

15 个油茶品种果实主要经济性状研究

刘 海¹, 朱亚艳¹, 李 慧¹, 王承源², 杨武其², 曹又煜¹, 郭少海¹
(贵州省林业科学研究院, 西南喀斯特山地生物多样性保护国家林业和草原局重点实验室¹, 贵阳 550005)
(锦屏县林业局², 锦屏 556700)

摘 要:为探究锦屏县不同品种油茶果实的加工适应性,本研究以锦屏县 15 个本地和引进的油茶品种为实验材料,比较分析了不同品种果实的表型特征及经济性状指标,并对果实主要经济性状指标进行综合评价。结果表明,不同品种的果实性状、出籽率、含油率等指标存在不同程度差异。相较引进品种,本地品种的种仁含油率较高,红星和黄珍珠小果因果壳薄具有较高的出籽率和鲜果含油率;引进品种中,长林 53 号的果实经济性状表现优异;主成分综合评分较高的品种依次为黄珍珠小果、红星小果、习油 2 号、长林 53 号、习油 7 号、锦屏 1 号,而华鑫、华金、华硕、湘林 210 号的排名靠后。小果油茶和本地油茶总体上较引进品种果实更具优良的加工经济效益。

关键词:油茶;品种;经济性状;加工

DOI:10.20048/j.cnki.issn.1003-0174.001261

中图分类号:S7-9;TS205 文献标识码:A 文章编号:1003-0174(2026)01-0145-08

网络首发时间:2025-11-06 14:39:26

网络首发地址:https://link.cnki.net/urlid/11.2864.TS.20251106.1344.002

Main economic traits of the fruits of 15 *Camellia oleifera* varieties

Liu Hai¹, Zhu Yayan¹, Li Hui¹, Wang Chengyuan², Yang Wuqi², Cao Youyu¹, Guo Shaohai¹
(Key Laboratory of National Forestry and Grassland Administration on Biodiversity Conservation
in Karst Mountains Areas of Southwestern China, Guizhou Academy of Forestry¹, Guiyang 550005)
(Jinping County Forestry Bureau², Jinping 556700)

Abstract:To investigate the processing adaptability of fruits of different *Camellia oleifera* varieties in Jinping County, 15 local and introduced *Camellia oleifera* varieties were used as experimental materials in this study. A systematic comparative analysis was performed on the phenotypic characteristics and economic traits of fruits among different varieties, and a comprehensive evaluation was conducted on their main economic traits. The results showed that there were significant variations in fruit traits, seed yield rate, and oil content among different varieties. Compared with the introduced varieties, the local varieties had a higher kernel oil content. Red Star and Yellow Pearl small fruits demonstrated higher seed yield and fresh fruit oil content because of their thin fruit shells. Among the introduced varieties, Changlin 53 showed excellent fruit economic traits. The varieties with higher comprehensive scores based on principal components analysis were in the order: Yellow Pearl small fruit, Red Star small fruit, Xiyou 2, Changlin 53, Xiyou 7, Jinping 1, while Huaxin, Huajin, Huashuo, and Xianglin 210 ranked lower. Overall, small fruit *Camellia oleifera* and local *Camellia oleifera* varieties exhibited more superior processing economic benefits compared with the introduced varieties.

Key words: *Camellia oleifera*; variety; economic trait; processing

基金项目:贵州省林业科研项目(黔林科合[2025]20号),中央林业草原改革发展资金项目(贵[2024]TG25号),贵州省林业科研项目(黔林科合[2022]09号),贵州省林业科研项目(黔林科合[2022]15号),中央财政林业改革发展资金项目(贵[2022]TG01号)

收稿日期:2025-04-17

第一作者:刘海,男,1988年出生,助理研究员,木本油料资源加工与利用,573390817@qq.com

通信作者:郭少海,男,1968年出生,正高级工程师,木本油料资源加工与利用,381270768@qq.com

油茶 (*Camellia oleifera* Abel.) 是我国重要的木本油料树种^[1], 从其果实中提取的油称为油茶籽油, 油茶籽油的脂肪酸组成与橄榄油相似, 且饱和脂肪酸质量分数超过 80%^[2]。油茶籽油富含多酚、黄酮、植物甾醇、角鲨烯和维生素 E 等多种天然活性物质, 有助于抗氧化、抗菌消炎、延缓衰老和预防心脑血管疾病等^[3-6], 在食品、医药和化妆品等领域具有广泛的应用前景^[7]。随着消费者对健康食用油需求的增加, 油茶产业进入快速发展期^[8]。贵州省作为我国油茶的重要产区, 产量及产值逐年增加, 2023 年油茶籽产量达到了 12.5 万 t^[9]。贵州省黔东南州是全省油茶种植规模最大的地区, 锦屏县位于黔东南州油茶主产区的核心地带, 具有适合油茶生长的气候和环境优势, 所产油茶果实含油率高、品质优异, 深受市场青睐。然而, 锦屏县油茶产业的发展仍面临着本地和外来品种混杂、产量不稳定和果实经济性性状差异大等问题, 制约了油茶产业经济效益的进一步提升。

油茶果实的经济性性状是保证油茶种植加工效益最大化的关键因素^[10], 具有高出籽率、高含油率的油茶果实能够提高油茶籽油的加工效率, 市场竞争力强, 因此选择具有优良经济性性状的油茶品种已成为我省油茶产业提质增效的核心目标之一。针对锦屏县油茶品种果实经济性性状的系统研究鲜见报道, 缺乏对当地主栽品种在加工适应方面的全面评价。本研究以锦屏县主栽油茶品种为研究对象, 对其果实经济性性状进行比较分析, 旨在明确各品种的性状差异及其加工潜力, 为锦屏县油茶品种选育、高产栽培和加工利用提供参考。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

选择贵州省锦屏县主栽油茶品种果实作为实验材料, 7 个外来品种, 分别为华金、华鑫、华硕、湘林 210、湘林 27、长林 53、长林 166; 2 个小果油茶 (红星小果、黄珍珠小果), 6 个本地品种, 将其命名为习油 2 号、习油 7 号、锦屏 1 号、锦屏 2 号、锦屏 3 号、锦屏 4 号。华金、华鑫、华硕、湘林 210 采于新化乡 (26°25'37"N, 109°12'01"E, 海拔 435 m), 湘林 27、长林 53、长林 166、习油 2 号、习油 7 号、红星小果、黄珍珠小果采于偶里乡 (26°33'48"N, 109°09'58"E, 海拔 599 m), 锦屏 1 号、锦屏 2 号、锦屏 3 号、锦屏 4 号采于铜鼓镇 (26°36'12"N, 109°21'59"E, 海拔 490 m), 果实均

在成熟期采摘。

1.2 实验方法

每个品种随机选取 30 个油茶鲜果, 用游标卡尺测量单个鲜果果高和果径, 用电子天平称量单果质量; 每个鲜果剥开果壳后, 用游标卡尺测量果壳厚度, 计数单果的油茶种粒数; 用电子天平称量剥出的鲜籽质量和鲜单籽质量; 将每个单果剥出的果壳和鲜籽放置于 60 °C 的烘箱中烘干至恒重, 测其干果壳、干籽和单干籽的质量, 并对烘干后的干籽剥除籽壳后称量干种仁质量。按照 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准 食品中脂肪的测定》中索氏抽提法测定种仁的脂肪含量。根据测量的数据, 计算不同品种油茶果实的经济性性状指标。

$$y_1 = H/D \quad (1)$$

式中: y_1 为果形指数; H 为果高/mm; D 为果径/mm。

$$y_2 = m(\text{FS})/m(\text{FF}) \times 100\% \quad (2)$$

式中: y_2 为鲜果出鲜籽率/%; $m(\text{FS})$ 为鲜籽质量/g, $m(\text{FF})$ 为鲜果质量/g。

$$y_3 = m(\text{DS})/m(\text{FF}) \times 100\% \quad (3)$$

式中: y_3 为鲜果出干籽率/%; $m(\text{DS})$ 为干籽质量/g。

$$y_4 = m(\text{DS})/[m(\text{DH}) + m(\text{DS})] \times 100\% \quad (4)$$

式中: y_4 为干果出干籽率/%; $m(\text{DH})$ 为干果壳质量/g。

$$y_5 = m(\text{DK})/m(\text{DS}) \times 100\% \quad (5)$$

式中: y_5 为干籽出仁率/%; $m(\text{DK})$ 为干仁质量/g。

$$y_6 = r \times y_5 \times 100\% \quad (6)$$

式中: y_6 为干籽含油率/%; r 为种仁含油率/%。

$$y_7 = r \times m(\text{DK})/m(\text{FF}) \times 100\% \quad (7)$$

式中: y_7 为鲜果含油率/%。

1.3 数据分析

利用 Excel 2010 软件对实验数据进行统计分析, 用 SPSS 26.0 软件进行主成分分析、聚类分析和多重比较分析, 用 Origin 2021 软件进行相关性分析绘图, 主成分分析和综合评价按照邓必平等^[11]的方法进行, $P < 0.05$ 表示差异显著。

2 结果与分析

2.1 不同品种油茶果实经济性性状分析

2.1.1 果实性状分析

果高、果径和果形指数是衡量油茶果实大小的重要指标。统计结果如表 1 所示, 红星和黄珍珠为

小果品种,果高和果径均显著低于其他品种($P < 0.05$)。其他品种果高在 26.45 ~ 40.59 mm 之间,华金最高,锦屏 3 号最低。华鑫的果径显著大于其他品种($P < 0.05$),其次为华硕和湘林 27 号,其余品种果径介于 28.92 ~ 37.60 mm 之间。油茶果实大小除受品种自身遗传因素影响外,还与生长环境密切相关,如锦屏本地油茶品种的果高和果径均较小,即是长期适应当地环境的进化结果。华金、华硕、华鑫作为大果油茶品种,平均果高和果径分别达 48.71、44.65、43.44 mm 和 45.55、57.73、51.26 mm^[12],而锦屏县引种的“三华”系列果实大小均未达到该平均值,进一步说明大果品种的果实表现受当地生长环境影响较大。长林 166 号的果形指数显著高于其他品种($P < 0.05$),这与其果实呈橄榄形有关。华硕、

华鑫和湘林 27 号的果形指数较低,且 3 个品种之间无显著差异($P > 0.05$),果实均呈橘形。

果壳厚度是油影响茶果实经济性状的重要因素之一,果壳越薄,种籽占比越高。由表 1 可见,红星小果和黄珍珠小果的果壳最薄($P < 0.05$),华金果壳最厚($P < 0.05$);华硕、华鑫、湘林 210 号、习油 7 号的果壳厚度均大于 3 mm;在引种品种中,长林 53 号的果壳最薄。锦屏 2 ~ 4 号的单果籽粒数显著多于其他品种($P < 0.05$),均在 5 粒之上。大果品种“三华”系列的平均单果籽粒数均在 5 粒以下,与其正常单果籽粒数相差较大(华金为 6 ~ 10 粒,华鑫为 6 ~ 15 粒,华硕为 7 ~ 18 粒)^[12]。红星小果、黄珍珠、长林 166 号的单果籽粒数较少,且品种之间无显著差异($P > 0.05$)。

表 1 不同油茶品种果实性状分析

品种	果高/mm	果径/mm	果形指数	果壳厚/mm	单果籽粒数/粒
红星小果	22.18 ± 1.50 ^a	22.94 ± 2.57 ^b	0.97 ± 0.07 ^{bc}	0.98 ± 0.10 ^a	2.43 ± 0.94 ^{abc}
黄珍珠小果	22.15 ± 1.74 ^a	20.77 ± 1.83 ^a	1.07 ± 0.08 ^d	1.03 ± 0.13 ^a	2.13 ± 0.78 ^{ab}
习油 2 号	32.79 ± 2.63 ^{cd}	29.47 ± 3.29 ^{cd}	1.12 ± 0.10 ^{def}	2.52 ± 0.24 ^{bcd}	2.80 ± 1.40 ^{abcd}
习油 7 号	32.82 ± 2.21 ^{cd}	30.09 ± 2.15 ^{cd}	1.09 ± 0.06 ^{de}	3.32 ± 0.44 ^g	3.17 ± 1.09 ^{abcde}
锦屏 1 号	30.81 ± 1.86 ^c	29.33 ± 2.00 ^{cd}	1.05 ± 0.05 ^d	2.63 ± 0.37 ^{cdef}	4.57 ± 1.25 ^e
锦屏 2 号	34.59 ± 2.25 ^{de}	32.43 ± 2.14 ^{de}	1.07 ± 0.07 ^d	2.84 ± 0.28 ^f	5.63 ± 1.90 ^f
锦屏 3 号	26.45 ± 1.84 ^b	28.92 ± 2.36 ^c	0.92 ± 0.05 ^{ab}	2.55 ± 0.27 ^{bcd}	6.70 ± 2.22 ^f
锦屏 4 号	36.31 ± 2.58 ^{ef}	32.44 ± 2.29 ^{de}	1.12 ± 0.09 ^{def}	2.41 ± 0.38 ^{bcd}	5.87 ± 1.48 ^f
华金	40.59 ± 4.78 ^h	34.45 ± 5.18 ^e	1.19 ± 0.09 ^f	4.20 ± 0.75 ^h	2.50 ± 2.42 ^{abc}
华硕	34.15 ± 3.38 ^{de}	40.51 ± 6.02 ^g	0.85 ± 0.07 ^a	3.47 ± 0.34 ^g	3.27 ± 2.13 ^{bcd}
华鑫	38.37 ± 4.56 ^{fg}	42.72 ± 6.55 ^h	0.91 ± 0.08 ^a	3.39 ± 0.46 ^g	4.08 ± 2.36 ^{de}
湘林 27 号	35.15 ± 3.15 ^{de}	39.02 ± 3.59 ^{fg}	0.90 ± 0.08 ^a	2.77 ± 0.39 ^{ef}	3.73 ± 1.46 ^{cde}
湘林 210 号	34.22 ± 3.68 ^{de}	37.60 ± 5.27 ^f	0.92 ± 0.07 ^{ab}	3.36 ± 0.51 ^g	4.13 ± 1.91 ^{de}
长林 166 号	39.40 ± 3.82 ^{gh}	29.93 ± 2.73 ^{cd}	1.32 ± 0.09 ^g	2.84 ± 0.33 ^f	2.30 ± 0.79 ^{abc}
长林 53 号	34.95 ± 5.04 ^{de}	33.54 ± 5.72 ^e	1.05 ± 0.13 ^d	2.35 ± 0.34 ^{bc}	4.03 ± 2.13 ^{de}

品种	鲜果质量/g	鲜籽质量/g	干籽质量/g	鲜果水质量分数/%
红星小果	6.36 ± 1.66 ^a	2.08 ± 0.36 ^{cd}	1.01 ± 0.23 ^{cd}	53.57 ± 4.00 ^{bc}
黄珍珠小果	5.36 ± 1.23 ^a	1.85 ± 0.36 ^{bcd}	1.11 ± 0.31 ^d	45.57 ± 2.32 ^a
习油 2 号	14.65 ± 4.09 ^{bc}	2.25 ± 0.54 ^d	1.55 ± 0.30 ^{ef}	56.34 ± 3.11 ^{cde}
习油 7 号	15.62 ± 3.48 ^{bc}	1.72 ± 0.35 ^{bc}	1.40 ± 0.32 ^{ef}	54.10 ± 1.93 ^{bcd}
锦屏 1 号	13.88 ± 2.55 ^{bc}	1.46 ± 0.29 ^b	0.82 ± 0.22 ^{bc}	56.11 ± 2.88 ^{cde}
锦屏 2 号	18.64 ± 3.09 ^{cde}	1.80 ± 0.57 ^{bc}	0.68 ± 0.27 ^b	62.75 ± 2.82 ^g
锦屏 3 号	12.37 ± 2.82 ^{bc}	0.90 ± 0.27 ^a	0.50 ± 0.14 ^a	56.76 ± 3.21 ^{de}
锦屏 4 号	18.43 ± 3.39 ^{cde}	1.69 ± 0.53 ^{bc}	0.87 ± 0.23 ^{bc}	58.66 ± 3.61 ^{ef}
华金	25.44 ± 12.23 ^{gh}	3.09 ± 1.08 ^{efg}	2.09 ± 0.62 ^g	60.63 ± 3.31 ^{fg}
华硕	29.76 ± 11.75 ^h	3.89 ± 1.34 ^{hi}	2.26 ± 0.55 ^g	59.57 ± 2.60 ^f
华鑫	40.11 ± 15.95 ⁱ	4.15 ± 1.43 ⁱ	2.26 ± 0.55 ^g	61.33 ± 4.25 ^{fg}
湘林 27 号	29.87 ± 7.75 ^h	3.75 ± 1.07 ^h	2.03 ± 0.56 ^g	56.84 ± 4.95 ^{de}
湘林 210 号	28.04 ± 9.42 ^{gh}	2.75 ± 0.93 ^{ef}	1.62 ± 0.46 ^f	59.81 ± 2.19 ^f
长林 166 号	17.35 ± 4.55 ^{bcd}	2.69 ± 0.62 ^e	1.62 ± 0.43 ^f	57.14 ± 3.28 ^{de}
长林 53 号	21.20 ± 9.01 ^{def}	2.96 ± 1.06 ^{efg}	1.64 ± 0.63 ^f	55.87 ± 3.22 ^{cde}

注:同列之间字母不同表示差异显著($P < 0.05$)。余同。

15个品种中,华鑫的鲜果质量最大,与其他品种存在显著差异($P < 0.05$)。红星小果和黄珍珠小果的鲜果质量最小($P < 0.05$),这也是导致其采摘成本高的原因之一。本地油茶品种的鲜果质量为12.37~18.64 g,均未超过20.00 g。与本地品种相比,外来引种品种的鲜果质量更大,但部分品种表现不佳,如华金和华硕的鲜果质量只有该品种平均值的49.31%和43.29%^[12]。“三华”系列和湘林27号的鲜籽质量均大于3.00 g,干籽质量均大于2.00 g;4个品种的干籽质量无显著差异($P > 0.05$),表明外来引种的大果品种在种籽质量上具有明显优势。本地品种由于果实小、单果种粒数多,导致干籽质量偏小,例如锦屏1~4号的干籽质量均小于1.00 g。

2.1.2 果实出籽率分析

鲜果出鲜籽率是油茶果实加工过程中的重要经济指标。由表2可见,红星小果和黄珍珠小果的鲜果出鲜籽率显著高于其他品种($P < 0.05$),华金的鲜果出鲜籽率最低,与华硕和华鑫相比,分别低14.66%和16.00%,在“三华”系列品种中表现最差。本地品种中锦屏4号的鲜果出鲜籽率最高,达到了55.21%。本地品种的鲜果出干籽率在21.19%~27.04%之间,而外来品种中长林53号表现最好。干果出干籽率可以排除果实水分含量的干扰,更好反映了干籽在果实中的干物质占比。由于小果油茶的果壳薄,其干果出干籽率达到80%左右,在15个品种中最高($P < 0.05$)。黄珍珠小果、本地油茶习油2号、7号的干籽出仁率均在70%以上,且品种间无显著差异($P > 0.05$)。引种的大果品种“三华”系列、湘林27号、湘林210号的干籽出仁率为59.30%~

66.19%,与本地品种习油2号相比低7.11%~14.00%,而长林53号和长林166号的果实较小,但干籽出仁率均在68%以上,果实大小可能是干籽出仁率的影响因素之一。锦屏4号的干籽出仁率显著低于其他品种($P < 0.05$),该品种的种籽不饱满,可能与油茶种植管护有关^[13,14]。

2.1.3 果实含油率分析

由图1可知,15个品种的种仁含油率在42.76%~56.67%范围内,引种油茶品种的种仁含油率表现较好,平均值达到了51.66%。其中华金的种仁含油率最高,且与其他品种存在显著性差异($P < 0.05$)。长林53号种仁含油率高达51.89%,较该品种的含油率(45%)高6.66%^[12]。锦屏4号的种仁含油率最低,其余本地品种种仁含油率均在50%以上,具有较高的种仁含油率。习油2号和7号的干籽含油率显著高于其他品种($P < 0.05$),分别达到了40.79%和39.83%,且两者之间无显著差异($P > 0.05$)。鲜果含油率是衡量果实加工经济效益的重要指标,黄珍珠小果的鲜果含油率高达15.49%,显著高于其他品种($P < 0.05$),表明黄珍珠小果的果实具有较高的加工经济价值。习油2号、习油7号、红星小果、长林53号的鲜果含油率也较高,在10.57%~11.07%之间,且品种之间无显著差异($P > 0.05$)。锦屏1号、锦屏3号、湘林27号、长林166号之间的鲜果含油无显著差异($P > 0.05$),鲜果含油率均在8%以上。

2.2 不同品种油茶果实相关性分析

由图2可知,果高和果径均与果壳厚呈极显著正相关,说明果实厚度是果实大小的重要影响因素之一。此外,果高和果径与鲜果质量、鲜籽质量、干

表2 不同油茶品种果实出籽率分析

品种	鲜果出鲜籽率/%	鲜果出干籽率/%	干果出干籽率/%	干籽出仁率/%
红星小果	67.53 ± 3.13 ^h	37.59 ± 4.26 ^g	80.77 ± 3.20 ^k	66.28 ± 3.55 ^{de}
黄珍珠小果	65.24 ± 2.52 ^h	43.73 ± 2.45 ^h	79.93 ± 2.80 ^k	75.19 ± 2.16 ^f
习油2号	41.80 ± 4.06 ^c	27.04 ± 3.66 ^{de}	61.73 ± 5.41 ^{defg}	73.30 ± 3.02 ^f
习油7号	37.64 ± 3.66 ^b	26.50 ± 2.70 ^{de}	57.65 ± 4.47 ^{bcd}	73.03 ± 2.07 ^f
锦屏1号	46.18 ± 4.13 ^{de}	26.69 ± 2.61 ^{de}	60.76 ± 3.69 ^{cdef}	63.88 ± 3.03 ^{cd}
锦屏2号	46.34 ± 2.96 ^{de}	21.19 ± 2.97 ^b	56.70 ± 4.91 ^{bc}	64.48 ± 4.70 ^{cd}
锦屏3号	45.28 ± 3.68 ^d	26.26 ± 3.27 ^{de}	60.58 ± 4.27 ^{cdef}	61.84 ± 3.57 ^{bc}
锦屏4号	55.21 ± 2.71 ^g	27.02 ± 3.40 ^{de}	64.31 ± 3.08 ^{fgh}	57.04 ± 3.14 ^a
华金	29.64 ± 5.38 ^a	18.97 ± 4.13 ^a	47.77 ± 7.31 ^a	64.43 ± 4.98 ^{cd}
华硕	44.30 ± 4.65 ^d	23.75 ± 3.38 ^{bcd}	58.58 ± 6.02 ^{cde}	65.61 ± 1.69 ^{de}
华鑫	45.23 ± 6.00 ^d	22.59 ± 4.65 ^{bc}	57.97 ± 7.38 ^{bcd}	59.30 ± 5.67 ^{ab}
湘林27号	47.64 ± 3.88 ^{de}	27.24 ± 5.31 ^e	62.58 ± 5.47 ^{efg}	60.24 ± 7.28 ^b
湘林210号	41.15 ± 3.81 ^c	23.56 ± 2.92 ^{bcd}	58.46 ± 4.80 ^{cde}	66.19 ± 2.39 ^{de}
长林166号	40.22 ± 4.63 ^{bc}	24.67 ± 3.84 ^{cde}	57.26 ± 5.45 ^{bc}	68.82 ± 5.03 ^e
长林53号	49.41 ± 6.09 ^{ef}	30.77 ± 4.65 ^f	69.43 ± 6.65 ^{ij}	68.31 ± 4.85 ^e

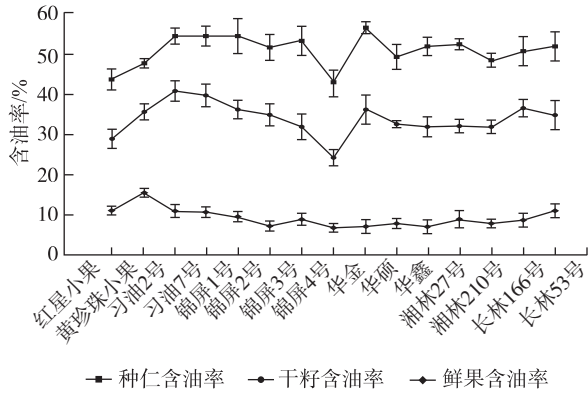


图1 不同油茶品种果实出油率分析

籽质量、鲜果水分含量均呈显著正相关,表明果实越大,鲜果、鲜籽和干籽的质量也越大,且果实质量的增加可能与果实水分有关。但果高和果径与鲜果出鲜籽率、鲜果出干籽率、干果出干籽率及鲜果含油率均呈显著负相关,表明锦屏县的大果类型油茶未表现出应有的高经济特性。这一现象可能与果壳厚有关,因为果壳厚与出籽率、含油率指标均呈显著负相关,说明果壳厚影响了大果的经济性状。值得注意的是,单果籽粒数与果高和果径均无显著相关性,表明单果籽粒数与果实大小关系不大,这也进一步说明大果型油茶未完全表现出单果多籽的优异性状。

此外,单果籽粒数与干籽质量、干籽出仁率均呈显著负相关,这可能与果实偏小及营养供应不足等因素有关。种仁含油率与鲜果出鲜籽率呈极显著负相关,与果壳厚呈正相关,而鲜果含油率与出籽率、干籽出仁率呈显著正相关,与干籽含油率和种仁含

油率无明显相关性,表明鲜果含油率受果实出籽率和干籽出仁率的影响更大。

2.3 不同品种油茶果实主成分分析

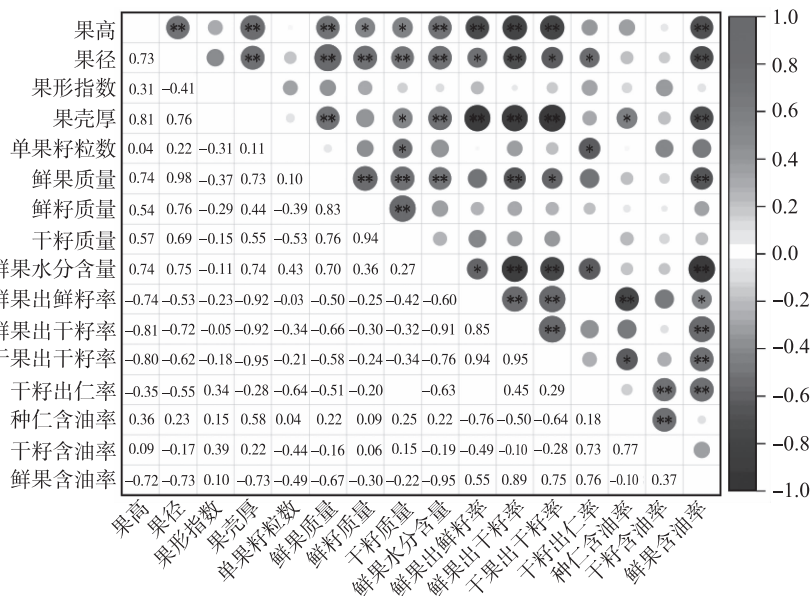
对不同品种果实的13个关键经济性状指标进行主成分分析,其中,果壳厚进行取负值处理,获得3个主成分,其方差贡献率和特征向量见表3和表4。前3个主成分累计方差贡献率达到91.656%,能够反映15个品种油茶果实的13个果实经济指标的绝大部分信息,可进行后续分析,所以取前3个主成分作为数据分析的有效主成分。

表3 各主成分特征值及贡献率

主成分	特征值	贡献率/%	累积贡献率/%
1	7.161	55.082	55.082
2	3.071	23.622	78.703
3	1.684	12.952	91.656

表4 各主成分指标特征向量

指标	主成分1	主成分2	主成分3
果高	-0.331	0.023	0.099
果径	-0.322	-0.130	0.263
果壳厚	0.358	-0.095	0.039
单果籽粒数	-0.078	-0.375	-0.479
鲜果质量	-0.312	-0.103	0.341
干籽质量	-0.210	0.163	0.589
鲜果出鲜籽率	0.319	-0.243	0.183
鲜果出干籽率	0.355	0.021	0.190
干果出干籽率	0.346	-0.096	0.220
干籽出仁率	0.172	0.468	0.038
种仁含油率	-0.192	0.374	-0.269
干籽含油率	-0.031	0.543	-0.160
鲜果含油率	0.311	0.269	0.100



注: *为 $P<0.05$; **为 $P<0.01$ 。

图2 不同油茶品种果实相关性分析

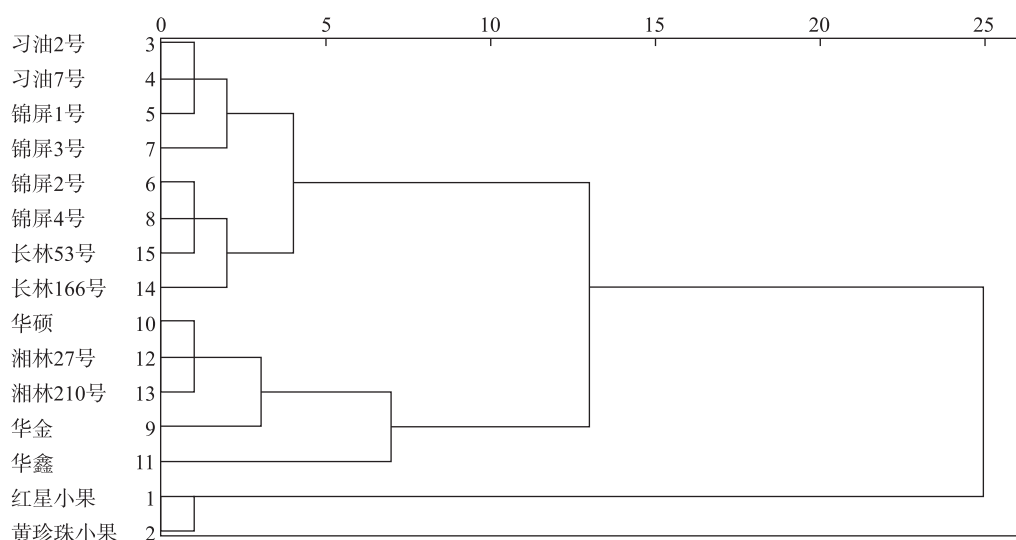


图3 不同油茶品种果实聚类分析

第1主成分贡献率达55.082%，主要反映果实的出籽率、果壳厚及鲜果含油率；第2主成分贡献率为23.622%，主要反映果实的含油率及干籽出仁率；第3主成分贡献率为12.952%，主要反映果实大小和质量，以及种籽质量。

根据主成分特征向量和相应的贡献率，计算不同油茶品种的综合得分，得分越高，说明综合表现越优。由表5可见，综合得分最高的品种为黄珍珠小果，其次为红星小果，两者均在第1主成分中得分最高，表明其果实出籽率表现优异，这主要得益于果壳较薄形成的高鲜果含油率特征。习油2号和习油7号分别排第3和第5，两者均在第2主成分中得分最高，表明习油2号和习油7号在含油率和干籽出仁率方面表现较佳。引种品种长林53号的排名第4，其

表5 各主成分得分及综合得分

品种	主成分1 得分	主成分2 得分	主成分3 得分	综合 得分	排名
红星小果	5.199	-1.399	0.991	2.904	2
黄珍珠小果	6.182	1.398	0.911	4.204	1
习油2号	0.471	2.647	-0.333	0.918	3
习油7号	-0.262	2.524	-0.753	0.387	5
锦屏1号	0.359	0.235	-1.648	0.043	6
锦屏2号	-0.882	-0.769	-1.915	-0.999	11
锦屏3号	0.590	-1.298	-2.702	-0.362	8
锦屏4号	0.243	-4.056	-0.287	-0.940	10
华金	-3.783	1.645	-0.028	-1.853	14
华硕	-1.961	-0.239	1.592	-1.015	12
华鑫	-3.163	-1.116	1.599	-1.963	15
湘林27号	-1.319	-0.701	1.256	-0.796	9
湘林210号	-1.595	-0.631	0.472	-1.055	13
长林166号	-0.747	1.340	0.214	-0.073	7
长林53号	0.669	0.421	0.630	0.599	4

果实经济性状表现优良，较适应当地气候环境。锦屏1号和锦屏3号分别排在第6和第8；“三华”系列品种、湘林210号则排名靠后。

2.4 不同品种油茶果实聚类分析

以不同品种的果高、果径、果形指数、果壳厚、单果籽粒数、鲜果质量、鲜籽质量、干籽质量、鲜果水分含量、鲜果出鲜籽率、鲜果出干籽率、干果出干籽率、干籽出干仁率、种仁含油率、干籽含油率、鲜果含油率等指标进行聚类分析(图3)，平方欧氏距离为10，可以归为3类，红星小果和黄珍珠小果归为一类，果实性状较为相似；“三华”系列品种、湘林27号、湘林210号归为一类，主要为大果型品种；其余归为一类，其中习油2号、习油7号、锦屏1号、锦屏3号的距离较近，这4个品种果实有相似的高含油特征，锦屏2号、锦屏4号、长林53号、长林166号的距离则较近。

3 讨论

小果油茶虽果实小，但因果壳薄，果实的出籽率表现优异，进而形成了鲜果含油率高的特征，以其加工油茶籽油有更高的经济效益。油茶果实大小主要受品种自身遗传特性决定^[15]，在相同品种中，较大的果实普遍会具有更优的经济性状，果实越大，种粒越多，果实越饱满，出籽率越高^[16]。作为大果油茶的代表性品种，华金、华硕和华鑫的平均鲜果质量分别为51.59、68.75、48.83 g，而锦屏县引种的“三华”系列品种均未达到该水平^[12]。这可能与引进地的海拔及环境因素有关，有研究表明，海拔对油茶果实影响显著，高海拔地区的平均果重明显小于低海拔地区，且

小果占比更高^[17],环境条件也会影响果实生长发育^[18]。实际上,不同品种油茶的果实大小与出籽率、含油率无显著相关性^[19],本研究中鲜果出干籽率和含油率甚至与鲜果质量呈显著负相关,说明果实大小对产油效率无积极影响。因此油茶品种选择不应仅追求大果型品种。魏莹莹等^[20]对贵州引种的“长林”系列品种经济性状分析发现,长林53号的鲜果出鲜籽率达到了49.27%,具有优良的综合性状表现,本研究中长林53号鲜果出鲜籽率49.41%,也有较高排名,表明该品种较适应当地气候环境。因此,对外来品种选择,除考虑该品种优良特性之外,还应考虑是否适应当地气候环境^[21]。

相较引进品种,本地品种因长期适应本地气候,基本无适应性限制,更适合本地油茶产业发展。本地油茶的种仁含油率普遍较高,除锦屏4号,其余的本地油茶种仁含油率均大于50%,锦屏县的本地油茶品种在含油率方面有很大优势。但相比外来优良品种,本地油茶品种存在树龄老化导致的产量低及不稳定等问题。然而,经持续的本地高产品种选育,其产量能达到引进优良品种的水平,如小果油茶经选育后,平均冠幅产果量为 2.66 kg/m^2 ^[22]。通过对习油2、7号,锦屏1、2、3、4号本地油茶测产,以冠幅覆盖度70%推算鲜果产量及油产量^[23],以表现最好的引进品种长林53号作为对照,结果如表6所示。除锦屏4号外,本地品种每 666.7 m^2 的鲜果产量和产油量测算值均大于长林53号,符合国家良种选育指标要求。锦屏4号的产油量测算值达到 $49.08 \text{ kg}/666.7 \text{ m}^2$,已达到油脂高产要求。习油7号和锦屏2号的产油量较高,其产油量的1/3分别为 $46.84 \text{ kg}/666.7 \text{ m}^2$ 和 $58.11 \text{ kg}/666.7 \text{ m}^2$ (极端情况:1年大年,2年小年,小年不结果)。因此,对具有高产性状的本地油茶品种选育、栽培、加工较部分引种品种更具经济优势。

表6 本地油茶优树产量对比分析

品种	单株产鲜果量/kg	平均冠幅产果量/kg/m ²	鲜果产量测算值/kg/666.7 m ²	产油量测算值/kg/666.7 m ²	备注
习油2号	15.67	1.92	896.04	97.31	本地品种
习油7号	10.33	2.85	1329.54	140.53	本地品种
锦屏1号	8.80	1.76	821.37	76.14	本地品种
锦屏2号	16.00	3.73	2486.79	176.31	本地品种
锦屏3号	13.30	2.22	821.37	76.14	本地品种
锦屏4号	11.50	1.59	740.27	49.08	本地品种
长林53号	3.06	1.06	494.69	53.97	引进品种
良种选育指标要求	—	≥1.2	800.04	51.20	GB/T 28991—2020

4 结论

本研究测定多个油茶品种的鲜果出鲜籽率、鲜果出干籽率、干果出干籽率及干籽出仁率,揭示了不同品种加工特性差异。其中,红星小果和黄珍珠小果因果壳薄,呈现出高出籽率和高鲜果含油率,加工经济性突出。果壳厚度与鲜果含油率之间存在显著的负相关性,要提高鲜果含油率,需选择或选育薄壳品种。对比锦屏县本地品种与引种品种的果实经济性状发现,本地品种总体更优,作为加工原料经济效益更高,对高产性状的本地油茶品种优化、选育、栽培、加工,更契合当地油茶产业提质增效需求。引进品种因适应性差异表现受限,但长林53号等适应性强的品种具有优良的经济性状表现。因此,锦屏县油茶产业发展过程中,应在引进强适应性品种的基础上,持续选育推广具有优良经济性状的本地品种。同时,不断提升油茶的品质,以提高油茶籽油产品的品质及其市场价值。

参考文献

- [1] Luan F, Zeng J, YANG Y, et al. Recent advances in *Camellia oleifera* Abel: a review of nutritional constituents, bio-functional properties, and potential industrial applications [J]. *Journal of Functional Foods*, 2020, 75:104242
- [2] 刘海, 王进, 许杰, 等. 贵州不同油茶物种及产地对油茶籽油品质的影响[J]. *中国油脂*, 2022, 47(7):145-152
Liu H, Wang J, Xu J, et al. Influence of different species and origins on quality of oil-tea *Camellia seed* oil in Guizhou [J]. *China Oils and Fats*, 2022, 47(7):145-152
- [3] Gao L, Jin L, Liu Q, et al. Recent advances in the extraction, composition analysis and bioactivity of *Camellia* (*Camellia oleifera* Abel.) oil [J]. *Trends in Food Science & Technology*, 2024, 143:104211
- [4] Li T, Meng X, Wu C, et al. Anticancer activity of a novel glycoprotein from *Camellia oleifera* Abel seeds against hepatic carcinoma *in vitro* and *in vivo* [J]. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2019, 136:284-295
- [5] Pastor R, Bouzas C, Tur J A. Beneficial effects of dietary supplementation with olive oil, oleic acid, or hydroxytyrosol in metabolic syndrome: systematic review and meta-analysis [J]. *Free Radical Biology and Medicine*, 2021, 172:372-385
- [6] Tsai C E, Lin L H. DPPH scavenging capacity of extracts from *Camellia* seed dregs using polyol compounds as solvents [J]. *Heliyon*, 2019, 5(8): e02315
- [7] Zhang F, Zhu F, Chen B, et al. Composition, bioactive substances, extraction technologies and the influences on charac-

- teristics of *Camellia oleifera* oil: a review[J]. Food Research International, 2022, 156:111159
- [8] 范筱元, 杜娟, 周晓亮, 等. 中国油茶生产区域比较优势分析与影响因素研究[J]. 中国油脂, 2023, 48(12): 9-19.
- [9] 贵州省统计局 国家统计局贵州调查总队. 2024年贵州统计年鉴[EB/OL]. 北京: 中国统计出版社, 2024, [2025-04-17]. <https://hgk.guizhou.gov.cn/publish/tj/2024/zk/indexch.htm>
- [10] 李春霖, 顿春垚, 姚小华, 等. 采摘时间对武陵山北部地区油茶果实主要经济性状影响研究[J]. 林业科技, 2024, 49(6):17-21
- Li C, Dun C, Yao X, et al. Impact of harvesting time on major economic parameters of *Camellia oleifera* fruit in northern Wuling Mountains Region[J]. Forestry Science & Technology, 2024, 49(6):17-21
- [11] 邓必平, 程玉娜, 吴延旭, 等. 主成分分析法在油茶优良无性系果实经济性状选种上的应用研究[J]. 中国林副特产, 2017(2):1-3
- Deng B, Cheng Y, Wu Y, et al. The application of principal component analysis on mainly economic characters and superior variety selection of *Camellia oleifera* clone [J]. Forest By-Product and Speciality in China, 2017(2):1-3
- [12] 国家林业局国有林场和林木种苗工作总站. 中国油茶品种志[M]. 北京: 中国林业出版社, 2016
- [13] You L, Yu S, Liu H, et al. Effects of biogas slurry fertilization on fruit economic traits and soil nutrients of *Camellia oleifera* Abel[J]. PLoS One, 2019, 14(5): e0208289
- [14] 王佳乐, 仇漾, 胡灿, 等. 不同施肥与修剪处理对油茶生长及经济性状的影响[J]. 农业科技通讯, 2024(9): 127-132
- [15] 李杰, 罗奕, 张琪悦, 等. 调控果实大小相关基因的研究进展[J]. 福建农业科技, 2023, 54(5):28-36
- Li J, Luo Y, Zhang Q, et al. Research progress on the genes related to the regulation of fruit size[J]. Fujian Agricultural Science and Technology, 2023, 54(5):28-36
- [16] 杨小菊, 杨胜优, 罗倩, 等. 不同品种油茶果大小对其经济性状的影响[J]. 湖北农业科学, 2023, 62(6):114-119
- Yang X, Yang S, Luo Q, et al. Effects of fruit size on economic characters of different varieties of *Camellia oleifera* [J]. Hubei Agricultural Sciences, 2023, 62(6): 114-119
- [17] 刘本同, 倪荣新, 秦玉川, 等. 不同海拔长林无性系油茶籽品质分析与比较研究[J]. 浙江林业科技, 2017, 37(4):49-53
- Liu B, Ni R, Qin Y, et al. Comparisons on seeds of Changlin series of *Camellia oleifera* at different elevation [J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology, 2017, 37(4):49-53
- [18] 陈梦秋. 环境条件对香花油茶物候及生长发育的影响[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2023:1
- Chen M. Effects of environmental conditions on the phenology and growth of *Camellia osmantha* [D]. Changsha: Central South University of Forestry & Technology, 2023:1
- [19] Wan X, Sun D, Nie Y, et al. Analysis and evaluation of *Camellia oleifera* Abel. Germplasm fruit traits from the high-altitude areas of East Guizhou Province, China[J]. Scientific Reports, 2024, 14(1):18440
- [20] 魏莹莹, 曾钦滕, 李芳, 等. ‘长林’系列油茶良种在贵州的性状分析及综合评价[J]. 贵州林业科技, 2025(3):14-19
- Wei Y, Zeng Q, Li F, et al. Analysis and comprehensive evaluation of ‘Changlin’ series of *Camellia oleifera* in Guizhou [J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 2025(3):14-19
- [21] Gao S, Wang B, Liu F, et al. Variation in fruit morphology and seed oil fatty acid composition of *Camellia oleifera* collected from diverse regions in Southern China[J]. Horticulturae, 2022, 8(9):818
- [22] 姚渊, 侯娜, 王港, 等. 黎平2号小果油茶良种选育报告[J]. 种子, 2016, 35(2):101-103
- [23] 李芳, 杨波, 刘海保, 等. 油茶栽植密度对产量的影响研究[J]. 贵州林业科技, 2023, 51(2):55-59
- Li F, Yang B, Liu H, et al. Effect of planting density on yield of *Camellia oleifera*[J]. Guizhou Forestry Science and Technology, 2023, 51(2):55-59.