

## 北部产区长林系列油茶良种果实品质研究

杨雨晨<sup>1,2</sup>, 舒常庆<sup>1\*</sup>, 姚小华<sup>2\*</sup>, 刘林秀<sup>2</sup>, 杨兵兵<sup>2</sup>

(1. 华中农业大学园艺林学学院, 湖北 武汉, 430070;

2. 中国林业科学研究院亚热带林业研究所, 浙江 杭州, 311400)

**摘要:**油茶(*Camellia oleifera*)是我国第一大木本食用油料树种。为了选择适宜北部产区推广应用的油茶品种,以河南省光山县、新县和安徽省金寨县3个试验地的8个长林系列油茶品种(长林3号、4号、18号、23号、27号、40号、53号、55号)为材料,对果实性状进行测定,通过主成分分析筛选综合品质优良的品种。结果表明:(1)不同试验地对鲜果果径和鲜果出籽率的影响显著,对鲜果质量、鲜果果高、鲜籽质量的影响极显著;(2)不同试验地对茶油脂肪酸各组分含量的影响不显著;(3)不同品种在鲜果质量、鲜果果高、鲜果果径、鲜籽质量、鲜果出籽率、干出仁率、干仁含油率等指标上差异极显著;(4)不同品种在茶油脂肪酸各组分含量上差异不显著,长林53号的不饱和脂肪酸含量均值最大;仅从不饱和脂肪酸的角度分析,金寨县的长林53号表现优良;(5)通过主成分分析可知,仅考虑第一主成分,长林55号评价值(0.935)最高;各试验地排名依次为:金寨县(1.103)>光山县(0.032)>新县(-1.153)。综合评价认为,在北部油茶产区,长林53号、长林4号、长林18号和长林55号的果实性状综合表现较其它4个品种优良,可作为该产区优先推广应用的良种。

**关键词:**油茶品种;长林系列;北部产区;果实品质;综合评价

中图分类号:S794.4

文献标识码:A

文章编号:1007-9084(2022)03-0562-08

### Research on fruit quality of Changlin series of *Camellia oleifera* in northern production area

YANG Yu-chen<sup>1,2</sup>, SHU Chang-qing<sup>1\*</sup>, YAO Xiao-hua<sup>2\*</sup>, LIU Lin-xiu<sup>2</sup>, YANG Bing-bing<sup>2</sup>

(1. Huazhong Agricultural University, College of Horticulture and Forestry Sciences, Wuhan 430070, China; 2. Institute of Subtropical Forestry, Chinese Academy of Forestry Sciences, Hangzhou 311400, China)

**Abstract:** *Camellia oleifera* is the largest edible oil tree species in China. In order to select *C. oleifera* varieties for popularization and application in northern producing areas, 8 Changlin series (Changlin 3, 4, 18, 23, 27, 40, 53, and 55) from Henan Province (as in Guangshan County, and Xin County) and Anhui Province (as Jinzhai County) were used as materials. Fruit traits were determined and varieties with better comprehensive quality were screened by principal component analysis. Results showed that: different sites had significantly effects on fruit diameter and seed yield of fresh fruits, and had very significantly effects on fresh fruit weight, fruit height and fresh seed weight. However, different sites had no significant effect on contents of fatty acid in camellia oil. There were significant differences in fresh fruit weight, fruit height, fruit diameter, fresh seed weight, fresh fruit seed yield rate, dry kernel oil content among varieties. There was no significant difference in the contents of fatty acids in camellia oil among different varieties, and the average content of unsaturated fatty acids in Changlin 53 was the largest. Only from the perspective of unsaturated fatty acids, Changlin 53 in Jinzhai County showed better performance. According to the principal component analysis, only considering the first principal component, Changlin 55 has the highest evaluation value (0.935). The ranking of the experimental sites was as follows: Jinzhai County (1.103) > Guangshan County (0.032) > Xin County (-1.153). The comprehensive evaluation showed that Changlin 53, Changlin 4, Changlin 18 and Changlin 55 had better fruit traits than the other 4 varieties in the northern *C. oleifera* production area, and

收稿日期:2021-04-08

基金项目:中国林业科学研究院中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金(CAFYBB2017ZA004-1);国家重点研发课题(2019YFD1001602)

作者简介:杨雨晨(1997-),男,主要从事经济林遗传育种研究,E-mail: 1220839527@qq.com

\* 通讯作者:姚小华(1962-),男,研究员,博士生导师,主要从事经济林遗传育种和栽培研究,E-mail: yaoxh168@163.com;

舒常庆(1966-),男,副教授,硕士生导师,主要从事经济林遗传育种和栽培研究,E-mail: shucqing@hzau.edu.cn

could be used as the superior varieties for priority popularization and application in this area.

**Key words:** *Camellia oleifera* varieties; Changlin series; northern producing areas; fruit traits; comprehensive evaluation

油茶(*Camellia oleifera*)是山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia* spp.)植物,又称普通油茶,原产于我国,是我国第一大木本食用油料树种,也是世界四大木本食用油料树种之一(其它三种为油橄榄、油棕和椰子)<sup>[1]</sup>。广义上的油茶是指山茶科山茶属植物中油用植物的总称<sup>[2]</sup>。普通油茶在我国栽培区域最广、栽培面积最大、适应性最强,主要分布于我国湖南、江西、广西、浙江、福建、安徽、四川、云南等南方省区<sup>[3]</sup>。油茶种子含油率高,茶油品质极优,是一种纯天然高档优质食用植物油,还可通过精加工成为高档美容化妆品、肥料等多种产品的有效成分<sup>[4]</sup>。

长林系列油茶品种是由中国林业科学研究院亚热带林业研究所主持、4个育种基地测试选育出的高产、稳产、含油率高、抗病性强的多个优良无性系<sup>[5,6]</sup>。其中,长林3号、长林4号、长林18号、长林23号等国家审定良种已在北部产区推广应用<sup>[7]</sup>。长林系列油茶在不同产区表现不同,适应性方面表现出了较大的差异<sup>[8]</sup>。如在浙江遂昌县,长林4号、长林23号、长林40号、长林55号品种表现优良,可作为主栽品种<sup>[9]</sup>;在广西桂林,将长林4号、长林40号引种到桂林北部寒冷地区作为推广品种<sup>[10]</sup>;在河南地区引种有长林3号、长林4号、长林18号、长林23号、长林27号、长林40号、长林53号<sup>[11]</sup>。长林系列良种在北部产区引种的表现尚无全面的评价报道。

油茶果实的各项指标直接影响茶油的质量<sup>[12]</sup>。油茶果实的形状、质量、含油率、脂肪酸组成等指标不仅与品种有关,而且与其生长所处的地理环境及气候条件均有关,因此不同地域的油茶果实性状可能存在差异<sup>[13,14]</sup>。此前,对北部产区油茶的研究主要在遗传育种、栽培管理、茶油提取与加工等方面,

而缺乏对已有油茶良种在北部产区的结实生长、适应性以及果实性状等方面的深入研究<sup>[15-24]</sup>。本研究在河南省光山县、新县和安徽省金寨县3个试验点,以长林系列油茶为研究对象,分析测定果实性状和茶油脂肪酸含量等指标,对不同试验地和不同品种的油茶果实性状与茶油品质进行综合评价,为长林系列油茶良种在北部产区的推广应用提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验地分别为河南省光山县宏建中天油茶基地(晏河乡晏河村)、河南省新县羚羊山油茶基地(剑河乡董店村)及安徽省金寨县油茶基地(吴家店镇吴畈村)。试验林种植密度为3 m×4 m,树龄7年,常规管理,生长正常,已进入结果期。各试验地基本情况见表1。

### 1.2 材料

试验材料为长林3号、长林4号、长林18号、长林23号、长林27号、长林40号、长林53号和长林55号等8个长林系列油茶品种,为了简便起见,下文中各品种均用其编号代表。2020年10月果实成熟期,在3个试验地,每个品种各选取20株生长良好、无病虫害的植株,每株随机采集30个正常的成熟果实,用于果实测定。

### 1.3 方法

1.3.1 果实数据采集与分析 利用感量0.01 mm的游标卡尺测量鲜果果高(mm)、鲜果果径(mm),用感量0.01g电子天平测量鲜果质量(g)、鲜籽质量(g)、干籽质量(g)、干仁质量(g)。依据以下公式计

表1 试验地位置及气候条件

Table 1 Location and climatic factors of experimental sites

| 试验地<br>Experiment site | 经度<br>Longitude | 纬度<br>Latitude | 海拔<br>Altitude /m | 年平均气温<br>Annual average temperature /°C | 年降水量<br>Annual precipitation/mm | 年日照时数<br>Annual sunshine/h | 年均无霜期<br>Annual frost free days/d |
|------------------------|-----------------|----------------|-------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|
| 光山<br>Guangshan        | 114°55'10.01"E  | 32°0'36.15"N   | 100.00            | 15.4                                    | 1027.6                          | 1990                       | 226                               |
| 新县<br>Xin              | 114°51'00.00"E  | 31°38'00.00"N  | 350.00            | 15.1                                    | 1117.8                          | 1742                       | 225                               |
| 金寨<br>Jinzhai          | 115°47'44.33"E  | 31°28'0.91"N   | 219.77            | 15.5                                    | 1300.0                          | 1500                       | 215                               |

算鲜果出籽率(%)、干出籽率(%)、干出仁率(%):

鲜果出籽率(%) = 鲜籽质量(g)/鲜果质量(g) × 100% ;

干出籽率(%) = 烘干籽质量(g)/鲜籽质量(g) × 100% ;

干出仁率(%) = 烘干仁质量(g)/烘干籽质量(g) × 100% 。

1.3.2 干仁含油率测定 记录所取样品干仁质量,以石油醚为提取溶剂,使用固液萃取仪、采用索氏热萃取法(S Soxhlet Warm)析出茶油;记录所取样品干仁质量,得到出油后的残渣质量,通过以下公式,计算干仁含油率。

干仁含油率(%) = (干仁质量 - 残渣质量)(g)/干仁质量(g) × 100% ;

1.3.3 茶油脂肪酸组分含量测定 利用气相色谱法(gas chromatography)测定茶油的脂肪酸组分含量。先将通过索氏抽提法获得的油样进行快速甲酯化,然后采用日本岛津GC-2014型气相色谱仪测定脂肪酸组分含量<sup>[25]</sup>。

1.3.4 数据分析与整理 采用Excel对各项指标数据进行统计,利用SPSS 20.0软件对数据进行分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 试验地和品种对油茶果实性状的影响

试验地和品种对果实性状影响的方差分析如表2所示。总体上看,试验地对鲜果质量、鲜果果高、鲜籽质量的影响极显著( $P < 0.01$ ),对鲜果果

径、鲜果出籽率影响显著( $P < 0.05$ ),对其余指标的影响均不显著( $P > 0.05$ );品种对干出籽率影响不显著( $P > 0.05$ ),对其余指标的影响均极显著( $P < 0.01$ )。

### 2.2 果实各性状指标的试验点间多重比较分析

对不同试验地的主要果实性状的差异进行LSD多重比较。由表3可知,(1)金寨县鲜果质量、鲜籽质量、鲜果出籽率、干出籽率均值最大,新县均值最小,且差异显著;(2)金寨县干出仁率、干仁含油率均值最大,光山县干出仁率均值最小,新县含油率均值最小,且3个试验地差异不显著。由于鲜果果重、鲜籽质量、鲜果出籽率以及干出籽率三个试验地之间差异显著,因此以上4个指标衡量果实品质并不可靠,而干出仁率和干仁含油率可作为可靠的评价指标,初步判断长林系列油茶在金寨县表现较为优良,这说明北部产区长林系列油茶果实品质可能在降水较多,气温较高的产地表现更为优良。

### 2.3 果实各性状指标的品种间多重比较分析

对主要果实性状的品种间差异进行LSD多重比较(表4)分析发现:

(1)鲜果质量:长林4号最大,且与长林53号外的品种差异显著;长林55号鲜果质量均值最小;(2)长林3号鲜籽质量均值最大,且与长林4号、53号差异不显著;长林55号鲜籽质量均值最小;(3)长林3号鲜果出籽率均值最大,长林55号鲜果出籽率均值最小,显著性表现较为复杂;(4)长林53号干出籽率均值最高,长林4号干出籽率均值最低,品种间差异不显著;(5)长林53号干出仁率均值最高,长林3号

表2 果实性状指标的方差分析结果

Table 2 Results of variance analysis on fruit chairs

| 变异来源<br>Source of variation | 鲜果质量<br>Fresh fruit mass           |         | 鲜果果高<br>Longitudinal diameter of fresh fruit |         | 鲜果果径<br>Transverse diameter of fresh fruit |         | 鲜籽质量<br>Fresh seed mass         |         |
|-----------------------------|------------------------------------|---------|----------------------------------------------|---------|--------------------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
|                             | F                                  | P       | F                                            | P       | F                                          | P       | F                               | P       |
|                             |                                    |         |                                              |         |                                            |         |                                 |         |
| 试验地<br>Sample site          | 4.754                              | 0.009** | 9.13                                         | 0.000** | 3.058                                      | 0.048*  | 6.496                           | 0.002** |
| 品种<br>Variety               | 20.62                              | 0.000** | 18.747                                       | 0.000** | 59.627                                     | 0**     | 27.507                          | 0.000** |
| 变异来源<br>Source of variation | 鲜果出籽率<br>Seed ratio in fresh fruit |         | 干出籽率<br>Dry seed yield                       |         | 干出仁率<br>Kernel rate in dried seed          |         | 干仁含油率<br>Oil rate in dry kernel |         |
|                             | F                                  | P       | F                                            | P       | F                                          | P       | F                               | P       |
|                             |                                    |         |                                              |         |                                            |         |                                 |         |
| 试验地<br>Sample site          | 3.375                              | 0.035*  | 0.45                                         | 0.64    | 0.45                                       | 0.640   | 0.581                           | 0.563   |
| 品种<br>Variety               | 55.442                             | 0.000** | 0.709                                        | 0.664   | 10.182                                     | 0.000** | 7.138                           | 0.000** |

注: \*和\*\*分别表示0.05和0.01水平的显著性,下同

Note: \* and \*\* mean significant differences at 0.05 and 0.01 levels, respectively. Same as below

表3 三个试验地的主要果实性状LSD比较

Table 3 LSD comparison of main fruit characters among 3 experiment sites

| 试验地         | 鲜果质量                | 鲜籽质量                  | 鲜果出籽率                          | 干出籽率                 | 干出仁率                            | 干仁含油率                        |
|-------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Sample site | Fresh fruit mass /g | Fresh seed<br>Mass /g | Seed ratio in fresh<br>frui /% | Dry seed yield<br>/% | Kernel rate in dried<br>seed /% | Oil rate in dry<br>kernel /% |
| 光山县         | 18.05±6.43ab        | 7.69±3.23b            | 41.97±7.33ab                   | 91.94±0.60ab         | 61.52±7.11a                     | 45.86±3.59a                  |
| Guangshan   |                     |                       |                                |                      |                                 |                              |
| 新县          | 17.23±4.98b         | 7.2±2.81b             | 40.89±6.83b                    | 90.38±4.48b          | 62.77±7.03a                     | 44.98±4.68a                  |
| Xin         |                     |                       |                                |                      |                                 |                              |
| 金寨县         | 19.25±7.12a         | 8.46±3.89a            | 42.85±7.33a                    | 92.4±0.26a           | 63.6±5.22a                      | 46.44±3.90a                  |
| Jinzhai     |                     |                       |                                |                      |                                 |                              |

注:表中数据均为平均值±标准差;同一性状指标下的不同大、小写字母分别表示在0.01和0.05水平上差异显著性;下同

Note: Data is mean±SD. For the same characteristics, different capital letters or lowercases leters mean significant differences at 0.01 and 0.05 levels respectively; Same as below

干出仁率均值最低;(6)从干仁含油率上来看,长林53号、长林18号均值最高,长林27号干仁含油率均值最低。

以上结论可以看出,各品种各项果实性状指标因差异不显著,其中长林53号的各项指标排名较前,初步判断质量较好,但仍需要对各品种进行进一步的综合评价。

2.4 茶油品质分析

茶油中的脂肪酸包括饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸。茶油中的不饱和脂肪酸主要由油酸、亚油酸和亚麻酸组成。不饱和脂肪酸是由单不饱和脂肪酸和多不饱和脂肪酸构成,其中油酸是一种单不饱

和脂肪酸,被称为“安全脂肪酸”<sup>[26,27]</sup>;亚油酸与亚麻酸属于人体不能合成、需从外界摄取的物质。因此,油酸、亚油酸和亚麻酸含量及不饱和脂肪酸总含量是评价茶油品质的重要指标。表5和表6显示:3个试验点8个品种的油酸含量为73.10%~81.20%,光山县的长林53号油酸含量最高;亚油酸含量为7.65%~14.30%,新县的长林3号亚油酸含量最高;亚麻酸含量为0.30%~0.58%,其中含量最高的同样是新县的长林3号;顺-11-二十碳烯酸含量为1.32%~2.75%,金寨县长林53号含量最低;不饱和脂肪酸总含量为89.20%~92.48%,金寨县长林53号含量最高。

表4 8个品种主要果实性状LSD比较结果

Table 4 LSD comparison results on main fruit characters of 8 varieties

| 品种号     | 鲜果质量                | 鲜籽质量                  | 鲜果出籽率                           | 干出籽率                 | 干出仁率                            | 干仁含油率                        |
|---------|---------------------|-----------------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Variaty | Fresh fruit mass /g | Fresh seed<br>Mass /g | Seed ratio in fresh<br>fruit /% | Dry seed ratio<br>/% | Kernel rate in dried<br>seed /% | Oil rate in dry<br>kernel /% |
| 3       | 17.78±4.35b         | 9.16±2.89a            | 50.84±0.06a                     | 91.24±1.80a          | 53.1±4.90c                      | 43.34±4.04bc                 |
| 4       | 21.36±6.68a         | 8.8±0.36a             | 41.27±0.06bc                    | 90.01±6.11a          | 59.24±5.70b                     | 46.03±2.34b                  |
| 18      | 16.86±6.47b         | 6.61±3.17b            | 38.36±0.06de                    | 92.53±0.47a          | 66.57±3.39a                     | 49.63±2.57a                  |
| 23      | 17.72±3.22b         | 7.24±0.89b            | 40.38±0.05bcd                   | 92.08±0.47a          | 64.92±3.99a                     | 45.49±2.60b                  |
| 27      | 17.7±3.71b          | 7.11±1.70b            | 39.92±0.05cd                    | 91.41±2.11a          | 66.47±4.90a                     | 42.1±0.83c                   |
| 40      | 14.18±8.17c         | 5.4±4.40c             | 37.8±0.07e                      | 91.26±2.42a          | 63.53±4.46ab                    | 44.49±3.78b                  |
| 53      | 20.51±3.50a         | 9.0±1.51a             | 42.29±0.05b                     | 92.78±0.36a          | 68.29±2.06a                     | 50.51±2.90a                  |
| 55      | 13.13±6.09c         | 4.63±1.50c            | 35.04±0.05f                     | 92.34±0.24a          | 66.71±3.07a                     | 45.46±1.82b                  |

表5 三个不同试验地的脂肪酸成分LSD分析结果

Table 5 LSD analysis results of fatty acid composition in 3 different experimental sites /%

| 试验地             | 油酸          | 亚油酸           | 亚麻酸            | 不饱和酸含量                  | 棕榈酸           | 硬脂酸          | 顺-11-二十碳烯酸             |
|-----------------|-------------|---------------|----------------|-------------------------|---------------|--------------|------------------------|
| Experiment site | Oleic acid  | Linoleic acid | Linolenic acid | Unsaturated fatty acids | Palmitic acid | Stearic acid | Cis-11-eicosenoic acid |
| 光山 Guangshan    | 79.47±1.53a | 8.91±1.32a    | 0.37±0.05a     | 89.26±0.34a             | 8.58±0.40a    | 2.16±0.33a   | 0.51±0.04a             |
| 新 Xin           | 77.64±2.70a | 10.32±2.51a   | 0.39±0.09a     | 88.86±0.40a             | 8.56±0.30a    | 2.16±0.50a   | 0.51±0.05a             |
| 金寨 Jinzhai      | 78.86±1.31a | 9.55±1.17a    | 0.39±0.05a     | 89.31±0.55a             | 8.61±0.41a    | 2.06±0.51a   | 0.51±0.06a             |

3个试验点8个品种的饱和脂肪酸总含量为10.27%~12.30%,饱和脂肪酸中以棕榈酸为主,占脂肪酸含量的8.03%~9.23%,光山县长林53号含量最低;饱和脂肪酸含量最低的是硬脂酸,其含量为0.44%~0.58%,光山县的长林40号含量最低;其它未列饱和脂肪酸含量均≤0.10%。

方差分析表明,不同试验地对不同品种各脂肪酸各组分的的影响均不显著( $P>0.05$ )。

不饱和脂肪酸中的油酸含量,光山县最高,其次为金寨县、新县;亚油酸含量以新县最多,金寨县次之,光山县最低;金寨县与新县的亚麻酸含量相同,均为0.39%,光山县最低为0.37%;顺-11-二十碳烯酸含量3个试验地相同均为0.51%;不饱和脂肪酸总含量从高到低依次为:金寨县>光山县>新县。饱和脂肪酸中棕榈酸含量,金寨县最高,新县最低;硬脂酸含量,光山县与新县同为2.16%,金寨县最低为2.06%。

2.5 品种对茶油品质的影响

对8个不同品种的主要脂肪酸成分含量进行LSD多重比较(表6)。

(1)长林53号的不饱和脂肪酸含量最高,长林23号最小,且二者差异显著;(2)长林55号油酸均值最大,长林3号油酸均值最小,且二者差异显著;(3)长林3号的亚油酸与亚麻酸均值最大,长林55号与长林23号均值则分别最小,且差异显著;(4)从顺-

11-二十碳烯酸成分上看,长林27号均值最大,长林40号均值最小,且二者差异显著,显著差异性表现复杂;(5)从饱和脂肪酸含量来看,长林3号棕榈酸均值最大,长林53号均值最小,品种间差异不显著;对比硬脂酸含量,长林23号硬脂酸均值最大,长林53号硬脂酸含量最低,且二者差异显著,显著性表现较复杂。

2.6 果实性状的主成分分析

为了综合评价果实品质,选取鲜果质量、鲜籽质量、鲜果出籽率、干出籽率、干出仁率、干仁含油率、油酸、亚油酸、亚麻酸和不饱和酸含量10个影响油茶品质的重要指标,分别用 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 、 $X_4$ 、…… $X_{10}$ 代表,进行主成分分析,得到各主成分贡献值、贡献率及累计贡献率,以特征值 $>1$ 为标准,有4个主成分达到要求,且这4个主成分的累计贡献率为86.438%,符合主成分分析法的要求,能够有效代表以上10个指标。4个主成分特征值、贡献率和累计贡献率详见表7。

由表8得知各主成分指标特征向量,第1主成分中,亚油酸、亚麻酸分量均值较大且为负值,油酸、不饱和脂肪酸含量分量均值最大,说明以上指标在第1主成分中起到重要作用,可归为品质因子;第2主成分中鲜果质量、鲜籽质量分量均值较大,可归为果实因子;第3主成分中干出籽率、干出仁率、干仁含油率分量含量较大,可归为经济因子;第4主

表6 品种间脂肪酸组分含量的LSD分析

Table 6 LSD analysis on conten of fatty acid composition among varieties /%

| 品种<br>Varieties | 油酸<br>Oleic acid | 亚油酸<br>Linoleic acid | 亚麻酸<br>Linolenic acid | 顺-11-二十碳烯酸<br>Cis-11-eicosenoic acid | 不饱和酸含量<br>Unsaturated fatty acids | 棕榈酸<br>Palmitic acid | 硬脂酸<br>Stearic acid |
|-----------------|------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|
| 3               | 76.6±3.40b       | 11.39±2.92a          | 0.46±0.11a            | 0.53±0.07ab                          | 88.98±0.41bc                      | 8.89±0.28a           | 1.96±0.43bc         |
| 4               | 79.5±0.46ab      | 8.95±0.52ab          | 0.41±0.04ab           | 0.51±0.04abc                         | 89.36±0.11ab                      | 8.68±0.17a           | 1.98±0.36bc         |
| 18              | 78.5±1.84ab      | 9.74b±1.93a          | 0.37±0.03ab           | 0.51±0.05abc                         | 89.12±0.06bc                      | 8.68±0.18a           | 2.2±0.33abc         |
| 23              | 78.7±1.84ab      | 9.1±1.27ab           | 0.31±0.03b            | 0.48±0.04bc                          | 88.59±0.59c                       | 8.68±0.62a           | 2.7±0.02a           |
| 27              | 78.5±1.83ab      | 9.66±1.85ab          | 0.36±0.06ab           | 0.55±0.04a                           | 89.07±0.44bc                      | 8.74±0.35a           | 2.19±0.42ab         |
| 40              | 79.47±0.84ab     | 8.64±0.71ab          | 0.38±0.01ab           | 0.46±0.02c                           | 88.95±0.16bc                      | 8.57±0.58a           | 2.49±0.39ab         |
| 53              | 78.57±3.27ab     | 10.24±2.81ab         | 0.41±0.08ab           | 0.54±0.04ab                          | 89.76±0.56a                       | 8.51±0.57a           | 1.69±0.39c          |
| 55              | 80.5±0.71a       | 7.81±0.22b           | 0.32±0.03b            | 0.49±0.02abc                         | 89.11±0.49bc                      | 8.64±0.36a           | 2.32±0.23ab         |

表7 四个主成分的特征值及贡献率

Table 7 Eigenvalues and contribution rates of the 4 principal components

| 主成分<br>Principal component | 特征值<br>Eigenvalue | 贡献率<br>Contribution rate /% | 累计贡献率<br>Cumulative contribution rate /% |
|----------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------|
| 1                          | 3.499             | 34.994                      | 34.994                                   |
| 2                          | 2.328             | 23.277                      | 58.271                                   |
| 3                          | 1.808             | 18.082                      | 76.353                                   |
| 4                          | 1.008             | 10.084                      | 86.438                                   |

表8 4个主成分的特征向量  
Table 8 Feature vectors of 4 principal components

| 评价指标                      | 主成分1                  | 主成分2                  | 主成分3                  | 主成分4                  |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Evaluated indexes         | Principal component 1 | Principal component 2 | Principal component 3 | Principal component 4 |
| 鲜果质量                      | 0.575                 | 0.655                 | 0.253                 | -0.219                |
| Fresh fruit mass          |                       |                       |                       |                       |
| 鲜籽质量                      | 0.672                 | 0.689                 | 0.077                 | -0.202                |
| Fresh seed mass           |                       |                       |                       |                       |
| 鲜果出籽率                     | 0.599                 | 0.443                 | -0.352                | 0.664                 |
| Seed ratio in fresh fruit |                       |                       |                       |                       |
| 干出籽率                      | 0.227                 | -0.308                | 0.789                 | -0.212                |
| Seed ratio in fresh fruit |                       |                       |                       |                       |
| 干出仁率                      | 0.446                 | -0.573                | 0.357                 | 0.166                 |
| Dry seed yield            |                       |                       |                       |                       |
| 干仁含油率                     | 0.376                 | 0.065                 | 0.792                 | 0.235                 |
| Kernel rate in dried seed |                       |                       |                       |                       |
| 不饱和酸含量                    | 0.622                 | 0.347                 | -0.079                | -0.02                 |
| Unsaturated fatty acids   |                       |                       |                       |                       |
| 油酸                        | 0.808                 | -0.411                | -0.325                | 0.174                 |
| Oleic acid                |                       |                       |                       |                       |
| 亚油酸                       | -0.735                | 0.526                 | 0.342                 | -0.055                |
| Linoleic acid             |                       |                       |                       |                       |
| 亚麻酸                       | -0.62                 | 0.485                 | 0.096                 | 0.527                 |
| Linolenic acid            |                       |                       |                       |                       |

表9 8个油茶品种的主成分综合评价结果  
Table 9 Principal component comprehensive evaluation results of 8 *C. oleifera* varieties

| 品种      | Z <sub>1</sub> | 排名      | Z <sub>2</sub> | 排名      | Z <sub>3</sub> | 排名      | Z <sub>4</sub> | 排名      | T      | 排名      |
|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|--------|---------|
| Variety |                | Ranking |                | Ranking |                | Ranking |                | Ranking |        | Ranking |
| 3       | -1.846         | 8       | 3.593          | 1       | -0.761         | 6       | -1.029         | 7       | -0.050 | 6       |
| 4       | 0.896          | 2       | 1.813          | 3       | -1.266         | 8       | 0.694          | 3       | 0.576  | 2       |
| 18      | -0.022         | 6       | -0.633         | 5       | 1.651          | 1       | 0.288          | 5       | 0.172  | 3       |
| 23      | 0.110          | 4       | -1.015         | 6       | 0.213          | 4       | -1.780         | 8       | -0.337 | 7       |
| 27      | -0.004         | 5       | -0.471         | 4       | 0.660          | 3       | -0.495         | 6       | -0.041 | 5       |
| 40      | -0.728         | 7       | -1.845         | 7       | -1.218         | 7       | 0.408          | 4       | -0.864 | 8       |
| 53      | 0.659          | 3       | 2.089          | 2       | -0.266         | 5       | 1.011          | 1       | 0.770  | 1       |
| 55      | 0.935          | 1       | -2.421         | 8       | 0.986          | 2       | 0.902          | 2       | 0.032  | 4       |

表10 3个试验地油茶的主成分综合评价结果  
Table 10 Comprehensive evaluation results of main components of *C. oleifera* in 3 test sites

| 试验地             | Z <sub>1</sub> | 排名      | Z <sub>2</sub> | 排名      | Z <sub>3</sub> | 排名      | Z <sub>4</sub> | 排名      | T      | 排名      |
|-----------------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|----------------|---------|--------|---------|
| Experiment site |                | Ranking |                | Ranking |                | Ranking |                | Ranking |        | Ranking |
| 光山县             | 0.808          | 2       | -0.508         | 3       | -0.502         | 2       | -0.422         | 3       | 0.032  | 2       |
| Guangshan       |                |         |                |         |                |         |                |         |        |         |
| 新县              | -2.811         | 3       | -0.310         | 2       | -0.525         | 3       | -0.021         | 2       | -1.153 | 3       |
| Xin             |                |         |                |         |                |         |                |         |        |         |
| 金寨县             | 2.808          | 1       | 0.817          | 1       | 1.027          | 1       | 0.442          | 1       | 1.103  | 1       |
| Jinzhai         |                |         |                |         |                |         |                |         |        |         |

成分中鲜果出籽率分量均值最大,可归为产量因子。

可建立线性方程。用Z<sub>1</sub>、Z<sub>2</sub>、Z<sub>3</sub>、Z<sub>4</sub>分别代表四

个主成分可得出如下方程式:

$$Z_1=0.575X_1+0.672X_2+0.599X_3+0.227X_4+0.446X_5+0.376X_6+0.622X_7+0.808X_8-0.735X_9-$$

$0.62X_{10};$

$Z_2=0.655X_1+0.689X_2+0.443X_3-0.308X_4-0.573X_5+0.065X_6+0.347X_7-0.411X_8+0.526X_9+0.485X_{10};$

$Z_3=0.253X_1+0.077X_2-0.352X_3+0.789X_4+0.357X_5+0.792X_6-0.079X_7-0.325X_8+0.342X_9+0.096X_{10};$

$Z_4=-0.219X_1-0.202X_2+0.664X_3-0.212X_4+0.166X_5+0.235X_6-0.02X_7+0.174X_8-0.055X_9+0.527X_{10}。$

以  $a_1$ 、 $a_2$ 、 $a_3$ 、 $a_4$  作为权数分别对应第 1 主成分、第 2 主成分、第 3 主成分、第 4 主成分的方差贡献率, 构建综合评价模型;  $T=a_1Z_1+a_2Z_2+a_3Z_3+a_4Z_4$ 。T 值为综合评价值, 得出各品种的综合得分值(表 9), 进行综合评价。

从表 9 可知, 各品种按 T 值排序如下: 长林 53 号(0.770) > 长林 4 号(0.576) > 长林 18 号(0.172) > 长林 55 号(0.032) > 长林 27 号(-0.041) > 长林 3 号(-0.050) > 长林 23 号(-0.337) > 长林 40 号(-0.864); 因此 3 个试验地 8 个无性系品种的综合评价可以得出结论, 长林 53 号、长林 4 号、长林 18 号和长林 55 号表现均较为优良, 其中长林 53 号综合评价值最高这与先前评价一致, 长林 55 号的第一主成分  $Z_1$ (0.935) 排名第一。

通过对 3 个不同试验地的 8 个无性系品种果实品质进行主成分综合评价, 如表 10 得出, 金寨县(1.103) > 光山县(0.032) > 新县(-1.153)。

### 3 结论与讨论

本研究采样地点位于河南省光山县、河南省新县和安徽省金寨县, 均属于油茶分布的北缘地带, 作为油茶的次生分布中心, 虽然选育出大别山系列、黄山系列等优良油茶品系, 但由于油茶研究起步较晚, 本土良种率低, 需要挑选出表现良好的油茶品种。本研究试验材料为长林系列油茶良种, 具有高产、稳产、含油率高、抗逆性强等特点。本试验比较研究了三个地点引种长林系列油茶良种果实性状差异, 以及不同试验地对油茶果实品质影响。研究发现, 不同试验地对鲜果质量、鲜果果高、鲜籽质量的影响极显著, 对鲜果果径、鲜果出籽率影响也达到了显著水平, 说明环境因素对油茶果实性状影响较大; 不同品种对鲜果质量、鲜果果高、鲜果果径、鲜籽质量、鲜果出籽率、干出仁率、干仁含油率影响极显著, 这与前人研究结论一致<sup>[28]</sup>。

干出仁率和干仁含油率可作为不同试验地评价果实品质的可靠指标, 金寨县的干出仁率和干仁含油率上明显高于其他两个试验地; 从品种来看, 不同品种间各项指标没有显著差异, 其中长林 53 号在各项指标中均排名靠前, 初步判断长林 53 号表现较为优异。和范祥祯<sup>[8]</sup>研究结论不同, 原因可能是研究地点不同, 以及排除大小年情况, 因此需进一步综合评价。

本研究通过对茶油品质进行分析发现, 脂肪酸各成分受不同试验地与不同品种的影响均不显著( $P>0.05$ )。从不同试验地对油茶籽的脂肪酸含量的影响来看, 各试验地不饱和脂肪酸总含量大小依次为: 金寨县 > 光山县 > 新县; 从所测的 8 个长林系列品种来看, 长林 53 号的不饱和脂肪酸含量均值最大, 仅从不饱和脂肪酸的角度分析, 金寨县的长林 53 号表现优良。油酸被营养界称为“安全脂肪酸”, 油酸含量的高低是评定食用油品质的重要标志<sup>[29-31]</sup>, 此外油酸含量的多少也是判断油脂稳定性的一个重要指标, 通常植物油脂中油酸含量越高, 亚油酸和亚麻酸含量就越低, 其油脂氧化稳定性也越好<sup>[32-34]</sup>, 从油酸角度分析, 长林 55 号油酸含量均值最大。

为了更科学准确地评价果实品质, 通过主成分分析, 得到评价函数  $Z_1$ 、 $Z_2$ 、 $Z_3$ 、 $Z_4$ , 分别归为品质因子、果实因子、经济因子、产量因子。仅考虑第一主成分, 长林 55 号评价值(0.935)最高; 各品种间: 长林 53 号(0.770) > 长林 4 号(0.576) > 长林 18 号(0.172) > 长林 55 号(0.032) > 长林 27 号(-0.041) > 长林 3 号(-0.050) > 长林 23 号(-0.337) > 长林 40 号(-0.864); 各试验地: 金寨县(1.103) > 光山县(0.032) > 新县(-1.153)。

通过对不同试验地与不同品种间长林系列油茶果实品质对比、评价与分析发现, 长林 53 号、长林 4 号、长林 18 号和长林 55 号在北部产区果实品质较为优良, 可作为北部产区优先推广的良种。这与江源<sup>[24]</sup>得到的结果不同, 可能因为长林系列油茶果实品质在不同产区表现不同, 这需要我们在日后的研究过程中进行更详细的研究, 找到更适合本产区的优良品种; 金寨县果实品质较为优异, 可能与其平均温度较高、年降雨量较大有关; 由于长林系列油茶在不同产地表现不同, 因此在引种时仍需考虑当地地理条件和气候因素对油茶适应性的影响, 结合当地具体条件进行引种评价。

## 参考文献:

- [1] Yang H, Zhou H Y, Yang X N, et al. Transcriptomic analysis of *Camellia oleifera* in response to drought stress using high throughput RNA-seq[J]. Russ J Plant Physiol, 2017, 64(5): 728-737. DOI: 10.1134/s1021443717050168.
- [2] 黄鑫, 张利军, 张保艳. 油茶籽油提取方法对比分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(6): 9-13. DOI: 10.3969/j.issn.1003-7969.2019.06.003.
- [3] 束庆龙. 油茶栽培技术[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2013.
- [4] 姚小华, 王开良, 任华东. 油茶资源与科学利用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [5] 杜洋文, 邓先珍, 周伟国, 等. 油茶长林品种引进及综合评价[J]. 林业科技开发, 2014, 28(3): 96-100. DOI: 10.13360/j.issn.1000-8101.2014.03.025.
- [6] 王金凤, 谭新建, 吴喜昌, 等. 我国油茶产业发展现状与对策建议[J]. 世界林业研究, 2020, 33(6): 80-85. DOI: 10.13348/j.cnki.sjlyyj.2020.0103.y.
- [7] 卜付军, 张玉虎, 余海滨, 等. 北部边缘区油茶长林系列果实性状分析与评价[J]. 广东农业科学, 2015, 42(24): 53-58. DOI: 10.16768/j.issn.1004-874x.2015.24.054.
- [8] 汪舍平, 徐勇敢, 黄广远, 等. 长林系列油茶良种引种表现及评价[J]. 中国农学通报, 2019, 35: 76-79.
- [9] 范祥祯, 钟子龙, 叶陈育, 等. 长林油茶品种在遂昌县引种试验研究[J]. 四川林业科技, 2020, 41(2): 69-73. DOI: 10.12172/20192110001.
- [10] 陈江平, 莫小锋, 秦丽萍. 桂林北部寒冷地区油茶引种试验[J]. 园艺与种苗, 2019, 39(12): 33-36. DOI: 10.16530/j.cnki.cn21-1574/s.2019.12.014.
- [11] 丁向阳, 邓全恩, 黄旺志, 等. 河南省油茶产业现状与发展优势[J]. 河南林业科技, 2019, 39: 1-5.
- [12] 黄佳聪, 尹五元, 任华东, 等. 保山油茶种质资源及其主要种实经济性状[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(9): 14-18. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2011.09.025.
- [13] 康志雄, 王芷虔, 邹达明. 影响油茶产量气象因子的灰色关联分析[J]. 经济林研究, 1993, 11: 23-26.
- [14] Huang J, Ahrends A, He J, et al. An evaluation of the factors influencing seed oil production in *Camellia reticulata* L. plants[J]. Ind Crops Prod, 2013, 50: 797-802. DOI: 10.1016/j.indcrop.2013.08.019.
- [15] 许洋. 不同栽培区域长林无性系油茶籽品质的研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2010.
- [16] 林萍, 姚小华, 曹永庆, 等. 普通油茶泛素结合酶 UBE2-J2 的 cDNA 序列及蛋白质结构分析[J]. 林业科学研究, 2013, 26(6): 744-751. DOI: 10.13275/j.cnki.lykxyj.2013.06.012.
- [17] 龙伟, 姚小华, 王开良, 等. 普通油茶砧穗嫁接组合的亲性和分析[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(2): 346-351. DOI: 10.13836/j.jjau.2013061.
- [18] 杨小胡, 陈隆升, 彭映赫, 等. 不同油茶无性系组合授粉亲和力的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(1): 30-33. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2015.01.006.
- [19] 王华, 牛德奎, 胡冬南, 等. 不同肥料对油茶林土壤及叶片磷素状况的影响[J]. 经济林研究, 2014, 32(4): 52-57. DOI: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2014.04.010.
- [20] 姚小华, 王开良. 油茶防雪灾防冻害栽培技术[J]. 林业科学, 2008, 44: 2-3.
- [21] 袁婷婷, 钟秋平, 赵学民, 等. 基肥对油茶幼林地径和冠幅生长的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2015, 35(1): 62-66, 70. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2015.01.012.
- [22] 邢朝宏. 油茶籽干燥、储藏及压榨制油工艺研究[D]. 无锡: 江南大学, 2012.
- [23] 高伟, 何小三, 孙颖, 等. 不同采收方式对油茶油脂含量的影响[J]. 经济林研究, 2013, 31(4): 177-181. DOI: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2013.04.037.
- [24] 江源, 姚小华, 曹永庆, 等. 长林系列油茶在不同分布区域的果实品质差异及综合评价[J]. 经济林研究, 2016, 34(3): 42-48. DOI: 10.14067/j.cnki.1003-8981.2016.03.006.
- [25] 周永红, 李伟光, 王立升. 气相色谱-质谱法测定茶油中的脂肪酸[J]. 广西科学院学报, 2001, 17(1): 18-19. DOI: 10.3969/j.issn.1002-7378.2001.01.006.
- [26] 薄海波, 王霞, 翟宗德, 等. 碱催化法衍生化气相色谱/质谱法分析青海湖裸鲤鱼油中的脂肪酸[J]. 色谱, 2006, 24: 181-184.
- [27] 王亚萍, 费学谦, 姚小华, 等. 不同产地油茶籽脂肪酸及甘油三酯的主成分分析和聚类分析[J]. 中国油脂, 2021, 46(9): 112-119. DOI: 10.19902/j.cnki.zgyz.1003-7969.200640.
- [28] 陈永忠, 许彦明, 张震, 等. 油茶果实主要数量性状分析及育种指标体系筛选[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41(3): 1-9. DOI: 10.14067/j.cnki.1673-923x.2021.03.001.
- [29] 柏云爱, 宋大海, 张富强, 等. 油茶籽油与橄榄油营养价值的比较[J]. 中国油脂, 2008, 33(3): 39-41. DOI: 10.3321/j.issn: 1003-7969.2008.03.011.
- [30] 王小艺, 曹一博, 张凌云, 等. 油茶生长发育过程中脂肪酸成分的测定分析[J]. 中国农学通报, 2012, 28(13): 76-80. DOI: 10.3969/j.issn.1000-6850.2012.13.014.
- [31] 张规富, 谢深喜, 薛华. 油茶营养成分的分析测定[J]. 甘肃科学学报, 2011, 23(3): 48-51. DOI: 10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2011.03.021.
- [32] 张东生, 金青哲, 薛雅琳, 等. 油茶籽油的营养价值及掺伪鉴定研究进展[J]. 中国油脂, 2013, 38(8): 47-50. DOI: 10.3969/j.issn.1003-7969.2013.08.013.
- [33] Zhong H Y, Bedgood D R, Bishop A G, et al. Endogenous biophenol, fatty acid and volatile profiles of selected oils[J]. Food Chem, 2007, 100(4): 1544-1551. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.039.
- [34] Haiyan Z, Bedgood D R, Bishop A G, et al. Effect of added caffeic acid and tyrosol on the fatty acid and volatile profiles of *Camellia* oil following heating[J]. J Agric Food Chem, 2006, 54(25): 9551-9558. DOI: 10.1021/jf061974z.

(责任编辑:郭学兰)