

肖玉菲, 覃子海, 张焯, 等. 澳洲茶树不同部位精油含量及成分比较分析 [J]. 福建农业学报, 2020, 35 (9): 957-963.

XIAO Y F, QIN Z H, ZHAGN Y, et al. Essential Oils in Parts of *Melaleuca alternifolia* Plant [J]. *Fujian Journal of Agricultural Sciences*, 2020, 35 (9): 957-963.

## 澳洲茶树不同部位精油含量及成分比较分析

肖玉菲<sup>1</sup>, 覃子海<sup>1</sup>, 张焯<sup>1</sup>, 张晓宁<sup>1</sup>, 陈博雯<sup>1</sup>,  
梁忠云<sup>1</sup>, 覃玉凤<sup>1</sup>, 晏巢<sup>2</sup>, 刘海龙<sup>1\*</sup>

(1. 广西壮族自治区林业科学研究院, 广西南宁 530002;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业实验中心, 江西分宜 336600)

**摘要:**【目的】比较分析澳洲茶树4个不同部位(嫩叶、老叶、枝条和茎干)精油的化学成分及含量,同时提取其中的代表性化学成分,为澳洲茶树精油组分简化分析和进一步开发利用提供数据支撑和理论指导。【方法】精油化学成分及含量的测定采用气相色谱-质谱联用技术,代表性化学成分提取采用主成分分析法(PCA)。【结果】本研究澳洲茶树属于4-松油醇型。不同部位化学成分和含量差异显著,尤其表现在茎干与其他3个部位之间,其得油率、4-松油醇和1,8-桉叶素含量与其他3个部位差异显著,主成分分析表明 $\beta$ -水芹烯、白千层烯、白千层醇、香橙烯、对花伞烯、 $\gamma$ -松油烯、4-松油醇、 $\alpha$ -侧柏烯、 $\alpha$ -蒎烯、蓝桉醇、 $\alpha$ -松油醇、1,8-桉叶素、柠檬烯等13种化学成分是澳洲茶树精油的代表性成分。【结论】为提高得油率和精油品质,应选择嫩叶、老叶和枝条作为原材料进行提油,在进行澳洲茶树精油成分含量差异分析时,为简化分析内容,可选取这13种化学成分作为代表性特征化学成分,基本可以代表精油化学成分的信息。

**关键词:** 澳洲茶树; 精油; 主成分分析; 化学成分

中图分类号: R 282

文献标志码: A

文章编号: 1008-0384 (2020) 09-0957-07

### Essential Oils in Parts of *Melaleuca alternifolia* Plant

XIAO Yufei<sup>1</sup>, QIN Zihai<sup>1</sup>, ZHAGN Ye<sup>1</sup>, ZHANG Xiaoning<sup>1</sup>, CHEN Bowen<sup>1</sup>,  
LIANG Zhongyun<sup>1</sup>, QIN Yufeng<sup>1</sup>, Yan Chao<sup>2</sup>, LIU Hailong<sup>1\*</sup>

(1. *Guangxi Forestry Research Institute Nanning, Guangxi 530002, China*; 2. *Experimental Center for Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry, Fenyi, Jiangxi 336600, China*)

**Abstract:** 【Objective】 Essential oils in various tissues of *Melaleuca alternifolia* were analyzed for data organization and utilization of the plants. 【Method】 GC-MS was employed to determine the essential oil compositions in the young shoots, old leaves, branches, and stems of the terpinen-4-ol-type *M. alternifolia* plants for a principal component analysis.

【Result】 The essential oils in different parts of the plant differed significantly. In particular, the contents of terpinen-4-ol and 1,8-cineole in the stems were significantly different from those in the other parts. The principal component analysis showed that  $\beta$ -phellanderene, viridiflorene, viridiflorol, aromadendrene, *p*-cymene,  $\gamma$ -terpinene, terpinen-4-ol,  $\alpha$ -thujene,  $\alpha$ -pinene, globulol,  $\alpha$ -terpineol, 1,8-cineole, and limonene basically characterized the essential oils in *M. alternifolia*. 【Conclusion】 To maximize the yield and quality of the essential oil extraction, stems ought not to be used as the raw material for the production. To determine the essential oil content of *M. alternifolia*, only the 13 abovementioned compounds were necessary to simplify the analysis.

**Key words:** *Melaleuca alternifolia*; essential oil; principal component analysis; chemical composition

收稿日期: 2020-02-21 初稿; 2020-04-12 修改稿

作者简介: 肖玉菲(1989-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事林业生物技术方面的研究(E-mail: xiaoyufei33@163.com)

\* 通信作者: 刘海龙(1980-), 男, 博士, 高级工程师, 主要从事植物生物技术方面的研究(E-mail: 50669291@qq.com)

基金项目: 广西科技计划项目(桂科 AD18281083、AB18221058); 广西林业科研与推广项目(gl2018kt09); 广西林科院基本科研业务费专项(林科201812号)

## 0 引言

【研究意义】澳洲茶树 [*Melaleuca alternifolia* (Maiden & Betche) Cheel], 又名互叶白千层、澳洲白千层, 属桃金娘科 (Myrtaceae) 白千层属 (*Melaleuca*) 植物, 原产于新南威尔士北部和东部的昆士兰州, 是澳大利亚著名的芳香油料树种<sup>[1]</sup>, 1993 年起, 我国广东、广西、云南等地先后成功地引种澳洲茶树<sup>[2-3]</sup>。澳洲茶树为速生树种, 萌芽能力强, 定植后可多次收割枝叶, 其枝叶可提取精油, 称为茶树精油, 茶树精油是优良的天然芳香剂、防腐剂和抗菌剂, 在制药、日化、食品、香料等行业得到广泛应用<sup>[4]</sup>, 经济价值和经济效益极高<sup>[5]</sup>。然而, 澳洲茶树不同部位精油成分和含量不尽相同<sup>[6-8]</sup>, 对澳洲茶树不同部位精油含量及成分进行比较分析, 选取合适的部位进行提取精油可以保证精油的品质。同时, 采用主成分分析 (principal component analysis, PCA) 可以通过降维的方式提取茶树精油的代表性主成分, 能够为茶树精油的组分分析做简化指导。【前人研究进展】目前, 对于茶树精油化学成分的研究已有多篇报道, 包含不同生化类型<sup>[9]</sup>、不同季节<sup>[10]</sup>、不同收获时间<sup>[11]</sup>、不同枝叶储藏时间<sup>[12]</sup>和不同工艺<sup>[13]</sup>等对茶树精油得油率和化学成分的影响, 有关不同部位精油得油率和化学成分的研究仅见 3 篇报道<sup>[6-8]</sup>, 其分析了不同部位叶片、花和果的精油成分。【本研究切入点】在澳洲茶树收割加工利用过程中, 一般不会选取花和果作为原材料, 也不会只选取叶片作为原材料, 通常会同时包含叶片、枝条甚至茎干, 但枝条、茎干的精油成分和含量与叶片是否存在显著差异而影响茶树精油的品质尚未见报道。而对茶树精油化学成分分析时, 多数学者选取的成分较为随机, 没有理论支撑其选择代表性的主要成分。【拟解决的关键问题】本研究选取澳洲茶树嫩叶、老叶、枝条和茎干作为试验材料, 采用气相色谱-质谱联用技术, 分析比较不同部位精油的得油率和化学成分的差异, 同时对不同部位精油化学成分的含量进行主成分分析, 提取茶树精油的代表性主成分, 为澳洲茶树精油的开发利用提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

试验材料来源于广西壮族自治区林业科学研究院苗圃 (N22°55'13.85", E108°21'4.39") 内长势良好的 5 年生澳洲茶树。

### 1.2 试验方法

1.2.1 样品采集 2018 年 11 月, 在 5 年生澳洲茶树上分别采集嫩叶 (叶绿素 SPAD 含量  $\leq 4.5$ )、老叶 (叶绿素 SPAD 含量  $> 8.1$ )、枝条 (直径  $\leq 0.5$  cm) 和茎干 (直径  $> 3.0$  cm) 各 100 g, 每一样株采集 10 个样本, 提取精油后测定精油成分及含量。

1.2.2 精油提取与成分测定 参照《中华人民共和国药典》<sup>[14]</sup> 中水蒸气蒸馏法测定得油率。参照气相色谱-质谱联用技术<sup>[13]</sup> 的定性分析结果, 并按照国家标准 GB/T 26514-2011<sup>[15]</sup> 确定澳洲茶树精油主要的化学成分; 用气相色谱法进行定量分析, 面积归一化法确定各组分的含量, 其定性和定量条件参照梁忠云等<sup>[9]</sup> 的研究结果。

### 1.3 数据处理

采用 Microsoft Excel 2007 软件对数据进行常规统计和作图。采用 IBM SPSS 19.0 软件对澳洲茶树不同部位得油率及精油化学成分含量进行单因素方差分析和多重比较 (采用邓肯氏新复极差法), 并对澳洲茶树不同部位精油化学成分进行主成分分析和作图。所有分析显著性水平均设定为  $\alpha=0.05$ 。

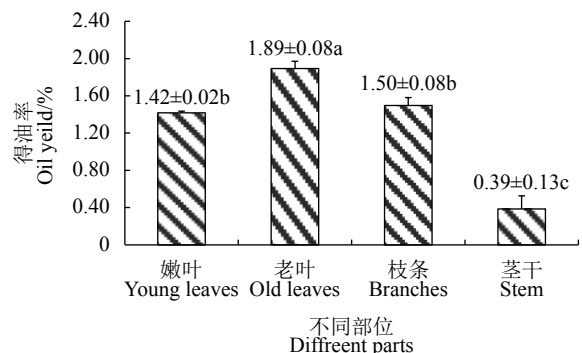
## 2 结果与分析

### 2.1 不同部位得油率

不同部位得油率见图 1, 澳洲茶树不同部位精油的得油率差异显著 ( $P < 0.05$ ), 其中老叶中精油得油率最高, 可达 1.89%, 其次是嫩叶和枝条, 得油率分别为 1.42% 和 1.50%, 嫩叶和枝条中精油得油率差别不显著, 茎干中精油得油率最低, 为 0.39%, 仅为老叶中得油率的约 1/4, 显著低于嫩叶、老叶和枝条。

### 2.2 不同部位精油的化学成分及含量

由表 1 可知, 澳洲茶树不同部位提取的精油主要化学成分相似, 但具体成分和含量有所差别, 4 个



注: 不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )。

Note: Different letters indicate significant differences at  $P < 0.05$ .

图 1 澳洲茶树不同部位得油率

Fig. 1 Yield of essential oils from various parts of *M. alternifolia* plant

部位共检测出 26 种化学成分，其中有 20 个共有成分，主要为萜烯类和烯醇类化合物，在嫩叶精油中为未检测到驱回素、喇叭烯和榄香素，老叶精油中未检测到胡萝卜醇、喇叭茶醇和  $\alpha$ -萜澄茄油萜，枝条中未检测到驱回素，茎干精油中未检测到喇叭茶醇和榄香素。在嫩叶、老叶、枝条和茎干精油的

差别化学成分中，除茎干精油中的喇叭烯含量较高外，其他成分（胡萝卜醇、 $\alpha$ -萜澄茄油萜、喇叭茶醇和榄香素）均含量较低，不是精油的主要成分。在不同部位精油检测出的化学成分中，4-松油醇含量最高，在嫩叶、老叶、枝条和茎干精油中分别占 33.71%、40.13%、31.28% 和 15.59%，嫩叶、老叶、

表 1 澳洲茶树不同部位的精油化学成分及含量  
Table 1 Essential oils from various parts of *M. alternifolia* plant

精油化学成分 chemical composition of essential oil	精油含量 content of essential oil/%			
	嫩叶 young leaves	老叶 old leaves	枝条 branches	茎干 stems
4-松油醇 terpinen-4-ol	33.71±0.74 b	40.13±1.16 a	31.28±0.86 c	15.59±1.15 d
$\gamma$ -松油烯 $\gamma$ -terpinene	18.02±0.47 b	20.02±0.73 a	10.56±0.78 c	1.09±0.14 d
$\alpha$ -松油烯 $\alpha$ -terpinene	10.61±0.51 a	9.11±1.53 b	10.76±1.03 a	8.56±0.89 b
异松油烯 terpinolene	3.01±0.32 a	2.65±0.31 b	0.12±0.02 c	2.59±0.35 b
桉烯 sabinene	3.12±0.20 a	0.15±0.03 d	2.16±0.08 c	2.77±0.02 b
$\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -terpineol	2.62±0.11 b	2.71±0.24 b	2.46±0.59 b	4.17±0.46 a
$\delta$ -杜松烯 $\delta$ -cadinene	2.11±0.15 a	0.45±0.03 d	1.52±0.16 b	1.37±0.03 c
$\alpha$ -蒎烯 $\alpha$ -pinene	1.99±0.04 b	2.22±0.20 b	1.02±0.06 c	3.45±0.52 a
白千层烯 viridiflorene	1.05±0.19 b	0.69±0.02 c	1.76±0.10 a	1.85±0.13 a
香橙烯 aromadendrene	1.21±0.01 b	0.45±0.03 d	1.14±0.08 c	1.32±0.03 a
1,8-桉叶素 1,8-cineole	1.07±0.04 b	1.04±0.04 b	1.06±0.08 b	1.36±0.09 a
$\alpha$ -侧柏烯 $\alpha$ -thujene	0.86±0.03 d	2.49±0.03 a	1.13±0.06 c	2.34±0.05 b
蓝桉醇 globulol	0.85±0.01 c	2.00±0.08 a	1.13±0.07 b	1.96±0.10 a
$\beta$ -月桂烯 $\beta$ -myrcene	0.78±0.02 c	0.80±0.02 c	1.74±0.02 a	0.91±0.05 b
$\beta$ -水芹烯 $\beta$ -phellanderene	0.78±0.01 c	0.44±0.03 d	1.10±0.08 b	1.40±0.07 a
$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -pinene	0.51±0.09 a	0.45±0.03 b	0.48±0.06 ab	0.45±0.01 b
柠檬烯 limonene	0.60±0.01 c	0.70±0.01 b	1.48±0.02 a	0.56±0.07 d
$\alpha$ -水芹烯 $\alpha$ -phellanderene	0.40±0.02 a	0.25±0.00 c	0.41±0.06 a	0.38±0.04 a
对伞花烃 <i>p</i> -cymene	0.37±0.03 b	0.72±0.11 b	3.25±0.60 a	3.52±0.96 a
白千层醇 viridiflorol	0.35±0.03 b	0.16±0.07 b	1.45±0.10 a	1.52±0.46 a
胡萝卜醇 (+) -Carotol	0.18±0.01 a	0.00±0.02 c	0.18±0.01 a	0.15±0.01 b
喇叭茶醇 Ledol	0.17±0.00 b	0.00±0.00 c	1.00±0.01 a	0.00±0.00 c
$\alpha$ -萜澄茄油萜 $\alpha$ -Cubebene	0.14±0.00 b	0.00±0.02 d	0.08±0.03 c	0.24±0.02 a
驱蛔素 Ascaridole	0.00±0.00 c	0.11±0.01 b	0.00±0.00 c	0.63±0.02 a
喇叭烯 (+) -Ledene	0.00±0.00 c	1.37±0.14 b	1.30±0.06 b	4.06±0.14 a
榄香素 Elemicin	0.00±0.00 c	0.12±0.04 b	0.31±0.03 a	0.00±0.00 c

注：同行数值后不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ )。

Note: Data with different lowercase letters indicate significant difference at  $P<0.05$ .

枝条精油中 4-松油醇含量约为茎干精油的 2 倍, 符合国家标准<sup>[15]</sup>, 茎干精油中 4-松油醇含量不符合茶树精油 (4-松油醇型) 国家标准。1,8 桉叶素含量在嫩叶、老叶和枝条精油中差别不显著, 分别为 1.07%、1.04% 和 1.06%, 在茎干精油中含量为 1.36%, 显著高于嫩叶、老叶和枝条, 但都符合茶树精油 (4-松油醇型) 国家标准。嫩叶、老叶和枝条精油中含量排名前三的成分均是 4-松油醇、 $\gamma$ -松油烯和  $\alpha$ -松油烯, 而茎干精油中含量排名前三的成分是 4-松油醇、 $\alpha$ -松油烯和  $\alpha$ -松油醇,  $\alpha$ -松油醇在嫩叶、老叶和枝条精油中分别为 2.62%、2.71% 和 2.46%, 差别不显著, 但均显著低于茎干精油的含量 (4.17%)。

### 2.3 不同部位精油化学成分含量的主成分分析

采用 SPSS 19.0 软件对不同部位 20 种共有精油化学成分含量进行主成分分析, 提取特征值大于 1 的主成分, 得到主成分的特征值和贡献率 (表 2)。由表 2 可知, 前 4 个主成分的特征值 8.30、6.12、3.37、1.03, 第 1 主成分贡献率为 41.49%, 第 2 主成分贡献率为 30.61%, 第 3 主成分贡献率为 16.85%, 第 4 主成分贡献率为 5.13%。前 4 个主成分的累计贡献率达 94.09% (>85%), 因此, 选取前 4 个主成分作为精油化学成分分析的主要成分, 能够代表 20 个精油化学成分变量 94.09% 的信息量, 具有很好的代表性, 基本可以代表其样品化学成分含量的差别。

表 2 主成分的特征值及其贡献率

Table 2 Eigenvalues, contribution, and cumulative contribution of principal components

主成分 Principal component	初始特征值 Initial Eigenvalues			提取的主成分 The extracted principal component		
	合计 Total	方差的贡献率 The contributionrate of variance/%	累积贡献率% Cumulative contribution rate/%	合计 Total	方差的贡献率 The contributionrate of variance/%	累积贡献率 Cumulative contribution rate/%
1	8.30	41.49	41.49	8.30	41.49	41.49
2	6.12	30.61	72.11	6.12	30.61	72.11
3	3.37	16.85	88.96	3.37	16.85	88.96
4	1.03	5.13	94.09	1.03	5.13	94.09
5	0.53	2.63	96.71			
6	0.28	1.39	98.10			
7	0.15	0.77	98.87			
8	0.06	0.32	99.19			
9	0.04	0.22	99.42			
10	0.04	0.19	99.61			
11	0.02	0.10	99.70			
12	0.02	0.09	99.79			
13	0.01	0.07	99.86			
14	0.01	0.04	99.91			
15	0.01	0.03	99.94			
16	0.00	0.02	99.96			
17	0.00	0.01	99.97			
18	0.00	0.01	99.99			
19	0.00	0.01	99.99			
20	0.00	0.01	100.00			

由表 3 主成分载荷矩阵可知各主成分各变量的载荷值。在第 1 主成分中载荷较高的正影响成分有

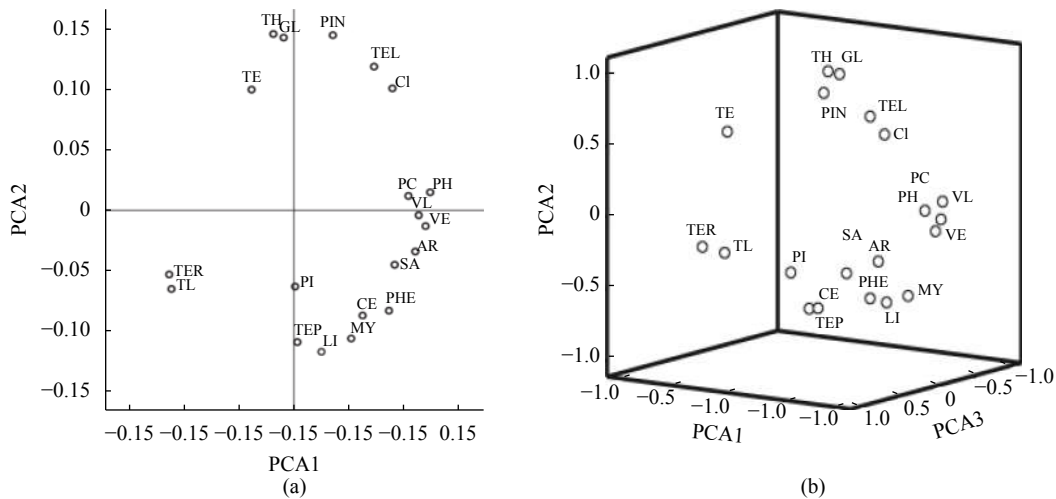
$\beta$ -水芹烯、白千层烯、白千层醇、香橙烯、对花伞烯, 载荷值分别为 0.99、0.96、0.91、0.88、0.83; 负

向影响较大的为 $\gamma$ -松油烯和4-松油醇，载荷值分别为-0.91和-0.89。第2主成分中载荷较高的正影响成分依次为 $\alpha$ -侧柏烯、 $\alpha$ -蒎烯、蓝桉醇、 $\alpha$ -松油醇、1,8-桉叶素和异松油烯，载荷值分别为0.90、0.89、0.88、0.73、0.62；负向影响最大的为柠檬烯，载荷值为-0.72。第3主成分中载荷较高的正影响成分依次为异松油烯、 $\delta$ -杜松烯、桉烯，载荷值分别为0.69、0.66、0.62；负向影响最大的为柠檬烯，载荷值为-0.66。第4主成分中载荷较高的正影响成分为 $\beta$ -蒎烯，载荷值为0.78；负向影响最大的为 $\alpha$ -松油烯，载荷值为-0.52。主成分载荷矩阵反映了该指标在该主成分上的载荷程度，载荷值小的挥发性成分对精油化学成分的贡献小，同时也表明它的含量较低。其中第1主成分和第2主成分的累计贡献率为

72.11%，说明这2个主成分对精油的化学成分的贡献超过一半。做20种化学成分的主成分散点图（图2），2D图（图2-a）分别以PCA1、PCA2为X、Y轴，3D图（图2-b）分别以PCA1、PCA2、PCA3为X、Y、Z轴，可以直观地看出各化学成分在前3个主成分的分布状况，图2-a可知，大部分化学成分处于一、四象限，由图2-b可知，不同化学成分在前3个主成分上的分布存在显著差异。综合表3和图2，可选择在第1、第2主成分综合表现突出的化学成分作为代表进行精油分析。因此， $\beta$ -水芹烯、白千层烯、白千层醇、香橙烯、对伞花烃、 $\gamma$ -松油烯和4-松油醇、 $\alpha$ -侧柏烯、 $\alpha$ -蒎烯、蓝桉醇、 $\alpha$ -松油醇、1,8-桉叶素和柠檬烯，这13种化学成分可作为精油的代表性化学成分。

表3 主成分载荷矩阵  
Table 3 Loading matrix of principal components

精油化学成分 chemical composition of essential oil	成分 Component			
	1	2	3	4
4-松油醇 terpinen-4-ol	-0.89	-0.40	-0.10	-0.04
$\gamma$ -松油烯 $\gamma$ -terpinene	-0.91	-0.32	0.16	-0.10
$\alpha$ -松油烯 $\alpha$ -terpinene	0.02	-0.67	0.10	-0.52
异松油烯 terpinolene	-0.31	0.62	0.69	0.02
桉烯 sabinene	0.73	-0.28	0.62	-0.02
$\alpha$ -松油醇 $\alpha$ -terpineol	0.58	0.73	0.10	-0.22
$\delta$ -杜松烯 $\delta$ -cadinene	0.50	-0.54	0.66	-0.08
$\alpha$ -蒎烯 $\alpha$ -pinene	0.29	0.89	0.28	-0.01
白千层烯 viridiflorene	0.96	-0.08	-0.22	-0.01
香橙烯 aromadendrene	0.88	-0.21	0.42	-0.06
1,8-桉叶素 1,8-cineole	0.72	0.62	0.11	-0.11
$\alpha$ -侧柏烯 $\alpha$ -thujene	-0.15	0.90	-0.39	0.07
蓝桉醇 globulol	-0.08	0.88	-0.44	0.09
$\beta$ -月桂烯 $\beta$ -myrcene	0.41	-0.65	-0.63	-0.01
$\beta$ -水芹烯 $\beta$ -phellanderene	0.99	0.09	-0.03	-0.02
$\beta$ -蒎烯 $\beta$ -pinene	0.01	-0.39	0.31	0.78
柠檬烯 limonene	0.20	-0.72	-0.66	-0.02
$\alpha$ -水芹烯 $\alpha$ -phellanderene	0.69	-0.51	0.26	0.18
对伞花烃 p-cymene	0.83	0.07	-0.49	0.12
白千层醇 viridiflorol	0.91	-0.02	-0.35	0.04



注: TL: 4-松油醇; TER:  $\gamma$ -松油烯; TEP:  $\alpha$ -松油烯; TE: 异松油烯; SA: 桉烯; TEL:  $\alpha$ -松油醇; CE:  $\delta$ -杜松烯; PIN:  $\alpha$ -蒎烯; VE: 白千层烯; AR: 香橙烯; CI: 1,8-桉叶素; TH:  $\alpha$ -侧柏烯; GL: 蓝桉醇; MY:  $\beta$ -月桂烯; PH:  $\beta$ -水芹烯; PI:  $\beta$ -蒎烯; LI: 柠檬烯; PHE:  $\alpha$ -水芹烯; PC: 对伞花烃; VL: 白千层醇。

Note: TL: terpinen-4-ol; TER:  $\gamma$ -terpinene; TEP:  $\alpha$ -terpinene; TE: terpinolene; SA: sabinene; TEL:  $\alpha$ -terpineol; CE:  $\delta$ -cadinene; PIN:  $\alpha$ -pinene; VE: viridiflorene; AR: aromadendrene; CI: 1,8-cineole; TH:  $\alpha$ -thujene; GL: globulol MY:  $\beta$ -myrcene; PH:  $\beta$ -phellanderene; PI:  $\beta$ -pinene; LI: limonene; PHE:  $\alpha$ -phellanderene; PC: p-cymene; VL: viridiflorol.

图 2 20 种化学成分的主成分散点图

Fig. 2 PCA biplot for 20 chemical components in essential oil of *M. alternifolia* plant

### 3 讨论与结论

澳洲茶树含有多种化学成分, 根据成分及含量的不同, 澳洲茶树可分为多种生化类型。Laura<sup>[16]</sup>共发现了 6 种澳洲茶树的生化类型。引种中国后, 不同研究者对不同单株进行测定, 结果大不相同, 分别发现了桉叶素型、桉叶素-异松油烯型<sup>[17]</sup>、4-松油醇型<sup>[18]</sup>、桉叶素-松油醇型和  $\gamma$ -松油烯型<sup>[19]</sup>。本研究通过比较澳洲茶树不同部位化学成分差异发现, 尽管各部位精油的化学成分含量差别较大, 但不同部位的茶树精油化学成分均以 4-松油醇含量最高, 均  $\geq 30\%$ , 且显著高于其他物质, 而且 1,8-桉叶素含量极低, 均  $\leq 10\%$ , 依据茶树精油 (4-松油醇型) 的国家标准<sup>[20]</sup>, 本研究的澳洲茶树属于 4-松油醇型。

4-松油醇、1,8-桉叶素和  $\alpha$ -松油烯是茶树精油的主要抑菌成分<sup>[21-22]</sup>。但 1,8-桉叶素容易引起皮肤过敏, 还具有致癌和生殖毒性<sup>[23]</sup>,  $\alpha$ -松油烯对空气和光等较为敏感, 暴露于空气中易氧化分解, 形成致敏物对异丙基甲苯和 1,4-过氧对孟烯, 刺激皮肤导致不适<sup>[24]</sup>, 为避免茶树精油使用出现上述问题, 我国通常以 1,8-桉叶素和 4-松油醇作为评价茶树精油品质的指标 (1,8-桉叶素的含量应在 10% 以下, 而 4-松油醇应不少于 30%), 其中 4-松油醇含量越高, 精油品质越好<sup>[25]</sup>。本研究中澳洲茶树 4 个不同部位中 1,8-桉叶素含量极低 (1.04%~1.36%), 均符合国家标准, 但茎干精油中 4-松油醇含量仅为 15.59%, 不符

合高品质茶树精油的标准, 而且茎干的提油率也显著低于其他 3 个部位, 因此, 为保证精油的品质, 选择嫩叶、老叶和枝条作为原材料提油更佳。

在分析澳洲茶树精油含量变化规律时, 对所有成分均进行分析, 数据量较大, 故学者一般仅选择几种成分进行分析<sup>[10]</sup>, 但随机选择的成分可能会由于不具代表性而影响实际结果的准确性。主成分分析法是通过降维处理, 将多个变量整合成少数几个综合变量, 尽可能多地反映原有变量信息的统计分析方法, 该方法能够化繁为简, 避免主观随意性, 已得到广泛应用<sup>[26-27]</sup>。本研究通过主成分分析, 提取了 13 种化学成分, 基本可以代表所有化学成分的信息。

综上所述, 供试澳洲茶树属于 4-松油醇型, 为提高得油率和精油品质, 在采收澳洲茶树时最好选择嫩叶、老叶和枝条作为材料进行提油, 在进行澳洲茶树精油成分含量差异分析时, 为简化分析内容, 可选取  $\beta$ -水芹烯、白千层烯、白千层醇、香橙烯、对伞花烃、 $\gamma$ -松油烯和 4-松油醇、 $\alpha$ -侧柏烯、 $\alpha$ -蒎烯、蓝桉醇、 $\alpha$ -松油醇、1,8-桉叶素和柠檬烯这 13 种化学成分作为代表性特征化学成分, 基本可以代表精油化学成分的信息。

#### 参考文献:

- [1] BEYLIER M F. Bacteriostatic activity of some Australian essential oils[EB/OL]. 1979, 4(4): 23-25.
- [2] 肖玉菲, 刘海龙, 刘雄盛, 等. 澳洲茶树组培继代芽瓶外生根技术研究



- 究[J]. 西部林业科学, 2018, 47 (2): 86-90.
- XIAO Y F, LIU H L, LIU X S, et al. Ex vitro rooting technology of subculture plantlet buds of *Melaleuca alternifolia* [J]. *Journal of West China Forestry Science*, 2018, 47 (2): 86-90. (in Chinese)
- [3] 李恒树, 黄耀恒. 互叶白千层的栽培技术[J]. 广西林业科学, 2007, 36 (3): 156-157.
- LI H S, HUANG Y H. The cultivation techniques of *Melaleuca alternifolia* [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2007, 36 (3): 156-157. (in Chinese)
- [4] 张丽, 李霆格, 杨文汉, 等. 茶树油对2种农业致病菌的抑菌效果[J]. 热带农业科学, 2016, 36 (3): 49-52, 57.
- ZHANG L, LI T G, YANG W H, et al. Tea tree oil's antibacterial effect to 2 agricultural pathogenic bacteria [J]. *Chinese Journal of Tropical Agriculture*, 2016, 36 (3): 49-52, 57. (in Chinese)
- [5] 肖玉菲, 陈博雯, 刘雄盛, 等. 澳洲茶树离体培养器官发生的形态解剖学观察[J]. 江西农业学报, 2019, 31 (2): 32-37.
- XIAO Y F, CHEN B W, LIU X S, et al. Morphological and anatomical observation of organogenesis from *Melaleuca alternifolia* in vitro culture [J]. *Acta Agriculturae Jiangxi*, 2019, 31 (2): 32-37. (in Chinese)
- [6] 柴玲, 刘布鸣, 林霄, 等. 互叶白千层花、果与叶挥发油成分的对比较分析[J]. 香料香精化妆品, 2014 (6): 1-4, 16.
- CHAI L, LIU B M, LIN X, et al. Comparative analysis on chemical components in volatile oils from flowers, fruits and leaf of *Melaleuca alternifolia* [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2014 (6): 1-4, 16. (in Chinese)
- [7] 张铭光, 袁敏. 互叶白千层植株不同部位叶片挥发组分分布初探[C]. 中国植物生理学会第十次会员代表大会暨全国学术年会论文摘要汇编, 2009.
- [8] 乔健, 李国鹏. 互叶白千层(*Melaleuca alternifolia*)不同类型叶片精油组分差异比较[J]. 热带作物学报, 2018, 39 (9): 1863-1867.
- QIAO J, LI G P. Comparison of volatile composition of essential oils from different leaf types of *Melaleuca alternifolia* [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2018, 39 (9): 1863-1867. (in Chinese)
- [9] 梁忠云, 李桂珍, 陈海燕, 等. 白千层油生化类型的研究[J]. 林业科技开发, 2014 (3): 90-93.
- LIANG Z Y, LI G Z, CHEN H Y, et al. Biochemical types of essential oil extracted from *Melaleuca* leaves and branches [J]. *China Forestry Science and Technology*, 2014 (3): 90-93. (in Chinese)
- [10] 梁忠云, 刘虹, 文彩琳. 不同季节对4-松油醇型白千层精油成分影响的研究[J]. 香料香精化妆品, 2006 (2): 5-7.
- LIANG Z Y, LIU H, WEN C L. Study on the chemical constituents of oil of *Melaleuca* of terpinen-4-ol type in different seasons [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2006 (2): 5-7. (in Chinese)
- [11] 朱德明, 喻孟君, 周文钊, 等. 不同收获时间对白千层油质量及产油率的影响[J]. 热带作物学报, 2005, 26 (3): 79-81.
- ZHU D M, YU M J, ZHOU W Z, et al. Effects of different harvest time on the quality of *Melaleuca* oil and oil yields [J]. *Chinese Journal of Tropical Crops*, 2005, 26 (3): 79-81. (in Chinese)
- [12] 李桂珍, 梁忠云, 常新民, 等. 4-松油醇型白千层枝叶储存过程中精油的变化[J]. 广西林业科学, 2014, 43 (2): 204-206.
- LI G Z, LIANG Z Y, CHANG X M, et al. Variation of essential oil during leaf storage of *Melaleuca* of terpinen-4-ol type [J]. *Guangxi Forestry Science*, 2014, 43 (2): 204-206. (in Chinese)
- [13] 梁忠云, 刘虹, 陈海燕, 等. 不同工艺生产茶树油产品质量的研究[J]. 林产化学与工业, 2009, 29 (1): 107-110.
- LIANG Z Y, LIU H, CHEN H Y, et al. Study on quality of tea-tree oil produced by different production processes [J]. *Chemistry and Industry of Forest Products*, 2009, 29 (1): 107-110. (in Chinese)
- [14] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 北京: 化学工业出版社, 2005.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 互叶白千层(精油, 松油烯-4-醇型): GB/T 26514—2011[S]. 北京: 中国标准出版社, 2011.
- [16] LAURA E H, DAVID N L, DAVID L L, et al. Natural variation in the essential oil content of *Melaleuca alternifolia* Cheel (Myrtaceae) [J]. *Biochemical Systematics and Ecology*, 2000, 28 (4): 367-382.
- [17] 郭文瑾, 王鹏. 白千层精油的化学成分比较[J]. 云南植物研究, 2002 (1): 133-136.
- WU W J, WANG P. The chemical components of three *Melaleuca* oils [J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2002 (1): 133-136. (in Chinese)
- [18] 陈海燕, 梁忠云, 黄耀恒, 等. 不同种源和家系白千层芳香油组分及含量初探[J]. 天然产物研究与开发, 2003, 15 (5): 408-410.
- CHEN H Y, LIANG Z Y, HUANG Y H, et al. Study on main chemical compositions of oil of *Melaleuca* of different seed source and family [J]. *Natural Product Research and Development*, 2003, 15 (5): 408-410. (in Chinese)
- [19] 林霄, 刘布鸣, 柴玲, 等. 互叶白千层挥发油气相指纹图谱的化学模式识别研究[J]. 香料香精化妆品, 2012 (6): 10-13.
- LIN X, LIU B M, CHAI L, et al. Pattern recognition of the fingerprint of essential oil of *Melaleuca alternifolia* by GC [J]. *Flavour Fragrance Cosmetics*, 2012 (6): 10-13. (in Chinese)
- [20] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 食品安全国家标准食品添加剂 茶树油(又名互叶白千层油): GB 1886.270—2016[S]. 北京: 中国标准出版社, 2016.
- [21] LOUGHLIN R, GILMORE B F, MCCARRON P A, et al. Comparison of the cidal activity of tea tree oil and terpinen-4-ol against clinical bacterial skin isolates and human fibroblast cells [J]. *Letters in Applied Microbiology*, 2008, 46 (4): 428-433.
- [22] LI W R, LI H L, SHI Q S, et al. The dynamics and mechanism of the antimicrobial activity of tea tree oil against bacteria and fungi [J]. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 2016, 100 (20): 8865-8875.
- [23] KOSMAN M E. Toxicology of the eye: drugs, chemicals, plants, venoms [J]. *JAMA: the Journal of the American Medical Association*, 1974, 228 (9): 1167.
- [24] HAUSEN B M. Evaluation of the main contact allergens in oxidized tea tree oil [J]. *Dermatitis*, 2004, 15 (4): 213-214.
- [25] International Organization for Standardization. Oil of *Melaleuca*, terpinen-4-ol type (tea tree oil): IOS 4730—2017[S]. Geneva: ISO International Standard, 2014: 10.
- [26] 黄文部, 何靖柳, 李洪怡, 等. 微波处理对鲜切西兰花贮藏品质的影响及主成分分析[J]. 分子植物育种, 2018, 16 (3): 989-996.
- HUANG W B, HE J L, LI H Y, et al. Effects of microwave treatments on the storage quality of fresh-cut broccoli and principle components analysis [J]. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16 (3): 989-996. (in Chinese)
- [27] 白乐宜, 颜振敏, 冯梦茹, 等. 四种芝麻香型白酒中香气活性成分分析[J]. 食品与发酵工业, 2020, 46 (2): 272-276.
- BAI LY, YAN Z M, FENG M R, et al. Analysis of odor-active compounds in four sesame-flavor Chinese Baijiu [J]. *Food and Fermentation Industries*, 2020, 46 (2): 272-276. (in Chinese)