

# The Analysis of Volatile Composition from the Leaves and Culm of *Neosinocalamus affinis* in Muchuan of Sichuan Province

Xue Zhao, Xiuhua Zhao, Yuangang Zu\*, Ziqi Feng, Yan Wu

Key Laboratory of Forest Plant Ecology, Ministry of Education, Northeast Forestry University, Harbin  
Email: \*[tangzh@nefu.edu.cn](mailto:tangzh@nefu.edu.cn)

Received: Sep. 19<sup>th</sup>, 2014; revised: Oct. 22<sup>nd</sup>, 2014; accepted: Nov. 2<sup>nd</sup>, 2014

Copyright © 2014 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## Abstract

The constituents of volatile oils extracted with steam distillation from leaves and culm of *Neosinocalamus affinis* in Muchuan of Sichuan Province were analyzed by GC-MS and their relative concentrations were acquired with the method of area normalization. The data obtained by the analysis of volatile compounds are identified by Nist Database. There are 34 kinds of compositions identified from the leaves, which are mainly 10 ketone compounds, 7 aldehyde compounds, 6 ester compounds, 2 alkane compounds, 4 alcohol compounds and 5 naphthalene compounds. They make up 39.59% and 23.69%, 14.16%, 12.41%, 4.22% and 4.65% of the identified compositions respectively. The main components from the leaves were Farnesylacetone (11.74%), Phenanthrene (10.60%), Beta-Ionone (7.23%). There are 31 kinds of compositions identified from the culm, which are mainly 16 ester compounds, 5 ketone compounds, 2 phenol compounds, 4 alcohol compounds, 1 alkane compound, 1 acid compound and 2 aldehyde compounds. They make up 48.92%, 19.53%, 17.01%, 8.50%, 3.29%, 1.45% and 1.27% of the identified compositions respectively. The main components from the culm were 2-(tert-Butyl)-4,6-dimethyl-phenol (16.48%), Methyl tetracosanoate (9.34%), L-Ascorbic acid 6-palmitate (8.62%). This study was to provide the experimental foundation for knowing more about volatile compounds and reasonable utilization of *Neosinocalamus affinis* in Muchuan of Sichuan Province.

## Keywords

*Neosinocalamus affinis*, Steam Distillation, Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS), Volatile Components

\*通讯作者。

# 四川省沐川慈竹(*Neosinocalamus affinis*)叶和竹秆挥发性成分分析

赵 雪, 赵修华, 祖元刚\*, 冯子奇, 吴 岩

东北林业大学森林植物生态学教育部重点实验室, 哈尔滨

Email: \*tangzh@nefu.edu.cn

收稿日期: 2014年9月19日; 修回日期: 2014年10月22日; 录用日期: 2014年11月2日

## 摘 要

采用水蒸气蒸馏法, 从四川省沐川慈竹叶及竹秆中提取挥发油, 通过气相色谱-质谱联机分析法对沐川慈竹叶及竹秆挥发性成分进行分析, 采用面积归一化法测定了挥发油中各组分的相对质量分数。实验利用Nist数据库鉴定了慈竹叶中挥发性组分34种, 主要为酮(39.59%)类10种、醛(23.69%)类7种、脂(14.16%)类6种、烷烃(12.41%)类2种、醇(4.22%)类4种、萘(4.65%)类5种等, 含量较高的有法尼基丙酮(11.74%)、菲(10.60%)、U-紫罗兰酮(7.23%); 竹秆中挥发性组分31种, 主要为脂(48.92%)类16种、酮(19.53%)类5种、酚(17.00%)类2种、醇(8.50%)类4种、烷烃(3.29%)类1种、酸(1.45%)类1种、醛(1.27%)类2种等, 含量较高的有2,6-二叔丁基对甲基苯酚(16.48%)、十四酸甲酯(9.34%)、抗坏血酸二棕榈酸酯(8.62%)。该实验结果为了解四川省沐川慈竹叶和竹秆中挥发性成分及进一步开发应用提供了依据。

## 关键词

慈竹, 水蒸气蒸馏, 气相色谱-质谱法, 挥发性成分

## 1. 引言

慈竹(*Neosinocalamus affinis*)为禾本科(Poaceae)箣竹属(*Bambusa*), 特产于我国的四川、云南、贵州、湖南西部、湖北西部、陕西南部 and 甘肃南部, 其中四川省沐川县是全国慈竹主要产区之一, 全县竹林面积达 5.33 万平方公顷, 其中, 慈竹面积 4.0 万平方公顷, 占全县竹林面积的 75% [1]。慈竹用途极为广泛, 其内丰富的竹纤维作为一种天然绿色可再生、可降解的植物纤维, 是继棉、麻、毛、丝之后人类应用的又一新型纺织纤维。随着竹材加工利用技术不断创新, 新产品层出不穷, 它还可作为建筑、家具、农具和工艺品的原料等, 并广泛应用于建筑、装饰、家具、包装、运输等多个领域, 具有重要的开发价值和市场前景[2]。

近年来, 慈竹中挥发性成分作为竹类提取物中重要的一类次生物质, 其香气具有典型的绿叶特征, 接近瓜、果、茶的香型, 并且具有很高的药用价值, 在香料、医药、食品等方面有较大用途。本实验主要是利用水蒸汽蒸馏法, 采用气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术对四川省沐川慈竹叶和竹秆中挥发性成分进行分析。通过标准谱库检索确定, 采用峰面积归一化法确定慈竹叶与竹秆中挥发性成分的百分含量, 为了解四川省沐川慈竹中挥发性成分及进一步开发应用提供了依据。

## 2. 材料与方法

### 2.1. 材料

慈竹叶与竹秆样品于今年9月上旬采自于四川省乐山市沐川县。将采集的竹叶与竹秆擦去表面浮尘,自然条件下于通风处室内阴干。将各竹秆切成约3 cm × 2 cm长小块,分别与竹叶用电动粉碎机加工成粉末,经过60目筛处理后,于-20℃冰柜中保存备用。

### 2.2. 方法

#### 2.2.1. 水蒸气蒸馏法提取慈竹挥发性成分

分别称取慈竹叶与竹秆粉末样品20 g,放入1 L的圆底烧瓶中,加入10倍体积蒸馏水,微沸提取6 h,结束蒸馏。收集馏出液500 mL。用氯化钠饱和后,用正己烷萃取。萃取液用无水硫酸钠干燥后过滤,用旋转蒸发器回收正己烷,得到淡黄色的挥发性液体1 mL。密封保存,供分析用,以上试剂均为分析纯。

#### 2.2.2. GC-MS 测定慈竹叶与竹秆中挥发性成分

慈竹挥发性成分的测定采用气相色谱-质谱法测定,使用美国安捷伦(GC-MSD 6890N-5973Agilent) [3]。气相色谱-质谱条件如下,色谱柱: HP-5MS (30 m × 0.25 mm, 0.25 μm); 程序升温: 初始温度 60℃, 保持 5 min, 然后以 10℃/min 的速度升至 120℃, 保持 5 min, 再次以 10℃/min 的速度升至 200℃, 保持 5 min, 最后以 10℃/min 的速度升至 280℃, 保持 15 min; 载气为高纯 He; 载气(He)流速 1 mL·min<sup>-1</sup>; 进样口温度 280℃; 进样量 2 μL; 分流进样比为 2:1。质谱条件如下,电子轰击(EI)离子源: 电子能量 70 eV; 离子源温度: 230℃; 传输线温度 280℃; 四级杆温度 150℃; 质量扫描范围 m/z: 15~500 amu [4]。

质谱图谱分析: 利用计算机标准质谱图库(NIST2002)进行检索,参考检索数据符合度(匹配度大于80%),同时结合相关文献进行人工谱图解析,鉴定其化学成分。运用气相色谱面积归一化法确定各个成分的相对百分含量[5]。

### 2.3. 数据处理

#### 2.3.1. 定性分析

本文使用 Agilent MSD ChemStation 软件和 Nist 数据库分别对沐川慈竹竹叶和竹秆中挥发性组分进行定性分析。Nist 数据库(<http://www.nist.gov/srd/>)检索步骤主要如下:

##### 1) 启动 NIST 检索

在程序栏 NIST Mass Spectral Database 的 MS Search v2.0 进入 Nist Search, 在安捷伦的工作站的 DATA ANALYSIS 的 Spectrum 菜单的 Nist Search 进入, 从 Amdis 导入谱图。

##### 2) NIST 谱库检索

未知物通过 NIST 谱库与化学工作站链接进行检索, 在 NIST 检索的结果里有 Match (检索匹配度), 我们对匹配度超过 85% 的数据进行保留。保留的一种或几种高匹配度的化合物的名称、CAS 号、分子式、分子量、离子峰等信息与谱图解析进行对比分析。

#### 2.3.2. 定量分析

本文使用面积归一化法分别对沐川慈竹竹叶和竹秆中挥发性组分进行定量分析, 并使用 EXCEL 等软件进行作图。

## 3. 结果与讨论

### 3.1. 慈竹竹叶中挥发性成分分析

慈竹竹叶中水提取物经气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术分离分析的总离子流图见图 1。

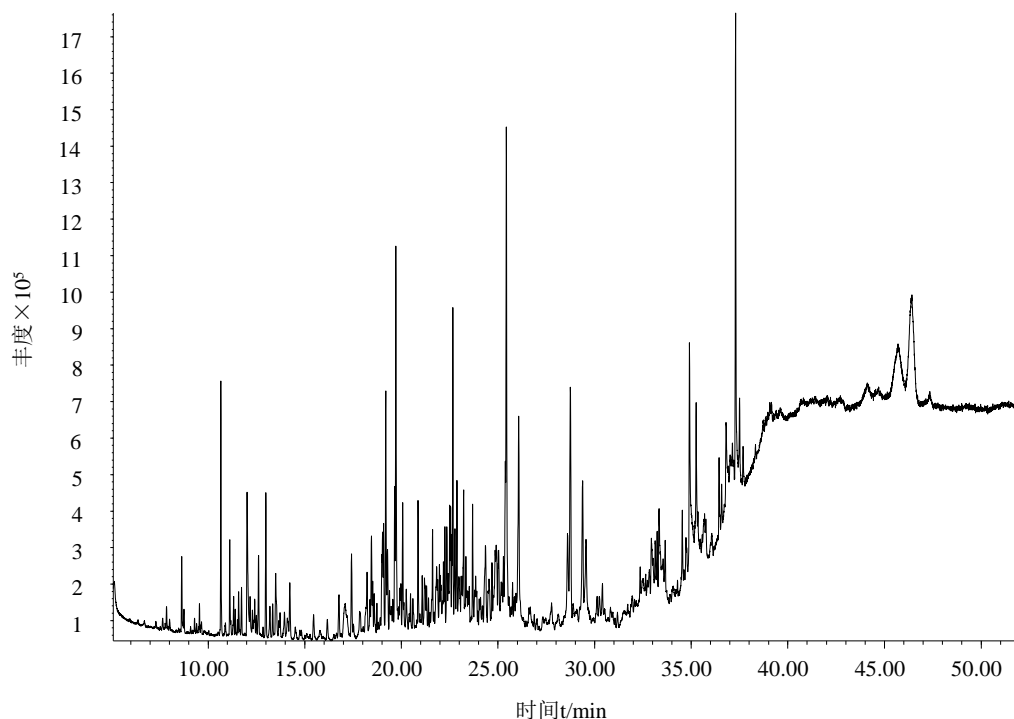


Figure 1. Analysis of volatile compounds from the leaves of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
图 1. 慈竹叶中挥发性物质成分的 GC-MS 分析谱图

由表 1 可看出, 利用 Nist 数据库鉴定了慈竹叶中挥发性组分 34 种, 主要为酮(39.59%)类 10 种、醛(23.69%)类 7 种、脂(14.16%)类 6 种、酚(10.60%)类 1 种、醇(4.22%)类 4 种、烷烃(1.81%)类 1 种、萘(4.65%)类 5 种等。其中慈竹叶中主要挥发性成分为法尼基丙酮(11.74%)、菲(10.60%)、U-紫罗兰酮(7.23%)。法尼基丙酮是一种重要医药中间体; 菲常被用于染料和药物中; 菲用于制菲醌、合成树脂、农药、防腐剂等; 高组分的 U-紫罗兰酮具有紫罗兰香气, 是合成维生素 E 和维生素 A 的重要中间体, 也广泛应用在日化香精和烟用香精行业中[6]。

### 3.2. 慈竹竹秆中挥发性成分分析

慈竹竹秆水提取物经气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术分离分析的总离子流图见图 2。利用 Nist 数据库鉴定了慈竹叶中挥发性组分 31 种。

由表 2 可看出, 竹秆中挥发性组分 31 种, 主要为脂(48.92%)类 16 种、酮(19.53%)类 5 种、酚(17.01%)类 2 种、醇(8.50%)类 4 种、烷烃(3.29%)类 1 种、酸(1.45%)类 1 种、醛(1.27%)类 2 种等, 含量较高的有 2,6-二叔丁基对甲基苯酚(16.48%)、十四酸甲酯(9.34%)、抗坏血酸二棕榈酸酯(8.62%)。2,6-二叔丁基对甲基苯酚在石油工业中是各种润滑油, 二次加工汽油、石蜡和其他一些矿物油的优良抗氧化剂[7]; 十四酸甲酯又称肉豆蔻酸甲酯是常用于蜂蜜、椰子等食用香精, 亦是日用香精和化妆品中的重要成分; [8]抗坏血酸二棕榈酸酯又称为维生素 C 棕榈酸酯, 可作抗氧化剂, 可用于含油脂食品、方便面、食用油脂和氢化植物油[9]。

### 3.3. 慈竹叶与竹秆中共有成分分析

慈竹叶与竹秆水提取物经气相色谱-质谱(GC-MS)联用技术分离分析的总离子流图叠加分析见图 3。

由上述 GC-MS 分析结果可知, 慈竹竹叶与竹秆中水提取液中共同检出挥发性成分 7 种, 分别为: 苯

**Table 1.** Analysis of volatile compounds from the leaves of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
**表 1.** 慈竹叶水提取液中挥发性物质成分的 GC-MS 分析结果

编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	保留时间 Retention time/min	相对含量 Relative content %
1.	苯乙醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120.15	7.853	0.58%
2.	间甲苯苯甲醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120.15	8.636	1.87%
3.	(S)-氧化芳樟醇	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O <sub>2</sub>	170.11	8.753	0.59%
4.	2,6-二甲基环己醇	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128.21	9.554	0.60%
5.	间苯二甲醛	C <sub>8</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	134.13	10.660	5.79%
6.	2,4-二甲基苯甲醛	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O	134.18	11.121	2.36%
7.	萘	C <sub>10</sub> H <sub>8</sub>	128.17	11.581	1.17%
8.	T-松油醇	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154.25	11.731	1.22%
9.	癸醛	C <sub>10</sub> H <sub>20</sub> O	156.26	12.071	6.48%
10.	U-环柠檬醛	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	152.23	12.413	1.01%
11.	3,7-二甲基-2,6-辛二烯-1-醇	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154.24	13.344	1.02%
12.	2,6,6-三甲基-1-环己烯基乙醛	C <sub>11</sub> H <sub>18</sub> O	166.23	13.498	3.07%
13.	2-苯基巴豆醛	C <sub>10</sub> H <sub>10</sub> O	144.19	13.723	0.83%
14.	大马士酮	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190.28	16.772	1.71%
15.	1,2-二氢-1,5,8-三甲基萘	C <sub>13</sub> H <sub>16</sub>	172.27	17.097	3.48%
16.	六氢假紫罗酮	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O	198.35	17.422	2.77%
17.	T-紫罗兰酮	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	193.32	17.845	1.28%
18.	反式-6,10-二甲基-5,9-十一碳二烯-2-酮	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	194.32	18.453	3.39%
19.	U-紫罗兰酮	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	194.32	19.194	7.23%
20.	4-[2,2,6-三甲基-7-氧杂二环[4.1.0]庚-1-基]-3-丁烯-2-酮	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O <sub>2</sub>	208.23	19.283	3.22%
21.	1-金刚烷甲酮	C <sub>12</sub> H <sub>18</sub> O	178.27	19.557	1.04%
22.	二氢猕猴桃内酯	C <sub>11</sub> H <sub>16</sub> O <sub>2</sub>	180.24	20.476	1.09%
23.	4,7,9-巨豆三烯-3-酮	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190.22	21.615	3.45%
24.	月桂酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228.36	21.970	1.73%
25.	2-异-丙基苯甲醛	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O	148.21	23.846	1.71%
26.	2-戊基癸酮	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226.4	24.353	5.04%
27.	1,13-十四烷二烯	C <sub>14</sub> H <sub>26</sub>	194.36	24.691	1.81%
28.	菲	C <sub>14</sub> H <sub>10</sub>	178.23	26.066	10.60%
29.	十五酸乙酯	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270.45	28.597	6.40%
30.	法尼基丙酮	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O	262.43	28.742	11.74%
31.	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	284.48	30.405	1.27%
32.	叶绿醇	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	296.53	32.498	0.79%
33.	十八烯酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310.51	33.653	2.68%
34.	硬脂酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312.53	39.070	1.00%

**Table 2.** Analysis of volatile compounds from the culm of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
**表 2.** 慈竹秆水提取液中挥发性物质成分的 GC-MS 分析结果

编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	保留时间 Retention time/min	相对含量 Relative content %
1.	苯乙醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120.15	7.850	0.67%
2.	壬醛	C <sub>9</sub> H <sub>18</sub> O	142.24	9.300	0.61%
3.	2,6-二甲基环己醇	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128.16	9.553	0.96%
4.	2-甲氧基-4-乙烯基苯酚	C <sub>9</sub> H <sub>10</sub> O <sub>2</sub>	150.18	14.750	0.53%
5.	大马士酮	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190.28	16.764	1.63%
6.	香叶基丙酮	C <sub>13</sub> H <sub>22</sub> O	194.32	18.448	6.16%
7.	$\beta$ -紫罗兰酮	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192.30	19.191	7.96%
8.	2,6-二叔丁基对甲基苯酚	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub> O	220.35	19.709	16.48%
9.	月桂酸甲酯	C <sub>13</sub> H <sub>26</sub> O <sub>2</sub>	214.34	20.254	1.85%
10.	月桂酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228.36	21.970	3.91%
11.	长叶烯	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204.5	23.683	3.29%
12.	红没药醇	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222.37	24.071	2.05%
13.	十四酸甲酯	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O <sub>2</sub>	242.40	24.855	9.34%
14.	正十五烷酸甲酯	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256.42	27.010	0.77%
15.	植酮	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268.48	27.317	0.78%
16.	邻苯二甲酸二异丁酯	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278.34	27.762	2.07%
17.	水杨酸苄酯	C <sub>14</sub> H <sub>12</sub> O <sub>3</sub>	228.25	28.105	1.51%
18.	7-十六碳烯酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	268.44	28.520	1.80%
19.	法尼基丙酮	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O	262.43	28.705	3.02%
20.	14-甲基十五烷酸甲酯	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	270.64	29.079	0.83%
21.	9-十七醇	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub> O	256.47	29.334	3.03%
22.	异丁基-邻苯二甲酸酯	C <sub>16</sub> H <sub>22</sub> O <sub>4</sub>	278.34	29.538	5.70%
23.	棕榈酸	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	256.42	30.117	1.45%
24.	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	284.48	30.395	1.76%
25.	8,11-十八碳二烯酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O	294.5	32.057	0.13%
26.	亚麻酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O	292.46	32.354	4.08%
27.	叶绿醇	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	296.54	32.631	2.46%
28.	硬脂酸甲酯	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O	298.5	32.827	1.51%
29.	亚油酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>36</sub> O	308.50	33.533	2.30%
30.	亚麻酸乙酯	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O	306.48	33.645	2.73%
31.	抗坏血酸二棕榈酸酯	C <sub>38</sub> H <sub>68</sub> O	652.94	36.439	8.62%

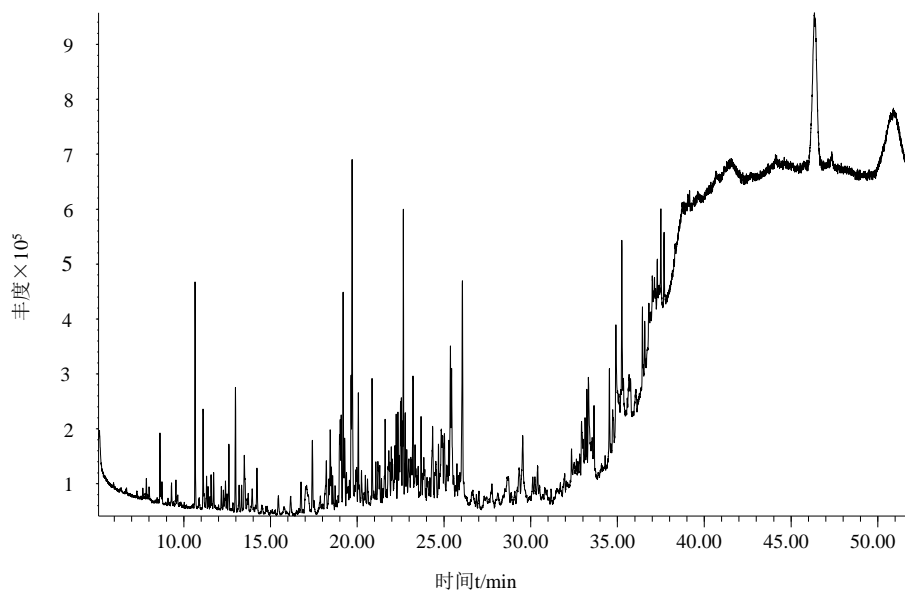


Figure 2. Analysis of volatile compounds from the culm of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
图 2. 慈竹秆水提取液中挥发性物质成分的 GC-MS 分析谱图

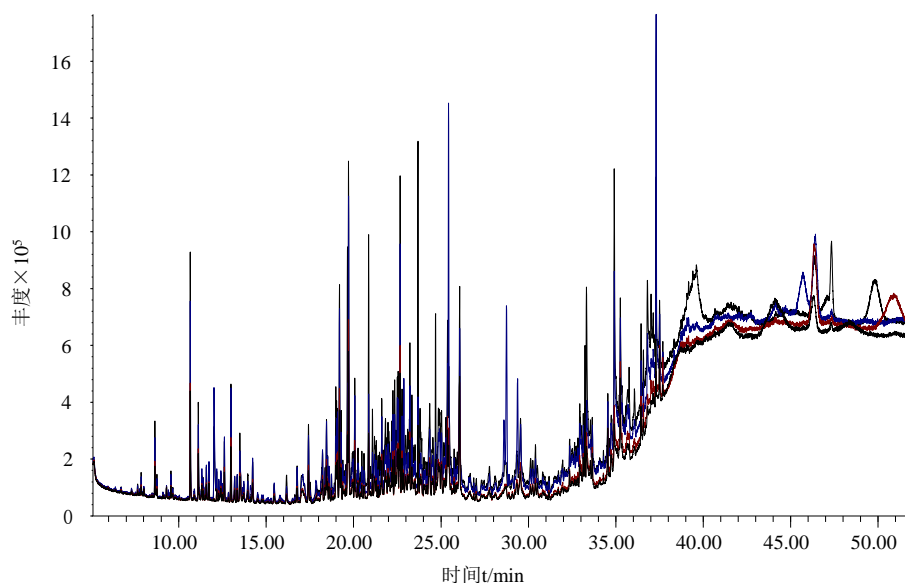


Figure 3. Analysis of volatile compounds from the leaves and culm of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
图 3. 慈竹叶与竹秆水提取液中挥发性物质成分的 GC-MS 分析谱图

乙醛、2,6-二甲基环己醇、大马士酮、月桂酸乙酯、法尼基丙酮、棕榈酸乙酯、叶绿醇。在慈竹竹叶与竹秆共有挥发性组分中,苯乙醛是一种香料,具有洋水仙的幽雅香气,在香料、化妆品工业中有重要用途,同时也是合成药物、食品添加剂和农业化学品等精细化学品的重要原料[10];大马士酮是玫瑰油重要的香成分之一,用于高级玫瑰系列化妆品香精中,该品是近年发现的化合物[11];月桂酸乙酯主要用于配制干酪、椰子、科涅克白兰地和坚果等型香精、香料,亦为良好定香剂;法尼基丙酮是一种重要医药中间体[12];棕榈酸乙酯用于配制奶油、牛脂、牛奶、猪肉及鱼类、香辛料用香精,也可用于配制朗姆酒香精[13];叶绿醇是合成维生素 K 及维生素 E 的原料[14]。具体含量分析如表 3。



**Table 3.** Analysis of volatile compounds from the leaves and culm of *Neosinocalamus affinis* by GC-MS  
**表 3.** 慈竹叶与竹秆水提取液中挥发性物质成分的 GC-MS 分析结果

编号 No.	化合物 Compound	分子式 Molecular formula	分子量 Molecular weight	保留时间 Retention time/min		相对含量 Relative content %	
				叶	秆	叶	秆
1.	苯乙醛	C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> O	120.15	7.853	7.850	0.58%	0.67%
2.	2,6-二甲基环己醇	C <sub>8</sub> H <sub>16</sub> O	128.21	9.554	9.553	0.60%	0.96%
3.	大马士酮	C <sub>13</sub> H <sub>18</sub> O	190.28	16.772	16.764	1.69%	1.63%
4.	月桂酸乙酯	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228.36	21.970	21.970	1.71%	3.91%
5.	法尼基丙酮	C <sub>18</sub> H <sub>30</sub> O	262.43	28.742	28.705	11.60%	3.02%
6.	棕榈酸乙酯	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	284.48	30.405	30.395	1.25%	1.76%
7.	叶绿醇	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	296.53	32.498	32.631	0.78%	2.46%

#### 4. 结论

本文通过对四川省沐川慈竹叶与竹秆中挥发性组分的分析,发现慈竹叶中所含苯乙醛(0.58%)、大马士酮(1.71%)、T-紫罗兰酮(1.28%)、U-紫罗兰酮(7.23%)、六氢假紫罗兰酮(2.77%),这5种化合物的相对含量占总挥发性成分的13.57%;慈竹秆中所含苯乙醛(0.67%)、大马士酮(1.63%)、香叶基丙酮(6.16%)、 $\beta$ -紫罗兰酮(7.96%)、长叶烯(3.29%)、红没药醇(2.05%)、法尼基丙酮(3.02%),这7种化合物的相对含量占总挥发性成分的23.89%。它们都是慈竹中重要的香气成分之一,主要用于化妆品香精中,如苯乙醛是一种香料,具有洋水仙的幽雅香气,在香料、化妆品工业中是重要的原料;高组分的U-紫罗兰酮具有紫罗兰香气,被广泛应用在日化香精和烟用香精行业中。随着人们对慈竹的深入研究,以及提取工艺的不断完善,慈竹将在化妆品、香料、天然抗氧化剂等其它行业得到越来越广泛的应用。该实验结果为了解四川省沐川慈竹叶和竹秆中挥发性成分及进一步开发应用提供了依据。

#### 参考文献 (References)

- [1] 黄萍, 陈元贵, 杨永忠, 邱龙远, 陈其勇 (2013) 沐川县慈竹无性系选育研究. *四川林业科技*, **12**, 80-81.
- [2] 姚曦 (2014) 梁山慈竹竹秆化学成分及生物活性研究. *中国林业科学研究院*, **1**, 1-2.
- [3] 宋爱华, 林奇泗, 赵春杰 (2013) GC-MS 法研究 3 种提取方法对玉竹挥发性成分的影响. *沈阳药科大学学报*, **12**, 945-946.
- [4] 薛月芹, 袁珂, 朱美晓, 楼炉焕 (2009) 不同方法提取 GC-MS 法分析淡竹叶中的挥发油化学成分. *药物分析杂志*, **6**, 955-956.
- [5] 喻谨, 岳永德, 汤锋, 王进, 姚曦 (2014) 水蒸汽蒸馏 - 气相色谱 - 质谱法分析 7 种竹叶挥发油的香气成分. *分析科学学报*, **4**, 197-198.
- [6] 孙青, 舒学军, 陈茹冰, 殷旭光, 王波 (2012) 香料紫罗兰酮的合成研究. *浙江大学学报*, **1**, 56-57.
- [7] 任兴权 (2013) 食用植物油中抗氧化剂丁基羟基茴香醚(BHA)和 2,6-二叔丁基-4-甲基苯酚(BHT)的检测. *兰州大学*, **5**, 1-2.
- [8] 周熠, 谭兴和, 李清明 (2009) 超临界 CO<sub>2</sub> 萃取箬竹叶挥发油的气相色谱 - 质谱分析. *农产品加工学刊*, **4**, 80-81.
- [9] 刘长波, 高瑞昶 (2003) L-抗坏血酸棕榈酸酯的合成研究进展. *中国油脂*, **10**, 46-47.
- [10] 赵琳, 丁艳霞, 李昌勤 (2010) 南天竹叶挥发性成分研究. *云南民族大学学报*, **3**, 99-100.
- [11] 姚曦, 岳永德, 汤锋 (2013) 梁山慈竹挥发油成分的 GC-MS 分析及抑菌活性评价. *光谱实验室*, **9**, 2349-2350.
- [12] 王学利, 吕健全, 章一德 (2002) 苦竹叶挥发油成分的分析. *浙江林学院学报*, **4**, 387-389.
- [13] 张艳, 章亚东, 蒋登高, 王朝进, 高晓蕾 (2013) 固体酸催化合成棕榈酸乙酯. *精细化工*, **4**, 230-231.
- [14] 魏琦 (2013) 苦竹属竹叶化学成分及其生物活性研究. *中国林业科学研究院*, **6**, 138-140.