

# 单瓣茉莉花发育过程中香精油成分及含量的变化

邓传远<sup>a</sup>, 郭素枝<sup>b</sup>, 那海燕<sup>c</sup>, 孟伟<sup>a</sup>, 黄涛声<sup>d</sup>, 辛桂亮<sup>a</sup>

(福建农林大学, a. 园林学院; b. 测试中心; c. 金山学院; d. 生命科学学院, 福州 350002)

**摘要:** 为探讨单瓣茉莉(*Jasminum sambac* 'Unifoliatum')花发育过程中的香精油成分和含量的变化,采用顶空固相微萃取(HS-SPME)和气相色谱-质谱联用(GC-MS)技术进行分析。结果表明,单瓣茉莉花在不同发育时期的香精油成分及含量差异明显,花蕾初期、花蕾成熟期、微开期、盛开期和盛开末期分别鉴定出 7、25、27、23 和 16 种化学成分。萜烯类化合物是花蕾初期的主要香精油成分,花蕾成熟期、微开期和盛开期的萜烯类、酯类和醇类化合物的含量均较高,是主要的香精油成分,但化合物种类和含量存在较大差异。盛开末期的主要香精油成分是萜烯类和杂环类化合物。单瓣茉莉鲜花的主要化学成分或前体物质在花蕾成熟期基本形成,大部分芳香成分在微开期的含量最高。因此,生产中提取茉莉花精油或熏茶时,应选择微开期的鲜花进行采摘,但在不能及时宰制花茶或提取香精油的情况下,选择花蕾成熟期的花采摘更为合适。

**关键词:** 单瓣茉莉; 花; 发育阶段; 香精油

doi: 10.3969/j.issn.1005-3395.2014.03.011

## Changes in Chemical Constituents and Contents of Essential Oils in *Jasminum sambac* 'Unifoliatum' during Flower Development Stages

DENG Chuan-yuan<sup>a</sup>, GUO Su-zhi<sup>b</sup>, NA Hai-yan<sup>c</sup>, MENG Wei<sup>a</sup>, HUANG Tao-sheng<sup>d</sup>, XIN Gui-liang<sup>a</sup>

(a. College of Landscape Architecture; b. Test Center; c. College of Jinshan; d. College of Life Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou 350002, China)

**Abstract:** In order to explore the chemical constituents of essential oils in *Jasminum sambac* 'Unifoliatum' during different flower development stages, the changes in chemical composition and contents of 'Unifoliatum' were analyzed by using head solid-phase micro-extraction (HS-SPME) and gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) methods. The results showed that the constituents and contents of essential oils in 'Unifoliatum' flowers were significantly different among different flower development stages. There were 7, 25, 27, 23 and 16 compounds, identified at early bud, mature bud, slight open, bloom and late bloom stages, respectively. Terpens were the major constituents at early bud stage. The contents of alcohols, esters and terpenes were high, which were the main constituents at mature bud stage, as well as at slight open and bloom stages, nevertheless the specific compounds and their contents were distinctly different at these stages. Terpens and heterocycle were the major constituents at late bloom stage. The main constituents or precursors of essential oils had basically formed at mature bud stage, and most of them reached maximum content at slight open stage. Therefore, the fresh flowers at slight open stage should be plucked for extracting jasmine essential oils or scenting tea. However, if extracting jasmine essential oils or scenting tea could not be timely, the best harvest time might be throughout the mature bud stage.

**Key words:** *Jasminum sambac* 'Unifoliatum'; Flower; Development stage; Essential oil

收稿日期: 2013-07-19

接受日期: 2013-10-24

基金项目: 国家农业综合开发项目(350104201); 福建省成果转化项目(2010-312); 福州市科技计划项目(2010-JD-3); 福建省教育厅科技项目(JB07084); 福建青年科技人才创新项目(2004J009); 福建省科技厅成果转化项目(2012S001)资助

邓传远, E-mail: dengchuanyuan@163.com

茉莉 [*Jasminum sambac* (L.) Aiton] 隶属于木犀科 (Oleaceae) 素馨属, 茉莉鲜花清香芬芳, 是窰制花茶和提取精油最好的原料<sup>[1-4]</sup>。作为重要的香料植物, 人们对决定茉莉花香气的组分进行了大量研究<sup>[1-2]</sup>。茉莉栽培品种多, 有不同的精油提取方法, 目前虽已从茉莉花中鉴定出 100 余种香气成分, 但不同研究得到的香气成分有所差异<sup>[5]</sup>。双瓣茉莉 (*J. sambac* 'Bifoliatum') 是中国栽培面积最大的茉莉品种, 国内对双瓣茉莉香气组分进行了大量分析<sup>[6-9]</sup>。对单瓣茉莉 (*J. sambac* 'Unifoliatum') 的研究主要集中在形态结构和生理特性上<sup>[10-15]</sup>, 仅对单瓣茉莉花蕾的香气组分进行了研究<sup>[16]</sup>。对其它香花植物的研究表明, 在花发育的不同时期, 其芳香成分及含量具有明显差异<sup>[17-18]</sup>。本文采用顶空固相微萃取 (HS-SPME) 和气相色谱-质谱联用 (GC-MS) 技术, 对单瓣茉莉花发育过程中芳香成分及含量的变化进行分析, 旨在为确定窰制花茶或提取精油提供最佳的采摘时期, 为提高茉莉精油的提取率和调整窰制花茶最佳的释香时期提供理论依据。

## 1 材料和方法

### 1.1 材料

茉莉品种之一的单瓣茉莉 (*Jasminum sambac* 'Unifoliatum') 采自福建农林大学实验地。在开花期间, 于晴朗、光照良好的下午 (17:00) 采集茉莉植株上自然开放的鲜花。根据花蕾张开程度和嗅觉状况粗略分为 5 个时期 (图 1), 花蕾初期: 苞片包裹着花蕾; 花蕾成熟期: 花蕾不再长大, 处于含苞待放时; 微开期: 花蕾微开, 茉莉花的香气浓郁; 盛开期: 花蕾已完全张开, 茉莉花的香气较淡; 盛开末期: 花

蕾已完全张开, 接近萎凋, 茉莉花香气甚微。这 5 个时期的鲜花采摘后立即带回实验室。

### 1.2 仪器

检测仪器有 Saturn2000/GC2100 型气相色谱/质谱联用仪, 美国 Varian 公司生产; 固相微萃取装置 (有手动 SPME 萃取手柄)、100  $\mu\text{m}$  聚二甲基硅氧烷 (PDMS) 萃取头, 美国 Supelco 公司; 恒温鼓风培养箱。

### 1.3 方法

HS-SPME 取样、精油成分和含量的 GC-MS 分析参照郭素枝等<sup>[16,18]</sup>的方法。先将萃取头插入 GC-MS 进样口, 于 250 $^{\circ}\text{C}$  活化并进行空白表面热解吸, 直至无色谱峰出现, 基线稳定。每个时期随机称取 10 g 花瓣于 250 mL 自制的顶空瓶, 用聚四氟乙烯衬里的硅橡胶密封, 将已冷却的萃取头插入顶空瓶中, 注意萃取头不要碰到样品。盖上盖子, 置于 35 $^{\circ}\text{C}$  恒温培养箱中进行顶空固相微萃取富集待测物, 平衡 1 h 后, 取出萃取头迅速插入 GC-MS 气化室, 热解吸 5 min 进行色谱分析。色谱条件: 色谱柱为 HP-5 弹性石英毛细管柱 (30 m  $\times$  0.32 mm  $\times$  0.25  $\mu\text{m}$ ); 升温程序为: 起始温度 80 $^{\circ}\text{C}$ , 2 min, 以 8  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升至 130 $^{\circ}\text{C}$ , 再以 2  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升至 150 $^{\circ}\text{C}$  保持 2 min, 再以 10  $^{\circ}\text{C min}^{-1}$  升至 250 $^{\circ}\text{C}$  保持 2 min; 气化室温度为 250 $^{\circ}\text{C}$ ; 载气为高纯 He ( $\phi_1 = 99.999\%$ ), 柱前压为 50 kPa; 载气流量为 1.0 mL  $\text{min}^{-1}$ ; 无分流。质谱条件: 电子轰击 (EI) 离子源; 离子源温度 230 $^{\circ}\text{C}$ ; 四级杆温度 150 $^{\circ}\text{C}$ ; 电子能量 70 eV; 发射电流 34.6  $\mu\text{A}$ ; 倍增器电压 1388 V; 接口温度 280 $^{\circ}\text{C}$ ; 延迟 3 min; 质量扫描范围: 30 ~ 550 amu。



图 1 不同发育时期的单瓣茉莉鲜花。1: 花蕾初期; 2: 花蕾成熟期; 3: 微开期; 4: 盛开期; 5: 盛开末期。

Fig. 1 Flowers of *Jasminum sambac* 'Unifoliatum' at different development stages. 1: Early bud; 2: Mature bud; 3: Slight open; 4: Bloom; 5: Late bloom.

## 2 结果和分析

单瓣茉莉花 5 个发育时期香精油组分的 GC-

MS 总离子图见图 2~6, 各组分质谱经计算机谱库 (NIST/WILEY) 检索及资料分析, 检出的主要香精油成分及相对含量见表 1。

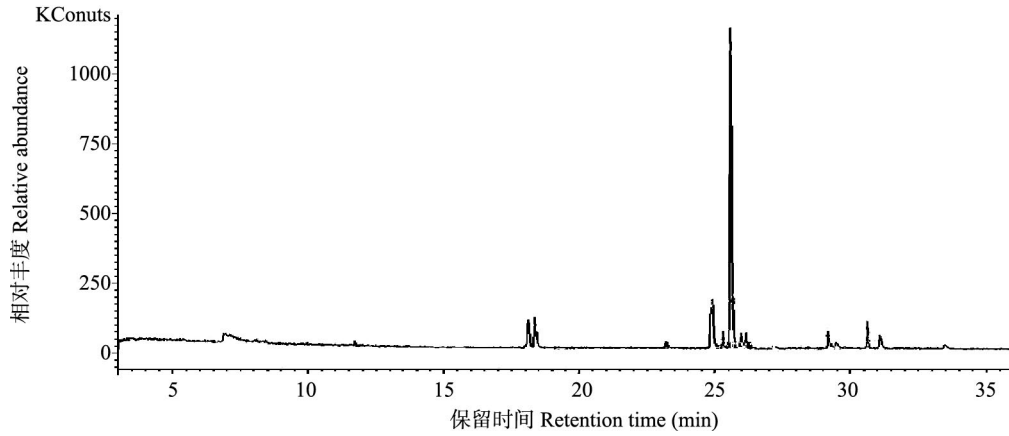


图 2 单瓣茉莉花蕾初期香精油成分的总离子流图

Fig. 2 Total ionic chromatogram of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at early bud stage

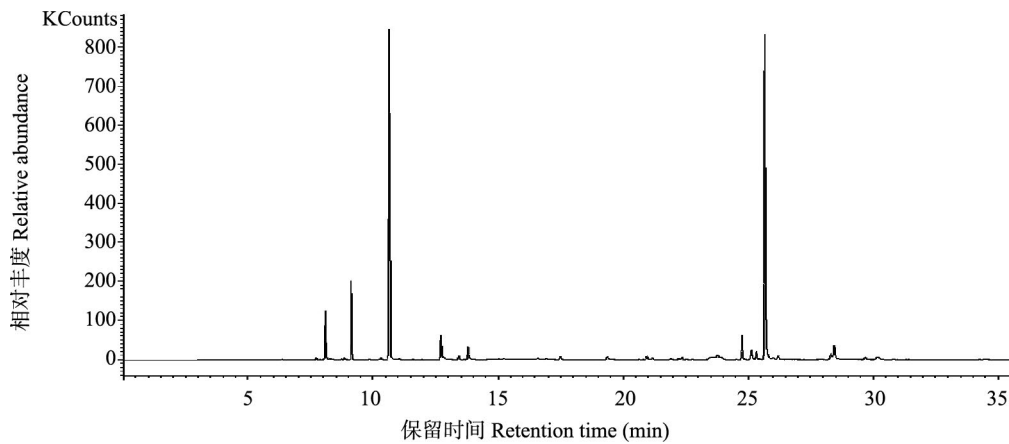


图 3 单瓣茉莉花蕾成熟期香精油成分的总离子流图

Fig. 3 Total ionic chromatogram of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at mature bud stage

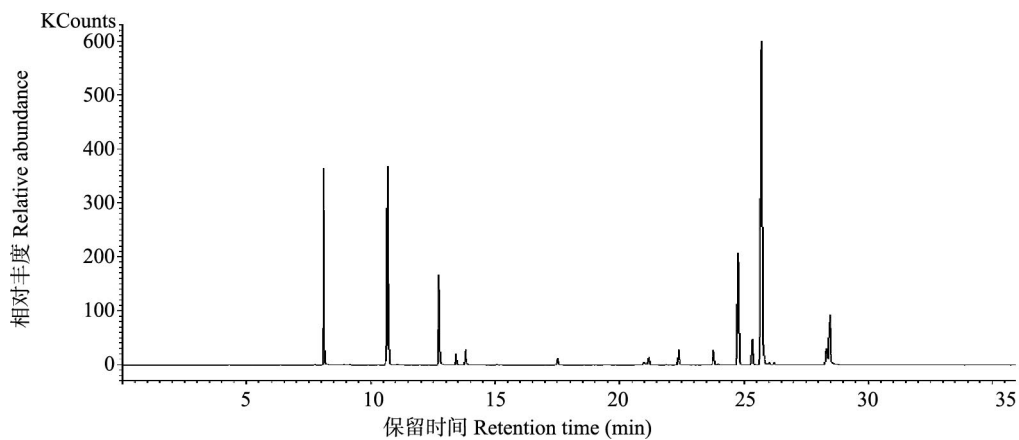


图 4 单瓣茉莉花微开期香精油成分的总离子流图

Fig. 4 Total ionic chromatogram of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at slight open stage

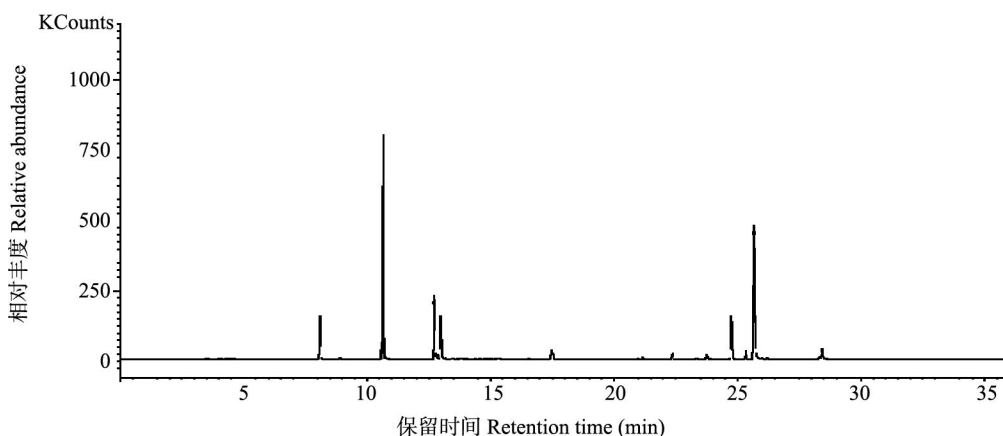


图 5 单瓣茉莉花盛开期香精油成分的总离子流图

Fig. 5 Total ionic chromatogram of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at bloom stage

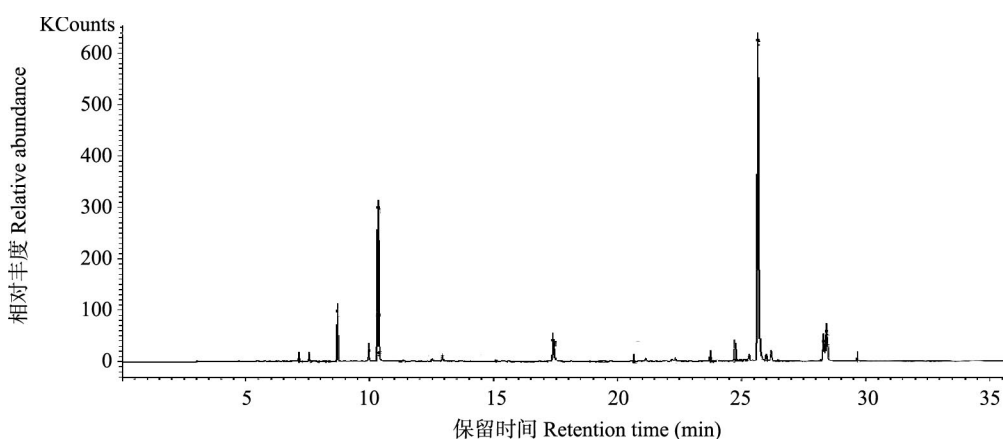


图 6 单瓣茉莉盛开末期香精油成分的总离子流图

Fig. 6 Total ionic chromatogram of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at late bloom stage

表 1 不同发育时期单瓣茉莉的花香精油化学成分

Table 1 Main compounds of essential oils in 'Unifoliatum' flowers at different development stages

化合物 Compound	相对含量 Relative content (%)				
	花蕾初期 Early bud stage	花蕾成熟期 Mature bud stage	微开期 Slight open stage	盛开期 Bloom stage	盛开末期 Late bloom stage
<b>萜烯类 Terpenes</b>					
β-蒎烯 β-Pinene	-	0.15	0.05	-	-
柠檬烯 Limonene	-	-	-	-	1.45
反式-β-罗勒烯 <i>trans</i> -β-Ocimene	-	7.71	0.04	-	-
4-(4-甲基戊基-3-烯基)-3,6-二羟基-1,2-二噻 4-(4-Methylamyl-3-alkenyl)-3,6-dihydroxyl-1,2-dithiin	-	0.10	0.06	-	-
α-可巴烯 α-Copaene	-	-	0.05	-	-
β-芹子烯 β-Selinene	-	-	0.44	0.26	0.47
石竹烯 Caryophyllene	-	-	0.93	0.64	0.54
香树烯 Aromadendrene	-	0.21	0.78	1.15	-
α-律草烯 α-Humulene	1.52	0.47	1.65	0.49	1.10
β-葑澄茄烯 β-Cubebene	-	3.50	11.75	9.41	5.34

续表(Continued)

化合物 Compound	相对含量 Relative content (%)				
	花蕾初期 Early bud stage	花蕾成熟期 Mature bud stage	微开期 Slight open stage	盛开期 Bloom stage	盛开末期 Late bloom stage
大根香叶烯 D Germacrene-D	-	0.81	1.92	1.32	1.22
$\alpha$ -法尼烯 $\alpha$ -Farnesene	79.16	36.81	20.66	26.58	62.31
$\gamma$ -杜松烯 $\gamma$ -Cadinene	-	0.40	0.23	0.15	1.78
$\beta$ -杜松烯 $\beta$ -Cadinene	4.68	-	-	-	-
(-)-异喇叭烯 (-)-Isoledene	-	0.47	0.22	0.19	2.38
$\gamma$ -依兰油烯 $\gamma$ -Muurolene	4.53	-	-	-	-
<b>酯类 Esters</b>					
乙酸-4-己烯-1-醇酯 4-Hexen-1-ol acetate	-	12.52	20.76	1.89	-
苯甲酸甲酯 Benzoic acid methyl ester	-	0.19	0.79	2.40	-
醋酸苄酯 Acetic acid phenylmethyl ester	-	4.27	10.29	26.12	-
丁酸-4-己烯酯 Butanoic acid 4-hexenyl ester	-	1.35	2.58	0.44	-
水杨酸甲酯 Methyl salicylate	-	3.55	2.51	0.92	-
4-丙酸己烯酯 Propanoic acid 4-hexen-1-yl ester	-	-	0.21	0.10	0.38
2-羟基-苯甲酸乙酯	-	0.18	-	-	-
2-Hydroxybenzoic acid ethyl ester	-	-	-	-	-
苯甲酸, 2-氨基甲酯(2-氨基-苯甲酸甲酯)	-	0.81	0.05	0.69	0.31
2-Aminobenzoic acid methyl ester	-	-	-	-	-
(Z)-甲酸-3-己烯-1-醇酯 (Z)-3-Hexen-1-ol formate	-	0.43	0.68	0.06	0.45
3-己烯基苯甲酸酯 3-Hexenyl benzoate	-	1.17	3.09	1.58	1.45
<b>醇类 Alcohols</b>					
苯甲醇 Benzyl alcohol	-	0.11	0.06	0.17	-
$\beta$ -氧化芳樟醇 $\beta$ -Linalool oxide	-	0.15	-	-	0.72
芳樟醇 Linalool	2.73	21.93	14.70	12.67	-
$\alpha$ -杜松醇 $\alpha$ -Cadinol	-	1.51	3.79	1.78	5.56
雪松醇 Cedrol	3.83	-	-	-	-
<b>酸类 Acids</b>					
乙基苯甲酸 Ethyl benzoic acid	-	-	-	2.87	-
<b>酮类 Ketones</b>					
甲乙双酮 Paramethadione	-	0.09	-	-	-
$\alpha$ -吡喃酮 $\alpha$ -Pyrone	-	-	0.02	-	-
<b>杂环 Heterocycles</b>					
1-二甲基-3-甲基环己烷,2-乙烯基	3.54	-	-	-	-
1-Dimethyl-3-methyl cyclohexane,2-vinyl	-	-	-	-	-
吲哚 Indole	-	1.10	1.67	8.14	14.55

-: 未检测到或不存在。

-: Not detected or not existed.

## 2.1 花精油化学成分

花蕾初期 单瓣茉莉花蕾初期共检出香精油化学成分 7 种,以萜烯类化合物含量最高,相对

含量为 89.89% (表 2),含量最高的化合物是  $\alpha$ -法尼烯,相对含量为 79.16% (表 1)。而  $\beta$ -杜松烯、 $\gamma$ -依兰油烯、雪松醇和 1-二甲基-3-甲基环己烷, 2-乙烯



表 2 茉莉花不同发育时期的芳香成分

Table 2 Main aromatic compounds in *Jasminum sambu* flowers at different development stages

	相对含量 Relative contents (%)					
	萜烯类 Terpenes	酯类 Esters	醇类 Alcohols	酸类 Acids	酮类 Ketones	杂环 Heterocycles
花蕾初期 Early bud stage	89.89	-	6.56	-	-	3.54
花蕾成熟期 Mature bud stage	50.63	24.47	23.70	-	0.09	1.10
微开期 Slight open stage	38.78	40.96	18.55	-	0.02	1.67
盛开期 Bloom stage	40.19	34.20	14.62	2.87	-	8.14
盛开末期 Late bloom stage	76.59	2.59	6.28	-	-	14.55

基 4 种化学成分是花蕾初期独有的化学成分,在其它 4 个时期均未检测到。

**花蕾成熟期** 单瓣茉莉花蕾成熟期共检出精油化学成分 25 种,检出化学成分的数量是花蕾初期的 3.57 倍,有 22 种化合物在花蕾初期未检测到,其中 2-羟基-苯甲酸乙酯和甲乙双酮在其它各个时期均未被检出(表 1)。萜烯类、酯类和醇类是主要的精油成分,相对含量分别占精油总量的 50.63%、24.47% 和 23.70% (表 2)。相对含量较多的化合物有  $\alpha$ -法尼烯、芳樟醇和乙酸 4-己烯-1-醇酯,分别占精油总量的 36.81%、21.93% 和 12.52%,反式- $\beta$ -罗勒烯的相对含量为 7.71% (表 1),  $\beta$ -萜荜烯、醋酸卞酯、丁酸-4-己烯酯、水杨酸甲酯、3-己烯基苯甲酸酯、 $\alpha$ -杜松醇和吡啶的相对含量在 1.00% ~ 5.00% 之间(表 1)。

**微开期** 单瓣茉莉花微开期共检出精油化学成分 27 种,萜烯类、酯类和醇类是主要的精油成分,相对含量分别占精油总量的 38.78%、40.96% 和 18.55% (表 2)。 $\alpha$ -可巴烯和  $\alpha$ -吡喃酮仅在此时期被检出,且相对含量很少,分别为 0.02% 和 0.05% (表 1)。含量较多的化合物有乙酸-4-己烯-1-醇酯、 $\alpha$ -法尼烯、芳樟醇、 $\beta$ -萜荜烯和醋酸卞酯,其相对含量分别为 20.76%、20.66%、14.70%、11.75% 和 10.29% (表 1),  $\alpha$ -律草烯、大根香叶烯 D、丁酸-4-己烯酯、水杨酸甲酯、3-己烯基苯甲酸酯、 $\alpha$ -杜松醇和吡啶的相对含量在 1.00% ~ 4.00% 之间(表 1)。

**盛开期** 单瓣茉莉花盛开期共检出 23 种精油化学成分,萜烯类,酯类和醇类是主要的精油成分,相对含量分别占精油总量的 40.19%、34.20% 和 14.62% (表 2)。相对含量较多的化合物是  $\alpha$ -法尼烯、醋酸苜酯和芳樟醇,分别为 26.58%、26.12% 和 12.67%,其次为  $\beta$ -萜荜烯和吡啶,分别

占精油总量的 9.41% 和 8.14%。乙基苯甲酸在其它 4 个时期均未检测到,是盛开期独有的化学成分。

**盛开末期** 单瓣茉莉花盛开末期共检出 16 种精油化学成分,主要为萜烯类和杂环类(表 2)。相对含量较多的化合物有  $\alpha$ -法尼烯和吡啶,分别为 62.31% 和 14.55%,其次为柠檬烯、 $\alpha$ -律草烯、 $\beta$ -萜荜烯、大根香叶烯 B、 $\gamma$ -杜松烯、(-)-异吡啶烯、3-己烯基苯甲酸酯和  $\alpha$ -杜松醇,其相对含量分别为 1.45%、1.10%、5.34%、1.22%、1.78%、2.38%、1.45% 和 5.56% (表 1)。柠檬烯在其它 4 个时期未被检出,是盛开末期独有的化学成分。

## 2.2 不同发育时期化合物成分和含量的变化

**萜烯类化合物** 由表 2 得知,单瓣茉莉鲜花精油中主要的化学成分为萜烯类化合物,尤其是花蕾初期,检出萜烯类化合物占精油总量的 89.89%。随着花蕾的发育,萜烯类化合物的含量逐渐降低,与花蕾初期相比,微开期下降至 38.78%,但此后又逐渐增加,至盛开末期,萜烯类化合物的含量又增至 76.59%,但仍比花蕾初期减少了 16.84%。 $\alpha$ -法尼烯的含量在花蕾期最高,随着花蕾的发育,其含量逐渐下降,但到盛开末期含量反而增加。 $\alpha$ -法尼烯在除微开期以外的 4 个发育时期均具有最高的相对含量(表 1)。

**酯类化合物** 酯类化合物是单瓣茉莉鲜花精油中另一类主要化学成分。从表 2 可以看出,茉莉花中的酯类化合物在花蕾成熟期开始被检出,随着花蕾的发育其含量呈现先增加而后又逐渐降低的变化趋势,至盛开末期酯类化合物只有 4 种被检出,其相对含量仅为 2.59%。酯类化合物的相对含量依次为微开期 > 盛开期 > 花蕾成熟期 > 盛开末期(表 1)。茉莉鲜花香气中的酯类化合物主要包

括醋酸 4-己烯-1-醇酯和醋酸苜酯。

**醇类化合物** 茉莉鲜花精油中含有较多的醇类化合物,从表 2 可以看出,随着花的发育,醇类化合物在花蕾初期就被检出,相对含量为 6.56%,花蕾成熟期迅速上升到 23.70%,含量达到最高,花蕾成熟期后相对含量逐渐降低,微开期为 18.55%,盛开期为 14.62%,至盛开末期相对含量下降到 6.28%,约略与花蕾初期相当。茉莉鲜花香气中的醇类化合物主要包括芳香醇。

**其他化合物** 萜烯和醇类化合物各发育时期均被检出,而酯类和杂环类化合物在花蕾初期未被检出。杂环类成分吲哚在花蕾成熟期形成后,其含量逐渐增加,至盛开末期含量达到最高(为 14.55%),可能吲哚与茉莉鲜花的衰老相关。酸类化合物只在盛开期被检出,相对含量仅为 2.87%。酮类化合物在花蕾成熟期和微开期被检出,含量甚微,相对含量分别仅为 0.09% 和 0.02%。

## 3 讨论

### 3.1 单瓣茉莉花香气组分和含量

双瓣茉莉是中国栽培面积最大的茉莉品种,国内大量研究集中在双瓣茉莉香气组分的分析上<sup>[6-9]</sup>。张丽霞等<sup>[5]</sup>分别采用溶剂浸提法、SDE 法和多孔树脂吸附法制备双瓣茉莉花净油、精油和头香,经 GC、GC/MS 分析,从双瓣茉莉花净油中鉴定出 62 种化合物,精油中鉴定出 35 种化合物,头香中鉴定出 18 种化合物,头香中含有较多的低沸点组分,而净油和精油中含有较多高沸点组分,说明茉莉花精油或净油香气与鲜花的香气存在明显差别。双瓣茉莉花头香中以乙酸苯甲酯、 $\alpha$ -法尼烯、芳樟醇和萜品醇的含量最高,相对含量分别为 33.04%、22.49% 和 21.57%,苯甲酸甲酯、苯甲酸顺-3-己烯酯、丁子香烯和吲哚的含量也较高,分别为 4.43%、2.94%、2.76% 和 2.25%。Edris 等<sup>[10]</sup>应用 GC/MS 分析了埃及茉莉栽培品种的花净油组分和用顶空收集法分析茉莉鲜花浸膏的挥发性成分(HS-SPME),分别鉴定出 41 和 38 种化合物。两种方法得到类似的香气成分,但含量有差别,主要的化学组分和含量是:乙酸苜酯(14.2% 和 23.7%)、E-E- $\alpha$ -法尼烯(13.1% 和 15.9%)、Z-3-苯甲酸己烯酯(9.4% 和 4.9%)、苯甲醇(8.4% 和 7.7%)、芳樟醇(6.3% 和 10.6%)和邻氨基苯甲酸甲酯(4.7% 和 5.0%)。本研

究采用 HS-SPME 和 GC-MS 技术,从单瓣茉莉的花蕾初期到盛开末期共鉴定出 36 种化合物,芳樟醇和  $\alpha$ -法尼烯的相对含量明显高于其他化学成分。盛开期共检测出 23 种香精油化学成分,萜烯类、酯类和醇类是主要香精油成分,相对含量分别占香精油总量的 40.19%、33.76% 和 14.62% (表 2)。相对含量较多的化合物有芳樟醇、醋酸苜酯、 $\alpha$ -法尼烯,相对含量分别为 12.67%、26.12% 和 26.58%,其次为吲哚和  $\beta$ -萜澄茄烯,分别占香精油总量的 8.14% 和 9.41%。这些研究结果表明不同的茉莉品种,其鲜花芳香成分和含量存在一定差异,特别是主要的赋香组分和含量存在较大的差异。但不同茉莉品种鲜花芳香成分和含量的差异还可能是由于不同发育时期的植物材料、栽培环境、栽培措施、取样时间、制备方法、分析仪器等因素不同造成。

### 3.2 单瓣茉莉花释香过程中香气组分变化

单瓣茉莉从花蕾初期到盛开末期的发育过程中,香气逐渐变浓,那些大量增加的挥发性物质或保持较高含量的成分对香气有重要意义。因此,本研究认为单瓣茉莉鲜花的主要香气成分为  $\beta$ -萜澄茄烯、 $\alpha$ -法尼烯、醋酸苜酯、芳樟醇、乙酸-4-己烯-1-醇酯和吲哚。

$\beta$ -萜澄茄烯除花蕾初期未被检出外,在其它发育时期含量都较高, $\alpha$ -法尼烯在 5 个发育时期含量都较高,乙酸-4-己烯-1-醇酯在花蕾成熟期出现并达到较高水平,而到盛开初期达到最高水平,盛开期含量急剧下降,至盛开末期检测不到,醋酸苜酯从花蕾成熟期到盛开期含量逐步升高,至盛开末期检测不到,芳樟醇除盛开末期检测不到外,在其余 4 个时期都有较高的含量,吲哚花蕾初期检测不到,在花蕾成熟期开始出现,并逐步升高,到盛开末期达到最高。

本研究表明,单瓣茉莉花发育的不同时期,香精油的成分及含量差异显著。萜烯类化合物是花蕾初期的主要香精油成分,花蕾成熟期、微开期和盛开期的酯类、醇类和萜烯类化合物的含量均较高,是主要的香精油成分,但化合物种类和含量存在较大差异。盛开末期的主要香精油成分是萜烯类和杂环类化合物(表 2)。

### 3.3 单瓣茉莉花释香过程中香气组分变化与生产实践

在茉莉熏制花茶等生产实践中,一般是采摘花

蕾,在花蕾离体开放过程中熏制花茶。郭素枝等<sup>[16]</sup>采用 SPME 和 GC-MS 技术,对单瓣茉莉、双瓣茉莉和多瓣茉莉采摘花蕾离体开放的香精油化学成分进行了分析,结果表明,3个茉莉品种的花蕾香精油化学成分差异不大,其中单瓣茉莉有39种、双瓣茉莉和多瓣茉莉均有38种,共有成分为37种。但在占主要化学成分的20种倍半萜化合物中,单瓣茉莉的相对含量为63.13%、双瓣茉莉22.71%、多瓣茉莉19.68%。含量较多的主要化学成分有对-孟-3-烯-1-醇、(-)-异喇叭烯、 $\alpha$ -长叶蒎烯;其次是(Z)-3-戊烯酸己烯酯、乙酸苄酯、苯甲酸乙酯、4-丁酸己烯酯、2-羟基-苯甲酸乙酯、<sup>1</sup>H-吡啶、 $\gamma$ -榄香烯、反式-石竹烯、顺- $\alpha$ -没药烯、瓦伦烯2、苯甲酸-3-己烯-1-醇酯、 $\gamma$ -古芸烯等。

本研究中,同样采用 SPME 和 GC-MS 技术,采摘不同开放度的花朵,从单瓣茉莉的花蕾初期到盛开末期共鉴定出36种化合物,主要成分与郭素枝等<sup>[16]</sup>对单瓣茉莉采摘花蕾自然开放的香精油化学成分的结果不一致。

茉莉花属于气质花,花未开放时,香气物质是以一种不挥发的香气先质物质存在,当花开放时,香气先质在酶的作用下形成香气物质,这是一个复杂的生理生化过程,可能还涉及到呼吸作用<sup>[20-24]</sup>。我们的研究结果与郭素枝等<sup>[16]</sup>的不一致,其原因可能是花蕾采摘后立即测定和离体花蕾自然开放后再进行测定所涉及到的生理生化反应不一致。

因此,我们认为,单瓣茉莉鲜花的主要化学成分或前体物质在花蕾成熟期基本形成,此期间,反式- $\beta$ -罗勒烯、 $\beta$ -萜澄茄烯、乙酸4-己烯-1-醇酯、醋酸苄酯、水杨酸甲酯和芳樟醇等化学成分的相对含量显著增加。虽然盛开期的峰面积比花蕾成熟期大,但可检测到的化学成分却较花蕾成熟期略少且成分不完全一致,共有成分的含量也差别比较大,可能是随着花蕾的展开一些化学成分已挥发或已转化成另一种化合物。一些化学成分在微开期含量最高,如石竹烯、 $\alpha$ -律草烯、 $\beta$ -萜澄茄烯、大根香叶烯、乙酸4-己烯-1-醇酯、丁酸-4-己烯酯、顺-3-己烯-1-醇和3-己烯基苯甲酸酯等化学成分,占该时期茉莉鲜花化学成分总含量43.36%,而且微开期化学成分的种数也最多。个别赋香成分在盛开期相对含量最高(如香橙烯、苯甲酸甲酯、醋酸苄酯、乙基苯甲酸,这4种成分占该时期茉莉鲜花化学成分总含量的32.54%),但此时花瓣已完全展开,香气挥

发较快,采摘及运输过程会很快挥发,且大多数主要赋香成分的相对含量已明显下降。因此,茉莉花发育的微开期是窖制花茶或提取香精油的最佳采摘时期。采摘后不能及时窖制花茶或提取香精油的情况下,建议采摘花蕾成熟期的茉莉花为宜。

## 参考文献

- [1] Qi G N, Shi Z P. Progress in the research of chemical components in jasmine (*Jasminum sambac*) [J]. J Sichuan Agri Univ, 2003, 21(2): 172-175.  
齐桂年, 施兆鹏. 茉莉化学成分研究进展 [J]. 四川农业大学学报, 2003, 21(2): 172-175.
- [2] Ito Y, Sugimoto A, Kakuda T, et al. Identification of potent odorants in Chinese jasmine green tea scented with flowers of *Jasminum sambac* [J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(17): 4878-4884.
- [3] Lu N, Wan X C. Solid phase microextraction of fragrance of essential oil of *Jasminum sambac* by GC/MS analysis [J]. Chin Food Add, 2004(1): 111-114.  
陆宁, 宛晓春. 固相微萃取-气相色谱/质谱联用技术分析茉莉精油化学成分 [J]. 中国食品添加剂, 2004(1): 111-114.
- [4] Yang J F, Yang G, Liang X X, et al. Detection of aroma from jasmine scented tea by using SPME/GC-MS [J]. Chin J Trop Crops, 2009, 30(11): 1698-1705.  
杨江帆, 杨广, 梁小虾, 等. 茉莉花茶香气的SPME/GC-MS检测方法 [J]. 热带作物学报, 2009, 30(11): 1698-1705.
- [5] Zhang L X, Wang R W, Li M J, et al. Study on the quality of the jasmine fragrance oils by the different preparation methods [J]. J Shangdong Agri Univ (Nat Sci), 2002, 33(4): 399-402.  
张丽霞, 王曰为, 李名君, 等. 不同制备方法所得茉莉花香精油的差异性研究 [J]. 山东农业大学学报: 自然科学版, 2002, 33(4): 399-402.
- [6] Sun S W, Ma Y P, Wu C S. The fragrance components of the *Jasminum sambac* (L.) Aiton collected by simultaneous steam distillation and solvent extraction [J]. Acta Bot Sin, 1985, 27(2): 186-191.  
孙守威, 马娅萍, 吴承顺. “同时蒸馏-萃取”分析茉莉花香成分 [J]. 植物学报, 1985, 27(2): 186-191.
- [7] Guo Y J, Dai L, Yang L P, et al. Study on the stability of the quality of flower resource during the blossom period for the *Jasminum sambac* (L.) Aiton in Fuzhou region: I. Analysis of the chemical components of essential oil [J]. Chin J Chromatogr, 1993, 11(4): 191-196.  
郭友嘉, 戴亮, 杨兰萍, 等. 福州小花茉莉全花期中的花源质量稳定性研究: I. 精油化学成分分析 [J]. 色谱, 1993, 11(4): 191-196.
- [8] Guo Y J, Dai L, Yang L P, et al. Study on the stability of the quality of flower resource during the blossom period for the



- Jasminum sambac* (L.) Aiton in Fuzhou region: II. Analysis of the chemical components of absolute oil and headspace volatiles [J]. *Chin J Chromatogr*, 1994, 12(1): 11–19.
- 郭友嘉, 戴亮, 杨兰萍, 等. 福州小花茉莉全花期中花源质量稳定性的研究: II. 净油和头香化学成分分析 [J]. 色谱, 1994, 12(1): 11–19.
- [9] Guo Y J, Dai L, Ren Q, et al. A study on the chemical constituents of the headspace volatiles from the flower of *Jasminum sambac* (L.) Aiton by an adsorption-thermal desorption sampling device [J]. *Chin J Chromatogr*, 1994, 12(2): 110–113.
- 郭友嘉, 戴亮, 任清, 等. 用吸附-热脱捕集进样法研究茉莉花香释放过程中化学成分 [J]. 色谱, 1994, 12(2): 110–113.
- [10] Su J W, Wang X P. Ultracytochemical localization of ATPase activity in the cells of *Jasminum sambac* L. seedlings and its relation to chilling tolerance [J]. *Acta Hort Sin*, 2001, 28(6): 544–550.
- 苏金为, 王湘平. 茉莉幼苗ATP酶活性的超微细胞化学定位与耐冷性研究 [J]. 园艺学报, 2001, 28(6): 544–550.
- [11] Guo S Z, Deng C Y, Zhang Y S, et al. Anatomical structure character of vegetative organ of two cultivars of *Jasminum sambac* L. and their ecological adaptations [J]. *Chin J Eco-Agri*, 2004, 12(3): 40–43.
- 郭素枝, 邓传远, 张育松, 等. 单、双瓣茉莉营养器官解剖结构特征及其生态适应性研究 [J]. 中国生态农业学报, 2004, 12(3): 40–43.
- [12] Deng C Y, Guo S Z, Pan D M, et al. Generation of active oxygen and variations of cell protective enzyme activity in mesophyll cells of two cultivars of *Jasminum sambac* L. under low temperature [J]. *Tea Fujian*, 2004(4): 8–10.
- 邓传远, 郭素枝, 潘东明, 等. 低温胁迫下茉莉两栽培品种叶细胞自由基的产生及保护酶的变化 [J]. 福建茶叶, 2004(4): 8–10.
- [13] Guo S Z, Deng C Y, Zhang G J, et al. Effects of low temperature on the permeability of cell membrane in leaf blade of two cultivars of *Jasminum sambac* L. [J]. *Chin J Eco-Agri*, 2006, 14(1): 42–44.
- 郭素枝, 邓传远, 张国军, 等. 低温对单、双瓣茉莉叶片细胞膜透性的影响 [J]. 中国生态农业学报, 2006, 14(1): 42–44.
- [14] Guo S Z, Liu Y B, Deng C Y. Study on comparative anatomy of secondary xylem in three cultivars of *Jasminum sambac* (L.) Aiton [J]. *J Chin Elect Microsc Soc*, 2008, 27(5): 415–421.
- 郭素枝, 刘玉宝, 邓传远. 茉莉 [*Jasminum sambac* (L.) Aiton] 3品种次生木质部的比较解剖学研究 [J]. 电子显微镜学报, 2008, 27(5): 415–421.
- [15] Deng C Y, Guo S Z, Wang X P, et al. A comparison of seasonal ultrastructural changes of mesophyll cell in 3 cultivars of *Jasminum sambac* [J]. *Chin J Trop Crops*, 2012, 33(2): 267–273.
- 邓传远, 郭素枝, 王湘平, 等. 茉莉3品种叶肉细胞超微结构的季节变化研究 [J]. 热带作物学报, 2012, 33(2): 267–273.
- [16] Guo S Z, Zhang M H, Qiu D L, et al. Analysis of the chemical compositions in essential oil from flower buds of 3 jasmine cultivars by gas chromatography-mass spectrometry [J]. *Acta Bot Boreal-Occid Sin*, 2011, 31(8): 1695–1699.
- 郭素枝, 张明辉, 邱栋梁, 等. 3个茉莉品种花蕾香精油化学成分的GC-MS分析 [J]. 西北植物学报, 2011, 31(8): 1695–1699.
- [17] Feng L G, Sheng L X, Zhao L Y, et al. Changes of the aroma constituents and contents in the course of *Rosa rugosa* Thunb. flower development [J]. *Sci Agri Sin*, 2008, 41(12): 4341–4351.
- 冯立国, 生利霞, 赵兰勇, 等. 玫瑰花发育过程中芳香成分及含量的变化 [J]. 中国农业科学, 2008, 41(12): 4341–4351.
- [18] Guo S Z, Gao H J, Qiu D L, et al. Chemical constituents of essential oils from *Michelia alba* Dc. at perianth development stages by GC-MS [J]. *J Trop Subtrop Bot*, 2010, 18(1): 87–92.
- 郭素枝, 高华娟, 邱栋梁, 等. 白兰花被片发育过程中香精油化学成分的GC-MS分析 [J]. 热带亚热带植物学报, 2010, 18(1): 87–92.
- [19] Edris A E, Chizzola R, Franz C. Isolation and characterization of the volatile aroma compounds from the concrete headspace and the absolute of *Jasminum sambac* (L.) Ait. (Oleaceae) flowers grown in Egypt [J]. *Eur Food Res Techn*, 2008, 226(3): 621–626.
- [20] Inagaki J, Watanabe N, Moon J H, et al. Glycosidic aroma precursors of 2-phenylethyl and benzyl alcohols from *Jasminum sambac* flowers [J]. *Biosci Biotechn Biochem*, 1995, 59(4): 738–739.
- [21] Gao L P, Xia T, Zhang Y Q, et al. Studies on the endogenous hormone during the development and blooming of jasmine flower [J]. *J Tea Sci*, 2002, 22(2): 156–159.
- 高丽萍, 夏涛, 张玉琼, 等. 茉莉花发育及开放期间内源激素研究 [J]. 茶叶科学, 2002, 22(2): 156–159.
- [22] Tu Y Y, Tong Q Q, Zhao Q, et al. The isolation and purification of LGA from *Jasminum sambac* Ait. [J]. *J Tea Sci*, 2001, 21(1): 144–147.
- 屠幼英, 童启庆, 赵芹, 等. 茉莉花芳樟醇 $\beta$ -D-吡喃葡萄糖苷酶的分离与纯化 [J]. 茶叶科学, 2001, 21(1): 144–147.
- [23] Gao L P, Wang L M, Zhang Y Q, et al. Studies on the aroma releasing enzymes of jasmine flowers [J]. *J Tea Sci*, 2001, 21(2): 140–143.
- 高丽萍, 王黎明, 张玉琼, 等. 茉莉花香气释放酶的研究 [J]. 茶叶科学, 2001, 21(2): 140–143.
- [24] Gao L P, Wang L M, Zhang Y Q, et al. Relationships between aroma releasing and respiration of *Jasminum sambac* Ait. [J]. *J Nanjing Agri Univ*, 2002, 25(1): 85–88.
- 高丽萍, 王黎明, 张玉琼, 等. 茉莉花香气释放与呼吸作用的关系 [J]. 南京农业大学学报, 2002, 25(1): 85–88.