,其方差贡献率为 18.552%,占第二位,说明 f_2 反映的因素较为显著;第 3 公因子 f_3 对热值有最大的载荷系数,所以可以将 f_3 解释为“热值”因子 f_3 的方差贡献率为 16.555%,占第三位,说明 f_3 所反映的因素也比较大,但比 f_2 次之;第四公因子 f_4 对粗脂肪有最大的载荷系数,所以将 f_4 解释为“脂肪”因子 f_4 方差贡献率为 15.289%;第 5 公因子 f_5 对粗灰分有最大的载荷系数,所以将 f_5 解释为“灰分”因子 f_5 方差贡献率为 14.381%,说明 f_5 所反映的因素也不可忽略。

表 6 抗火性因子得分信息

Tab.6 Scoring information of fire resistant factors

变量 Variable	抗火性因子 Fire resistant factors				
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5
含水率/% Moisture content	-0.568	0.274	-0.025	0.164	-0.333
燃点 Ignite point	-0.081	0.555	-0.297	0.174	0.246
热值/(kJ·kg ⁻¹) Heat of combustion	-0.049	-0.258	0.889	-0.314	0.017
粗灰分/% Crude ash content	0.119	-0.146	-0.012	-0.036	0.797
粗脂肪/% Crude fat content	-0.023	-0.180	-0.221	0.689	0.052
木质素/% Lignin content	-0.217	0.373	-0.076	0.722	-0.065
粗纤维/% Crude fiber content	0.472	0.025	-0.223	-0.111	-0.090
燃烧时间/s Burning tim	0.016	-0.518	-0.037	-0.045	0.264
燃烧强度/(Kcal·s·m ⁻¹) Fire intensity	0.243	-0.051	0.294	-0.051	-0.085

由表 6 建立因子得分模型如下。

$$f_1 = -0.568x_1 - 0.081x_2 - 0.049x_3 + 0.119x_4 - 0.023x_5 - 0.217x_6 + 0.472x_7 + 0.016x_8 + 0.243x_9 \quad (5)$$

$$f_2 = 0.274x_1 + 0.555x_2 - 0.258x_3 - 0.146x_4 - 0.18x_5 + 0.373x_6 + 0.025x_7 - 0.518x_8 - 0.051x_9 \quad (6)$$

$$f_3 = -0.025x_1 - 0.297x_2 + 0.889x_3 - 0.012x_4 - 0.221x_5 - 0.076x_6 - 0.223x_7 - 0.037x_8 + 0.294x_9 \quad (7)$$

$$f_4 = 0.164x_1 + 0.174x_2 - 0.314x_3 - 0.036x_4 + 0.689x_5 + 0.722x_6 - 0.111x_7 - 0.045x_8 - 0.051x_9 \quad (8)$$

$$f_5 = -0.333x_1 + 0.246x_2 + 0.017x_3 + 0.797x_4 + 0.052x_5 - 0.065x_6 - 0.09x_7 + 0.264x_8 - 0.085x_9 \quad (9)$$

3.3 树叶抗火性排序模型的建立与排序分析

因子模型已建立起来,接下来,将解决树叶抗火性的优劣性。将原始变量的标准化值(由于研究树叶的含水率、燃点、热值、粗灰分、粗脂肪、木质素、粗纤维、燃烧时间、火烧强度和生物生态学特性的测度单位不同,因此,对各个数值进行标准化,如表 7 代入得分模型,就可以得出各种树各公因子的得分值。再把 f_1, f_2, f_3, f_4, f_5 代入 $f = (23.928 f_1 + 18.552 f_2 - 16.555 f_3 - 15.289 f_4 + 14.381 f_5) / 88.705$ (即以各因子的方差贡献率占 5 个公共因子总方差贡献率的比重作为权重,进行加权总汇),就可以得到树种树叶的综合得分,如表 8。

有了各个公共因子合理的解释,再结合各个树种 5 个公共因子的得分和综合得分,就可对各种树叶抗火性进行评价。在“含水”因子 f_1 上得分最高的是云山青冈、青冈、水青冈、甜槠,这说明了就含水率而言,这 4 个树种的树叶是最不易燃的;在“引燃”因子 f_2 上的得分最高的是水青冈、云山青冈、银木荷、钩栲,这说明对燃点、燃烧时间而言,这 4 个树种的树叶最不易燃;在“热值”因子 f_3 上的得分最高的是拟赤杨、台湾松、水青冈、青冈,说明就热值而言,这 4 个树种的树叶是最易燃的;在“脂肪”因子 f_4 上得分最高的是猴头杜鹃、青榨槭、银木荷、台湾松,就粗脂肪含量而言,这 4 个树种的树叶是最易燃的;在“灰分”因子 f_5 上得分最高的是青冈、青榨槭、油茶,就粗灰分含量而言,这 3 个树种的树叶是最难燃的。

而在“含水”因子 f_1 上得分最低的是拟赤杨、青榨槭, 即在该因子上这 2 个树种最易燃; 在“引燃”因子 f_2 上的得分最低的是油茶、栲树、猴头杜鹃, 即对该因子来说这 3 个树种最易燃; 在“热值”因子 f_3 上的得分最低的是罗浮栲、钩栲、银木荷, 即对该因子来说, 这 3 个树种是最难燃的; 在“脂肪”因子 f_4 上得分最低的是苦槠、拟赤杨、甜槠、栲树, 即对该因子来说, 这 4 个树种最难燃; 在“粗灰分”因子 f_5 上得分最低的是台湾松, 即对该因子来说, 台湾松是最易燃。综合得分与各变量在各树种上的得分值, 以及上面的评价, 最后对所研究分析的 16 种树叶抗火性进行如下综合评价: 抗火性强弱排序为: 苦槠、青冈、钩栲、云山青冈、水青冈、甜槠、栲树、罗浮栲、银木荷、红楠、鹿角栲、青榨槭、油茶、拟赤杨、猴头杜鹃、台湾松。

表 7 16 个树种各个因子数值标准化结果

Tab. 7 Each factor standardized results of 16 species

	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9
1	0.261 0	-0.599 4	-1.172 5	-0.657 5	0.116 1	-0.360 8	-0.826 1	-0.424 4	-0.224 6
2	1.115 6	-0.471 5	-1.349 1	0.040 2	-0.081 8	-0.015 4	0.807 5	1.127 8	-0.695 7
3	0.461 7	1.318 6	-1.232 4	-0.046 1	-0.624 3	-1.170 0	-0.139 7	-0.036 4	-0.826 7
4	-0.768 3	-1.238 7	-0.792 0	-0.100 9	-0.356 2	-0.784 7	-0.085 7	0.545 7	-0.174 6
5	-0.239 5	-0.343 6	-0.292 1	-0.140 1	0.103 3	-1.327 0	0.941 9	0.157 6	-0.124 0
6	-0.074 2	-1.238 7	1.338 8	-1.911 8	1.322 4	1.089 2	0.952 4	-0.424 4	1.716 9
7	0.249 2	0.551 4	-0.768 5	-0.289 1	0.352 2	0.362 8	-0.142 4	-0.424 4	-0.466 9
8	-0.083 7	-1.494 4	-1.008 4	-0.210 7	0.569 2	0.240 0	0.964 3	0.157 6	-0.174 6
9	-1.131 8	1.062 9	0.918 8	1.153 4	0.045 9	1.500 3	0.355 6	-2.170 7	1.993 5
10	-0.784 8	1.574 4	0.771 7	0.001 0	-0.528 5	0.900 8	1.201 4	-0.812 5	1.923 4
11	-1.514 2	0.807 2	1.314 9	2.235 2	-0.400 9	0.838 0	0.397 8	-0.618 5	0.137 1
12	-1.032 7	-0.727 2	1.134 3	-0.837 8	1.903 2	1.296 2	-0.332 1	0.351 7	-0.124 0
13	1.188 8	1.062 9	0.465 1	1.239 6	0.090 6	0.716 7	-1.715 3	0.739 7	-1.191 0
14	2.331 3	-0.215 8	1.168 6	0.134 2	-2.079 5	-0.756 1	-1.858 9	-0.230 4	-1.0343
15	-0.558 2	0.679 3	-0.328 7	-1.300 4	-1.588 0	-1.170 0	0.862 8	-0.424 4	-0.560 0
16	0.579 7	-0.727 2	-0.168 5	0.690 8	1.156 4	-1.359 9	-1.383 4	2.486 0	-0.174 6

表 8 抗火性因子得分

Tab. 8 Fire resistant factor scoring

树种 Species	抗火性因子 Fire resistant factors					
	f_1	f_2	f_3	f_4	f_5	f
苦槠 <i>Castanopsis sclerophylla</i>	0.678 18	0.618 14	-0.365 86	-1.810 35	-0.837 63	0.556 73
青冈 <i>Cyclobalanopsis glauca</i> (Thunberg) Oersted	1.034 80	0.075 54	0.939 70	-0.295 72	2.220 56	0.530 53
钩栲 <i>Castanopsis tibetana</i> Hance	-0.313 28	0.916 47	-1.481 84	-0.521 81	0.229 82	0.510 92
云山青冈 <i>Cyclobalanopsis sessilifolia</i> (Blume) Schottky	1.118 66	1.243 46	0.614 05	-0.005 77	0.090 37	0.462 86
水青冈 <i>Fagus longipetiolata</i> Seem.	0.939 93	1.457 33	0.978 52	0.740 64	0.703 57	0.362 12
甜槠 <i>Castanopsis eyrei</i> (Champ. ex Benth.) Tutch.	0.864 04	-0.725 88	-0.324 25	-0.994 54	-0.062 43	0.303 07
栲树 <i>Castanopsis fargesii</i> Franch.	0.667 83	-1.183 40	-0.229 83	-0.907 33	0.056 30	0.141 05
罗浮栲 <i>Castanopsis fabri</i> Hance	-0.289 22	-0.133 37	-1.494 81	0.350 71	-0.197 44	0.080 61
银木荷 <i>Schima argentea</i> Pritz. ex Diels	-0.457 22	0.926 82	-1.044 93	0.951 85	-0.255 61	0.060 02
红楠 <i>Machilus thunbergii</i> Sieb. et Zucc.	0.542 96	-0.622 99	-0.864 24	0.510 76	-0.541 16	0.001 70
鹿角栲 <i>Castanopsis lamontii</i> Hance	-0.496 16	0.192 55	-0.727 34	0.272 08	-0.767 46	-0.129 14
青榨槭 <i>Acer davidii</i> Franch.	-1.881 42	0.500 37	-0.016 30	0.986 96	1.270 51	-0.363 95
油茶 <i>Camellia oleifera</i> Abel.	-0.5669 9	-2.330 97	0.056 35	-0.137 88	1.119 96	-0.445 63
拟赤杨 <i>Alniphyllum fortunei</i> (Hemsl.) Makino	-2.268 55	0.415 82	1.679 09	-1.736 22	-0.567 14	-0.631 03
猴头杜鹃 <i>Rhododendron simiarum</i> Hance	-0.016 10	-0.900 14	0.765 73	1.652 57	-0.335 52	-0.674 73
台湾松 <i>Pinus taiwanensis</i> Hayata	0.442 55	-0.449 75	1.515 97	0.944 07	-2.126 71	-0.765 11

4 结论与讨论

本研究对井冈山自然保护区内 16 个树种树叶的含水率、燃点、热值、粗灰分、粗脂肪、粗纤维、木质素以及燃烧时间和燃烧强度 9 个因子进行测定分析,应用因子分析法对其抗火性进行了排序,树叶抗火性由强到弱依次为:苦槠、青冈、钩栲、云山青冈、水青冈、甜槠、栲树、罗浮栲、银木荷、红楠、鹿角栲、青榨槭、油茶、拟赤杨、猴头杜鹃、台湾松。

其中苦槠、青冈、钩栲、云山青冈、水青冈等属亚热带常绿阔叶林代表树种中的一部分,通常生长于湿润、肥沃的环境中,抗火性能较强,木材用途较广,材质坚硬,这些树种与杉木、马尾松、毛竹形成天然混交林,这种林分抗火性好。因此,这些壳斗科防火树种适宜栽植于土壤肥沃、湿润的中下坡地区,并且栽植于杉木、马尾松、毛竹等用材林中,能明显提高其林分的抗火性能。而台湾松、猴头杜鹃、拟赤杨、油茶、青榨槭等树种抗火性较差,不宜作为防火树种,应予保护,作为保护对象与抗火性较强的树种混合栽种,以提高林分的抗火性能。

研究选取的抗火性评价因子有限,主要根据叶的理化性质以及燃烧性来分析其抗火性,有诸多其它因素未予考虑,因此分析结果可能会与林分实际抗火能力存在一定的误差。所以本研究分析结果,只作为防火树种筛选的主要参考依据。今后将继续选取树枝、树皮和树干等器官进行抗火性研究。

参考文献:

- [1]徐六一,罗宁,刘桂华,等.安徽省防火树种的选择及评价研究[J].安徽农业大学学报,2005,32(3):349-353.
- [2]Anderson H E. Forest fuel ignitibility[J]. Fire Tech,1970,6:312-319.
- [3]Mutch R W, Philpot C W. Relation of silica content to flammability in grasses[J]. Forest Science,1970(16):64-65.
- [4]Rothermel R C. A mathematical model for predicting fire spread in wildland fuels[M]. USDA Forest Service Research Paper INT-115,1972:40-42.
- [5]Byrm G M. Combustion of forest fuels. In Forest Fire: Control and Use (ed. K. P. Davis) [M]. McGraw-Hill: New York, 1959:61-89.
- [6]Penafiel S R. Determination of plant species for fuel breaks[J]. Sylvatrop,1984(9):1-2,21-23.
- [7]Wilgen B W. The role of vegetation structure and fuel chemistry in excluding fire from forest patches in the fire prone fynbos shrub lands of South Africa[J]. Journal of Ecology Oxford,1990,78(1):210-222.
- [8]Mark Chladil, Jennifer Sheridan. fire retardant garden plants for the urban fringe and rural areas[R]. Fire Management Strategy,2006,3:8-10.
- [9]肖金香,黄亚哲,李冬,等.江西常见树种抗火性研究[J].江西农业大学学报,2011,33(1):76-83.
- [10]郑育桃,祝必琴,焦鸿渤,等.江西省造林树种燃烧性研究[J].江西农业大学学报,2012,34(1):93-98.
- [11]李振问,阮传成.中国南方主要防火树种的防火特性及开发利用研究[J].自然资源学报,1997,12(4):336-342.
- [12]宋春涛,汤访评.防火林带树种筛选研究[J].江苏林业科技,2007,34(3):1-4.
- [13]舒立福,田晓瑞,李红,等.我国亚热带若干树种的抗火性研究[J].火灾科学,2000,9(2):1-7.
- [14]Ronald A. Thermal behavior of conifer needle extractives[J]. Forests Science,1980,26(3):347-360.
- [15]单延龙,胡海清,舒立福,等.树叶抗火性的排序与分类[J].林业科学,2003,39(1):105-113.