

# 芍药种子含油率与脂肪酸成分研究

谭真真<sup>1</sup>, 王雁<sup>1\*</sup>, 李亚<sup>2</sup>

(1. 中国林业科学研究院林业研究所, 国家林业局林木培育重点实验室, 北京 100091;

2. 中国科学院南京地质古生物研究所, 江苏 南京 210008)

**摘要:** [目的] 本文对芍药种子含油率、脂肪酸成分及含量进行了探讨, 为芍药开发成油料植物提供参考。 [方法] 选取芍药 36 个栽培品种和 1 个野生居群为样本, 采用索氏提取法提取种子油脂并测定含油率, 用气相色谱-质谱联用仪(GC-MS)对提取的籽油成分进行分析。 [结果] 表明: 芍药 36 个栽培品种和 1 个野生居群种子平均含油率为 20.20%。芍药籽油主要含有豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和花生酸 8 种脂肪酸, 其中, 亚麻酸含量最高, 平均达 34.14%, 其次为油酸和亚油酸, 这 3 种不饱和脂肪酸的含量占全部脂肪酸的 93.37%。芍药籽油脂肪酸含量变化相对稳定, 各脂肪酸成分的变异系数从大到小依次为亚油酸(13.90%) > 油酸(13.51%) > 亚麻酸(10.71%) > 棕榈酸(0.18%) > 硬脂酸(0.09%) > 花生酸(0.002%)、棕榈一烯酸(0.002%) > 豆蔻酸(0.00%)。 [结论] 芍药种子含油率高, 富含亚麻酸、亚油酸和油酸, 且含量相对稳定, 变异很小, 具有开发为高含量亚麻酸食用油潜力。

**关键词:** 芍药; 油料植物; 含油率; 脂肪酸; GC-MS 分析

中图分类号: S682.1

文献标识码: A

文章编号: 1001-1498(2018)03-0045-06

## Oil Content and Fatty Acid Composition of *Paeonia lactiflora* Seeds

TAN Zhen-zhen<sup>1</sup>, WANG Yan<sup>1</sup>, LI Ya<sup>2</sup>

(1. Research Institute of Forestry, Chinese Academy of Forestry, Key Laboratory of Tree Breeding and Cultivation, State Forestry Administration, Beijing 100091, China; 2. Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, Jiangsu, China)

**Abstract:** [Objective] To studying the seed oil content, fatty acid composition and content of Chinese herbaceous peony (*Paeonia lactiflora*), aiming at providing a theoretical basis for oil plant development. [Method] 36 cultivars and 1 wild population of *P. lactiflora* were selected as samples, the seed oil were extracted and the oil content was determined by Soxhlet Extraction Technology, and the components of the seed oil was analyzed with Gas Chromatography-Mass Spectrometry (GC-MS). [Result] The average oil content of peony seeds was 20.20%. The seed oil mainly contained eight fatty acids, viz. myristic, palmitic, palmitoleic, stearic, oleic, linoleic, linolenic and arachidic, among which the main fatty acids were linolenic acid (up to 34.14%), followed by oleic acid, linoleic acid and palmitic acid. These three kinds of unsaturated fatty acids account for 93.39% of total fatty acids. The variation of fatty acid content was relatively stable, and the variation coefficients were 13.90% (linoleic acid), 13.51% (oleic acid), 10.71% (linolenic acid), 0.18% (palmitic acid), 0.09% (stearic acid), 0.002% (arachidic acid), 0.002% (palmitoleic acid) and 0.00% (myristic acid). [Conclusion] Chinese herbaceous peony seeds not only have high oil content, but is also rich in linolenic, linoleic and oleic acids. The content of these fatty acids is relatively stable with only small variations. The research provides evidence for the development of Chinese herba-

收稿日期: 2017-07-13

基金项目: 国家“863”高新技术研究与发展计划项目(2011AA100207)

作者简介: 谭真真(1988—),女,硕士,研究方向为园林植物及应用. E-mail:907137166@qq.com.

\* 通讯作者: 王雁(1969—),女,博士,研究员,研究方向为园林植物及应用. E-mail:wangyan@caf.ac.cn

ceous peony as oil plant with high linolenic acid content.

**Keywords:** *Paeonia lactiflora* Pall.; Oil plant; Oil content; Fatty acid; GC-MS analysis

芍药(*Paeonia lactiflora* Pall.)又名将离、离草、余容、没骨花、犁食等<sup>[1]</sup>,与牡丹(*Paeonia suffruticosa* Andr.)同科同属。芍药为多年生草本,牡丹为多年生小灌木<sup>[2-3]</sup>。芍药花大色艳,花型丰富,具有很强的观赏价值,既可作园林绿化植物,也可以作盆花和切花<sup>[4]</sup>;花及根具有补血敛阴、柔肝止痛、养阴平肝的功效<sup>[5]</sup>,是一味重要的中药材。芍药在我国东北、华北、陕西及甘肃南部等地区均有分布<sup>[6]</sup>,对极端环境因子有很强的耐受性<sup>[7]</sup>,极具推广价值。

目前,我国的油料作物生产受到各方面因素影响,产量远不及欧美发达国家,食用植物油的人均占有量不到世界平均水平的70%<sup>[8]</sup>。中国食用油进口量由2000年的187.00万吨增长到2013年的810.00万吨,增长幅度达333.16%,中国所消费的食用油一半以上需要从国外进口或利用进口植物油籽加工,而且近几年进口量增加的趋势越加明显<sup>[9]</sup>。2011年3月22日,牡丹籽油被批准作为新资源食品(卫生部公告2011年第9号)。无论从遗传,还是外观、形态方面,芍药都与牡丹有很强的相似性,特别是芍药具有非常强的结实力,极具开发成新型油料作物的潜力。目前,仅见马广莹等<sup>[10]</sup>、宁传龙<sup>[11]</sup>等、罗婧<sup>[12]</sup>从芍药籽油理化性质、提取工艺和营养成分等方面进行了研究,查素娥等<sup>[13]</sup>对6个芍药品种含油率和4种脂肪酸成分进行了简要的分析。本文对芍药36个品种和1个自然居群的种子进行了油脂提取,并对其籽油脂肪酸成分进行了对比分析,旨在为芍药籽油进一步开发利用提供参考。

## 1 材料

### 1.1 实验材料

本文中36个品种和1个自然居群的芍药种子,分别采自山东省菏泽市曹州牡丹园和河北省张家口市赤城县大海陀山(表1)。曹州牡丹园属暖温带季风性气候,年平均气温13.9℃,年均降水量625 mm,海拔68~37 m,砂质壤土;大海陀山属温带大陆性季风气候,昼夜温差较大,年平均气温1.0~4.5℃,年均降水量480~607 mm,最高海拔2 241 m。芍药自然居群主要分布在海拔1 300 m左右的南坡上,棕壤土。

### 1.2 主要仪器

Agilent GC-MS7890A 气相色谱—质谱联用仪

(美国安捷伦公司)、SHB-III循环式多用真空泵(郑州长城科工贸易有限公司)、DHG—9240A型电热恒温鼓风干燥箱(上海一恒科技有限公司)、BSA2202S分析天平(北京,赛多利斯科学仪器)、XMTD—2MB型恒温水浴锅、索氏提取器等。

### 1.3 主要试剂

分析纯无水乙醚、甲醇和氢氧化钾。

## 2 研究方法

### 2.1 原料预处理

将芍药种子去除种皮后,放入电热恒温鼓风干燥箱,(75±1)℃的烘箱中干燥24 h,取出后粉碎备用。

### 2.2 索氏提取

称取2.50 g芍药籽仁粉末,用定量滤纸包成小包称质量后放入索氏提取器中,萃取溶剂为无水乙醚,料液比1:25;用水浴锅恒温50℃萃取,抽提7 h后,得到淡黄色油脂与乙醚的混合物;放入通风柜中,挥发乙醚,乙醚挥发完全后计算含油率。芍药籽油含油率按下式计算:

$$X = M_1 / M_0 \times 100\%$$

式中: $X$ 为含油率; $M_0$ 为芍药籽的质量(g); $M_1$ 为油脂质量(g)。

### 2.3 芍药籽油 GC-MS 分析

2.3.1 油脂的甲酯化 称取芍药籽油100.0 mg,放入10.0 mL塑料连盖离心管中,加入2.0 mL无水乙醚,充分溶解籽油后,加入0.4 mol·L<sup>-1</sup>的KOH-甲醇溶液2.0 mL,震荡后放入通风柜,静置45 min后,加入3.0 mL蒸馏水震荡静置30 min,取上层有机相进行分析。

2.3.2 GC-MS 条件 色谱柱:AB-FFAP石英毛细管柱,长30 m,内径0.25 mm;载气为氦;柱温从50℃开始,保持1 min,后以15℃·min<sup>-1</sup>升温至200℃,保持45 min;进样口温度250℃,进样量0.2 μL;检测器温度270℃,柱流速2.19 mL·min<sup>-1</sup>,柱压20 Psi;恒流模式。

2.3.3 分析方法 通过NIST质谱数据库检索与鉴定色谱图中峰所指示的化学成分<sup>[14]</sup>,采用峰面积归一法自动计算某化学成分的百分比含量,最后用Excel(2003)和SPSS(13.0)软件分析数据。

表1 实验材料编号、中文名、拉丁学名及来源

Table 1 The experimental materials, Chinese name, scientific name and source

样品号 Number	中文名 Chinese name	拉丁学名 Scientific name	产地 Locality
1	‘大地皆春’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Dadijiechun’	山东菏泽曹州牡丹园
2	‘春晓’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Chunxiao’	山东菏泽曹州牡丹园
3	‘粉盘藏珠’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Fenpancangzhu’	山东菏泽曹州牡丹园
4	‘大红赤金’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Dahongchijin’	山东菏泽曹州牡丹园
5	‘红花露霜’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Honghualushuang’	山东菏泽曹州牡丹园
6	‘朱砂判’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Zhushapan’	山东菏泽曹州牡丹园
7	‘烈火金刚’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Liehuojingang’	山东菏泽曹州牡丹园
8	‘墨紫含金’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Mozihanjin’	山东菏泽曹州牡丹园
9	‘圆叶锦球’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Yuanyejinqiu’	山东菏泽曹州牡丹园
10	‘艳丽’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Yanli’	山东菏泽曹州牡丹园
11	‘锦山红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Jinshanhong’	山东菏泽曹州牡丹园
12	‘盘托绒花’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Pantuoronghua’	山东菏泽曹州牡丹园
13	‘赵园红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Zhaoyuanhong’	山东菏泽曹州牡丹园
14	‘长茎红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Changjinghong’	山东菏泽曹州牡丹园
15	‘奇花露霜’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Qihualushuang’	山东菏泽曹州牡丹园
16	‘蝶落粉池’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Dieluofenchi’	山东菏泽曹州牡丹园
17	‘莲台’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Liantai’	山东菏泽曹州牡丹园
18	‘东海朝阳’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Donghaichaoyang’	山东菏泽曹州牡丹园
19	‘湖光山色’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Huguangshanse’	山东菏泽曹州牡丹园
20	‘迟白’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Chibai’	山东菏泽曹州牡丹园
21	‘雪峰’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Xuefeng’	山东菏泽曹州牡丹园
22	‘万寿红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Wanshouhong’	山东菏泽曹州牡丹园
23	‘粉绫红珠’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Fenlinghongzhu’	山东菏泽曹州牡丹园
24	‘竹叶红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Zhuychong’	山东菏泽曹州牡丹园
25	‘赵园粉’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Zhaoyuanfen’	山东菏泽曹州牡丹园
26	‘紫凤羽’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Zifengyu’	山东菏泽曹州牡丹园
27	‘遍地红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Biandihong’	山东菏泽曹州牡丹园
28	‘墨紫绫’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Moziling’	山东菏泽曹州牡丹园
29	‘山河红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Shanhehong’	山东菏泽曹州牡丹园
30	‘金簪刺玉’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Jinzanciyu’	山东菏泽曹州牡丹园
31	‘巧玲’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Qiaoling’	山东菏泽曹州牡丹园
32	‘雪盖黄沙’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Xuegaihuangsha’	山东菏泽曹州牡丹园
33	‘永生红’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Yongshenghong’	山东菏泽曹州牡丹园
34	‘红珠映玉’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Hongzhuyingyu’	山东菏泽曹州牡丹园
35	‘鹤落粉池’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Heluofenchi’	山东菏泽曹州牡丹园
36	‘火炼赤金’	<i>P. lactiflora</i> Pall. cv. ‘Huolianchijin’	山东菏泽曹州牡丹园
37	芍药	<i>P. lactiflora</i> Pall.	河北张家口市大海陀

### 3 结果与分析

#### 3.1 不同芍药籽油脂脂肪酸成分及含油率分析

经气相色谱分析检测,从芍药籽油中分离出8种主要脂肪酸成分,分别为豆蔻酸(C14:0)、棕榈酸(C16:0)、棕榈一烯酸(C16:1)、硬脂酸(C18:0)、油酸(C18:1)、亚油酸(C18:2)、亚麻酸(C18:3)和花生酸(C20:0)(图1,以32号样品为例),其保留时间依次为10.56、12.10、12.27、14.24、14.57、15.38、16.61、17.98 min,作为标样的十一碳甲酯(C11:0)保留时间为8.40 min。不同芍药品种和自然居群种子含油率及脂肪酸成分见表2。本试验除了检测出8种主要脂肪酸外,还检测出其他多种脂肪酸,由

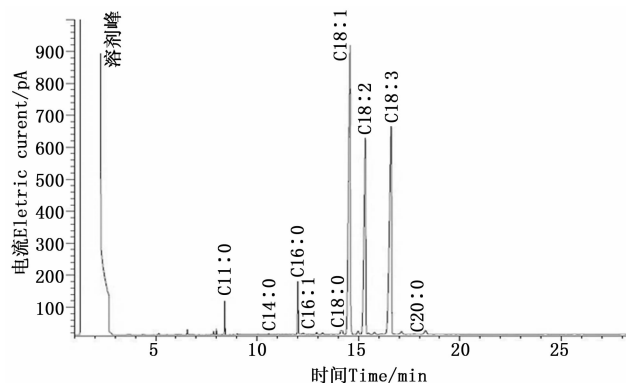


图1 芍药‘雪盖黄沙’脂肪酸组成成分气相色谱图谱

Fig.1 The chromatogram of *P. lactiflora* Pall. cv.

‘Xuegaihuangsha’ fatty acid compositions

于其含量较小,未对其成分做进一步分析。

从表2可看出:供试的37份芍药种子的含油率差异显著,平均含油率为20.20%,其中,32号‘雪盖黄沙’的含油率最高(33.77%),比含油率最低的17号‘莲台’(13.15%)高20.62%;含油率超过25%的芍药分别为:32号‘雪盖黄沙’(33.77%)、37号芍药(28.31%)、25号‘赵园粉’(27.42%)、15号

‘奇花露霜’(27.24%)、11号‘锦山红’(26.89%)、16号‘蝶落粉池’(25.68%)。不同芍药品种间含油率变异较大,其变异系数为19.47%(表3),芍药与芍药品种平均含油率相比,变异不大,说明芍药及其品种含油率变化相对稳定,但品种间含油率差异显著,这为选育高含油率芍药品种提供理论依据。

表2 芍药籽油脂肪酸成分及相对含量

Table 2 Composition of fatty acids and its relative content of *P. lactiflora* Pall.

样品号 Number	饱和脂肪酸(SFA)					合计 Total	不饱和脂肪酸(UFA)			合计 Total	未知脂肪 Unknown fatty acid	含油率 Oil content
	豆蔻酸 Myristic acid	棕榈酸 Palm acid	棕榈一烯酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	花生酸 Arachic acid		单不饱和脂肪酸 (MUFA)	多不饱和脂肪酸 (PUFA)				
							油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid			
1	0.04	3.60	0.04	0.01	0.09	3.78	29.91	31.71	33.55	95.17	1.05	18.97
2	0.02	2.49	0.03	0.43	0.12	3.09	32.01	27.20	36.03	95.24	1.67	16.80
3	0.04	3.34	0.05	0.56	0.05	4.04	32.45	21.83	39.75	94.03	1.93	18.00
4	0.02	2.65	0.04	0.02	0.07	2.80	30.88	24.20	40.36	95.44	1.76	20.00
5	0.03	2.78	0.05	0.67	0.06	3.59	30.01	24.93	38.80	93.74	2.67	21.68
6	0.03	2.37	0.13	0.72	0.07	3.32	33.80	26.24	34.09	94.13	2.55	16.02
7	0.02	2.69	0.05	0.78	0.07	3.61	30.30	30.36	32.34	93.00	3.39	21.30
8	0.03	2.81	0.11	0.61	0.06	3.62	31.61	30.31	32.09	94.01	2.37	23.08
9	0.05	3.16	0.07	0.79	0.06	4.13	29.36	26.61	35.55	91.52	4.35	18.80
10	0.03	3.66	0.17	0.84	0.27	4.97	36.15	24.17	27.76	88.08	6.95	17.44
11	0.04	3.58	0.01	0.01	0.01	3.65	32.90	26.66	35.83	95.39	0.96	26.89
12	0.04	3.40	0.04	0.02	0.02	3.52	35.08	28.85	31.33	95.26	1.22	22.96
13	0.03	2.54	0.12	0.70	0.07	3.46	33.08	26.98	34.85	94.91	1.63	15.29
14	0.03	2.56	0.12	0.64	0.02	3.37	32.18	24.66	39.02	95.86	0.77	17.00
15	0.04	2.26	0.16	0.55	0.03	3.04	29.78	24.69	31.80	86.27	10.69	27.24
16	0.05	3.53	0.05	0.01	0.10	3.74	33.51	27.00	34.60	95.11	1.15	25.68
17	0.07	3.32	0.03	1.10	0.05	4.57	36.05	27.62	26.64	90.31	5.12	13.15
18	0.03	3.08	0.05	0.15	0.08	3.39	28.13	29.55	36.68	94.36	2.25	17.97
19	0.03	3.16	0.03	0.63	0.09	3.94	34.41	28.52	32.31	95.24	0.82	21.37
20	0.04	3.35	0.06	0.73	0.07	4.25	31.95	28.89	34.06	94.90	0.85	17.41
21	0.04	2.98	0.10	0.78	0.07	3.97	34.48	30.22	28.61	93.31	2.72	14.00
22	0.02	2.33	0.06	0.68	0.08	3.17	38.05	24.35	33.35	95.75	1.08	18.29
23	0.03	3.16	0.04	0.01	0.02	3.26	38.27	22.83	34.08	95.18	1.56	18.82
24	0.06	3.81	0.07	0.80	0.03	4.77	37.44	17.84	33.19	88.47	6.76	15.09
25	0.04	3.10	0.06	0.67	0.02	3.89	32.48	22.24	38.87	93.59	2.52	27.42
26	0.07	3.84	0.06	0.80	0.06	4.83	37.54	17.90	33.27	88.71	6.46	19.59
27	0.05	2.86	0.09	0.62	0.03	3.65	35.29	24.05	32.03	91.37	4.98	20.51
28	0.04	2.95	0.04	0.44	0.04	3.51	28.29	32.79	33.58	94.66	1.83	20.62
29	0.03	2.88	0.06	0.73	0.03	3.73	30.66	28.79	35.24	94.69	1.58	22.60
30	0.04	2.66	0.06	0.75	0.03	3.54	37.56	23.46	32.68	93.70	2.76	16.73
31	0.04	3.16	0.07	0.77	0.03	4.07	38.60	20.66	33.54	92.80	3.13	19.42
32	0.04	2.66	0.06	0.75	0.03	3.54	37.56	23.46	32.68	93.70	2.76	33.77
33	0.05	3.34	0.09	0.69	0.02	4.19	35.97	23.88	32.90	92.75	3.06	20.27
34	0.04	2.89	0.14	0.79	0.04	3.90	24.68	32.40	35.82	92.90	3.20	16.54
35	0.03	3.07	0.03	0.73	0.03	3.89	32.87	30.21	31.98	95.06	1.05	21.09
36	0.04	3.42	0.14	0.82	0.06	4.48	37.29	22.23	32.53	92.05	3.47	17.25
37	0.05	3.43	0.16	0.38	0.06	4.08	23.80	28.56	41.59	93.95	1.97	28.31

注:饱和脂肪酸含量(SFA) = 饱和脂肪酸/总脂肪酸 × 100%; 不饱和脂肪酸含量 UFA = 不饱和脂肪酸/总脂肪酸 × 100%。

### 3.2 不同芍药籽油脂肪酸含量分析

芍药及其品种间脂肪酸组成成分相同,但相对含量差异显著(表2、3)。对山东菏泽曹州牡丹园1~36号芍药品种、河北大海陀37号芍药籽油成分和含量分析表明:二者的芍药籽油脂肪酸成分相同,均包含8种主要脂肪酸。1~37号芍药籽油脂肪酸平均相对含量中,亚麻酸含量最高,其次为油酸、亚油酸和棕榈酸,这4种脂肪酸的含量占全部脂肪酸的96.42%,不饱和脂肪酸相对含量达93.37%,硬脂酸、花生酸、棕榈一烯酸、豆蔻酸含量均较小。采自河北大海陀的37号芍药,其籽油的亚麻酸含量在所有供试芍药中含量最高,亚麻酸、亚油酸含量分别比采自菏泽曹州牡丹园1~36号芍药品种平均含

量高7.65%、2.50%;山东菏泽曹州牡丹园1~36号油酸平均相对含量为33.35%,比河北大海陀野生芍药高9.55%;棕榈酸、硬脂酸、花生酸等脂肪酸因其本身含量较小,差异不大。

### 3.3 不同芍药籽油脂肪酸变异情况分析

利用SPSS13.0对芍药脂肪酸变异情况分析表明:芍药脂肪酸成分中,亚油酸的变异系数最大(13.90%),其次为油酸(13.66%)。不同芍药及品种各脂肪酸成分的变异系数从大到小依次为:亚油酸(13.90%)>油酸(13.66%)>亚麻酸(10.71%)>棕榈酸(0.18%)>硬脂酸(0.09%)>花生酸、棕榈一烯酸(0.002%)>豆蔻酸(0%)。说明芍药亚油酸、亚麻酸、油酸含量高且稳定。

表3 芍药及其品种的脂肪酸成分、含量、含油率及变异情况

Table 3 Variation of content of fatty acids in *P. lactiflora* Pall.

项目 Item	豆蔻酸 Myristic acid	棕榈酸 Palm acid	棕榈一烯酸 Palmitic acid	硬脂酸 Stearic acid	油酸 Oleic acid	亚油酸 Linoleic acid	亚麻酸 Linolenic acid	花生酸 Arachic acid	含油率 Oil content
最大值 Maximum	0.07	3.84	0.17	1.10	38.60	32.79	41.59	0.27	33.77
最小值 Minimum	0.02	2.26	0.01	0.01	23.80	17.84	26.64	0.01	13.15
平均值 Mean	0.04	3.05	0.07	0.57	33.09	26.13	34.15	0.06	20.20
极差 Range	0.05	1.58	0.16	1.09	14.80	14.95	14.95	0.26	20.62
标准差 Std. deviation	0.01	0.42	0.04	0.29	3.68	3.73	3.27	0.04	4.41
变异系数 CV	0.00	0.18	0.002	0.09	13.66	13.90	10.71	0.002	19.47

## 4 讨论

芍药种子含油率直接影响芍药能否开发成油料作物。本试验测得芍药种子平均含油率为20.20%,其中,37号芍药种子含油率为28.31%,32号‘雪盖黄沙’含油率达33.77%,单株和平均含油率的检测结果均表明,芍药种子具有较高含油率。本试验测定的37号芍药含油率比李嘉珏<sup>[15]</sup>介绍的野生芍药种子含油率(25%)高3.31%,比易军鹏等<sup>[16]</sup>测定的牡丹种子含油率(24.89%)高3.42%,比祖世亨<sup>[17]</sup>测定的大豆(*Glycine max*(Linn.) Merr.)种子含油率(21.9%)高6.41%,比刘仁建<sup>[18]</sup>测定的红花(*Carthamus tinctorius* L.)种子含油率(19.68%)高8.63%。芍药在草本油料作物中具有较高的含油率优势,具有开发成油料作物的潜力。

本研究测定出芍药共含8种主要脂肪酸,亚麻酸、亚油酸和油酸是芍药籽油最主要的脂肪酸成分,其中,37号芍药籽油不饱和脂肪酸高达93.95%,比已报道的牡丹籽油不饱和脂肪酸含量70.81%<sup>[19]</sup>、90%<sup>[20]</sup>、93.23%<sup>[21]</sup>高23.14%、3.95%、0.72%,特别是亚麻酸含量高达41.59%,比目前市场上主要

食用油芝麻油(0.8%)、大豆油(5%~9%)、茶油(1.1%)<sup>[22]</sup>高几十倍。Ricardo Ayerza(h)<sup>[23]</sup>研究表明,*Salvia hispanica* L.籽油的亚麻酸含量随海拔升高而增高,而饱和脂肪酸含量随海拔降低、气温升高而逐渐增高;孟祥勋等<sup>[24]</sup>对不同海拔高度大豆脂肪酸含量研究也表明,不同海拔高度对各种脂肪酸含量均影响显著,亚油酸和亚麻酸随海拔的增高而增加,棕榈酸和油酸含量随海拔的增加而下降;商志伟等<sup>[25]</sup>研究表明,在偏高海拔地区种植紫苏(*Perilla frutescens*(L.) Britt.),其籽粒不饱和脂肪酸含量较高。本试验中,采自河北大海陀的37号芍药籽油中的亚麻酸、亚油酸含量明显高于采自山东菏泽曹州牡丹园的1~36号芍药品种,前者芍药产地的海拔比后者高1200多m,与以上结论一致,推测其主要原因与芍药产地的海拔和气候条件有关。由于河北张家口市大海陀所产的芍药在菏泽没有种植,关于海拔对芍药种子含油量、脂肪酸成分和含量的关系尚需进一步研究。

## 5 结论

本文以不同地区不同类型芍药为试验对象,探

索了芍药种子含油率、脂肪酸成分及含量,结果表明:芍药种子平均含油率为 20.20%,主要含有豆蔻酸、棕榈酸、棕榈一烯酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、亚麻酸和花生酸 8 种脂肪酸,各脂肪酸含量变化相对稳定,其中,亚麻酸、油酸和亚油酸 3 种不饱和脂肪酸的含量占全部脂肪酸的 93.37%,饱和脂肪酸占 6.63%。亚麻酸是一种人体自身不能合成却是人体所必需的脂肪酸,因此,开发高亚麻酸含量植物油对于我国食用油的营养价值具有重要意义。本研究证明了芍药种子具有较高含油率,富含亚麻酸、亚油酸和油酸,且含量变化相对稳定,变异很小,具有开发成为高亚麻酸植物油的潜力。

### 参考文献:

- [1] 秦魁杰,李嘉珏.芍药[M].上海:上海科学技术出版社,2000.
- [2] 王建国,张佐双.中国芍药[M].北京:中国林业出版社,2005.
- [3] 潘开玉.毛茛科芍药亚科.中国植物志 27 卷[M].北京:科学出版社,1979:37-59.
- [4] 于晓南,宋焕芝,郑黎文.国外观赏芍药育种与应用及其启示[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2010,36(2):159-166.
- [5] 张利.白芍的药理作用及现代研究进展[J].中医临床研究,2014,6(29):25-26.
- [6] Hong D Y, Pan K-y, Turland N J, Paeoniaceae [M]//Wu, Z Y, Raven P H. Flora of China, Vol. 6. Beijing: Science Press & St. Louis: Missouri Botanical Garden Press,2001:127-132.
- [7] 吕金嵘,郭兰萍,黄璐琦.中国野生芍药 *Paeonia lactiflora* 适应生长区的初步探讨[J].中国中药杂志,2009,34(7):807-811.
- [8] 章胜勇.中国油料作物比较优势及生产布局研究[D].武汉:华中农业大学,2005.
- [9] 康历姮,李阳阳,唐章林.中国主要食用油进出口实证分析[J].西南师范大学学报,2016,41(10):68-74.
- [10] 马广莹,史小华,邹清成,等.芍药籽油理化性质测定及与牡丹籽油比较分析[J].中国粮油学报,2017,32(3):130-140.
- [11] 宁传龙.芍药籽油重要功能营养成分分析[D].扬州:扬州大学,2015.
- [12] 罗婧.芍药籽油提取工艺优化及籽饼粕化学成分研究[D].郑州:河南科技大学,2015.
- [13] 查素娥,高凯,李晓慧,等.芍药籽油含油率及成分比较试验[J].中国园艺文摘,2015(4):217-218.
- [14] Zeng Z, Shi J G, Zeng H P, et al. Application of organic mass spectrometry in studies on *Houttuynia cordata*, a traditional Chinese medicine[J]. Chinese Journal of Analytical Chemistry, 2003, 31(4):399-404.
- [15] 李嘉珏.中国牡丹与芍药[M].北京:中国林业出版社,1999.
- [16] 易军鹏,朱文学,马海乐.牡丹籽油超声辅助提取工艺优化及其 GC-MS 分析[J].食品工业科技,2009(8):198-201.
- [17] 祖世亨.大豆含油率的农业气候分析及黑龙江省大豆含油率的地理分布区划[J].大豆科学,1983,2(4):266-276.
- [18] 刘仁建.红花种子醇溶蛋白及其含油率和脂肪酸分析[D].雅安:四川农业大学,2006:26-27.
- [19] 邓瑞雪,刘振,秦琳琳,等.超临界 CO<sub>2</sub> 流体提取洛阳牡丹籽油工艺研究[J].食品科学,2010,31(10):142-145.
- [20] 王昌涛,张萍,董银卯.超临界 CO<sub>2</sub> 提取牡丹籽油的工艺以及成份分析[J].中国粮油学报,2009,24(8):96-99.
- [21] 李晓青,刘庆华,刘焯,等.不同地区凤丹种子含油率和脂肪酸组成分析[C].中国观赏园艺研究进展,2013:6-9.
- [22] 杨帆,薛长勇.常用食用油的营养特点和作用研究进展[J].中国食物与营养,2013,19(3):63-66.
- [23] Ricardo Ayerza(h). The seed's oil content and fatty acid composition of Chia (*Salvia hispanica* L.) var. Iztac1, grown under six tropical ecosystems conditions[J]. Interciencia, 2011, 36(8):36-38.
- [24] 孟祥勋,胡明祥,李爱萍,等.贵州不同海拔高度及播种期对大豆子粒化学成份组成的影响——II.大豆子粒脂肪酸组成[J].大豆科学,1993(2):58-65.
- [25] 商志伟,田世刚,徐静,等.不同品种(系)紫苏含油量及脂肪酸成分对海拔的响应[J].贵州农业科学,2017,45(8):75-78.

(责任编辑:徐玉秀)