浙江农林大学学报,2014,31(3):450-456

Journal of Zhejiang A & F University

doi:10.11833/j.issn.2095-0756.2014.03.019

# 紫茎泽兰茎叶的燃烧性

郑永波1,张雨瑶1,廖周瑜1,李路良1,周劲峰1,王秋华1,李世友1,2

(1. 西南林业大学 环境科学与工程学院,云南 昆明 650224; 2. 中国林业科学研究院 森林生态环境与保护研究所,北京 100091)

摘要:为全面了解紫茎泽兰 Eupatorium adenophorum 的燃烧性,在防火戒严期内,对紫茎泽兰和对比植物的老活叶片、新叶片分别进行了 100%氧气氛下的燃烧试验、垂直燃烧试验,计算了各种植物活叶片的燃烧速率、损毁程度;对紫茎泽兰活茎与旱冬瓜 Alnus nepalensis 活枝进行了点燃试验,测定了点燃时间和温度;对紫茎泽兰干枯茎与华山松 Pinus armandii 干枯枝进行了 50%氧气氛下燃烧和 105% C恒温条件下干燥试验,计算了燃烧速率,绘制了样品干燥过程质量变化曲线。分析表明:①紫茎泽兰老活叶片的燃烧性与中华常春藤 Hedera nepalensis var. sinensis,常春油麻藤 Mucuna sempervirens 和大叶女贞 Ligustrum lucidum 相近,但损毁程度远低于滇青冈 Cyclobalanopsis glaucoides 和滇润楠 Machilus yunnanensis;②在 6 种植物的垂直燃烧试验中,紫茎泽兰新叶片的燃烧速率最大而损毁程度各项指标均居中;③在质量或尺寸相近的情况下,紫茎泽兰活茎较旱冬瓜活枝难燃;④在直径相近的情况下,紫茎泽兰干枯茎较华山松干枯枝失水快,燃烧速率大于华山松干枯枝。图 1表 6 % 18

关键词:森林保护学;紫茎泽兰;燃烧性;活叶片;茎

中图分类号: S762.3 文献标志码: A 文章编号: 2095-0756(2014)03-0450-07

# Combustion characteristics of stems and leaves of Eupatorium adenophorum

ZHENG Yongbo<sup>1</sup>, ZHANG Yuyao<sup>1</sup>, LIAO Zhouyu<sup>1</sup>, LI Luliang<sup>1</sup>, ZHOU Jinfeng<sup>1</sup>, WANG Qiuhua<sup>1</sup>, LI Shiyou<sup>1,2</sup>

- (1. Faculty of Environment Science and Engineering, Southwest Forestry University, Kunming 650224, Yunnan, China;
- Research Institute of Forest Ecology, Environment and Protection, Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China)

Abstract: To understand the combustion characteristics of Eupatorium adenophorum, combustion experiments of fresh old leaves and new leaves of Eupatorium adenophorum and its contrast species were conducted under 100 per cent of oxygen concentration and by vertical burning test respectively during the rigid forest fire protection period to find out the burning rate and damage degree of the different leaves under experimental conditions. The ignition time and temperature of fresh branches of Eupatorium adenophorum and Alnus nepalensis were measured by igniting experiments. Burning rate of dry stems of Eupatorium adenophorum and dry branches of Pinus armandii were tested through combustion experiments under 50 per cent of oxygen concentration and drying test under 105 °C constant temperature, and the curves of moisture loss of the dry stems and branches were drawn. The results indicated that combustion features of fresh old leaves of Eupatorium adenophorum were similar to those of Hedera nepalensis var. sinensis, Mucuna sempervirens and Ligustrum lucidum. But the damage degree of the fresh old leaves of Eupatorium adenophorum was less than that of Cyclobalanopsis glaucoides and Machilus yunnanensis. In the vertical burning test, the burning rate of Eupatorium adenophorum was the

收稿日期: 2013-07-18; 修回日期: 2013-08-16

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(31260180); 云南省重点学科资助项目(XKZ200905)

作者简介:郑永波,讲师,从事森林生态研究。E-mail: zybswfu@163.com。通信作者:李世友,副教授,博士研究生,从事森林防火研究。E-mail: lsy0703@163.com

highest and its damage degree was medium among the 6 new leaves. The fresh stem of Eupatorium adenophorum was more retardant than the fresh branches of Alnus nepalensis in terms of similar quality or dimensions. The burning rate of dry stems of Eupatorium adenophorum was greater than that of dry branches of Pinus armandii in the case of similar diameter. The moisture loss rate of dry stems of Eupatorium adenophorum was higher than that of dry branches of Pinus armandii. [Ch, 1 fig. 6 tab. 18 ref.]

Key words: forest protection; Eupatorium adenophorum; combustion characteristics; fresh leaves; stems

紫茎泽兰 Eupatorium adenophorum 为菊科 Compositae 泽兰属 Eupatorium 多年生杂草,现已在云南、贵州等省广泛分布与危害。紫茎泽兰因其极强的传播、繁殖能力和生态适应性大量入侵到森林、火烧迹地和防火隔离带。在紫茎泽兰入侵与森林燃烧性的关系方面,李世友等[1]研究了紫茎泽兰对多火环境的生态适应对策,调查了紫茎泽兰在防火线、生土带和火烧迹地上的入侵特点并提出了在紫茎泽兰入侵区应慎修生土隔火带的建议及其替代技术[2-3];韩焕金等[4]调查了紫茎泽兰在云南安宁市 2006 年"3·29"森林火灾火烧迹地的入侵现象;Tripathi 等[5]研究表明,紫茎泽兰在火烧迹地的数量比非火烧迹地多,幼苗在火烧迹地的成活率比非火烧迹地高。紫茎泽兰与燃烧有关的研究和应用主要集中在热解[6-7]、产生可燃气[8-10]、燃烧利用[11-12]、制造成型炭等方面[13-14]。在滇中重点火险区的防火戒严期内,干旱地段上的紫茎泽兰老茎叶不断干枯,新的茎叶不断从根部萌发和生长,而水分条件较优越地段上的紫茎泽兰全部或部分老茎叶仍具有生活力,新的茎叶不断从老茎或根部萌发和生长,这种特性决定了紫茎泽兰燃烧性的复杂性。定量研究紫茎泽兰的燃烧性,对于合理评价紫茎泽兰对森林燃烧性的影响,正确选择消防技术具有重要的参考价值。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

样品采集于防火戒严期内,采集地点为云南森林自然中心林地、西南林业大学校园。对于参与比较的不同种类可燃物,采集地相距较近,生境条件类似,以保证同一组比对试验样品具有可比性。

#### 1.2 研究方法

1.2.1 研究方法的确定 选定滇中地区不同的常见可燃物与紫茎泽兰茎叶进行比较,对比样品见表 1。由于紫茎泽兰不同生活力茎叶的理化性质差别很大,故分别选择不同的试验方法、评价指标来评价紫茎泽兰茎叶的燃烧性(表 1)。

表 1 研究方法
Table 1 Research methods

序号	样品名称	对比样品	试验方法	所用仪器	评价指标
1	老活叶	2 种常见藤本、3 种常见木 本植物的老活叶	100%氧气氛下燃烧	氧指数仪	燃烧速率、损毁程度
2	新叶	2 种常见藤本、3 种常见木 本植物的新叶	垂直燃烧	水平垂直燃烧测定仪	燃烧速率、损毁程度
3	活茎	旱冬瓜 Alnus nepalensis 多 年生活枝	点燃试验	点着温度测定仪	点燃时间和温度
4	干枯茎	华山松 Pinus armandii 干枯 枝	50%氧气氛下燃烧、 105 ℃干燥试验	氧指数仪、恒温干燥箱	燃烧速率、失水过程曲线

- 1.2.2 含水率的测定方法 采用 105 ℃恒温干燥法,取相对含水率。
- 1.2.3 叶片单位面积质量的测定和计算方法 单位面积质量由叶片质量除以面积得出,其中面积由自行开发的"不规则多边形面积计算方法"计算。该方法已用于计算高温后植物韧皮部的死亡率[15-16]。
- 1.2.4 燃烧试验方法 ①老的活叶片燃烧试验方法:试验所需的高氧气氛由氧指数仪提供。试验时氧气流量为 10 L·min<sup>-1</sup>,比例为 100%。叶片采用叶尖在上、叶柄在下的方式竖直放在试件夹上,从上端点火,记录从开始点火至有焰燃烧熄灭的时间。试验前、后分别测定叶片的叶脉长度、质量并勾绘叶片的

外形轮廓,试验重复 6~12 次。②新叶片燃烧试验方法:由于新叶在 100%高氧气氛下能被点燃但火源撤 离后燃烧不能持续,故改用垂直燃烧试验,所用的仪器为水平垂直燃烧测定仪。试验前在叶尖端宽度为 30 mm 处将叶尖剪掉, 使叶柄端在上、叶尖端在下放入仪器试样夹。燃烧试验时间为该仪器已预设的 12 s, 从下端点火。试验前、后分别测定叶片的叶脉长度、质量并勾绘叶片的外形轮廓, 试验重复 5 次。③活茎/枝燃烧试验方法:选择旱冬瓜活枝为对比样品进行点燃试验,分别用相近质量、相近尺寸 (直径、体积)的2组样品进行试验,对老茎、新茎分别进行制样。将点着温度测定仪温度升高到280℃, 然后同时放入紫茎泽兰活茎试件和旱冬瓜活枝的对比样品,继续升温并测定引燃时间和温度,试验重复 3次。④干枯茎/枝燃烧试验方法:选择华山松干枝为对比样品,燃烧试验所需的50%氧气氛、50%氮气 氛条件由氧指数仪提供,混合气体流量为10 L·min⁻。试验前将紫茎泽兰干枯茎、华山松干枝放入室内 进行1个月状态调节。燃烧试验的试件长度为130 mm。从上端点火,记录从开始点火至有焰燃烧熄灭 的时间。根据试件长度、质量及燃烧时间分别计算燃烧线速率和质量损失速率。⑤干枯茎/枝干燥试验方 法:根据直径大小将紫茎泽兰干茎和华山松干枝各分成2组,紫茎泽兰干茎第1组和第2组平均直径分 别为 0.699 cm 和 0.445 cm, 华山松干枝第 1 组和第 2 组平均直径分别为 0.695 cm 和 0.477 cm。每个径 级样品制备 5 个试件,各试件长度相同。将各组试件放入水中浸泡 12 h 后取出,待试件表面的水分自 然蒸发后,用天平称量潮湿试件质量,然后将各组试件同时放到105℃的烘箱进行干燥,隔1h测定1 次各组试件质量。

1.2.5 叶片燃烧速率的计算方法 根据燃烧试验前后叶脉长度、叶片质量、叶片面积和燃烧时间计算绝对燃烧速率和相对燃烧速率,其中绝对燃烧速率分为绝对线速率、绝对面积损失速率、绝对质量损失速率共3个指标,代表单位时间内损毁的叶脉长度、叶片面积、叶片质量;相对燃烧速率分为相对线速率、相对面积损失速率、相对质量损失速率共3个指标,分别代表单位时间内损毁的叶脉长度、叶片面积、叶片质量的百分比。

1.2.6 叶片损毁程度的测定方法 损毁程度同样可以分为绝对损毁程度和相对损毁程度,其中绝对损毁程度又分为绝对损毁长度、绝对损毁面积、绝对损毁质量共3个指标,表示燃烧试验过程中损毁的叶脉长度、叶片面积和叶片质量;相对损毁程度又分为相对损毁长度、相对损毁面积、相对损毁质量共3个指标,分别表示燃烧试验造成叶脉长度、叶片面积和质量的损毁比率。

## 2 结果与分析

#### 2.1 老活叶片的燃烧性

从表 2 可以看出: 6 种植物的绝对线速率、绝对质量速率、相对线速率 3 项指标相差不大。与 2 种藤本和 3 种木本植物相比,紫茎泽兰老叶片的含水率最高,绝对面积速率最小。而紫茎泽兰、中华常春藤 Hedera nepalensis var. sinensis,常春油麻藤 Mucuna sempervirens,大叶女贞 Ligustrum lucidum 的绝对面积速率、相对面积速率也相差不大。6 种植物的绝对质量损失速率相差不大,但相对损毁程度相差很大。总体上看,紫茎泽兰老叶片的燃烧性、耐火性与中华常春藤、常春油麻藤和大叶女贞相近,但损毁程度远低于滇青冈和滇润楠。

### 2.2 新叶片的燃烧性

从表 3 可以看出: 与 2 种藤本、3 种木本植物相比,紫茎泽兰新叶的含水率最高,但 6 项燃烧速率指标却都是最大的,而损毁程度各项指标均居中,其中绝对损毁长度小于桂花 Osmanthus fragrans 和白玉兰 Magnolia denudata,绝对损毁面积小于枫香 Liquidamba formosana,绝对损毁质量小于白玉兰,相对损毁长度、面积小于桂花和枫香,相对损毁质量小于常春油麻藤、桂花和枫香。

### 2.3 活茎的燃烧性

从表 4 和表 5 可以看出:紫茎泽兰新茎含水率远远高于紫茎泽兰老茎和旱冬瓜多年生活枝。在质量相近的情况下,紫茎泽兰新茎的着火时间、着火温度均大于紫茎泽兰老茎,但相差不大,紫茎泽兰新茎和老茎的着火时间、着火温度均远远大于旱冬瓜活枝。在尺寸相近的情况下,平均着火时间、着火温度的顺序均为紫茎泽兰老茎>紫茎泽兰新茎>旱冬瓜活枝,即在质量相近或尺寸相近的情况下,紫茎泽兰活茎均较旱冬瓜活枝难燃。

#### 表 2 紫茎泽兰与对比植物老活叶片的燃烧速率及损毁程度

Table 2 Burning rate and damage degree of old-living-leaves of Eupatorium adenophorum and comparative species

			燃烧速率						损毁程度					
È	ماد	单位面	绝对速率			相对速率			绝对损毁程度			相对损毁程度		
序 含水 号 率/%		积质量/ (g·m <sup>-2</sup> )	线速率/ (cm·s <sup>-1</sup> )	面积速率/ (cm²·s <sup>-1</sup> )	质量速率/ (g·s <sup>-1</sup> )	线速率/ (%·s <sup>-1</sup> )	面积速率/ (%·s <sup>-1</sup> )	质量速 率/ (%·s <sup>-1</sup> )	长度/ cm	面积/ cm²	质量/ g	长度/	面积/	质量/ %
1	77.87	453	0.25	0.07	0.01	2.52	0.37	1.12	1.20	0.36	0.03	12.35	1.85	5.54
2	66.40	262	0.16	0.16	0.00	1.49	0.21	0.20	0.90	0.90	0.02	8.50	1.18	1.09
3	66.18	138	0.39	0.19	0.01	3.41	0.35	0.95	1.78	0.86	0.03	15.29	1.60	4.38
4	67.86	342	0.13	0.10	0.01	1.23	0.32	0.62	1.80	1.54	0.09	17.03	4.68	8.15
5	54.69	173	0.37	0.92	0.02	3.72	3.83	3.73	9.40	24.16	0.42	96.85	98.88	97.22
6	49.12	230	0.17	0.49	0.01	1.77	1.77	1.77	9.70	27.74	0.63	100	100	100

说明:表中植物顺序1.紫茎泽兰,2.中华常春藤,3.常春油麻藤,4.大叶女贞;5.滇青冈,6.滇润楠。

#### 表 3 紫茎泽兰与对比植物新叶片垂直燃烧速率及损毁程度

Table 3 Burning rate and damage degree of new-leaves of Eupatorium adenophorum and comparative species

		26 D	燃烧速率						损毁程度					
序	序 含水	单位面积质量/	绝对速率			相对速率			绝对损毁程度			相对损毁程度		
号	率/%	你 灰 里/ (g·m <sup>-2</sup> )	线速率/	面积速率/	质量速率/	线速率/	面积速率/	质量速率/	长度/	面积/	质量/	长度/	面积/	质量/
		(g·m )	$(\mathrm{cm} \! \cdot \! \mathrm{s}^{1})$	$(\mathrm{cm}^2 \cdot \mathrm{s}^{-1})$	$(g\!\cdot\! s^{\text{-}1})$	$(\%\!\cdot\!\mathrm{s}^{1})$	$(\%\!\cdot\!\mathrm{s}^{-\!1})$	$(\%\boldsymbol{\cdot} s^{-1})$	cm	$\mathrm{cm}^2$	g	%	%	%
1	86.26	176	1.15	6.31	0.24	12.55	11.56	25.36	1.35	7.30	0.29	14.68	13.35	29.50
2	74.56	213	0.02	0.14	0.02	0.36	0.25	1.74	0.26	1.74	0.24	3.97	3.23	19.80
3	78.76	130	0.21	3.01	0.12	2.27	6.09	18.24	0.41	6.70	0.26	4.36	13.28	39.16
4	56.73	266	0.22	0.26	0.01	1.42	0.82	1.64	3.80	4.97	0.26	25.00	15.30	30.18
5	83.47	235	0.23	0.55	0.06	1.92	0.62	2.80	1.60	3.78	0.42	13.48	4.13	19.38
6	65.77	132	0.09	0.74	0.02	1.24	1.44	3.32	1.30	9.01	0.27	18.14	17.40	40.02

说明:表中植物顺序1.紫茎泽兰;2.中华常春藤;3.常春油麻藤;4.桂花;5.白玉兰;6.枫香。

## 表 4 相近质量紫茎泽兰活茎与旱冬瓜活枝平均着火时间和着火温度

Table 4 Ignition time and temperature of samples in terms of similar quality

		不同质量的着火时间和着火温度								
试件名称	含水率/%	(0.80 ±	$(0.80 \pm 0.08) \text{ g}$		$(1.00 \pm 0.08) \text{ g}$		0.08) g			
		着火时间/s	着火温度/℃	着火时间/s	着火温度/℃	着火时间/s	着火温度/℃			
紫茎泽兰新茎	81.61	552.7	322.7	544.0	324.0	607.3	326.3			
紫茎泽兰老茎	59.98	532.0	320.3	468.7	322.3	506.7	324.0			
旱瓜冬多年生活枝	54.02	379.7	309.7	383.7	310.0	470.0	305.0			

#### 表 5 相近尺寸紫茎泽兰活茎与旱冬瓜活枝平均着火时间、温度

Table 5 Ignition time and temperature of samples in terms of similar dimensions

样品名称	含水率/%	平均质量/g	平均体积/cm³	平均着火时间/s	平均着火温度/℃
紫茎泽兰新茎	81.61	0.708	0.662	503.7	321.1
紫茎泽兰老茎	59.98	0.922	0.683	505.2	323.3
旱冬瓜干活枝	54.02	0.771	0.684	340.9	312.3

## 2.4 干枯茎的燃烧性与干燥失水特性

从表 6 可以看出:不同紫茎泽兰干枯茎与华山松干枯枝试件直径、密度相差较大,燃烧速率也相差较大,总体上看,试件的直径、密度越大,燃烧速率越小。在直径相近的情况下,紫茎泽兰干枯茎的燃烧速率大于华山松干枯枝的燃烧速率,即紫茎泽兰干枯茎较华山松干枯枝易燃,这可以从图 1 得到验

证,即在2个径级的分别比较中,虽然经浸泡后紫茎泽兰干枯茎含水率较华山松干枯枝高,但失水较华山松干枯枝失水快,这是紫茎泽兰干枯茎较华山松干枯枝易燃的重要原因之一。

表 6 紫茎泽兰干枯茎与华山松干枯枝在 50%氧气氛下的燃烧速率

Table 6 Burning rate of samples under oxygen concentration of 50%

			燃烧 时间/s			燃烧速率					
样品	试件	直径/cm		质量/g	密度/	绝对	<b>丁速率</b>	相交	付速率		
名称	序号	H.H./CIII		灰 至/8	$(g \cdot m^{-3})$	线速率/	质量损失速	线速率/	质量损失速		
						$(cm \cdot s^{-1})$	率/(g $\cdot$ s $^{-1}$ )	$(\% \cdot s^{-1})$	率/(%·s <sup>-1</sup> )		
	1	0.43	43	0.856	0.457	0.30	0.02	2.33	2.33		
	2	0.44	37	0.875	0.383	0.40	0.02	2.70	2.70		
	3	0.45	37	1.063	0.504	0.36	0.03	2.70	2.70		
	4	0.45	29	0.745	0.355	0.45	0.03	3.45	3.45		
	5	0.46	48	1.504	0.701	0.27	0.03	2.08	2.08		
	6	0.47	32	1.028	0.463	0.40	0.03	3.13	3.13		
	7	0.48	30	0.848	0.366	0.43	0.03	3.33	3.33		
	8	0.48	39	1.256	0.530	0.33	0.03	2.56	2.56		
	10	0.51	48	1.371	0.517	0.27	0.03	2.08	2.08		
	11	0.55	45	1.366	0.436	0.29	0.03	2.22	2.22		
	12	0.59	49	1.926	0.526	0.27	0.04	2.04	2.04		
dia tr	13	0.60	41	1.569	0.437	0.31	0.04	2.44	2.44		
	14	0.60	49	1.738	0.470	0.27	0.04	2.04	2.04		
	15	0.61	39	1.844	0.482	0.34	0.05	2.56	2.56		
紫茎	16	0.63	63	2.288	0.543	0.21	0.04	1.59	1.59		
泽兰	17	0.65	60	2.420	0.558	0.22	0.04	1.67	1.67		
干枯	18	0.67	57	2.332	0.498	0.23	0.04	1.75	1.75		
茎	19	0.68	44	2.015	0.432	0.29	0.05	2.27	2.27		
	20	0.69	88	2.996	0.611	0.15	0.03	1.14	1.14		
	21	0.70	67	2.467	0.500	0.19	0.04	1.49	1.49		
	22	0.70	99	2.817	0.555	0.13	0.03	1.01	1.01		
	23	0.70	60	2.650	0.516	0.22	0.04	1.67	1.67		
	24	0.70	60	2.372	0.465	0.22	0.04	1.67	1.67		
	25	0.71	73	2.605	0.500	0.18	0.04	1.37	1.37		
	26	0.72	60	2.630	0.484	0.22	0.04	1.67	1.67		
	27	0.72	65	2.734	0.517	0.20	0.04	1.54	1.54		
	28	0.72	60	2.620	0.485	0.22	0.04	1.67	1.67		
	29	0.74	103	3.172	0.549	0.13	0.03	0.97	0.97		
	30	0.75	73	3.232	0.542	0.18	0.04	1.37	1.37		
	31	0.76	73	3.102	0.512	0.19	0.04	1.37	1.37		
	32	0.78	93	3.426	0.533	0.14	0.04	1.08	1.08		
	1	0.42	57	1.104	0.612	0.23	0.02	1.75	1.75		
	2	0.43	57	1.169	0.620	0.23	0.02	1.75	1.75		
华山	3	10.44	65	1.204	0.613	0.20	0.02	1.54	1054		
松干	4	0.47	68	1.727	0.779	0.19	0.03	1.47	1.47		
枯枝	5	0.48	67	1.529	0.672	0.19	0.02	1.49	1.49		
-	6	0.51	71	2.032	0.751	0.19	0.03	1.41	1.41		
	7	0.51	84	1.715	0.646	0.15	0.02	1.19	1.19		
	8	0.51	78	1.357	0.513	0.16	0.02	1.28	1.28		

					1,00						
			燃烧	<b>正日</b> /	密度/	燃烧速率					
样品	试件	直径/cm				绝	对速率	相对速率			
名称	序号	且任/cm	时间/s	质量/g	$(g \cdot m^{-3})$	线速率/	质量损失速率/	线速率/	质量损失速率/		
						$(cm \cdot s^{-1})$	$(g \cdot s^{-1})$	$(\% \cdot s^{-1})$	$(\% \cdot s^{-1})$		
	9	0.520	69	1.821	0.657	0.19	0.03	1.45	1.45		
	10	0.58	80	2.624	0.775	0.16	0.03	1.25	1.25		
	11	0.64	101	2.145	0.514	0.13	0.02	0.99	0.99		
(k.l.	12	0.65	83	2.977	0.696	0.16	0.04	1.21	1.21		
华山	13	0.67	94	2.808	0.608	0.14	0.03	1.06	1.06		
松干 枯枝	14	0.67	90	2.978	0.637	0.15	0.03	1.11	1.11		
竹竹仪	15	0.70	90	2.932	0.607	0.14	0.03	1.11	1.11		
	16	0.70	97	3.312	0.687	0.13	0.03	1.03	1.03		
	17	0.72	101	2.760	0.538	0.13	0.13 0.03		0.99		
	18	0.73	103	3.820	0.718	0.13	0.04	0.97	0.97		

表 6 (续)

# 3 讨论

通过对比试验可以看出:紫茎泽兰活茎叶较难燃,而干枯茎较易燃的华山松枝燃烧性强,即紫茎泽兰茎叶的燃烧性具有双重性。生土隔离带等干旱地段上的紫茎泽兰茎叶在防火期内干燥易燃,需要预防紫茎泽兰的入侵。而沟谷等潮湿地段上的紫茎泽兰茎叶在防火期内仍然具有生活力,灭火时,对于连续分布具有生活力的紫茎泽兰,可以作为阻燃物加以利用。

高氧气氛下的燃烧、垂直燃烧等试验方法都是室内装修装饰材料的阻燃性研究中常用的成熟方法,对于森林可燃物研究而言,却是一种新的方法,国内仅见李世友[17-18]将高氧气氛下的燃烧试验用于植物活枝燃烧性、树皮阻燃性评价方面的研究。紫茎泽兰的个体差异性也较大,有时位置相近、生境相似的2株植物在物候上却有较大差别,导致其燃烧性

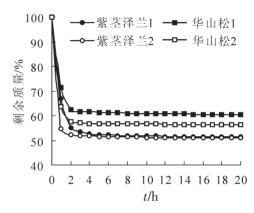


图 1 105 ℃条件下样品质量变化曲线 Figure 1 Mass curves under 105 ℃

差别较大。本研究取样的时间、地点、数量有限,根据一次取样的实验结果难以全面地反映这种差别,今后需结合紫茎泽兰的生物学、生态学特性,对其进行更为系统的研究。

#### 参考文献:

- [1] 李世友,马长乐,袁俊杰,等.昆明地区 4 种外来植物对火的生态适应对策[J]. 江西农业大学学报,2008,30 (2): 268 274.
  - LI Shiyou, MA Changle, YUAN Junjie, et al. A study on ecological adaptability strategies to wildland fire of 4 exotic species in Kunming area[J]. Acta Agric Univ Jiangxi, 2008, 30(2): 268 274.
- [2] 李世友,刘文胜,李眉慧,等. 紫茎泽兰入侵区应慎修生土隔火带[J]. 森林防火, 2009(1): 49 51. LI Shiyou, LIU Wensheng, LI Meihui, *et al.* Recommendations on building fire prevention belts as little as possible in intrusion region of *Eupatorium adenophorum* [J]. *For Fire Prev*, 2009(1): 49 51.
- [3] 李世友. 昆明"3·29" 森林火灾对防控林区火灾的启示[J]. 中国安全生产科学技术, 2009, **5**(6): 48 52. LI Shiyou. The enlightenment to forest fire prevention and control in southwest of China from the study on "3·29" Forest Fire in Kunming Area in 2006 [J]. *J Saf Sci Technol*, 2009, **5**(6): 48 52.
- [4] 韩焕金,周用武.安宁市"3·29"重大森林火灾迹地现状及管理对策[J].安徽农业科学,2009,37(34):17196-17198.
  - HAN Huanjin, ZHOU Yongwu. Present situations and countermeasures of "3·29" forest fires in Anning [J]. JAn-

- hui Agri Sci, 2009, 37(34): 17196 17198.
- [5] TRIPATHI R S, YADAV A S. Population dynamics of *Eupatorium adenophorum* Spreng. and *Eupatorium riparium* Regel in relation to burning [J]. *Weed Res*, 1987, 27(4): 229 236.
- [6] 李雪瑶,应浩.空气氛围下紫茎泽兰气化条件研究[J].精细石油化工进展,2009, **10**(8): 39 42. LI Xueyao, YING Hao. Study on air-stream gasification of *Eupatorium adenophorum* [J]. *Adv Fine Petrochem*, 2009, **10** (8): 39 42.
- [7] 李雪瑶,应浩,蒋剑春,等. 固定床热解紫茎泽兰茎干的研究[J]. 生物质化学工程,2009,43(4):38 42. LI Xueyao, YING Hao, JIANG Jianchun, et al. Study on pyrolysis of Eupatorium adenophorum in the fixed bed [J]. Biomass Chem Eng, 2009,43(4):38 42.
- [8] 尹芳, 胡觉, 张无敌, 等. 紫茎泽兰产氢产甲烷联合发酵的研究[J]. 科学通报, 2010, **55**(36): 3469 3476. YIN Fang, HU Jue, ZHANG Wudi, *et al.* The study on co-fermentation of hydrogen and methane production by *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. *Chin Sci Bull*, 2010, **55**(36): 3469 3476.
- [9] 江蕴华, 余晓华. 用紫茎泽兰生产沼气的研究[J]. 太阳能学报, 1986, **7**(3): 288 294.

  JIANG Yunhua, YU Xiaohua. The study on producing marsh gas from *Eupatorium adenophorum* Spreng. [J]. *Acta Energ Sol Sin*, 1986, **7**(3): 288 294.
- [10] 胡觉,张无敌,尹芳,等. 紫茎泽兰连续发酵产沼气实验研究[J]. 农业与技术,2006,26(4):33 36. HU Jue, ZHANG Wudi, YIN Fang, et al. A experimental study of continuous methane fermentation by using Eupatorium adenophorum Spreng. [J]. Agric Technol, 2006,26(4):33 36.
- [11] 尹芳,黄梅,徐锐,等. 紫茎泽兰的危害及其综合利用进展分析[J]. 灾害学, 2009, **24**(4): 63 67. YIN Fang, HUANG Mei, XU Rui. Analysis on *Eupatorium* hazards and development in its comprehensive utilization [J]. *J Catasrtophol*, 2009, **24**(4): 63 67.
- [12] 蔡卫东,张季,欧国腾.紫茎泽兰生物学特性研究及除治试验[J]. 贵州林业科技,2009,37(3):35-40. CAI Weidong, ZHANG Ji, OU Guoteng. Study on biological characteristic of *Eupatorium adenophorum* and its control countermeasures [J]. *J Guizhou For Sci Technol*,2009,37(3):35-40.
- [13] 欧国腾,付上通,蔡卫东,等. 紫茎泽兰主要传播途径及除治技术研讨[J]. 四川林业科技,2010,31(5):91-96.
  - OU Guoteng, FU Shangtong, CAI Weidong, et al. Research on the spreading ways of Eupatorium adenophorum and its control [J]. J Sichuan For Sci Technol, 2009, 31(5): 91 96.
- [14] 李世友, 邱红伟, 陈文龙, 等. 利用森林可燃物制炭的初步研究[J]. 山东林业科技, 2009, **39**(1): 48 49. LI Shiyou, QIU Hongwei, CHEN Wenlong, *et al.* Preliminary study on making charcoal by use of forest fuel [J]. *J Shandong For Sci Technol*, 2009, **39**(1): 48 49.
- [15] 李世友,胡小龙,马爱丽,等.中等径级藏柏树干的耐火性研究[J]. 福建林学院学报,2009, **29**(1): 65-68. LI Shiyou, HU Xiaolong, MA Aili, *et al.* Studies on fire resistance of middling size of *Cupressus torulosa* [J]. *J Fujian Coll For*, 2009, **29**(1): 65-68.
- [16] 李世友,马爱丽,朱丽,等.华山松树干耐火性初步研究[J].西北林学院学报,2009,24(2):105-108. LI Shiyou, MA Aili, ZHU Li, et al. Preliminary studies on fire resistance of Pinus armandii Bole [J]. J Northwest For Univ, 2009, 24(2):105-108.
- [17] 李世友, 昌尼娜, 管晓媛, 等. 昆明地区 15 种常见木本植物活枝的燃烧性[J]. 生态学杂志, 2012, **31**(2): 276 281.

  LI Shiyou, CHANG Nina, GUAN Xiaoyuan, *et al.* Combustion characteristics of live branches of 15 common woody plant species in Kunming, Yunnan Province [J]. *Chin J Ecol.*, 2012, **31**(2): 276 281.
- [18] 李世友,李小宁,李生红,等.3种针叶树种树皮的阻燃性研究[J].浙江林学院学报,2007,24(2):192-197.
  - LI Shiyou, LI Xiaoning, LI Shenghong, et al. Flame retardancy of wood bark from Keteleeria evelyniana, Pinus yunnanensis and Pinus armandii in Yunnan Province [J]. J Zhejiang For Coll, 2007, 24(2): 192 197.