

## 四川雅安野生油茶经济性状及脂肪酸组成

向婷婷, 郑倩, 汪秋凤, 丁春邦, 冯士令, 周莉君, 陈涛

(四川农业大学 生命科学学院, 四川 雅安 625014)

**摘要:**为了筛选四川雅安特异的油茶种质资源,对四川省雅安市天全县收集的22株野生油茶(TQYS1~TQYS22)的果实性状、经济性状及油脂脂肪酸组成进行测定,并通过主成分分析评价其综合表现。结果表明:22株野生油茶资源在果实性状、经济性状及脂肪酸组成上都存在显著差异。在果实性状中,鲜果重为9.14~43.58 g,其变异系数最大,为41.75%,变异系数最小的是果高,只有10.83%。在主要经济性状中,鲜果含油率的变异系数最大,为31.99%,鲜出籽率在27.54%~59.46%,干出籽率在15.02%~45.03%,种仁含油率在39.05%~56.60%,其中有7株野生油茶达到了国家油茶选育标准。野生油茶籽油中主要含有油酸、亚油酸、棕榈酸和硬脂酸,饱和脂肪酸含量在6.53%~10.27%之间,不饱和脂肪酸含量在89.73%~93.47%之间。通过主成分分析,初步筛选出综合性状表现最好的4株野生油茶(TQYS17、TQYS21、TQYS18和TQYS20),其具有较高的鲜出籽率、干出籽率、种仁含油率和鲜果含油率。野生油茶中存在丰富的遗传资源,可以为四川雅安良种选育提供良好种质资源。

**关键词:**野生油茶;经济性状;脂肪酸组成;主成分分析

中图分类号:TS222+.1;TS227 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2021)10-0098-06

### Economic characters and fatty acid composition of wild *Camellia oleifera* in Ya'an, Sichuan

XIANG Tingting, ZHENG Qian, WANG Qiufeng, DING Chunbang, FENG Shiling, ZHOU Lijun, CHEN Tao

(College of Life Science, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to screen the special germplasm resources of *Camellia oleifera* in Ya'an, Sichuan province, the fruit characters, economic characters, and the oil fatty acid composition of 22 wild *C. oleifera* (TQYS1-TQYS22) fruits collected from Tianquan, Ya'an, Sichuan province were determined, and their general qualities were evaluated by principal component analysis (PCA). The results showed that there were significant differences in fruit characters, economic characters, and fatty acid composition among 22 wild *C. oleifera* resources. Among fruit characters, the weight of fresh fruit ranged from 9.14-43.58 g, and possessed the highest variation coefficient (41.75%), the variation coefficient of fruit height was the smallest, only 10.83%. Among the main economic characters, the variation coefficient of fresh fruit oil content was the largest, reaching 31.99%. The yield of fresh seed was 27.54%-59.46%, the yield of dry seed was 15.02%-45.03%, and the kernel oil content ranged from 39.05% to 56.60%, and seven wild *C. oleifera* met the national standards for selection of superior trees of *C. oleifera*. The main fatty acids in wild *C. oleifera* seed oil was oleic acid, linoleic acid, palmitic acid and stearic acid, the content of saturated fatty acid was 6.53%-10.27%, and the content of unsaturated fatty acid was 89.73%-93.47%. Four wild plants (TQYS17, TQYS21, TQYS18 and

TQYS20) with the best comprehensive characters were selected by principal component analysis, and they had high fresh seed yield, dry seed yield, kernel and fresh seed oil content. There

收稿日期:2020-10-28;修回日期:2020-11-22

作者简介:向婷婷(1997),女,在读硕士,主要从事种质资源评价研究(E-mail)xiangtingting01@126.com。

通信作者:陈涛,讲师(E-mail)chentao293@163.com。

were abundant genetic resources in wild *C. oleifera*, which could provide good germplasm resources for fine variety breeding in Ya'an, Sichuan.

**Key words:** wild *Camellia oleifera*; economic character; fatty acid composition; principal component analysis

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 属于山茶科 (Theaceae) 山茶属 (*Camellia* L.) 植物, 具有 2 300 多年的栽培和利用历史, 广泛种植于我国南方长江和珠江流域, 是南方重要的木本油料作物之一<sup>[1-2]</sup>。从油茶成熟种子提炼的油茶籽油是一种天然、健康的食用植物油, 其不饱和脂肪酸含量高达 90% 以上, 同时还含有维生素 E、生育酚、角鲨烯、黄酮等生物活性物质。目前, 四川省栽培的油茶多为各地选育的优良无性系或家系品种, 普遍存在挂果少、适应性差、长势弱、周期长等问题, 究其根本原因为各地盲目引种, 主栽品种混杂, 缺乏适宜性良种且经营管理粗放<sup>[3-4]</sup>。因此, 油茶产业要健康发展, 培育和筛选适合当地气候生态条件的高产优质品种是关键, 必须在种质资源收集和评价的基础上进行有针对性的培育, 从源头掌握优良品种权, 以确保适宜性优良品种在油茶产业发展和推广中的有效性<sup>[5-6]</sup>。我国西南地区生态气候多样, 野生油茶种类和资源非常丰富, 但是目前油茶种质资源的收集、研究主要针对栽培品种, 对野生油茶的关注仍然不够<sup>[7]</sup>。

项目组重点开展了野生油茶资源调查和优树筛选工作。本研究以前期在四川雅安收集的目前已挂果的 22 株野生油茶资源为试验材料, 对果实的经济性状及油脂脂肪酸组成等指标进行测定, 并运用主成分分析对其表现进行综合评价并排序, 旨在为四川雅安筛选优质的油茶资源及品种的认定提供参考依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

四川省雅安市天全县油茶专家大院 (N 29°59' 2.38", E 102°50'14.19") 保存的野生油茶种质资源, 其品种均为普通油茶, 选取 22 株进入稳定结果期的野生油茶 (编号为 TQYS1 ~ TQYS22), 以每株为单位, 分别采集树冠外围 4 个方向的成熟油茶果 40 个, 不足的全部采集。

正己烷为色谱纯, 氢氧化钾、石油醚 (沸程 30 ~ 60 °C)、甲醇为分析纯。

BT-124S 电子分析天平, RE-2000B 旋转蒸发仪, Agilent 7890B GC-5977A MSD 气相色谱质谱联用仪, 索氏提取器, 鼓风干燥箱, 电热恒温水浴锅,

粉碎机。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 果实性状及经济性状测定

24 h 内对采集的野生油茶进行果实性状测定, 每株随机选取 20 颗鲜果, 用电子数显游标卡尺测量果实的果径、果高和果皮厚度。剥开果实, 记录种子粒数, 用电子天平称量鲜果质量和鲜籽质量, 同时对烘至恒重的种子进行称重, 计算相关性状指标: 果形指数 = 果高/果径; 干出籽率 = 干籽总质量/鲜果总质量 × 100%; 出仁率 = 干仁质量/干籽质量 × 100%; 鲜出籽率 = 鲜籽总质量/鲜果总质量 × 100%; 鲜籽含水率 = (鲜籽质量 - 干籽质量)/鲜籽质量 × 100%; 鲜果含油率 = 种仁含油率 × 干出仁率 × 干出籽率 × 100%。

#### 1.2.2 种仁含油率测定

将油茶籽在 80 °C 恒温烘箱中烘至恒重, 手工剥壳得到干净的种仁, 再用粉碎机粉碎后称取油茶籽仁粉末, 按照 GB 5009.6—2016 测定种仁含油率。

#### 1.2.3 脂肪酸组成测定

参考徐雪峰等<sup>[8]</sup>的方法对油脂进行甲酯化, 再利用气相色谱分析脂肪酸组成。根据保留时间确定脂肪酸组分, 采用峰面积归一化法定量。

气相色谱条件参考杨枝林<sup>[9]</sup>的方法, 并进行适当的调整。气相色谱条件: HP-5MS 毛细管色谱柱 (30 mm × 0.25 mm × 0.25 μm); 升温程序为色谱柱初始温度 60 °C, 以 25 °C/min 升至 180 °C, 保持 1 min, 再以 3 °C/min 升至 210 °C, 保持 1 min, 再以 8 °C/min 升至 260 °C, 保持 2 min; 进样口温度 240 °C; 以氦气作为载气, 流速 1 mL/min; 分流比 150:1; 进样量 1 μL。

#### 1.2.4 数据处理

所有数据使用 Excel 软件进行处理, 均用“平均值 ± 标准差”表示。采用 IBM SPSS Statistics 进行主成分分析和显著性分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 果实性状及经济性状 (见表 1、表 2)

由表 1 可知, 22 株野生油茶果实性状存在显著差异 ( $P < 0.05$ )。在果实性状方面, 平均鲜果重为 19.93 g, 其中 TQYS4 的鲜果重最大, 为 43.58 g,

TQYS13 的鲜果重最小,为 9.14 g,鲜果重变异系数(CV)最大,为 41.75%,说明鲜果重具有很大的选择潜力和丰富的遗传特性<sup>[10]</sup>。相比而言,果高、果径和果形指数的变异系数较小,分别为 10.83%、13.30% 和 12.50%。TQYS16 具有最大的果高(41.30 mm),TQYS17 的果高最小(28.45 mm);TQYS4 果径最大,为 42.04 mm,TQYS14 果径最小,为 25.55 mm;TQYS13 果实为长椭圆形,具有最大的

果形指数(1.52),而 TQYS2 果实为扁圆形,果形指数最小(0.92)。果皮厚度和籽数是决定出籽率的重要性状,22 株野生油茶平均果皮厚度为 3.39 mm,平均籽数为 3.68 个,具有相对较大的变异系数。其中:TQYS4 果皮最厚,为 5.16 mm,而 TQYS17 果皮最薄,仅 0.67 mm;TQYS6 籽数(6.10 个)最多,TQYS13 多数是单籽,籽数最少,平均籽数为 1.31 个。

表 1 22 株野生油茶的果实性状

编号	鲜果重/g	果高/mm	果径/mm	果皮厚度/mm	籽数(个)	果形指数
TQYS1	21.85 ± 4.70 cd	33.53 ± 2.62 d	34.28 ± 2.67 c	3.37 ± 0.65 defg	5.30 ± 1.42 abcd	0.98 ± 0.08 fg
TQYS2	18.92 ± 2.11 de	30.22 ± 2.41 efg	33.06 ± 1.87 cd	3.88 ± 0.43 bcde	2.60 ± 0.89 ghij	0.92 ± 0.08 g
TQYS3	29.07 ± 4.23 b	38.99 ± 2.34 abc	38.20 ± 2.25 b	4.16 ± 0.76 b	3.10 ± 0.57 fghi	1.03 ± 0.10 def
TQYS4	43.58 ± 6.14 a	39.91 ± 2.98 ab	42.04 ± 3.98 a	5.16 ± 0.54 a	4.90 ± 3.07 abcde	0.95 ± 0.07 fg
TQYS5	30.15 ± 3.88 b	39.54 ± 1.85 ab	37.88 ± 1.84 b	4.26 ± 0.62 b	5.50 ± 1.78 abc	1.05 ± 0.05 def
TQYS6	29.47 ± 3.20 b	37.42 ± 2.53 bc	38.68 ± 1.80 b	2.85 ± 0.23 gh	6.10 ± 1.60 a	0.97 ± 0.07 fg
TQYS7	20.72 ± 4.65 cd	32.63 ± 2.32 def	33.41 ± 3.02 cd	2.16 ± 0.41 j	4.00 ± 1.49 defg	0.98 ± 0.06 fg
TQYS8	23.44 ± 5.42 c	37.66 ± 2.46 bc	33.48 ± 2.81 cd	4.16 ± 0.72 b	3.60 ± 1.51 efgh	1.13 ± 0.08 cd
TQYS9	18.65 ± 2.40 de	33.63 ± 2.48 d	31.94 ± 1.28 cdef	3.80 ± 0.51 bcde	3.50 ± 1.35 efgh	1.05 ± 0.07 def
TQYS10	20.76 ± 3.18 cd	32.04 ± 1.16 def	32.95 ± 1.42 cd	3.73 ± 0.49 bcde	3.60 ± 0.70 efgh	0.97 ± 0.03 fg
TQYS11	19.45 ± 4.08 cde	32.09 ± 1.16 def	32.19 ± 2.70 cde	4.03 ± 0.60 bc	3.50 ± 0.85 efgh	1.00 ± 0.08 efg
TQYS12	11.38 ± 2.81 gh	32.83 ± 4.18 de	27.70 ± 2.49 hij	2.93 ± 0.17 fgh	2.33 ± 0.58 hij	1.19 ± 0.15 c
TQYS13	9.14 ± 3.04 h	39.65 ± 5.34 ab	26.08 ± 4.73 ij	2.87 ± 0.28 gh	1.31 ± 0.48 j	1.52 ± 0.29 a
TQYS14	9.80 ± 2.22 h	32.80 ± 1.65 de	25.55 ± 2.62 j	2.93 ± 0.59 fgh	1.70 ± 1.06 ij	1.29 ± 0.13 b
TQYS15	19.64 ± 3.52 cde	36.64 ± 2.26 c	33.13 ± 2.50 cd	3.91 ± 0.72 bed	2.30 ± 0.48 hij	1.11 ± 0.06 cde
TQYS16	28.63 ± 6.16 b	41.30 ± 3.17 a	39.02 ± 2.82 b	3.51 ± 0.69 cdef	4.20 ± 1.32 cdef	1.06 ± 0.06 def
TQYS17	11.49 ± 1.59 gh	28.45 ± 1.30 g	28.62 ± 1.72 ghi	0.67 ± 0.29 k	4.60 ± 0.84 bcdef	1.00 ± 0.06 fg
TQYS18	14.69 ± 2.91 fg	31.29 ± 3.17 def	30.62 ± 2.41 defg	3.67 ± 0.17 bcde	5.70 ± 2.00 ab	1.03 ± 0.15 def
TQYS19	15.99 ± 1.79 ef	31.34 ± 1.99 def	29.96 ± 1.34 efgh	4.20 ± 0.47 b	3.90 ± 0.99 defg	1.05 ± 0.06 def
TQYS20	15.81 ± 3.36 ef	32.98 ± 2.36 de	31.81 ± 3.14 cdef	2.74 ± 0.45 hi	3.90 ± 1.60 defg	1.04 ± 0.11 def
TQYS21	12.88 ± 3.47 fgh	29.88 ± 3.25 fg	29.40 ± 2.41 efgh	2.25 ± 0.40 ij	3.20 ± 0.79 fgh	1.02 ± 0.09 efg
TQYS22	13.06 ± 3.88 fgh	33.87 ± 2.50 d	29.25 ± 3.62 fgh	3.26 ± 0.51 efgh	2.10 ± 0.57 hij	1.17 ± 0.12 c
平均值	19.93	34.49	32.69	3.39	3.68	1.07
CV/%	41.75	10.83	13.30	27.86	35.71	12.50

注:同一列数据中不同字母表示差异显著( $p < 0.05$ )。下同

由表 2 可知,22 株野生油茶平均鲜出籽率为 40.59%,其中 TQYS17 最大(59.46%),其次为 TQYS7(55.84%)和 TQYS6(52.65%),最小为 TQYS11,仅 27.54%。平均干出籽率为 26.05%,最高为 TQYS17(45.03%),最低为 TQYS11(15.02%);出仁率的变异系数最低,为 7.12%,平均出仁率为 71.03%,其中 TQYS9 出仁率最高,TQYS7 出仁率最低;平均鲜籽含水率为 36.07%,变化范围在 24.76%(TQYS17)~48.47%(TQYS3)之间;TQYS18 种仁含油率最高,为 56.60%,TQYS7 最低,仅为 39.05%。刘莉<sup>[11]</sup>、倪荣新<sup>[12]</sup>等测定四川引进长林系列油茶品种的平均种仁含油率在 50% 左右,而 22 株野生油茶

种仁含油率高于 50% 的有 11 株。鲜果含油率是比较直观反映油茶综合经济性状的重要指标,在 22 株野生油茶的经济性状中鲜果含油率变异系数最大(31.99%),平均鲜果含油率为 9.31%,其中 TQYS17 鲜果含油率最高,为 18.29%,是最低 TQYS11(5.43%)的 3 倍以上。李源等<sup>[13]</sup>测定安徽霍山县引进的油茶品种的鲜果含油率,最高只有 9.93%。此外,TQYS1、TQYS6、TQYS14、TQYS17、TQYS18、TQYS20 和 TQYS21 的鲜出籽率大于 40%,种仁含油率大于 45%,鲜果含油率大于 6.4%,达到国家油茶选育标准<sup>[14]</sup>。野生油茶在经济性状方面较栽培品种有显著优势,这将有利于优良种质资源的开发与利用。

表2 22株野生油茶的主要经济性状

编号	鲜出籽率	干出籽率	出仁率	鲜籽含水率	种仁含油率	鲜果含油率	% %		
TQYS1	45.16 ± 3.41 cd	25.58 ± 2.71 defgh	72.31 ± 1.15 de	43.43 ± 3.12 abc	46.30 ± 0.12 k	8.57 ± 0.99 efg			
TQYS2	37.64 ± 2.61 fghi	22.42 ± 3.82 ghijk	74.21 ± 1.64 bcd	40.62 ± 7.88 bcd	52.38 ± 0.17 e	8.70 ± 1.37 efg			
TQYS3	44.92 ± 7.09 cde	22.99 ± 3.11 fghijk	65.47 ± 1.26 i	48.47 ± 4.57 a	42.69 ± 0.48 n	6.42 ± 0.85 hi			
TQYS4	32.53 ± 6.63 ijk	18.39 ± 4.93 kl	69.73 ± 2.06 efgh	43.70 ± 6.95 abc	46.73 ± 0.03 jk	5.99 ± 1.64 hi			
TQYS5	38.61 ± 3.95 fgh	25.12 ± 5.66 efghi	77.48 ± 1.45 ab	33.32 ± 7.46 efg	52.03 ± 0.27 ef	10.13 ± 2.30 de			
TQYS6	52.65 ± 3.19 b	29.15 ± 3.94 cde	65.25 ± 1.31 i	44.57 ± 7.13 abc	47.09 ± 0.49 ij	8.95 ± 1.15 efg			
TQYS7	55.84 ± 4.74 ab	31.95 ± 3.95 bc	57.16 ± 2.16 j	42.88 ± 3.66 abc	39.05 ± 0.19 o	7.14 ± 0.98 ghi			
TQYS8	34.84 ± 5.17 ghij	19.43 ± 4.58 jk	71.94 ± 1.94 de	46.25 ± 10.30 ab	43.58 ± 0.28 m	6.12 ± 1.57 hi			
TQYS9	35.12 ± 3.36 ghij	21.97 ± 2.49 hijk	78.58 ± 1.15 a	37.51 ± 2.63 cde	45.18 ± 0.57 l	7.79 ± 0.84 fgh			
TQYS10	35.11 ± 4.03 ghij	20.48 ± 2.91 ijk	69.47 ± 2.85 efgh	41.54 ± 6.44 abcd	49.99 ± 0.03 g	7.13 ± 1.18 ghi			
TQYS11	27.54 ± 3.85 k	15.02 ± 2.02 l	69.43 ± 5.68 efgh	44.86 ± 7.45 abc	52.20 ± 0.17 e	5.43 ± 0.69 i			
TQYS12	34.39 ± 4.44 hij	23.65 ± 3.11 fghij	66.75 ± 4.62 hi	30.98 ± 7.66 efgh	55.32 ± 0.29 b	8.79 ± 1.73 efg			
TQYS13	32.11 ± 4.84 jk	23.47 ± 3.63 fghij	75.68 ± 5.51 abc	26.56 ± 8.00 gh	54.66 ± 0.43 bc	9.68 ± 1.50 ef			
TQYS14	40.07 ± 8.62 defgh	27.57 ± 6.82 cdef	71.20 ± 7.20 def	31.18 ± 7.66 efgh	49.62 ± 0.39 g	9.76 ± 2.62 ef			
TQYS15	39.63 ± 4.64 fgh	27.90 ± 4.22 cdef	68.10 ± 2.29 fghi	29.57 ± 6.67 fgh	47.59 ± 1.42 i	9.07 ± 1.56 efg			
TQYS16	39.32 ± 4.00 fgh	26.41 ± 3.43 defgh	67.44 ± 2.39 ghi	32.79 ± 5.66 efg	48.84 ± 0.05 h	8.68 ± 0.96 efg			
TQYS17	59.46 ± 5.06 a	45.03 ± 5.30 a	75.82 ± 0.63 abc	24.76 ± 2.16 h	53.58 ± 0.42 d	18.29 ± 2.10 a			
TQYS18	40.31 ± 4.33 defg	29.02 ± 3.97 cde	72.62 ± 1.09 cde	28.02 ± 5.90 fgh	56.60 ± 0.10 a	11.93 ± 1.63 cd			
TQYS19	38.47 ± 1.97 fgh	26.14 ± 2.07 defgh	75.73 ± 1.15 abc	31.98 ± 5.09 efgh	51.38 ± 0.16 f	10.17 ± 0.79 de			
TQYS20	42.04 ± 6.04 def	30.12 ± 6.48 bcd	70.78 ± 3.06 efg	26.75 ± 2.73 gh	54.77 ± 0.08 b	12.96 ± 4.92 bc			
TQYS21	47.45 ± 3.93 c	34.07 ± 4.98 b	78.12 ± 1.87 a	28.28 ± 7.84 fgh	53.99 ± 0.07 cd	14.37 ± 2.14 b			
TQYS22	39.68 ± 7.92 efgh	27.28 ± 6.75 cdefg	69.37 ± 4.41 efgh	35.54 ± 7.85 def	50.20 ± 0.10 g	8.85 ± 2.96 efg			
平均值	40.59	26.05	71.03	36.07	49.72	9.31			
CV	19.26	23.83	7.12	20.75	9.18	31.99			

## 2.2 脂肪酸组成(见表3)

从表3可知,22株野生油茶的油脂脂肪酸主要为油酸、亚油酸、棕榈酸以及硬脂酸,还含有少量的亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸,这与文献[15-16]的研究结果一致。依据GB/T 11765—2018《油茶籽油》可知,22株野生油茶中TQYS10、TQYS11、TQYS20、TQYS21和TQYS22的油酸含量高于标准上限(87.0%)。棕榈酸和硬脂酸属于饱和脂肪酸,其中:棕榈酸含量最高的是TQYS9(8.84%),最低的是TQYS10(5.15%);硬脂酸含量变化范围在0.64%(TQYS19)~2.75%(TQYS10),平均含量为1.23%。油酸、亚油酸、亚麻酸和顺-11-二十碳烯酸属于不饱和脂肪酸,其中:油酸含量变化范围在80.03%(TQYS1)~88.66%(TQYS10)之间,变异系数最低,仅有3.01%;亚油酸平均含量为6.10%,含量最高的为TQYS1,为9.83%,是最低TQYS10

(2.53%)的3倍以上;亚麻酸含量变化范围在0.72%~1.32%,平均为0.96%;顺-11-二十碳烯酸平均含量为0.15%,其变异系数最大,达到70.25%。

22株野生油茶的单不饱和脂肪酸含量在80.28%~88.82%之间,TQYS10含量最高,TQYS1的含量最低;不饱和脂肪酸含量在89.73%~93.47%之间,其中含量最高的是TQYS17,含量最低的是TQYS9。田潇潇等<sup>[17]</sup>研究了20个长林系列油茶品种,其不饱和脂肪酸含量在89.89%~92.31%,单不饱和脂肪酸含量在82.05%~86.59%,与野生油茶的油脂脂肪酸含量差异不大。Yang等<sup>[18]</sup>比较了10个栽培油茶品种与1个野生油茶品种,发现两者的种仁含油率和油脂脂肪酸组成差异不大,与本研究的脂肪酸结果一致,但本研究的种仁含油率(49.72%)显著高于栽培品种(47.83%),这可能与地理位置、栽培技术及品种等因素有密切关系。

表3 22株野生油茶的油脂脂肪酸组成及相对含量

编号	C16:0	C18:2	C18:1	C18:3	C18:0	C20:1	UFA	SFA	MUFA	%
TQYS1	7.94 ± 0.21 c	9.83 ± 0.24 a	80.03 ± 0.50 k	0.87 ± 0.02 efghij	1.07 ± 0.04 hi	0.25 ± 0.02 b	90.98	9.02	80.28	
TQYS2	7.79 ± 0.06 c	6.92 ± 0.01 def	82.53 ± 0.09 ghi	0.94 ± 0.01 defgh	1.59 ± 0.01 bc	0.24 ± 0.03 bc	90.63	9.37	82.77	
TQYS3	7.69 ± 0.05 cd	6.64 ± 0.03 defg	83.08 ± 0.10 fg	0.91 ± 0.03 efghi	1.30 ± 0.01 efg	0.38 ± 0.03 a	91.01	8.99	83.46	

续表 3

编号	C16:0	C18:2	C18:1	C18:3	C18:0	C20:1	UFA	SFA	MUFA
TQYS4	7.39 ± 0.12 de	7.24 ± 0.09 d	82.87 ± 0.30 gh	0.91 ± 0.07 efghi	1.21 ± 0.03 gh	0.38 ± 0.03 b	91.40	8.60	83.25
TQYS5	7.31 ± 0.08 e	6.76 ± 0.07 def	82.93 ± 0.16 fgh	1.00 ± 0.04 defg	1.71 ± 0.03 b	0.29 ± 0.01 b	90.98	9.02	83.22
TQYS6	7.28 ± 0.12 e	8.89 ± 0.42 b	81.63 ± 0.48 ij	1.23 ± 0.15 ab	0.80 ± 0.04 jk	0.17 ± 0.07 d	91.91	8.09	81.80
TQYS7	6.81 ± 0.36 f	8.15 ± 0.48 c	83.08 ± 1.03 fg	1.02 ± 0.08 cde	0.77 ± 0.06 jkl	0.18 ± 0.04 cd	92.42	7.58	83.26
TQYS8	7.69 ± 0.19 cd	5.96 ± 0.23 hij	84.19 ± 0.51 e	0.84 ± 0.01 fghij	1.15 ± 0.07 hi	0.18 ± 0.03 cd	91.16	8.84	84.37
TQYS9	8.84 ± 0.11 a	7.20 ± 0.15 d	81.38 ± 0.34 j	1.01 ± 0.06 cdef	1.43 ± 0.01 de	0.13 ± 0.01 defg	89.73	10.27	81.52
TQYS10	5.15 ± 0.10 i	2.53 ± 0.05 l	88.66 ± 0.16 a	0.75 ± 0.04 ij	2.75 ± 0.03 a	0.16 ± 0.01 de	92.10	7.90	88.82
TQYS11	6.08 ± 0.34 gh	4.02 ± 0.39 k	87.58 ± 1.09 abc	0.82 ± 0.13 ghij	1.37 ± 0.19 ef	0.13 ± 0.05 defg	92.55	7.45	87.70
TQYS12	8.42 ± 0.09 b	6.34 ± 0.08 efgh	82.40 ± 0.14 ghij	1.17 ± 0.07 abc	1.53 ± 0.03 cd	0.14 ± 0.01 def	90.05	9.95	82.54
TQYS13	8.80 ± 0.05 a	6.70 ± 0.07 def	81.86 ± 0.12 hij	1.32 ± 0.01 a	1.21 ± 0.00 gh	0.11 ± 0.00 efgh	89.99	10.01	81.96
TQYS14	7.20 ± 0.29 e	6.05 ± 0.90 ghi	84.01 ± 1.49 ef	1.00 ± 0.12 cdefg	1.63 ± 0.15 bc	0.10 ± 0.03 efghi	91.16	8.84	84.11
TQYS15	7.27 ± 0.16 e	6.23 ± 0.23 fgh	84.43 ± 0.34 e	0.91 ± 0.09 efghi	1.09 ± 0.03 hi	0.08 ± 0.01 ghij	91.64	8.36	84.50
TQYS16	6.66 ± 0.01 f	6.73 ± 0.01 def	84.61 ± 0.01 e	0.86 ± 0.02 efghij	1.04 ± 0.01 i	0.10 ± 0.00 fghi	92.30	7.70	84.71
TQYS17	5.83 ± 0.03 h	5.48 ± 0.18 ij	86.93 ± 0.21 bed	1.01 ± 0.03 cdef	0.71 ± 0.03 kl	0.05 ± 0.01 hij	93.47	6.53	86.98
TQYS18	6.09 ± 0.00 gh	5.38 ± 0.10 j	86.55 ± 0.24 cd	0.84 ± 0.10 efghij	1.09 ± 0.04 hi	0.05 ± 0.00 hij	92.82	7.18	86.60
TQYS19	6.77 ± 0.10 f	5.44 ± 0.15 j	86.12 ± 0.29 d	1.00 ± 0.05 defg	0.64 ± 0.01 l	0.04 ± 0.00 ij	92.59	7.41	86.16
TQYS20	6.14 ± 0.13 gh	3.75 ± 0.27 k	88.13 ± 0.30 a	1.11 ± 0.15 bed	0.84 ± 0.03 jk	0.03 ± 0.00 j	93.02	6.98	88.16
TQYS21	6.72 ± 0.10 f	4.10 ± 0.34 k	87.57 ± 0.67 abc	0.72 ± 0.10 j	0.85 ± 0.12 j	0.03 ± 0.01 j	92.43	7.57	87.60
TQYS22	6.19 ± 0.10 g	3.81 ± 0.23 k	87.86 ± 0.41 ab	0.82 ± 0.03 hij	1.29 ± 0.06 fg	0.05 ± 0.00 hij	92.53	7.47	87.90
平均值	7.09	6.10	84.47	0.96	1.23	0.15	91.68	8.32	84.62
CV	13.59	28.59	3.01	15.81	37.25	70.25	1.14	12.52	2.94

注: C16:0, 棕榈酸; C18:2, 亚油酸; C18:1, 油酸; C18:3, 亚麻酸; C18:0, 硬脂酸; C20:1, 顺-11-二十碳烯酸; UFA, 不饱和脂肪酸; SFA, 饱和脂肪酸; MUFA, 单不饱和脂肪酸。

### 2.3 主成分分析

对 22 株野生油茶的果实性状、经济性状及油脂脂肪酸组成中 13 个主要指标用主成分分析法进行综合评价, 结果见表 4。

表 4 主成分指标特征向量、特征值及方差贡献率

项目	第 1 主成分	第 2 主成分	第 3 主成分	第 4 主成分
鲜果重	-0.152	0.418	-0.196	0.356
果高	-0.133	0.060	-0.110	0.693
果径	-0.101	0.447	-0.202	0.332
果皮厚度	-0.444	0.170	-0.024	0.178
籽数	0.103	0.498	0.028	0.042
果形指数	-0.016	-0.482	0.126	0.301
鲜出籽率	0.464	0.124	-0.156	-0.068
干出籽率	0.496	0.003	0.108	-0.089
出仁率	-0.068	-0.012	0.506	-0.028
鲜籽含水率	-0.242	0.205	-0.440	-0.015
种仁含油率	0.027	-0.096	0.515	-0.168
鲜果含油率	0.389	-0.008	0.372	-0.129
不饱和脂肪酸	0.262	0.215	0.040	-0.317
特征值	3.779	3.111	2.728	1.769
方差贡献率/%	29.220	23.928	20.986	13.607
累积贡献率/%	29.220	53.148	74.134	87.741

由表 4 可知, 前 4 个主成分的累积贡献率达到 87.741%, 基本能够反映油茶果实性状、经济性状和油脂脂肪酸组成方面的主要信息, 4 个主成分的方差贡献率分别为 29.220%、23.928%、20.986%、13.607%, 第 1 主成分主要体现的是果皮厚度、鲜出籽率、干出籽率和鲜果含油率的高低, 第 2 主成分主要反映的是鲜果重、果径、籽数和果形指数的高低, 第 3 主成分反映了出仁率、鲜籽含水率和种仁含油率的高低, 第 4 主成分反映的是果高、鲜果重、果径和不饱和脂肪酸的高低。

22 株野生油茶资源的综合得分见表 5。

表 5 22 株野生油茶主成分综合得分及排名

编号	第 1 主成分得分	第 2 主成分得分	第 3 主成分得分	第 4 主成分得分	综合得分	排名
TQYS17	6.390	-0.569	3.313	-3.952	1.889	1
TQYS21	2.944	-1.037	2.741	-2.555	0.840	2
TQYS18	1.413	0.290	2.150	-1.693	0.703	3
TQYS20	2.029	-0.334	1.823	-1.497	0.692	4
TQYS6	0.800	2.864	-2.216	1.067	0.599	5
TQYS5	-0.996	1.741	0.531	2.034	0.514	6
TQYS16	-0.388	1.495	-0.990	2.043	0.315	7
TQYS19	0.185	-0.228	1.361	-1.225	0.119	8
TQYS1	-0.207	1.373	-1.048	0.193	0.074	9

续表 5

编号	第1主成分得分	第2主成分得分	第3主成分得分	第4主成分得分	综合得分	排名
TQYS7	1.832	1.151	-3.480	-0.573	0.002	10
TQYS15	-0.155	-0.658	-0.214	0.678	-0.155	11
TQYS4	-3.399	3.529	-2.594	3.354	-0.237	12
TQYS22	0.388	-1.549	0.338	-0.774	-0.292	13
TQYS2	-1.120	-0.052	0.182	-0.794	-0.409	14
TQYS10	-1.189	0.556	-0.750	-0.473	-0.436	15
TQYS14	0.616	-3.165	1.169	-0.799	-0.441	16
TQYS9	-1.646	-0.464	-0.005	0.653	-0.504	17
TQYS3	-1.755	1.609	-3.282	2.276	-0.507	18
TQYS12	-0.356	-2.678	1.036	-0.478	-0.592	19
TQYS13	-0.641	-4.626	2.487	1.261	-0.601	20
TQYS8	-2.359	0.410	-1.796	1.719	-0.734	21
TQYS11	-2.388	0.343	-0.757	-0.464	-0.838	22

由表5可知,TQYS17、TQYS21、TQYS18、TQYS20 4株野生油茶综合得分排名在前4,排名最后的是TQYS11。野生油茶资源中不乏具有特异性状的资源,各性状之间变异幅度较大,在筛选优质油茶良种时,应充分考虑其经济性状和油脂品质。

### 3 结论

本研究以四川省雅安市天全县的22株野生油茶为试验材料,通过对22株野生油茶的果实性状、经济性状及油脂脂肪酸组成进行测定,表明各性状之间差异显著。果实性状中鲜果重变异系数最大,为41.75%,TQYS4鲜果重最大,为43.58g;果皮厚度平均值为3.39mm,TQYS17果皮最薄,仅为0.67mm;果形指数平均值为1.07,大多数油茶果接近球形。鲜果含油率在5.43%~18.29%,变异系数为31.99%,鲜出籽率在27.54%~59.46%,干出籽率在15.02%~45.03%,种仁含油率在39.05%~56.60%,其中达到国家油茶选育标准的有7株,野生油茶在经济性状方面显著优于栽培品种。22株野生油茶的油脂中检出6种脂肪酸,即棕榈酸、亚油酸、油酸、亚麻酸、硬脂酸和顺-11-二十碳烯酸,单不饱和脂肪酸含量在80.28%~88.82%,不饱和脂肪酸含量在89.73%~93.47%,脂肪酸组成与栽培品种的差异不大。

通过主成分分析,初步筛选出综合性状表现最好的4株野生油茶,即TQYS17、TQYS21、TQYS18和TQYS20,其不仅具有较高的鲜出籽率、干出籽率、种仁含油率和鲜果含油率,而且油脂品质较好,不饱和脂肪酸含量较高。野生油茶中存在丰富的特异遗传资源,其经济性状显著优于栽培品种,品质方面与栽培品种差异不大,可以为四川雅安良种选育提供良

好种质资源基础。因此,今后要长期开展野生油茶种质资源的收集工作,继续对前期已收集和保存的进入稳定挂果期的剩余野生油茶单株进行经济性状的评,以期建立具有育种潜力的特异资源,构建野生油茶核心种质资源基因库,为今后油茶区域性良种选育及杂交育种奠定基础。

### 参考文献:

- [1] 庄瑞林. 中国油茶[M]. 2版. 北京: 中国林业出版社, 2008.
- [2] 姚小华, 王开良, 任华东, 等. 油茶资源与科学利用研究[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [3] 殷国兰, 杨金亮, 冯绍玉, 等. 四川油茶产业发展现状与建议[J]. 四川林业科技, 2013, 34(6): 96-98.
- [4] 熊蕃, 岳鹏, 陶建军, 等. 富顺县油茶产业发展现状及对策[J]. 四川林业科技, 2015, 36(5): 125-128.
- [5] 秦声远, 戎俊, 张文驹, 等. 油茶栽培历史与长江流域油茶遗传资源[J]. 生物多样性, 2018, 26(4): 384-395.
- [6] 王瑞, 陈永忠. 我国油茶产业的发展现状及提升思路[J]. 林业工程学报, 2015, 29(4): 6-10.
- [7] 孙佩光, 陈晓阳, 奚如春, 等. 油茶种质资源评价研究进展[J]. 林业科技开发, 2012, 26(3): 1-6.
- [8] 徐雪峰, 闫浩, 杜金凤, 等. 海南油茶籽含油率及脂肪酸组成分析[J]. 生物化工, 2018, 4(6): 45-48.
- [9] 杨枝林, 任华东, 曾祥全, 等. 海南岛油茶资源果实经济性状评价[J]. 经济林研究, 2017, 35(4): 226-230.
- [10] 王碧芳, 邹锋, 袁德义, 等. 海南油茶优良单株果实经济性状综合评价与筛选[J]. 福建农林大学学报(自然科学版), 2016, 45(2): 156-161.
- [11] 刘莉, 黎锐, 李星儀, 等. 四川雅安引进油茶品种含油率及茶油品质分析[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(12): 53-58.
- [12] 倪荣新, 秦玉川, 刘本同, 等. 长林系列油茶籽含油率和脂肪酸组成分析研究[J]. 江西林业科技, 2014, 42(5): 18-20.
- [13] 李源, 程朴良, 张勇, 等. 霍山县不同品种油茶经济性状比较[J]. 浙江林业科技, 2019, 39(3): 58-62.
- [14] 油茶良种选育技术: GB/T 28991—2012[S]. 北京: 中国标准出版社, 2012.
- [15] 原姣姣, 王成章, 陈虹霞, 等. 不同品种油茶籽的含油率和脂肪酸组成分析研究[J]. 中国油脂, 2012, 37(1): 75-79.
- [16] 周莉君, 刘静, 王艳芹, 等. 12株油茶种仁含油率及脂肪酸组成分析[J]. 中国油脂, 2017, 42(5): 132-135.
- [17] 田潇潇, 方学智, 孙汉洲, 等. 不同物种及品种油茶籽的营养特性分析与综合评价[J]. 林业科学研究, 2019, 32(1): 133-140.
- [18] YANG C, LIU X, CHEN Z, et al. Comparison of oil content and fatty acid profile of ten new *Camellia oleifera* cultivars[J]. J Lipid, 2016(2): 1-6.