

doi:10.16779/j.cnki.1003-5508.2018.06.003

## 5种康养植物芬多精成分及含量研究

林静, 简毅, 骆宗诗, 何家敏, 李谨宵

(四川省林业科学研究院, 四川 成都 610081)

**摘要:**为了解四川康养植物芬多精的主要成分及其含量,以柏木(*Cupressus funebris*)、马尾松(*Pinus massoniana*)、柳杉(*Cryptomeria fortune*)、香樟(*Cinnamomum septentrionale*)和苦竹(*Pleioblastus amarus*)5种植物为研究对象,采用气相色谱-质谱(GC/MS)联机法分析、鉴定活体枝叶中释放的化学成分及其相对含量。结果表明:5种康养植物活体枝叶中芬多精成分以萜烯类、醇类、酯类、醛类、酮类、烷类等6类挥发性有机物为主。柏木、马尾松、柳杉、香樟活体枝叶释放的芬多精主要成分是单萜烯和倍半萜烯,其含量均在60%以上,具有较强的生理功效。苦竹活体枝叶芬多精烷类含量最高,萜烯类 $\alpha$ -蒎烯含量最高。

**关键词:**康养植物;芬多精;单萜烯;倍半萜烯;含量

中图分类号:S788.1

文献标识码:A

文章编号:1003-5508(2018)06-0013-07

## A Study of Chemical Components and Contents in the Phytoncidere from 5 Species of Forest Health Plants

LIN Jing JIAN Yi LUO Zong-shi HE Jia-min LI Jin-xiao

(Sichuan Academy of Forestry, Chengdu 610081, China)

**Abstract:**The study collected phytoncidere from living leaves and branches of 5 forest health species: *Cupressus funebris*, *Pinus massoniana*, *Cryptomeria fortune*, *Cinnamomum septentrionale* and *Pleioblastus amarus* in Sichuan, and analyzed the chemical components and their relative content in the phytoncidere by gas chromatography-mass spectrometry (GC/MS). The results showed that six kinds of VOCS, terpenes, alcohols, esters, aldehydes, ketones and alkanes were the main components of phytoncidere in the living branches and leaves of 5 forest health species. The main components released from living branches and leaves of *Cupressus funebris*, *Pinus massoniana*, *Cryptomeria fortune* and *Cinnamomum septentrionale* were monoterpenes and sesquiterpenes, whose contents were more than 60%, which had stronger physiological function. The contents of alkane and  $\alpha$ -pinene in terpene in the living branches and leaves of *Pleioblastus amarus* were the highest.

**Key words:**Forest health plants, Phytoncidere, Monoterpene, Sesquiterpenes, Content

森林康养产业是四川省吸收国际森林疗养理念,融合中华养生文化精髓,发挥森林综合功能,服务大健康需求,创新确立的新兴战略产业<sup>[1,2]</sup>。发展森林康养产业既是践行“绿水青山就是金山银山”的发展理念,也是四川省林业实施“162”发展战略,推进供给侧结构性改革和林业产业转型升级,以

及科学利用森林资源,推动生态扶贫的客观需要和路径选择<sup>[3,4]</sup>。

植物杀菌素(phytoncide)又名芬多精(phytoncidere),是指植物的花、叶、木材、根、芽等油性细胞在自然状态下释放出的,可对其他有机体产生影响的气态挥发性或非挥发性的气态有机物VOCs,它可以增强

收稿日期:2018-11-14

基金项目:四川省科技计划项目-四川主要康养林芬多精成分及含量研究(2018CZZX33);森林和湿地生态恢复与保育四川省重点实验室资助项目。

作者简介:林静(1983-),女,博士,e-mail:linjing121004@163.com。

人体免疫力,明显抑制癌细胞生长,具有特殊的医学功能<sup>[5]</sup>。其成分包括烃类、醇类、醛类、酮类、有机酸、内酯、萜烯化合物、较复杂的含氮化合物等<sup>[6]</sup>。大量研究表明植物精气中以单萜烯和倍半萜烯的医疗保健作用最大<sup>[7]</sup>,一般树种的单萜烯和倍半萜烯之和都能达到 70% 以上<sup>[8]</sup>,针叶树种挥发物以萜烯为主<sup>[9]</sup>,而马尾松(*Pinus massoniana*)的单萜烯和倍半萜烯的相对含量之和可达 90%,对人体健康十分有益,应当大力开发利用<sup>[5]</sup>。

四川盆地及盆周山地属于亚热带季风气候区,地形特征明显,海拔 250 m ~ 1 800 m,是适宜开展森林康养活动的主要区域,主要植被类型为针叶林、阔叶林以及针阔混交林,针叶林树种以柏木(*Cupressus funebris*)、马尾松、柳杉(*Cryptomeria fortune*)、杉木(*Cunninghamia lanceolata*)为主,阔叶林树种以柃木(*Alnus cremastogyne*)、青冈(*Quercus glauca*)、香樟(*Cinnamomum septentrionale*)、桢楠(*Phoebe zhennan*)

为主,并且还有大面积的竹林,故本研究选取适合四川开展森林康养的林分中典型的植物种(柏木、马尾松、柳杉、香樟、苦竹(*Pleioblastus amarus*)),测定其活体枝叶释放芬多精的成分及含量,通过研究不同树种芬多精成分及含量的差异,试图筛选出康养基地的适宜树种,以期为康养基地的建设提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样地点

主要选取成都平原和盆周山地康养基地,远离闹市、人为活动少、空气清洁、污染少的大面积纯林中采样。每个采样点选择 3 株生长良好的标准木作为样本。采样树距离林缘 100 m 以上,样本枝下高大于 1 m。试验材料为柏木、马尾松、柳杉、香樟和苦竹,具体分布见表 1。

表 1 5 种植物基本特征

Tab. 1 The basic characteristics of 5 species plants

种类 Species	采样点 Sampling point	海拔 Altitude (m)	编号 Number	树高 Height (m)	胸径 DBH (cm)	年龄 Age (a)
柏木 <i>Cupressus funebris</i>	龙泉驿区 E104°17'35.99", N 30°31'12.33"	731	1	9	6	25
			2	10	6	25
			3	9	6	25
马尾松 <i>Pinus massoniana</i>	绵阳 E104°48'27.34", N 31°33'52.14"	582	1	6	8	28
			2	7	8	28
			3	6	8	28
柳杉 <i>Cryptomeria fortune</i>	洪雅 E103°11'04.06", N 29°45'39.83"	1 234	1	22	24	30
			2	20	28	30
			3	20	28	30
香樟 <i>Cinnamomum septentrionale</i>	龙泉驿区 E104°17'25.82", N 30°29'56.19"	1 016	1	24	32	40
			2	23	30	40
			3	22	34	40
苦竹 <i>Pleioblastus amarus</i>	洪雅 E103°13'37.95", N 29°40'39.88"	642	1	4		2
			2	4		2
			3	4		2

### 1.2 样品采集

#### 1.2.1 采集时间

样品采集在 2018 年 5 月进行。选择典型晴朗无风天气采样,每个树种各选择生长状况良好且生理特征相似的 3 株样树进行采集,连续 3 d,在每日上午 9 点—11 点进行采样。采样部位选择在树冠离地高度 1.5 m 处,每 60 min 循环采样 1 次。

#### 1.2.2 采样方法

5 种植物释放的样品采集方法:使用动态顶空吸附采样法(Dynamic Headspace collection)进行采集。具体按以下步骤进行:①用塑料袋(美国 Reyn-

olds 生产的微波炉袋)套住适量枝条后,立即用气泵抽尽塑料袋内空气;②用气泵泵入通过活性炭和 GDX-51 过滤的净化空气,并密闭系统;③充气至塑料袋内体积 2/3 时,开始循环收集,时间 60 min;④收集完成后,取下 tenax 样品管。为了减少大气干扰,收集大气挥发性物质作为实验本底。每次收集设 3 个重复。

### 1.3 样品测定

#### 1.3.1 样品前处理方法

热脱附条件:以高纯(99.999%)氦气为载气,流速为 30 ml·min<sup>-1</sup>,预吹扫 1 min;吸附管加热至

300 ℃,解吸 10 min;半导体冷阱捕集温度为 -10 ℃,解吸温度为 280 ℃,解吸 5 min;传输线温度为 210 ℃。

### 1.3.2 气相色谱质谱(GC/MS)条件

采用美国 HP GC7890/MS5975 气相色谱/质谱联用仪。所用毛细管柱为 HP-VOC(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm)(J & W scientific, USA)。载气为高纯氮气,流速为 1 mL · min<sup>-1</sup>。不分流模式,进样口温度为 250 ℃。柱温箱的升温程序为:40 ℃ 保持 2 min,然后以 5 ℃ · min<sup>-1</sup>升至 180 ℃,保持 2 min,继而以 5 ℃ · min<sup>-1</sup>升至 240 ℃,保持 5 min。电离方式 EI,70 eV;质谱接口温度 250 ℃,离子源温度 230 ℃,电离方式 EI,离子能量 70 eV,质量扫描范围为 35 u ~ 550 u。

### 1.3.3 仪器与设备

7890A/5975C 气相色谱质谱仪,色谱柱 HP-VOC 30 m × 0.25 mm × 0.25 μm,美国安捷伦公司。COMBI PAL 气相色谱多功能自动进样器(瑞士 CTC 公司),所用水由 Milli-Q 系统(Milford, MA, USA)制得。分析天平(感量 0.01 g),瑞士梅特勒-托利

多公司。

## 1.4 芬多精的鉴定

BVOCs 的组成以萜类为主,由于测得的数据较多,为便于区分,种类未采用专业性强的分类方法(即单萜、环烯醚萜、倍半萜、芳香族、脂肪族等),而是以分子结构中有机功能团类型来分为萜烯、醇、醛、酮、酯等,植物中的芬多精成分则以吴楚材等编制的《植物精气研究》中化学成分分布表比对。首先对照空气组分的主要化学成分,把采样过程中进入惰性袋内并起到循环流动载气作用的过滤空气组分作为挥发物分析的空白本底,其化学成分种类及相对含量、强度等是确定植物挥发性组分中化学成分的参照。分析惰性袋内对照空气组分的主要化学成分。若在挥发物谱图中出现上述成分,必须严格甄别,如果数量级相同,则应予以剔除。此外,通过版本软件分析可获得原始数据总离子流(TIC)(见图 1),图 1 中各峰所代表的化学信息经计算机检索确认及筛选,以此对各种挥发物成分进行鉴定。通过面积归一化法以确定各类挥发物的相对含量定量。

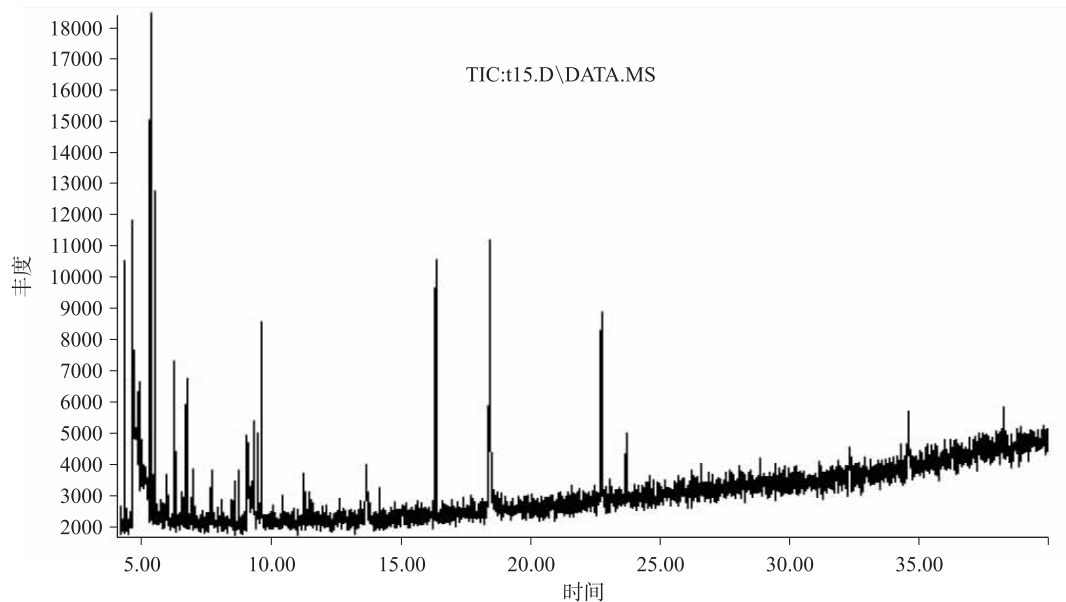


图 1 样品色谱图(TIC)

Fig. 1 The TIC of BVOCs from sample

## 2 结果与分析

### 2.1 5 种植物 BVOCs 的组成及含量

研究表明,5 种康养树种活体枝叶中化学成分以萜烯类、醇类、酯类、醛类、酮类、烷类等大类挥发性有机物为主。柏木共鉴定比对到约 149 种主

要挥发性有机物,占总挥发物的 99.61%;马尾松共鉴定比对到约 125 种主要挥发性有机物,占总挥发物的 99.25%;柳杉共鉴定比对到约 86 种主要挥发性有机物,占总挥发物的 98.83%;香樟共鉴定比对到约 150 种主要挥发性有机物,占总挥发物的 96.29%;苦竹共鉴定比对到约 121 种主要挥发性有机物,占总挥发物的 96.44%(见表 2)。

表 2 5种植物枝叶中 BVOCs 的组成及其相对含量

Tab. 2 BVOCs and relative content of phytoncidere in leaves and branches of 5 species plants

树种 Species	萜烯类 Terpenes (%)	醇类 Alcohols (%)	酯类 Esters (%)	醛类 Aldehydes (%)	酮类 Ketones (%)	烷类 Alkane (%)	总和 Tatol (%)
柏木	72.46	3.31	7.25	1.50	2.95	12.14	99.61
马尾松	83.29	5.82	2.35	1.03	1.53	5.23	99.25
柳杉	72.27	2.51	5.96	3.06	5.18	9.85	98.83
香樟	69.81	5.38	4.67	1.54	4.41	10.48	96.29
苦竹	34.61	5.13	11.86	4.95	2.13	37.76	96.44

不同的康养树种释放的挥发性有机物如表 2 所示,除苦竹外,萜烯类比例最高,约占总离子流的 69.81%~83.29%。从表 2 中可看出,柏木活体枝叶萜烯类含量最高,占挥发性物质总量的 72.46%,其次为烷类(12.14%)、酯类(7.25%)、醇类(3.31%)、酮类(2.95%),醛类含量最低,仅为 1.50%;马尾松活体枝叶萜烯类含量最高,占挥发性物质总量的 83.29%,其次为醇类(5.82%)、烷类(5.23%)、酯类(2.35%)、酮类(1.53%),以及醛类(1.03%);柳杉活体枝叶萜烯类含量最高,占挥发性物质总量的 72.27%,其次为烷类(9.85%)、酯类(5.96%)、酮类(5.18%),醛类(3.06%)、醇类含量最低,为 2.51%;香樟活体枝叶萜烯类含量最高,占挥发性物质总量的 69.81%,其次为烷类(10.48%)、醇类(5.38%)、酮类(4.41%)、酯类(4.67%)、醛类含量最低,为 1.54%。苦竹活体枝叶烷类最高,占挥发性物质总量的 37.76%,其次为萜烯类(34.61%)、酯类(11.86%)、醇类(5.13%)、

醛类(14.95%)、酮类含量最低,为 2.13%。

### 2.2 5种植物芬多精单萜烯成分及含量

由表 3 可见,柏木枝叶中单萜烯相对含量达到 58.87%,其中  $\alpha$ -蒎烯和桉烯含量最高,分别为 42.63%和 20.59%,两者之和超过了柏木枝叶芬多精总含量的 60%;马尾松枝叶中单萜烯相对含量最高,达 74.42%,其中  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯和茨烯含量相对较高,分别为 46.47%、11.61%和 14.63%;柳杉枝叶中单萜烯相对含量为 62.83%,其中  $\alpha$ -蒎烯和桉烯含量最高,分别为 30.18%和 23.34%;香樟枝叶中单萜烯相对含量达 63.16%,其中  $\alpha$ -蒎烯、桉烯、 $\beta$ -罗勒烯(E)、 $\beta$ -蒎烯、茨烯、(+)-柠檬烯和萜品烯含量相对较高,分别为 27.24%、17.86%、10.61%、3.64%、2.56%和 1.08%;苦竹枝叶中单萜烯相对含量为 26.06%,其中  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -罗勒烯(E)、(+)-柠檬烯、 $\beta$ -蒎烯和桉烯含量相对较高,分别为 13.64%、4.14%、2.56%、2.12%和 1.89%。

表 3 5种树种芬多精单萜烯成分及其相对含量

Tab. 3 Monoterpene and relative content of phytoncidere in leaves and branches of 5 species plants

类别 Classification	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对含量(%) The relative percentage(%)					
			柏木	马尾松	柳杉	香樟	苦竹	
单萜烯 Monoterpene	$\alpha$ -蒎烯 $\alpha$ -pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	42.63	46.47	30.18	27.24	13.64	
	$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -pinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.33	11.61	1.62		2.12	
	p-伞花烃 p-cymene	C <sub>10</sub> H <sub>14</sub>	0.86	0.13	0.25	0.06	0.56	
	萹烯 -3carene-3	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.27		2.25			
	三环烯 tricycoene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.36	0.31		0.11		
	$\beta$ -罗勒烯(E) $\beta$ -ocimene(E)	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.81			10.61	4.14	
	桉烯 sabinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	20.59		23.34	17.86	1.89	
	茨烯 camphere	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.63	14.63	4.02	3.64	0.40	
	$\gamma$ -松油烯 $\gamma$ -terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.15	0.10	0.25			
	$\alpha$ -松油烯 $\alpha$ -terpinene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.78	0.37	0.24			
	(+)-柠檬烯 D-limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.22	0.56	0.51	2.56	2.56	
	萜品烯 terpinolene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.24	0.24	0.17	1.08	0.75	
	合计 Tatol(%)			68.87	74.42	62.83	63.16	26.06

### 2.3 5种植物芬多精倍半萜烯成分及含量

由表 4 可见,柏木枝叶中检测到的倍半萜烯种类较少,相对含量为 2.85%,主要为  $\alpha$ -石竹烯(0.18%)、 $\beta$ -石竹烯(1.35%)、 $\alpha$ -侧柏烯

(1.32%);马尾松枝叶中检测到的倍半萜烯主要为肉桂烯(0.48%)、 $\alpha$ -石竹烯(0.10%)、 $\beta$ -石竹烯(0.42%)、 $\alpha$ -侧柏烯(0.08%)、 $\alpha$ -水芹烯(4.48%)、 $\beta$ -水芹烯(0.09%);柳杉枝叶中检测到

的倍半萜烯主要为柠檬烯 (1.21%)、 $\beta$ -侧柏烯 (1.66%);苦竹枝叶中检测到的倍半萜烯主要为肉桂烯 (1.31%)、柠檬烯 (2.65%)、 $\alpha$ -石竹烯 (0.62%)、 $\alpha$ -古巴烯 (2.34%);香樟枝叶中检测到的倍半萜烯主要为柠檬烯 (3.72%)、侧柏烯 (1.32%)、 $\beta$ -石竹烯 (1.78%)、 $\alpha$ -古巴烯 (0.58%)、 $\alpha$ -石竹烯 (0.72%)、 $\beta$ -石竹烯 (0.32%)。

表 4 5 种树种芬多精倍半萜烯成分及其相对含量

Tab.4 Sesquiterpenes and relative content of phytoncider in leaves and branches of 5 species plants

类别 Classification	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	相对含量 (%) The relative percentage (%)					
			柏木	马尾松	柳杉	香樟	苦竹	
倍半萜烯 Sesquiterpenes	肉桂烯 cinnamene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>		0.48				1.31
	柠檬烯 limonene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>			1.21	3.72	2.65	
	侧柏烯 thujene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>				0.58		
	$\alpha$ -石竹烯 $\alpha$ -caryophyllene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.18	0.10		0.72	1.32	
	$\beta$ -石竹烯 $\beta$ -caryophyllene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.35	0.42		1.66	1.78	
	$\alpha$ -侧柏烯 $\alpha$ -thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	1.32	0.08				
	$\beta$ -侧柏烯 $\beta$ -thujene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>			0.62			
	$\alpha$ -古巴烯 $\alpha$ -cuparene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>			2.34		0.32	
	$\alpha$ -水芹烯 $\alpha$ -phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>		4.48				
	$\beta$ -水芹烯 $\beta$ -phellandrene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>		0.09				
	合计 Total (%)		2.85	5.65	4.17	6.68	7.38	

#### 2.4 5 种植物其他芬多精成分及含量

植物芬多精除去单萜烯和倍半萜烯,还有其他化学成分,如二萜烯、二倍半萜烯、三萜烯、四萜烯、多萜烯、酯类、烷类等,由于种类繁多,本文只列出 5 种植物中共有的,含量较多的成分。由表 5 可见,5 种康养植物中都能检测到桉树脑、十二烷、十四烷、十六烷、1-庚烯、癸烷、异佛尔酮、草酸异丁基壬酯、

壬醛、辛烷、乙酸苯甲酯、癸环戊硅氧烷等物质,其中柏木中  $\beta$ -月桂烯含量较高,为 3.83%;马尾松 1-庚烯含量较高,为 1.26%;柳杉中未检测出  $\beta$ -月桂烯,壬醛的含量相对较高,为 1.54%;香樟中桉树脑含量较高,为 3.53%;苦竹中癸环戊硅氧烷含量最高,为 34.30%。

表 5 5 种树种其他化学成分及其相对含量

Tab.5 Other chemical components and relative content of phytoncider in leaves and branches of 5 species plants

类别 Classification	化合物 Compounds	分子式 Molecular formula	相对含量 (%) The relative percentage (%)				
			柏木	马尾松	柳杉	香樟	苦竹
其他化学成分 Other chemical components	桉树脑 eucalyptol	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	0.64	0.58	0.77	3.53	2.36
	$\beta$ -月桂烯 $\beta$ -mycene	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub>	3.83	0.63		2.02	0.93
	十二烷 dodecane	C <sub>12</sub> H <sub>26</sub>	0.16	0.17	0.75	0.23	0.77
	十四烷 tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	0.12	0.10	0.11	0.14	0.78
	十六烷 hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	0.20	0.18	0.75	0.22	0.18
	1-庚烯 1-heptene	C <sub>7</sub> H <sub>14</sub>	0.76	1.26	1.24	0.95	0.75
	癸烷 decane	C <sub>10</sub> H <sub>22</sub>	0.29	0.71	0.46	0.64	0.75
	异佛尔酮 isophorone	C <sub>9</sub> H <sub>14</sub> O	0.10	0.11	0.12	0.11	0.09
	草酸异丁基壬酯 methyl benzoate	C <sub>45</sub> H <sub>28</sub> O <sub>4</sub>	0.12	0.34	0.64	0.31	0.23
	壬醛 nonanal	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	0.86	0.46	1.54	0.75	3.50
	辛烷 octane	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub>	0.86	0.97	0.47	0.74	0.42
	乙酸苯甲酯 benzyl acetate	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	0.02	0.10	0.11	0.10	0.12
	癸环戊硅氧烷 decamethyl cyclopentasiloxane,	C <sub>10</sub> H <sub>30</sub> O <sub>5</sub> Si <sub>5</sub>	0.87	0.63	0.74	0.57	34.30
	合计 Total (%)		8.19	5.66	6.93	6.78	42.82

### 3 讨论

#### 3.1 5 种康养植物芬多精成分及含量

大量研究表明针叶树种挥发物以萜烯为主<sup>[9]</sup>,

如陈鹏等在 2001 年研究发现挪威云杉幼树的韧皮部挥发性物质的主要成分为  $\alpha$ -蒎烯、蒎烯、 $\beta$ -蒎烯等 7 种单萜类化合物<sup>[10]</sup>。陈霞等在 2005 年分析鉴定出秦岭林区油松针叶中 65 种挥发性成分,其化学成分以萜烯类等为主<sup>[11]</sup>;本研究表明柏木活体枝

叶中单萜烯相对含量达到 58.87%，其中  $\alpha$ -蒎烯和桉烯含量之和超过了柏木枝叶芬多精总含量的 60%；马尾松活体枝叶中单萜烯相对含量最高，达 74.42%，柳杉活体枝叶中单萜烯相对含量为 62.83%。

在对阔叶树种挥发物研究中，郭丽研究指出桑树 VOCs 中(顺)-乙酸-3-己烯酯的含量最高，并含有甲酸、乙酸、2-己烯醛、3-己烯醇、(顺)-乙酸-3-己烯酯、2-壬烯醇、2-癸烯醇等化学成分<sup>[12]</sup>；火炬树枝叶以萜烯类化合物为主，VOCs 的成分和含量在不同的季节呈现不同的变化，同时伴有少量酮类、醇类化合物的释放；银中杨释放的 VOCs 则以烷烃、烯烃类物质为主<sup>[13]</sup>；乙酸-3-己烯酯和乙酸庚酯的含量在皂荚和五角枫中分别为最高的<sup>[14]</sup>；本研究表明，香樟活体枝叶萜烯类含量最高，占挥发性物质总量的 69.81%。单萜烯中  $\alpha$ -蒎烯含量最高，倍半萜烯中柠檬烯含量最高。不同的阔叶树种释放的芬多精种类也不完全相同。

王靖岚等(2013)<sup>[15]</sup>通过采用循环式动态顶空采集分析测定 4 种珍稀观赏竹在夏季不同月份的种类、数量、动态变化，结果表明巴山木竹(*Bashania fargesii*)、金佛山方竹(*Chimonobambusa utilis*)、箬

竹(*Qiongzhueta tumidinoda*)和峨眉箬竹(*Idocalamus emeiensis*)竹叶产生的主要包括酯、醇、酸、醛、酮、萜烯烃类及少量酚类等成分。吴楚材等<sup>[5]</sup>的研究表明毛竹芬多精的主要成分为甲酸乙酯(42.05%)和  $\alpha$ -蒎烯(22.00%)。本研究结果表明，苦竹活体枝叶芬多精烷类含量最高，其次为萜烯类，癸环戊硅氧烷含量最高，其次为  $\alpha$ -蒎烯。

### 3.2 芬多精的生理功效

植物释放的有机物不仅对自身具有吸引传粉、调节生长发育、增强抗性和防御能力等生理生态作用，还会对环境保护和人体保健具有杀菌抑菌、净化空气、调节人体生理指标等生态功能。植物释放的芬多精具有多种生理功效，为森林中特有的“保健因子”，具有止咳、平喘、祛痰、利尿等多种功效。芬多精还能促进人体免疫蛋白的增加，增强人体抵抗疾病的能力；可调剂植物神经的平衡，使人体腺体分泌均衡；芬多精还可以与空气中臭氧和负离子共同作用，增强森林空气的舒适度和保健功能。因此芬多精可以治疗多种疾病，对咳嗽、哮喘、慢性气管炎、肺结核、神经官能症、心律不齐、冠心病、高血压、水肿、体癣、烫伤等都有一定疗效，尤其是对呼吸道疾病的效果十分显著<sup>[5,16]</sup>(见表 6)。

表 6

萜烯类化合物的生理功效

Tab. 6

Physiological functions of terpenoid

生物学特性	单萜烯	倍半萜烯	二萜烯	生物学特性	单萜烯	倍半萜烯	二萜烯
麻痹	●			祛痰	●		
强壮	●	●		降血压	●	●	●
镇痛		●		杀虫	●		●
驱虫	●	●		刺激性	●	●	
抗菌	●	●	●	生长激素	●	●	●
抗痲疾		●		芳香	●	●	●
抗组胺	●			植物刺激	●	●	
抗炎性	●	●		止泻	●		●
抗风湿	●			镇静	●	●	
抗肿瘤	●	●	●	有毒	●	●	●
促进胆汁分泌		●		维生素	●		●
利尿	●						

### 3.3 单萜烯的成分及含量

单萜烯是植物源挥发性物质的重要组成部分，植物利用初级代谢产物在酶的催化作用下通过次生代谢反应产生<sup>[17]</sup>，植物自身独特结构如腺毛和树脂道是大量储存和排放单萜烯的重要部位。据测算全球的植物排放单萜烯总量为  $1150 \times 10^6 \text{ tC} \cdot \text{a}^{-1}$ <sup>[8]</sup>，其在大气化学中也起着重要作用。单萜烯在大气中的存留时间约为 1 min 到几小时，若受到人为干扰其存留时间会大为缩短<sup>[18]</sup>。

罗蒙尔特(Rommelt)的研究结果显示，萜类成分透过皮肤的速率为水的 100 倍，为盐分(NaCl)的 1 000 倍，同时人体可以不断吸收和释放萜类化合物，使体内处于平衡<sup>[5]</sup>。日本学者实验证实，在百日咳患者的身旁散置精气植物，可将空气中的细菌减至 1/10，在混有结核菌或大肠菌的水滴旁放置精气植物，数分钟后这些细菌就灭死。琉球大学农学部我嗣良教授对树木香味作了研究，指出其挥发成分为萜烯类物质<sup>[5]</sup>，日本只木良也博士对萜类

化合物的生理功效进行了研究,在萜类物质中,单萜类化合物的生理功效最多<sup>[5]</sup>。

本研究中不同的康养植物释放的挥发性有机物存在差异,除苦竹外,基本都以萜烯类为主,约占总离子流的 69.81% ~ 83.29%。结合表 2 和表 3 可得,5 种植物中主要的单萜烯为  $\alpha$ -蒎烯、 $\beta$ -蒎烯、 $p$ -伞花烃、萹烯-3、三环烯、 $\beta$ -罗勒烯(E)、桉烯、茨烯、 $\gamma$ -松油烯、 $\alpha$ -松油烯、(+)-柠檬烯、萜品烯。 $\alpha$ -蒎烯具有抗肿瘤、抗真菌、抗过敏及改善溃疡的作用;罗勒烯能缓解紧张和疲劳<sup>[19]</sup>;紫苏烯和  $\beta$ -蒎烯能够祛痰镇咳<sup>[20]</sup>;  $p$ -伞花烃具有显著的祛痰,止咳,平喘的功效<sup>[21]</sup>;松油烯和萜品烯也具有平喘作用<sup>[22]</sup>。故在康养基地多栽种能释放单萜烯类的植物可以发挥抑菌杀菌、净化空气质量作用,有利于缓解人们工作压力、肠道问题。

### 3.4 倍半萜烯的成分及含量

倍半萜烯含以多个异戊二烯为单位的,有多个共轭或非共轭不饱和键的生化物质。具有挥发度低,沸点高,分子大(比单萜烯分子大),水溶性低等特点。同时作为萜烯类物质又具有抗组织安、可抗炎、消炎止痛、镇静神经系统、排毒的生理功效<sup>[23]</sup>。本研究结果表明,柏木枝叶中检测到的倍半萜烯主要为  $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -侧柏烯;马尾松枝叶中检测到的倍半萜烯主要为肉桂烯、 $\alpha$ -石竹烯、 $\beta$ -石竹烯、 $\alpha$ -水芹烯;柳杉枝叶中检测到的倍半萜烯主要为柠檬烯、 $\beta$ -侧柏烯、 $\alpha$ -古巴烯;香樟枝叶中检测到的倍半萜烯主要为柠檬烯、侧柏烯、 $\alpha$ -石竹烯、 $\beta$ -石竹烯;苦竹枝叶中检测到的倍半萜烯主要为肉桂烯、柠檬烯、 $\alpha$ -石竹烯、 $\beta$ -石竹烯。故在康养基地适当配置倍半萜烯释放量高的植物,有利于缓解人们工作压力、达到医疗保健的目的。

## 4 结论

5 种康养树种活体枝叶中芬多精成分以萜烯类、醇类、酯类、醛类、酮类、烷类等六类挥发性有机物为主。单萜烯和倍半萜烯相对含量之和作为衡量植物保健作用的指标。柏木、马尾松、柳杉、香樟活体枝叶释放的芬多精主要成分是单萜烯和倍半萜烯,其含量均在 60% 以上,具有较强的生理功效,表明柏木、马尾松、柳杉、香樟可作为理想的保健树种,可以在这 4 种植物的纯林分中建立森林浴场、森林保健中心、森林医院,从而广泛开展森林康养活动。

## 参考文献:

- [1] 刘拓,何铭涛. 发展森林康养产业是实行供给侧结构性改革的必然结果[J]. 林业经济,2017,2:39~43.
- [2] 孙抱朴.“森林康养”是我国大健康产业的新业态、新模式[J]. 商业文化,2015,22:82~83.
- [3] 杜朝云,蒋春蓉. 森林康养发展概况[J]. 四川林勘设计,2016,2:6~9.
- [4] 何彬生,贺维,张炜,等. 依托国家森林公园发展森林康养产业的探讨—以四川空山国家森林公园为例[J]. 四川林业科技,2016,1:81~87.
- [5] 吴楚材,吴章文,罗江滨. 植物精气研究[M]. 北京:中国林业出版社,2006.
- [6] 粟娟,王新明,梁杰明. 等. 珠海市 10 种绿化树种“芬多精”成分分析[J]. 中国城市林业,2005,3(3):43~45.
- [7] 高岩. 北京市绿化树种挥发性有机物释放动态及其对人体健康的影响[D]. 北京:北京林业大学生物学院,2005.
- [8] Guenher A B, Monson R K, FALL R. Isoprene and monoterpene emission rate variability: observations with eucalyptus and emission rate algorithm development [J]. J Geophys Res, 1991, 96 (6): 10799~10808.
- [9] 王立春,任琴,许志春,等. 茉莉酸甲酯对马尾松松针萜烯类挥发物及马尾松毛虫生长发育的影响[J]. 北京林业大学学报,2008,30(1):79~84.
- [10] 陈鹏,赵涛,李丽莎. 挪威云杉幼树韧皮部挥发性物质的测定[J]. 云南林业科技,2001,2:58~60.
- [11] 陈霞,陈辉,高锦明. 秦岭油松针叶挥发性物质的成分分析[J]. 西北植物学报,2005,25(6):1230~1233.
- [12] 郭丽,毕拥国,王志刚,等. 桑树挥发物化学成分分析[J]. 河北林果研究,2006,21(2):192~193.
- [13] 郭阿君. 4 种园林树木挥发性有机物释放动态及其抑菌作用的研究[D]. 哈尔滨:北京林业大学,2007.
- [14] 张凤娟,李继泉,徐兴友,等. 皂荚和五角枫挥发性物质组成及其对空气微生物的抑制作用[J]. 园艺学报,2007,34(4):973~977.
- [15] 王靖岚. 箬竹等四种珍稀观赏竹挥发性有机物释放研究[D]. 温江:四川农业大学,2013.
- [16] 吴章文,吴楚材,陈奕洪,等. 8 种柏科植物的精气成分及其生理功效分析[J]. 中南林业科技大学学报,2010,30(10):1~9.
- [17] 吴敏. 5 种杉科植物不同部位的精气成分[J]. 中南林学院学报,2006,26(3):82~86.
- [18] Atkinson R. Atmospheric chemistry of VOCs and NOx[J]. Atmos Environ., 2000,34:2061~2101.
- [19] 占爱瑶,由香玲,詹亚光. 植物萜类化合物的生物合成及应用[J]. 生物技术通讯,2010,21(1):131~135.
- [20] 张薇,程政红,刘云国,等. 植物挥发性物质成分分析及抑菌作用研究[J]. 生态环境,2007,16(3):1455~1459.
- [21] 张福珠,苗鸿,鲁纯. 落叶阔叶林释放异戊二烯的研究[J]. 环境科学,1994,15(1):1~6.
- [22] 王永峰,李庆军. 陆地生态系统植物挥发性有机化合物的排放及其生态学功能研究进展[J]. 植物生态学报,2005,29(3):487~496.
- [23] 洪蓉. 北京植物园有机挥发物的构成及其保健作用[D]. 北京:北京林业大学,2002.