

## 热带睡莲鲜花中挥发油成分的 GC-MS 分析

石凝, 刘晓静, 杜凤凤, 常雅军, 李乃伟, 姚东瑞<sup>①</sup>

(江苏省中国科学院植物研究所(南京中山植物园), 江苏 南京 210014)

**GC-MS analysis on components of essential oil from fresh flowers of tropical water lily** SHI Ning, LIU Xiaojing, DU Fengfeng, CHANG Yajun, LI Naiwei, YAO Dongrui<sup>①</sup> (Institute of Botany, Jiangsu Province and Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210014, China), *J. Plant Resour. & Environ.*, 2017, 26(4): 104-106

**Abstract:** Chemical components and relative contents of essential oil from fresh flowers of three tropical water lily were identified and analyzed by using GC-MS. The results show that 25, 23, and 25 compounds are identified in essential oil from fresh flowers of cultivar 'Ruby' and 'Daubeniana', and *Nymphaea caerulea* Savigny, respectively; there are eight identical components, in which, the relative content of 8-hexadecyne is the highest (above 30.00%). Alkyne, alkane, alkene, alcohol, and ketone compounds are the dominant component, in which, relative contents of alkyne compounds are the highest in essential oil from fresh flowers of cultivar 'Ruby' and *N. caerulea* (33.62% and 37.28%, respectively), while that of alkane compounds is the highest in cultivar 'Daubeniana' (33.91%).

**关键词:** 热带睡莲鲜花; 挥发油; 芳香成分; GC-MS 分析

**Key words:** fresh flower of tropical water lily; essential oil; aroma component; GC-MS analysis

中图分类号: Q946; Q949.746.1 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2017)04-0104-03

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2017.04.14

睡莲属(*Nymphaea* Linn.)植物为多年生水生草本,具有较高的观赏价值、食用价值和药用价值<sup>[1]</sup>。根据生态学特征,睡莲可分为耐寒睡莲和热带睡莲,其中,所有热带睡莲种类和栽培品种的花均具有香气<sup>[2]</sup>。挥发性有机化合物是构成植物气味的主要物质,其中很多具有独特香味或药用价值。研究植物挥发油成分不仅在香料制作和食品加工等方面具有较好的应用价值,而且在人类的天然保健研究方面也具有重要意义<sup>[3]</sup>。目前,关于睡莲的研究多集中在系统分类、水体净化和花色形成等方面<sup>[4-7]</sup>,而关于挥发油的研究报道并不多见。为进一步开发和利用睡莲鲜花中挥发油成分,作者采用 GC-MS 技术对热带睡莲品种‘东方红’(‘Ruby’)和‘多贝’(‘Daubeniana’)以及蓝睡莲(*Nymphaea caerulea* Savigny)鲜花的挥发油成分进行分析和鉴定。

### 1 材料和方法

#### 1.1 材料

供试的热带睡莲品种‘东方红’和‘多贝’以及蓝睡莲均由南京艺莲苑花卉有限公司提供,于2016年8月9日的8:00至9:00分别采集鲜花5 kg,去除萼片后剪成小块,供试。

#### 1.2 方法

1.2.1 挥发油提取 分别称取供试样品600 g,加入1500 mL蒸馏水,用水蒸汽蒸馏装置提取挥发油,各重复3次。收集挥发油并用无水硫酸钠(AR)脱水,4℃冰箱密封保存。

1.2.2 GC-MS 分析 用Trace DSQ气相色谱-质谱联用仪(美国Thermo Electro-Finnigan公司)进行GC-MS分析。色谱条件:DB-5MS色谱柱(30 m×0.25 mm,0.25 μm);载气为氦气(纯度99.99%),流速2 mL·min<sup>-1</sup>;进样量0.2 μL,分流比50:1,进样口温度250℃。升温程序:起始温度50℃,保持2 min;以2℃·min<sup>-1</sup>升温至270℃,保持5 min。

质谱条件:EI电离源,温度250℃,电离电压70 eV,扫描范围50~450 amu。

#### 1.3 数据处理

根据GC-MS分析结果,结合NIST08质谱数据库及相关文献<sup>[8-10]</sup>报道的已知化合物确认挥发油的化学成分;采用峰面积归一化法计算挥发油中各成分的相对含量。

### 2 结果和分析

挥发油提取结果(表1)表明:品种‘东方红’和‘多贝’以

收稿日期: 2017-06-05

基金项目: 江苏省农业三新工程项目(SXGC[2016]338)

作者简介: 石凝(1993—),女,安徽黄山人,硕士研究生,主要从事水生植物资源开发与利用研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: shuishengzu@126.com

表 1 热带睡莲品种‘东方红’和‘多贝’以及蓝睡莲鲜花中挥发油的成分及其相对含量

Table 1 Components and relative contents of essential oil from fresh flowers of cultivar ‘Ruby’ and ‘Daubeniana’, and *Nymphaea caerulea* Savigny of tropical water lily

保留时间/min Retention time	化合物 <sup>1)</sup> Compound <sup>1)</sup>	分子式 Molecular formula	相对分子质量 Relative molecular mass	相对含量/% <sup>2)</sup> Relative content <sup>2)</sup>		
				S1	S2	S3
11.90	( <i>E</i> )-4-(2,6,6-trimethyl-2-cyclohexen-1-yl)-3-buten-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192	0.33	0.21	0.26
12.00	2,6-dimethyl-6-(4-methyl-3-pentenyl)-bicyclo[3.1.1]hept-2-ene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	1.73	0.46	2.49
12.25	( <i>E</i> )-7,11-dimethyl-3-methylene-1,6,10-dodecatriene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	5.22	9.25	8.02
12.64	( <i>E</i> )-4-(2,6,6-trimethyl-1-cyclohexen-1-yl)-3-buten-2-one	C <sub>13</sub> H <sub>20</sub> O	192	0.87	—	0.61
12.80	pentadecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	11.09	9.73	—
12.90	farnesene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	3.31	2.18	—
12.91	tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>30</sub>	198	—	—	10.64
13.12	[ <i>S</i> -( <i>R</i> <sup>*</sup> , <i>S</i> <sup>*</sup> )]-3-(1,5-dimethyl-4-hexenyl)-6-methylene-cyclohexene	C <sub>15</sub> H <sub>24</sub>	204	3.67	0.49	3.67
14.82	8-hexadecyne	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub>	222	33.62	30.20	37.28
14.89	8-heptadecene	C <sub>17</sub> H <sub>34</sub>	238	7.95	4.20	4.50
15.09	hexadecane	C <sub>16</sub> H <sub>34</sub>	226	2.10	—	—
15.15	heptadecane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	—	0.96	—
15.19	2,6,10,14-tetramethyl-heptadecane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296	—	—	1.00
16.93	1-nonadecene	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266	0.43	—	—
16.94	10-heneicosene	C <sub>21</sub> H <sub>42</sub>	294	—	0.38	—
16.95	9-nonadecene	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub>	266	—	—	0.40
17.24	2-nonadecanone	C <sub>19</sub> H <sub>38</sub> O	282	8.24	—	—
17.28	nonadecane	C <sub>19</sub> H <sub>40</sub>	268	—	6.67	—
17.30	2-dodecanone	C <sub>12</sub> H <sub>24</sub> O	184	—	—	5.98
18.05	<i>n</i> -hexadecanoic acid	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	256	—	1.81	1.20
18.27	<i>n</i> -dodecyl acetate	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O <sub>2</sub>	228	1.01	—	—
18.32	acetic acid, octadecyl ester	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O <sub>2</sub>	312	—	—	1.47
18.38	pentadecanal	C <sub>15</sub> H <sub>30</sub> O	226	2.21	—	—
18.42	oxirane, tetradecyl	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	—	1.86	—
18.45	tetradecanal	C <sub>14</sub> H <sub>28</sub> O	212	—	—	1.37
18.51	( <i>E</i> )-3,7,11-trimethyl-1,6,10-dodecatrien-3-ol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222	—	0.26	—
18.66	kaur-16-ene	C <sub>20</sub> H <sub>32</sub>	272	0.26	0.40	0.24
18.87	( <i>E,E</i> )-9,12-octadecadienoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	0.40	—	—
18.89	( <i>Z</i> )-9,17-octadecadienal	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O	264	—	—	0.32
18.93	11,14,17-eicosatrienoic acid, methyl ester	C <sub>21</sub> H <sub>36</sub> O <sub>2</sub>	320	0.40	—	—
18.94	( <i>Z,Z,Z</i> )-7,10,13-hexadecatrienal	C <sub>16</sub> H <sub>26</sub> O	234	—	0.20	0.30
19.12	octadecane	C <sub>18</sub> H <sub>38</sub>	254	5.17	—	—
19.20	tridecane	C <sub>13</sub> H <sub>28</sub>	184	—	5.66	4.33
19.25	phytol	C <sub>20</sub> H <sub>40</sub> O	296	1.40	1.82	1.79
19.76	( <i>E,E</i> )-9,12-octadecadienoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>34</sub> O <sub>2</sub>	294	—	1.80	—
19.79	9-octadecynoic acid	C <sub>18</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	280	—	—	1.38
19.83	( <i>Z,Z,Z</i> )-9,12,15-octadecatrienoic acid, methyl ester	C <sub>19</sub> H <sub>32</sub> O <sub>2</sub>	292	—	1.01	0.76
19.88	( <i>Z</i> )-13-octadecen-1-yl acetate	C <sub>20</sub> H <sub>38</sub> O <sub>2</sub>	310	0.40	—	—
19.93	oleyl alcohol	C <sub>18</sub> H <sub>36</sub> O	268	—	—	0.44
19.98	( <i>E,E,E</i> )-3,7,11,16-tetramethyl-2,6,10,14-hexadecatetraen-1-ol	C <sub>20</sub> H <sub>34</sub> O	290	4.56	—	—
20.11	( <i>Z,E</i> )-3,7,11-trimethyl-2,6,10-dodecatrien-1-ol	C <sub>15</sub> H <sub>26</sub> O	222	—	10.81	5.88
20.18	2-ethenyl-2,5-dimethyl-4-hexen-1-ol	C <sub>10</sub> H <sub>18</sub> O	154	0.18	—	—
20.23	tetradecyl-oxirane	C <sub>16</sub> H <sub>32</sub> O	240	0.23	—	—
20.89	2,6,10-trimethyl-dodecane	C <sub>15</sub> H <sub>32</sub>	212	4.72	—	—
20.98	2,6,10-trimethyl-tetradecane	C <sub>17</sub> H <sub>36</sub>	240	—	—	5.07
21.00	1-chloro-tetradecane	C <sub>14</sub> H <sub>29</sub> Cl	232	—	8.52	—
22.49	2-methyl-eicosane	C <sub>21</sub> H <sub>44</sub>	296	0.47	—	—
22.52	eicosane	C <sub>20</sub> H <sub>42</sub>	282	—	0.51	0.61

1) \* : 相对构型 Relative configuration.

2) S1: ‘东方红’ ‘Ruby’; S2: ‘多贝’ ‘Daubeniana’; S3: 蓝睡莲 *Nymphaea caerulea* Savigny. —: 未检出 Undetected.

及蓝睡莲的鲜花中均可提取挥发油,提取率分别为0.187%、0.142%和0.185%。

由表1可见:从品种‘东方红’和‘多贝’及蓝睡莲鲜花的挥发油中分别鉴定出25、23和25种化合物,相对含量分别为99.97%、99.39%和99.40%。3个样品共有成分有8种,分别为4-(2,6,6-三甲基-2-环己烯基-1-炔基)-3-丁烯-2-酮、2,6-二甲基-6-(4-甲基-3-戊烯基)-二环[3.1.1]-庚-2-烯、7,11-二甲基-3-亚甲基-1,6,10-十二碳三烯、3-(1,5-二甲基-4-己烯基)-6-亚甲基-环己烯、8-十六炔、8-十七碳烯、贝壳杉-16-烯和叶绿醇,其中,8-十六炔、7,11-二甲基-3-亚甲基-1,6,10-十二碳三烯和8-十七碳烯等成分的相对含量较高,均超过30.00%,以8-十六炔的相对含量最高。

除共有成分外,在品种‘东方红’鲜花的挥发油中相对含量较高的成分还包括十五烷、2-十九烷酮、十八烷、3,7,11,16-四甲基-2,6,10,14-十六碳四烯-1-醇和2,6,10-三甲基十二烷,在品种‘多贝’鲜花的挥发油中相对含量较高的成分还包括十五烷、十九烷、十三烷、3,7,11-三甲基-2,6,10-十二碳三烯-1-醇和1-氯十四烷,在蓝睡莲鲜花的挥发油中相对含量较高的成分还包括十四烷、2-十二酮、十三烷、3,7,11-三甲基-2,6,10-十二碳三烯-1-醇和2,6,10-三甲基十四烷,相对含量均在4.00%以上。

GC-MS分析结果表明:从品种‘东方红’和‘多贝’以及蓝睡莲鲜花的挥发油中共鉴定出48种化合物,主要为炔类、烷类、烯类、醇类和酮类化合物。脂肪酸类成分存在于品种‘多贝’和蓝睡莲鲜花的挥发油中;烯类、醛酮类和醇酯类成分均存在于3个样品的挥发油中,但组成和相对含量存在一定差异。品种‘东方红’和蓝睡莲鲜花的挥发油中炔类成分的相对含量最高,分别为33.62%和37.28%;品种‘多贝’鲜花的挥发油中烷类成分的相对含量最高,为33.91%。

### 3 讨论和结论

徐辉等<sup>[10]</sup>的研究结果显示:紫罗兰色和红色的香水莲花(*Nymphaea hybrid*)鲜花挥发油的主要成分为苯醇、正十五烷、6,9-十七碳二烯,与本实验结果存在明显差异,造成这一现象的原因可能与供试睡莲的种类(品种)特性、产地等因子有关。

植物花朵香气的成分主要是由萜烯类、芳香类和脂肪酸衍生物等低分子量、易挥发的化合物组成的次生代谢产物<sup>[11-12]</sup>。本研究结果表明:热带睡莲芳香成分的主要物质是烯类、醛酮类和醇酯类化合物。品种‘东方红’、‘多贝’和蓝睡莲鲜花中的挥发性芳香成分分别有16、12和15种,相对含

量分别为34.19%、18.89%和33.60%,共有成分有6种,这些相同的成分使不同种(品种)热带睡莲的鲜花香气具有一定相似性。萜类化合物是重要的香料源,供试的3个热带睡莲种(品种)的鲜花挥发油中萜烯类化合物含量丰富,因此,三者的花香浓郁程度可能与挥发油中萜烯类成分的组成和含量有关<sup>[13-15]</sup>,但热带睡莲不同品种(种)间鲜花挥发油的化学组成和含量差异与其花香气的关系有待进一步研究。

### 参考文献:

- [1] AGNIHOTRI V K, ELSOHLY H N, KHAN S I, et al. Antioxidant constituents of *Nymphaea caerulea* flowers [J]. *Phytochemistry*, 2008, 69: 2061-2066.
- [2] 黄国振, 邓惠勤, 李祖修, 等. 睡莲[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [3] 郑华, 李文彬, 金幼菊, 等. 植物气味物质及其对人体作用的研究概况[J]. *北方园艺*, 2007(6): 76-78.
- [4] 柏斌斌, 骆菁菁, 李虹, 等. 睡莲品种数量分类的初步研究[J]. *北方园艺*, 2011(22): 75-78.
- [5] 史屹峰. 优良水生花卉——荷花及睡莲[J]. *中国果菜*, 2009(8): 40-41.
- [6] 宋力, 黄勤超, 黄民生. 利用荷花与睡莲对沉积物中重金属的修复研究[J]. *光谱学与光谱分析*, 2016, 36(9): 2884-2888.
- [7] 朱满兰, 王亮生, 张会金, 等. 耐寒睡莲花瓣中花青素苷组成及其与花色的关系[J]. *植物学报*, 2012, 47(5): 437-453.
- [8] 丛浦珠, 苏克曼. 分析化学手册: 第九分册[M]. 2版. 北京: 化学工业出版社, 2000.
- [9] 王振中, 毕宇安, 尚强, 等. 金银花与山银花挥发性成分GC-MS的研究[J]. *中草药*, 2008, 39(5): 672-674.
- [10] 徐辉, 张卫明, 姜洪芳, 等. 香水莲花挥发油的气相色谱-质谱分析[J]. *食品研究与开发*, 2008, 29(9): 101-103.
- [11] PICHERSKY E, GANG D R. Genetics and biochemistry of secondary metabolites in plants: an evolutionary perspective [J]. *Trends in Plant Science*, 2000, 5: 439-445.
- [12] KNUDSEN J T, TOLLSTEN L, BERGSTRÖM L G. Floral-scents a checklist of volatile compounds isolated by head-space techniques [J]. *Phytochemistry*, 1993, 33: 253-280.
- [13] 王洁, 杨志玲, 杨旭, 等. 不同花期厚朴雌雄蕊和花瓣香气组成成分的分析 and 比较[J]. *植物资源与环境学报*, 2011, 20(4): 42-48.
- [14] 张辉秀, 胡增辉, 冷平生, 等. 不同品种百合花挥发性成分定性分析与定量分析[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(4): 790-799.
- [15] 魏丹, 李祖光, 徐心怡, 等. HS-SPME-GC-MS 联用分析3种兰花鲜花的香气成分[J]. *食品科学*, 2013, 34(16): 234-237.

(责任编辑: 郭严冬)