

吉林省常见灌木树种抗火性研究

周勇, 农学硕士, 副研究员

中国 吉林省 长春市, 吉林省林业科学研究院 (吉林省林业生物防治中心站)
307364652@qq.com

摘要: 针对吉林省 18 种常见灌木树种, 测定 21 个与抗火性能相关指标, 应用专家打分法、灰色关联分析方法和聚类分析法对灌木树种抗火性能进行排序, 以期应用在复合森林防火林带建设中。

监测: 灌木树种, 抗火性, 关联度分析

УДК 630*5

EDN JFUKIT

<https://doi.org/10.22450/978-5-9642-0639-2-110-118>

Исследование огнестойкости распространенных видов кустарников в провинции Цзилинь

Чжоу Юн, магистр агрономии, младший научный сотрудник

Станция Центра биологического контроля Цзилиньского лесного хозяйства
Цзилиньской академии лесных наук, провинция Цзилинь, Чанчунь, Китай
307364652@qq.com

Аннотация. Исследования по степени огнестойкости проводились на примере 18 кустарниковых видах, произрастающих в провинции Цзилинь. Была проведена комплексная оценка, включающая 21 показатель, определяющий степень огнестойкости и пирогенного воздействия. Используя экспертную методологию, методы корреляционного анализа и кластерного анализа, были определены рейтинг, видовой состав и ассортимент древесно-кустарниковых пород для их использования при создании сложных лесных насаждений, лесозащитных и противопожарных полос.

Ключевые слова: кустарниковые породы, огнестойкость, корреляционный анализ

Fire resistance study of common shrub species in Jilin Province

Zhou Yong, Master of Agriculture, Junior Researcher

Jilin Forestry Biological Control Center Station, Jilin Provincial Academy
of Forestry Science, Jilin Province, Changchun, China

307364652@qq.com

Abstract. Studies on the degree of fire resistance were conducted using the example of 18 shrub species growing in Jilin Province. A comprehensive assessment was carried out, including 21 indicators determining the degree of fire resistance and pyrogenic effects. Using expert methodology, methods of correlation analysis and cluster analysis, the rating, species composition and assortment of tree and shrub species were determined for their use in creating complex forest plantations, forest protection and fire protection strips.

Keywords: shrub species, fire resistance, correlation analysis

灌木是森林生态系统中的重要组分，在生态保护、恢复和重建中起重要作用 [1–3]。林下灌木使森林可燃物具有连续的垂直分布，可促使地表火转变为树冠火 [4]，表明灌木的生长状态和空间分布情况对林火蔓延有着极其重要的影响。合理的选择和配置乔、灌木树种，在火灾来临时可发挥良好的防灾避险功能，起到防控和减少火灾损失的作用，因此，了解灌木树种的抗火性能尤为重要。目前，灌木树种抗火性的相关研究主要在树种生物生态学和理化性质方面，在林火行为方面的研究还相对缺乏。因此，本文通过灌木树种生物生态学调查、理化指标测定和林火行为试验相结合的方法，研究吉林省 18 种常见灌木树种的抗火性。

1 材料与方法

1.1 研究对象的选取与材料采集

2023 年 7 月，在吉林省东部山区选取 18 个灌木树种功能叶片作为研究对象，包括红瑞木 (*Cornus alba* L)、紫丁香 (*Syringa oblata* Lindl.)、紫穗槐 (*Amorpha fruticosa*)、金银忍冬 (*Lonicera maackii* (Rupr.) Maxim.)、山里红

(*Crataegus pinnatifida* Bge. Var. Major N. E. Br.)、榆叶梅 (*Prunus triloba* Lindl.)、女贞 (*Ligustrum lucidum* Ait.)、珍珠梅 (*Sorbaria sorbifolia*)、连翘 (*Forsythia suspensa* (Thunb.) Vahl)、早锦带花 (*Weigela praecox*)、刺玫蔷薇 (*Rosa davurica* Pall)、金山绣线菊 (*Spiraea × bumalda* Gold Mound)、铺地柏 (*Sabina procumbens* (Endl.) Iwata et Kusaka)、茶条槭 (*Acer ginnala*)、金叶榆 (*Ulmus pumila*)、珍珠绣线菊 (*Spiraea thunbergii*)、小叶丁香 (*Syringa microphylla* Diels)、鸡树条荚蒾 (*Viburnum sargentii*)。

每个树种采集鲜叶片 200g，封口袋密封带回，用于理化指标试验测定；另取均匀覆盖 1m² 地面叶片，用于火行为试验指标测定。

1.2 试验方法

1.2.1 生物生态学特征调查

设立 10m×10m 调查样方，每个树种调查样方数量不低于 3 个，调查树木胸径大于 10cm，观察落叶情况、树皮光滑程度、凋落物分解速度快慢和萌蘖能力强弱，测量树皮厚度、凋落物叶片大小、凋落物密实度、凋落物孔隙度和根系深度，记录地貌、气候和土壤等立地条件。

1.2.2 理化指标测定

使用游标卡尺测量鲜叶片厚度 10 次，取平均值作为该鲜叶片厚度 (mm)；采用 105℃ 烘干恒质量法测定鲜叶片绝干含水率 (M , %)；利用 DW-02 型点着温度测定仪测量燃点 (℃)；干灰化法测定灰分 (%)；索氏提取法测定粗脂肪 (%)；使

用 C6000 型全自动氧氮量热仪测定热值 (J)。

1.2.3 火行为实验

实验前将覆盖 1m^2 地面的叶片采用 105°C 烘干恒质量法烘干至绝干, 称量样品质量 (W_0 , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$) 后平铺在 1m^2 火行为模拟实验台上, 设置 5cm 宽红松引燃物, 在绝干叶片蔓延过程中, 每隔 20cm 记录火头火焰长度 (L , m)、火焰宽度 (D , m) 和燃烧时间 (T , s), 火熄灭后记录剩余质量 (W_R , $\text{kg}\cdot\text{m}^2$)。计算蔓延速度 (R , $\text{m}\cdot\text{min}^{-1}$)、消耗质量比 (CE , %)、火线强度 (I , $\text{KW}\cdot\text{m}^{-1}$) 和驻留时间 (τ , min), 其中: $R=0.2/T$, $\tau=60D/R$, $I=258L^{2.17}$, $CE=(W_0-W_R)/W_R$, 点烧时实验室内温度范围在 $23\sim 28^\circ\text{C}$, 空气相对湿度范围在 $59\%\sim 78\%$, 静风。

1.2.4 灌木抗火性综合评价

专家打分法, 是一种定性描述定量化方法, 本文使用加权评价型, 将各项指标依照重要程度给予不同的权重并给出评价结果, 本文通过专家打分法得出各灌木树种生物生态学综合得分。

灰色关联分析方法, 是根据因素之间发展趋势的相似或相异程度, 作为衡量因素间关联程度的一种方法。灰色关联分析主要分 5 步进行, 一是对原始数据进行无量纲化处理, 本研究采用效果测度变换法, 指标值增加, 相应抗火能力增强的, 采用上限测度 (公式 1); 指标值增加, 相应抗火能力减弱, 采用下限测度 (公式 2)。

二是确定参考数列 X_0 和比较数列 X_i , 其中, $X_0 = \{X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n)\}$, $X_i = \{X_i(1), X_i(2), \dots, X_i(n)\}$ 。三是求参考数列与比较数列的灰色关联系数 $\varepsilon_i(k)$, $\varepsilon_i(k)$ 为 X_i 对于 X_0 在 k 点的关联系数 (公式 3)。四是求关联度 r_i , r_i 为 X_i 对于 X_0 的关联度 (公式 4)。五是关联序排列, 将关联度 $r_1, r_2, \dots, r_n$ 从大到小排成一行, 称为关联序。在灌木树种抗火性评价中, 关联度越大, 表明其抗火性越强。

$$X_{ij} = Y_{ij}/Y_{jmax}, \quad (1)$$

$$X_{ij} = Y_{jmin}/Y_{ij}, \quad (2)$$

$$\varepsilon_i(k) = \frac{\min_i \min_j |X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_j |X_0(k) - X_i(k)|}{|X_0(k) - X_i(k)| + \rho \max_i \max_j |X_0(k) - X_i(k)|}, \quad (3)$$

$$r_i = 1/n \sum_{k=1}^n \varepsilon_i(k) \quad (4)$$

2 结果与分析

2.1 生物生态学特征综合评价

根据对各灌木树种的调查及文献结果的整理, 依据生物学评分标准得出 1 灌木树种的生物生态学综合得分 (公式 5), 见表 1。

$$\begin{aligned} \text{综合得分} = & (1.5 \times (\text{落叶性状} + \text{树冠特性} + \text{凋落物大小与结构}) + \\ & + \text{凋落物分解速度}) \times 0.5 + (1.5 \times \text{耐旱性} + \text{耐阴性} + \text{喜肥性}) \times 0.2 + \\ & + (1.5 \times (\text{树皮光滑程度} + \text{树皮薄厚} + \text{萌孽能力}) + \text{根系状况}) \times 0.3 \end{aligned} \quad (5)$$

表 1 灌木树种的生物生态学评分

树种	综合得分	树种	综合得分	树种	综合得分
铺地柏	8.6	榆叶梅	9.4	金山绣线菊	11.4
红瑞木	9.9	女贞	10.4	珍珠绣线菊	11.7
金叶榆	10.6	珍珠梅	8.7	鸡树条荚蒾	9.6
紫丁香	9.9	连翘	10.7	小叶丁香	9.7
紫穗槐	9.7	早锦带花	9.9	山里红	10.9
金银忍冬	10.4	刺玫蔷薇	10.2	茶条槭	11.4

灌木树种的综合得分表明，铺地柏最易燃，珍珠绣线菊最难燃。

2.2 理化性质和火行为指标的统计特征

通过测定叶片的理化性质、火行为指标，18 个灌木树种实验指标值及统计特征见表 2。

表 2 灌木树种实验指标值及统计特征

树种	绝干 含水率%	厚度 mm	抽提 物%	灰分 %	燃点 ℃	热值 J	蔓延速度 m/min	消耗质 量比%	火线强度 KW/m	驻留时间 min
铺地柏	110.7	1.2	8.9	15.7	252	21124	0.43	88.3	38.5	0.07
红瑞木	132.1	1.8	5.3	13.3	263	17301	0.25	50.2	4.8	0.22
金叶榆	178.2	1.1	5.2	53.6	263	16820	0.17	50.2	0.7	0.12
紫丁香	177.3	2.6	5.6	8.0	249	19845	0.34	74.2	9.7	0.16
紫穗槐	115.2	1.0	7.6	6.1	257	19994	0.34	53.0	20.3	0.12
金银忍冬	109.6	1.7	4.9	8.6	254	19354	0.26	68.0	3.6	0.16
榆叶梅	152.8	1.5	3.5	14.1	269	17528	0.20	48.3	2.2	0.18
女贞	171.9	1.8	3.4	10.2	254	17732	0.24	53.0	1.6	0.15
珍珠梅	127.8	0.9	2.9	10.4	249	18366	0.40	73.4	12.9	0.15
连翘	136.2	1.7	16.6	7.4	253	19975	0.44	86.1	18.7	0.12
早锦带花	138.0	2.7	3.1	8.6	268	19026	0.28	85.4	13.4	0.14
刺玫蔷薇	127.0	1.1	6.9	7.4	258	19547	0.33	60.1	9.8	0.07
金山绣线菊	127.4	0.9	3.4	14.7	253	19230	0.36	71.6	22.0	0.08

表 2

树种	绝干含水率%	厚度mm	抽提物%	灰分%	燃点℃	热值J	蔓延速度m/min	消耗质量比%	火线强度KW/m	驻留时间min
珍珠绣线菊	75.4	0.6	4.9	4.0	249	20072	0.53	56.2	9.2	0.04
鸡树条荚蒾	167.6	1.4	7.5	15.6	268	17936	0.54	68.4	21.8	0.06
小叶丁香	187.7	1.4	3.8	15.7	249	17037	0.14	54.2	0.14	0.11
山里红	116.5	1.9	5.8	8.2	260	19705	0.38	68.4	15.6	0.10
茶条槭	117.3	1.7	4.9	10.7	263	18942	0.38	57.0	11.1	0.07

2.3 基于灰色关联分析法的灌木抗火性

应用灰色关联分析法, 选择各灌木树种的生物生态学综合得分、叶片理化性质指标和火行为指标等 11 个指标值作为评价因素, 分别对 18 种灌木树种抗火性进行综合评价。不同树种的抗火性指标值构成一个比较序列, 共 18 个比较序列。对这 18 个比较序列中的原始数据进行无量纲化处理, 其中, 生物生态学综合得分、绝干含水率、厚度、灰分、燃点和驻留时间采用上线测度变换, 抽提物、热值、蔓延速度、消耗质量比和火线强度采用下线测度变换, 经效果测度变换后各指标值均在 0~1 区间, 指标值为 1 时抗火性能最佳。因此, 得到参考数列: $X_0 = \{1, 1, \dots, 1\}$, 为各指标抗火性能最佳情况。根据效果测度变换后的抗火性能指标值及参考数列, 得出关联系数和关联度, 关联度结果如表 3 所示。

关联度计算结果表明, 小叶丁香的抗火性最强, 铺地柏的抗火性最弱。

对灌木树种抗火性的关联度进行聚类, 树种抗火性的系统聚类情况如图 1 所示。本文把 18 个灌木树种分为 4 类, 抗火性强的是小叶丁香和金叶榆, 抗

火性较强的是榆叶梅、红瑞木、女贞、早锦带花和紫丁香，抗火性一般的是珍珠梅、茶条槭、金银忍冬、金山绣线菊、鸡树条荚蒾、山里红、紫穗槐、刺玫蔷薇、连翘和珍珠绣线菊，抗火性弱的是铺地柏。

表 3 灌木树种抗火性的关联系数和关联度

树种	关联度 r_i	树种	关联度 r_i	树种	关联度 r_i
铺地柏	0.5285	榆叶梅	0.7087	金山绣线菊	0.6071
红瑞木	0.6920	女贞	0.6886	珍珠绣线菊	0.5695
金叶榆	0.7540	珍珠梅	0.6157	鸡树条荚蒾	0.5990
紫丁香	0.6466	连翘	0.5713	小叶丁香	0.7733
紫穗槐	0.5831	早锦带花	0.6756	山里红	0.5943
金银忍冬	0.6074	刺玫蔷薇	0.5751	茶条槭	0.6145

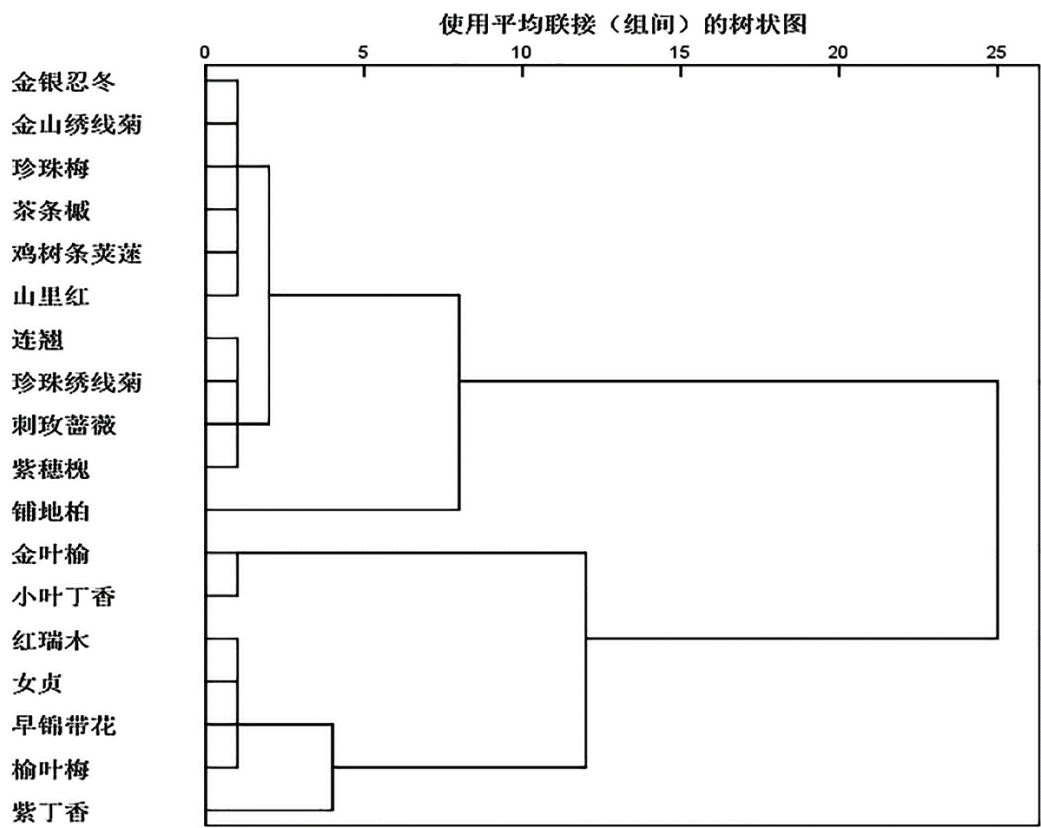


图 1 灌木树种抗火性类别情况

3 结论

对于常见灌木树种抗火性能的评价结果,是可以具体的应用在复合森林防火林带建设中,为最大限度的避免形成树冠,在灌木栽植或森林抚育时要考虑乔灌木的空间位置,尽量避免林内空间上连续的垂直分布,以期更好的保护森林避免森林火灾的侵扰。

参考文献

1. 王晓丽, 牛树奎, 马钦彦, 等. 北京地区主要针叶林易燃可燃物垂直分布. 北京林业大学学报, 2009;31(2):31–35.
2. Chuvieco E., Aguado I., Dimitrakopoulos A. P. Conversion of fuel moisture content values to ignition potential for integrated fire danger assessment. Canada Journal of Forest Research, 2004;34:2284–2293.
3. Crue M. G., Alexander M. E., Wakimoto R. H. Modeling the likelihood of crown fire occurrence in conifer forest stands. Forest Science, 2004;50(5):640—653.
4. 田晓瑞, 舒立福, 乔启宇, 等. 南方林区防火树种的筛选研究. 北京林业大学学报, 2001;23(5):43–47.

© 周勇, 2024