

越南油茶优良实生单株的筛选

杜艳军, 周开兵*

海南大学园艺学院, 海南海口 570228

摘要: 在海南省保梅岭生态保护区 (JB)、霸王岭长臂猿保护区 (QS)、白沙黎族自治县细水乡江排村 (XS) 等琼西南热带雨林越南油茶产区选出 22 株丰产单株, 开展初选比较试验。连续 3 a 观测单位冠幅面积果实产量、鲜果含油率、单位冠幅面积毛油产量、过氧化值、碘值、酸价、皂化值和棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸、肉豆蔻酸、棕榈油酸、亚麻酸、花生酸、花生一烯酸等含量, 经过方差分析、灰色关联分析和聚类分析, 以期筛选出供复选的单株。不同丰产单株的单位冠幅面积果实产量、鲜果含油率、单位冠幅面积毛油产量效率都存在显著差异, 其中单位冠幅面积果实产量可能是丰产性选择的关键指标; 茶籽油理化性质和脂肪酸含量均符合《油茶籽油》(GB/T 11765—2018) 的要求, 但不同产区的不同单株茶籽油理化性质和脂肪酸组成存在差异, 某些饱和与不饱和脂肪酸含量间存在线性相关性, 存在由饱和向不饱和转化的现象, 说明琼西南热带雨林产区的茶籽油无品质问题, 同时各有特色, 育种目标应以丰产性和稳产性为主, 并且茶籽油碘值、皂化值和油酸含量可能是油茶品质育种的有效选择指标; 综合性状较优的单株依次为 JB2、JB7、QS6、JB1、QS5、XS2、JB4、XS4、JB9、XS5, 全部供试单株聚成 9 类 ($r=0.904$) 效果较好, 其中, 综合性状排名前 7 的单株分别聚在了 I、IX、VII、VI 类, 表明越南油茶经实生选种有望筛选出特点多样化的品种, 并且 JB2、JB7、QS5、XS2 和 XS4 是综合表现优异的 5 个单株, 其中 JB2 最优, 可能是稀有基因型。

关键词: 越南油茶; 实生单株; 优良单株; 丰产性; 稳产性; 品质

中图分类号: S794.4 文献标识码: A

The Screening of Excellent Single Seeding Plant of *Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu

DU Yanjun, ZHOU Kaibing*

School of Horticulture, Hainan University, Haikou, Hainan 570228, China

Abstract: In three *Camellia vietnamensis* producing areas of southwest tropical rainforest in Hainan Province, Baomeiling Ecological Protection Reserve (JB), Bawangling Gibbon Reserve (QS), and Jiangpai Village (XS), Baisha Li Autonomous County, 22 high-yielding single strains were selected, for primary screening and comparison. Observe fruit yield per unit area, oil content rate of fresh fruit, grude oil yield per unit of crown area, peroxide value, iodine value, acid value, saponification value and the contents of palmitic acid, stearic acid, oleic acid, linoleic acid, myristic acid, palmitoleic acid, linolenic acid, arachidic acid, eicosenoic acid in seed oil for 3 years, after the data was treated with the methods of ANOVA, gray association analysis, and cluster analysis, then screen out the more superior single strains. There existed significant difference in grude oil yield per unit of crown area, oil content rate of fresh fruit and fruit yield per unit area, among them, fruit yield per unit area might be the key indicator of high-yield screening. The physico-chemical nature and fatty acid content of camellia seed oil both meet the requirements of “oil-tea camellia seed oil” (GB/T 11765—2018), but there existed some significant difference in some indicators, and there existed the linear correlations between some saturated and unsaturated fatty acids, then there existed the phenomena of the saturated acids changed into unsaturated acids, indicating that the camellia seed oil has no quality problems, and the different tree had

收稿日期 2022-06-07; 修回日期 2022-08-25

基金项目 海南省自然科学基金青年项目 (No. 318QN199); 海南省重大科技计划项目 (No. SQ2017GXNY0010)。

作者简介 杜艳军 (1993—), 女, 硕士研究生, 研究方向: 农艺与种业。*通信作者 (Corresponding author): 周开兵 (ZHOU Kaibing), E-mail: kaibingzhou0528@163.com。

its specific characteristic, so the breeding target should be mainly high yield and stable yield, and iodine value, saponification value and the contents of oleic acid might be the effective indicators for selection. Known from the grey association analysis data, the single strains with superior integrated traits were successively JB2, JB7, QS6, JB1, QS5, XS2, JB4, XS4, JB9 and XS5 respectively; Known from the clustering results, it is better to gather all the individual strains into 9 categories ($r=0.904$), among them, the top seven single strains of comprehensive traits were clustered in I, IX, VII and VI respectively, indicating it was expected to screen out the characteristic diverse varieties. JB2, JB7, QS5, XS2 and XS4 belonged to the expected individual strains whose comprehensive behaviors in economic traits were excellent, and JB2 among them was the best one and rare.

Keywords: *Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu; seeding single plant; excellent single plant; high yield; stable yield; quality

DOI: 10.3969/j.issn.1000-2561.2023.05.007

越南油茶 (*Camellia vietnamensis* T. C. Huang ex Hu) 为四大木本油料作物之一。越南油茶又称大果油茶、华南油茶、高州油茶和陆川油茶, 属于山茶科 (*Theaceae*) 山茶属 (*Camellia*) 的乔木树种, 主要分布在我国的广西壮族自治区陆川县和广东省高州市一线以南区域的部分地区^[1]。越南油茶在海南省别称“山柚”, 其茶籽油拥有“王中之王”的称号, 同时素有“东方橄榄油”的美称, 医疗保健价值高于普通油茶 (*Camellia oleifera* Abel)、小果油茶 (*Camellia meiocarpa* Hu)^[2]、花生 (*Arachis hypogaea* Linn) 油等常见食用油, 成为中国顶级的特产^[3], 具有广阔的市场前景。由于普通油茶品种不适合在中国热带南亚热带作物种植区造林, 越南油茶造林又极度缺乏综合性状较优品种, 这就意味着选育越南油茶优良品种成为油茶产业兴起的当务之急^[4]。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验地点 在海南省保梅岭生态保护区 (白沙黎族自治县金波乡, JB)、霸王岭长臂猿保护区 (白沙黎族自治县青松乡, QS)、白沙黎族自治县细水乡江排村 (XS) 等粗放管理的越南油茶产区, 初选 22 个单株, 分别用 JB1~JB9、QS1~QS8、XS1~XS5 表示 (字母代表地名, 数字代表单株序号)。产区环境条件如表 1 所示, 土壤类型为红黄壤, 台风、暴风雨、雷电为琼西南热带雨林区的主要灾害天气。

1.1.2 试验材料 筛选树龄 40 a 以上且每年的单位冠幅面积鲜果产量效率均在 1.2 kg/m^2 (约产毛油 $36 \text{ kg}/667 \text{ m}^2$) 以上、籽仁含油率 21%~56% 的单株共 22 株, 其中主枝干分枝角度为 $45^\circ\sim 75^\circ$ 、单果重为 40 g 以上、鲜果出籽率为 50%~60%。

表 1 产区环境

指标 Index	JB	QS	XS
纬度	19°23'N	19°11'N	19°21'N
经度	109°16'E	109°12'E	109°57'E
平均海拔/m	150.00	390.00	110.00
年均气温/°C	24.80	24.80	24.00
年降雨量/mm	1799.50	1799.50	1701.20
年日照时数/h	2199.90	2199.90	2266.50
年均相对湿度/%	79.00	80.00	78.00

12 月至翌年 1 月为盛花期, 2—4 月为末花期和坐果期, 5—9 月为果实迅速膨大期和花芽分化期, 10—11 月为果实成熟期^[5]。

1.2 试验指标和主要观测方法

在 2019、2020、2021 年连续观测, 套用圆形面积公式换算冠幅垂直投影面积 (东西径和南北径的四分之一为树盘半径), 再计算单位冠幅果实产量效率 [单株果实产量 / ($3.14 \times \text{树盘半径}^2$)] ; 在树冠中部外围四方采取果实 30 个, 测平均单果重, 取出种子, 采用索氏提取法提取种子油^[6], 求取单果茶籽油重量, 换算出鲜果含油率 (茶籽油重量 / 果重) 和单位冠幅面积茶籽油产量 (鲜果含油率 \times 单位冠幅面积产量效率)。基于《油茶籽油》(GB/T 11765—2018)^[7]规定的标准测定理化性质和脂肪酸含量; 脂肪酸甲酯制备遵照 GB5009.168 规定, 气相色谱 (GC) 条件参照文献^[8]设定。

1.3 数据处理

采用 SAS 软件对数据作统计分析。以连续 3 a 的观测值作为各单株的 3 次重复, 对各产地不同单株和不同年度的观测指标分别采用 ANOVA 过程作均衡数据单向分组资料方差分析; 采用 DUNCAN 法作多重比较分析。采用 Excel 软件进行灰色关联分析 (P 取 0.2)^[9-12]和采用 Cluster

过程最小距离法作聚类分析；采用 CORR 作一元线性相关分析。

2 结果与分析

2.1 丰产性和稳产性

JB、QS、XS 产区单株丰产性结果见表 2，单位冠幅面积果实产量、鲜果含油率、单位冠幅面积毛油产量效率均存在显著差异。

表 2 越南油茶的丰产性
Tab. 2 The yielding ability of *Camellia vietnamensis*

单株 Single plant	单位冠幅面积 果实产量 Fruit yield per unit area/(g·m ⁻²)	鲜果含油率 Oil content rate of fresh fruit/%	单位冠幅面积 毛油产量 Grude oil yield per unit of crown area/(g·m ⁻²)
JB1	1342.18±7.38 ^{ab}	5.13±0.23 ^{bc}	68.90±3.23 ^{bc}
JB2	1350.51±0.51 ^a	5.50±0.43 ^a	74.23±5.81 ^a
JB3	1318.08±5.59 ^c	4.16±0.12 ^e	54.78±1.57 ^e
JB4	1335.41±16.12 ^{ab}	5.00±0.20 ^c	66.73±2.71 ^c
JB5	1328.59±4.29 ^{bc}	4.26±0.21 ^e	56.64±2.57 ^e
JB6	1335.29±12.99 ^{ab}	5.40±0.27 ^a	72.06±3.72 ^{ab}
JB7	1335.96±17.50 ^{ab}	5.29±0.19 ^{ab}	70.64±3.02 ^b
JB8	1331.45±10.80 ^{bc}	4.67±0.37 ^d	62.17±4.80 ^d
JB9	1342.45±5.31 ^{ab}	4.98±0.50 ^c	66.88±6.46 ^c
QS1	1323.12±9.73 ^b	4.26±0.21 ^{cd}	56.33±2.99 ^{cd}
QS2	1339.71±14.64 ^{ab}	4.47±0.29 ^{bc}	59.82±3.40 ^{bc}
QS3	1319.45±2.20 ^b	4.07±0.11 ^d	53.74±1.41 ^d
QS4	1326.46±0.50 ^{ab}	4.21±0.17 ^{cd}	55.84±2.20 ^{cd}
QS5	1344.13±2.50 ^a	5.19±0.61 ^a	69.75±8.16 ^a
QS6	1334.44±19.23 ^{ab}	5.13±0.23 ^a	68.47±2.08 ^a
QS7	1319.47±8.72 ^b	4.09±0.09 ^d	54.02±1.54 ^d
QS8	1331.47±8.50 ^{ab}	4.62±0.34 ^b	61.47±4.46 ^b
XS1	1325.47±13.25 ^a	4.57±0.38 ^b	60.57±5.06 ^b
XS2	1335.12±11.23 ^a	4.91±0.49 ^a	65.55±6.50 ^a
XS3	1323.56±10.39 ^a	4.31±0.26 ^c	57.00±3.48 ^c
XS4	1326.37±16.21 ^a	4.73±0.43 ^b	62.70±5.00 ^b
XS5	1335.98±11.22 ^a	4.60±0.35 ^b	61.43±5.08 ^b

注：不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significance difference ($P<0.05$).

对 JB 产区单株而言，单位冠幅面积果实产量效率以 JB2 最高，JB6 和 JB7 与 JB2 无显著差异；以 JB3 最低和 JB5、JB8 次低、再次低；JB 其余单株丰产性和稳产性居中；鲜果含油率和单位冠幅面积毛油产量效率均以 JB2、JB6 和 JB7 最高，JB1 和 JB7 无显著差异，JB4、JB9 和 JB1 无显著差异，以 JB3、JB5 和 JB8 最低、最低和次低，JB

其余单株居中。可见，根据优中选优的原则，JB2、JB6 和 JB7 是丰产性和稳产性最优良的单株，JB1、JB4 和 JB9 是丰产性和稳产性较优良的单株，JB3、JB5 和 JB8 则是丰产性和稳产性较差的单株；单位冠幅面积果实产量效率与鲜果含油率、鲜果含油率与单位冠幅面积毛油产量效率、单位冠幅面积果实产量效率与单位冠幅面积毛油产量效率均呈极显著一元正线性相关 ($r=0.9792^{**}$ 、 0.9999^{**} 、 0.9814^{**})。

对 QS 产区单株而言，单位冠幅面积产量效率、鲜果含油率和单位冠幅面积毛油产量效率均以 QS5 和 QS6 最高，QS2 和 QS8 次高，QS3 和 QS7 最低，QS1 和 QS4 次低。可见，根据优中选优的原则，QS5 和 QS6 是丰产性和稳产性最优良的单株，QS2 和 QS8 是丰产性和稳产性较优良的单株，QS1 和 QS4 则是丰产性和稳产性较差的单株，QS3 和 QS7 则是丰产性和稳产性最差的单株；单位冠幅面积产量效率与鲜果含油率、鲜果含油率与单位冠幅面积毛油产量效率、单位冠幅面积果实产量效率与单位冠幅面积毛油产量效率均呈极显著一元正线性相关 ($r=0.9738^{**}$ 、 1.0000^{**} 、 0.9754^{**})。

对 XS 产区单株而言，单位冠幅面积果实产量效率、鲜果含油率和单位冠幅面积毛油产量效率以 XS2 最高，以 XS1、XS4 和 XS5 次之、XS3 最低。可见，根据优中选优的原则，XS2 是丰产性和稳产性最优良的单株，XS1、XS4 和 XS5 是丰产性和稳产性较优良的单株，XS3 则是丰产性和稳产性较差的单株；单位冠幅面积产量效率与鲜果含油率、鲜果含油率与单位冠幅面积毛油产量效率、单位冠幅面积果实产量效率与单位冠幅面积毛油产量效率均呈显著或极显著一元线性正相关 ($r=0.9860^{*}$ 、 0.9999^{**} 、 0.9880^{*})。

总之，通过优中选优，各产区均能优选出丰产性和稳产性最优的单株，单位冠幅面积果实产量效率可能是开展丰产性和稳产性优良单株筛选的有效指标。

2.2 理化性质

JB、QS、XS 产区单株茶籽油理化性质如表 3 所示，过氧化值、碘值、酸值、皂化值符合《油茶籽油》(GB/T 11765—2018)规定的茶籽油阈值标准，XS 产区单株的过氧化值、皂化值差异不显著，其余都存在显著差异。

对 JB 产区单株而言，过氧化值以 JB8 和 JB9

表 3 茶籽油的理化性质

Tab. 3 Physicochemical properties of the camellia seed oil

单株 Single plant	过氧化值 Peroxide value/%	碘值 Iodine value/%	酸价 Acid value/(mg·g ⁻¹)	皂化值 Saponification value/(mg·g ⁻¹)
JB1	0.04±0.01 ^{cd}	88.04±0.73 ^a	0.12±0.11 ^{cd}	193.81±0.23 ^c
JB2	0.02±0.01 ^d	88.67±0.58 ^a	0.08±0.10 ^d	195.89±0.19 ^a
JB3	0.09±0.01 ^b	88.04±1.94 ^{ab}	0.21±0.16 ^{ab}	194.72±0.50 ^b
JB4	0.05±0.01 ^c	87.45±0.78 ^{ab}	0.16±0.15 ^{bc}	192.42±0.43 ^d
JB5	0.09±0.03 ^b	85.86±1.89 ^c	0.22±0.17 ^{ab}	194.70±0.51 ^b
JB6	0.11±0.01 ^{ab}	81.19±1.60 ^e	0.26±0.22 ^a	193.28±0.37 ^c
JB7	0.03±0.01 ^{cd}	88.42±0.51 ^a	0.10±0.11 ^{cd}	196.00±0.00 ^a
JB8	0.13±0.00 ^a	84.74±1.10 ^d	0.23±0.14 ^{ab}	194.93±0.06 ^b
JB9	0.13±0.03 ^a	86.07±1.14 ^c	0.23±0.16 ^{ab}	194.30±1.03 ^b
QS1	0.10±0.05 ^a	84.80±1.81 ^c	0.24±0.18 ^a	191.95±0.79 ^c
QS2	0.10±0.02 ^{ab}	82.59±0.57 ^d	0.22±0.18 ^{ab}	193.38±0.64 ^b
QS3	0.13±0.01 ^a	85.41±1.42 ^b	0.23±0.13 ^{ab}	195.37±0.57 ^a
QS4	0.14±0.04 ^a	84.49±0.91 ^c	0.25±0.17 ^a	193.24±0.21 ^b
QS5	0.05±0.01 ^{bc}	83.04±0.97 ^c	0.17±0.15 ^{bc}	195.09±0.37 ^a
QS6	0.04±0.01 ^c	87.89±0.69 ^a	0.14±0.13 ^c	192.51±0.33 ^c
QS7	0.14±0.03 ^a	85.45±2.42 ^b	0.24±0.21 ^a	193.58±0.46 ^b
QS8	0.13±0.01 ^a	82.22±1.58 ^d	0.25±0.21 ^a	191.04±0.95 ^c
XS1	0.10±0.02 ^a	85.33±1.53 ^a	0.23±0.19 ^a	194.33±0.58 ^b
XS2	0.06±0.02 ^a	83.74±1.17 ^b	0.18±0.15 ^b	192.97±0.53 ^c
XS3	0.09±0.04 ^a	81.49±1.36 ^c	0.22±0.18 ^{ab}	194.05±1.00 ^b
XS4	0.07±0.02 ^a	86.72±1.18 ^a	0.19±0.15 ^b	195.88±0.58 ^a
XS5	0.11±0.03 ^a	82.30±1.55 ^b	0.21±0.15 ^{ab}	194.79±0.54 ^b

注: 不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significance difference ($P<0.05$).

最高, JB3 和 JB5 次之, 其余都较低; 碘值 JB1、JB2 和 JB7 最高, 以 JB5、JB6、JB8 和 JB9 最低, 其余居中; 酸价以 JB3、JB5、JB6、JB8 和 JB9 较高, 以 JB4 居中, 其余都较低; 皂化值以 JB1、JB2 和 JB7 最高, JB6、JB8 和 JB9 最低, 其余居中。对不同单株各项性质之间作一元线性相关性的分析结果表明, 过氧化值与碘值、碘值与酸价、酸价与皂化值、皂化值与过氧化值之间均呈极显著一元线性负相关, 其相关系数依次为 -0.9916^{**} 、 -0.9710^{**} 、 -0.9530^{**} 和 -0.9829^{**} ; 过氧化值与酸价、碘值与皂化值之间均呈极显著一元线性正相关, 其相关系数分别为 0.9415^{**} 、 0.9934^{**} 。说明在 JB 各单株茶籽油不饱和程度越高, 则碳链越短, 进一步导致抗氧化性越强和耐贮性越强, 因此, 优中选优, JB 应该以 JB1、JB2 和 JB7 更优, 以 JB3、JB4、JB5 居中, 以 JB6、JB8、JB9 较差。

对 QS 产区单株而言, 过氧化值以 QS1、QS3、QS7 和 QS8 最高, 以 QS2 和 QS5 居中, 以 QS4 和 QS6 最低; 碘值以 QS6 最高, 以 QS5 和 QS8 居中, 其余则较低; 酸价以 QS1、QS4、QS7 和 QS8 最高, 以 QS2、QS3 和 QS5 居中, 以 QS6 较低; 皂化值以 QS6 最高, 以 QS3 和 QS5 居中, 其余则较低。对不同单株各项性质之间作一元线性相关性分析结果表明, 过氧化值与碘值、碘值与酸价、酸价与皂化值、皂化值与过氧化值之间均呈显著一元线性负相关, 其相关系数分别为 -0.7388^{*} 、 -0.8271^{*} 、 -0.8683^{**} 、 -0.8218^{*} ; 过氧化值与酸价、碘值与皂化值之间均呈极显著一元线性正相关, 其相关系数分别为 0.9387^{**} 、 0.9223^{**} 。说明在 QS 单株中, 也表现出与 JB 单株间很相似差异特点和一致的理化性质指标间一元线性相关性, 根据优中选优的原则, QS6 是理化性质综合表现最优良的单株; 其余单株则在某些理化性质上存在较明显不足。

对 XS 产区单株而言, 碘值以 XS1 较低, 其余单株则差异不显著且显著高于 XS1; 酸价以 XS1 最高, 以 XS3、XS5 居中, 以 XS2 和 XS4 较低。对不同单株各项性质之间作一元线性相关性分析结果表明, 碘值与酸价、酸价与皂化值之间均呈显著一元线性负相关, 其相关系数分别为 -0.8061^{*} 、 -0.8382^{*} ; 过氧化值与酸价呈显著一元线性正相关, 其相关系数为 0.8256^{*} ; 过氧化值与碘值、皂化值与过氧化值、碘值与皂化值的一元线性相关性不显著, 但前二者高低差异趋势相反, 后者则高低差异趋势相同。说明在 XS 单株中, 也表现出与 QS 和 JB 单株间基本相似差异特点和基本一致的理化性质指标间一元线性相关性, 根据优中选优的原则, XS2 和 XS4 是理化性质综合表现相对更为突出, 其余单株则差异不明显。

可见, 茶籽油碘值(不饱和度)和茶籽油皂化值(碳链长短)可能是开展茶籽油理化性质或品质综合表现优良单株筛选的有效指标。

2.3 脂肪酸

2.3.1 大量脂肪酸 JB、QS、XS 产区单株茶籽油大量脂肪酸组成差异如表 4 所示, 所有单株的茶籽油棕榈酸、硬脂酸、油酸、亚油酸等含量均符合《油茶籽油》(GB/T11765—2018)规定的阈值标准, 其中各产区不同单株的硬脂酸含量均差异不显著, QS 区不同单株的棕榈酸含量差异也不显著, 其余存在差异显著。

表 4 茶籽油的大量脂肪酸含量

Tab. 4 Fatty acids with high content of the camellia seed oil %

单株 Single plant	棕榈酸 (C16:0)	硬脂酸 (C18:0)	油酸 (C18:1)	亚油酸 (C18:2)
	Palmitic acid (C16:0)	Stearic acid (C18:0)	Oleic acid (C18:1)	Linoleic acid (C18:2)
JB1	13.89±0.11 ^a	3.10±0.10 ^c	82.66±0.12 ^c	9.03±0.42 ^c
JB2	14.27±0.23 ^a	2.80±0.06 ^{cd}	86.81±0.23 ^a	9.27±0.06 ^c
JB3	13.39±0.30 ^{ab}	3.73±1.22 ^a	86.22±0.28 ^a	10.90±2.69 ^{bc}
JB4	13.80±0.05 ^a	2.93±0.15 ^{cd}	86.59±0.07 ^a	9.10±0.56 ^c
JB5	12.81±0.51 ^{abc}	3.73±1.15 ^a	86.22±0.28 ^a	13.63±0.55 ^a
JB6	11.31±2.20 ^{bc}	3.86±1.44 ^a	85.30±0.72 ^b	13.49±0.43 ^a
JB7	14.10±0.27 ^a	3.17±0.06 ^c	86.71±0.17 ^a	9.03±0.32 ^c
JB8	10.75±3.34 ^c	3.53±1.35 ^b	85.00±1.14 ^b	11.86±2.23 ^{ab}
JB9	13.71±0.04 ^{ab}	2.82±0.28 ^{cd}	86.37±0.24 ^a	10.60±1.77 ^{bc}
QS1	11.44±1.07 ^a	3.56±1.46 ^a	85.51±0.64 ^{ab}	10.68±1.64 ^{bcd}
QS2	13.28±0.39 ^a	3.55±1.34 ^a	84.63±1.48 ^b	13.29±1.13 ^{ab}
QS3	11.60±2.42 ^a	3.32±1.32 ^b	84.85±0.68 ^b	12.70±1.58 ^{ab}
QS4	11.60±3.14 ^a	3.75±1.22 ^a	85.63±1.04 ^{ab}	13.55±0.67 ^a
QS5	13.79±0.04 ^a	2.93±0.15 ^b	86.58±0.08 ^a	9.10±0.35 ^d
QS6	13.84±0.06 ^a	3.03±0.15 ^b	83.60±0.07 ^c	9.20±0.40 ^{cd}
QS7	11.97±1.79 ^a	3.64±1.36 ^a	85.74±0.65 ^{ab}	12.09±2.67 ^{ab}
QS8	12.56±0.52 ^a	3.68±1.23 ^a	85.29±0.63 ^{ab}	11.78±1.06 ^{abc}
XS1	13.69±0.04 ^a	3.71±1.35 ^a	85.79±0.21 ^c	13.29±0.62 ^a
XS2	13.78±0.05 ^a	2.79±0.10 ^b	88.56±0.06 ^a	8.70±0.66 ^b
XS3	12.82±0.17 ^b	3.80±1.21 ^a	86.28±0.27 ^b	12.36±2.57 ^a
XS4	13.72±0.04 ^a	2.82±0.25 ^b	86.54±0.05 ^b	8.97±0.50 ^b
XS5	13.70±0.04 ^a	3.77±1.31 ^a	86.00±0.52 ^b	13.63±0.55 ^a

注：不同小写字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。

Note: Different lowercase letters indicate significance difference ($P < 0.05$).

对 JB 产区单株而言,棕榈酸含量以 JB1、JB2、JB4 和 JB7 最高,以 JB8 最低,其余则较低;油酸含量以 JB8 和 JB8 显著低于其他单株,且两组各自单株间差异不显著;亚油酸含量以 JB5、JB6 最高,以 JJB3、B8 和 JB9 居中,其余较低。对不同单株各大量脂肪酸含量之间作一元线性相关性分析结果表明,不同单株的棕榈酸和硬脂酸、硬脂酸与油酸、油酸与亚油酸、亚油酸与棕榈酸等含量间均呈显著一元线性负相关,相关系数分别为 -0.6359^* 、 -0.6052^* 、 -0.7300^* 、 -0.7616^* ;棕榈酸与油酸、硬脂酸与亚油酸等含量间分别呈极显著和显著一元线性正相关,相关系数分别为 0.9859^{**} 和 0.7765^* 。由于茶籽油大量脂肪酸中亚油酸含量是最重要的评价营养价值指标,根据优中选优的原则,JB5 和 JB6 可能是最优良的单株;

茶籽油不同大量脂肪酸之间应该存在棕榈酸向硬脂酸、硬脂酸向油酸和油酸向亚油酸的转化关系。

对 QS 产区单株而言,油酸含量以 QS6 和 QS5 最高,以 QS2 和 QS3 最低,其余居中;亚油酸含量以 QS2、QS3、QS4、QS7 和 QS8 较高,以 QS5 和 QS6 较低,其余居中。对不同单株各大量脂肪酸含量之间作一元线性相关性分析结果表明,不同单株的棕榈酸和硬脂酸、硬脂酸与油酸、油酸与亚油酸等含量间均呈显著一元线性负相关,相关系数分别为 -0.6969^* 、 -0.6319^* 、 -0.8251^* ;硬脂酸与亚油酸含量间呈显著一元线性正相关,相关系数为 0.7901^* ;亚油酸与棕榈酸、棕榈酸与油酸等含量间的一元线性相关性不显著,但前者和后者分别表现出高低差异变化相反和相同的趋势。仍基于亚油酸含量作优中选优, QS2、QS3、QS4、QS7 和 QS8 可能是较优良的单株;也基本上说明茶籽油不同大量脂肪酸之间应该存在与 JB 产区单株间所表现出的相同转化关系。

对 XS 产区而言,棕榈酸含量以 XS3 较低,其余单株则较高,其相互间差异不显著;油酸含量以 XS2 和 XS4 最高,以 XS1 最低,以 XS3 和 XS5 居中;亚油酸含量以 XS1、XS3 和 XS5 显著高于 XS2 和 XS4,且前后两组各自内部单株间分别无显著差异。对不同单株各大量脂肪酸含量之间作一元线性相关性分析结果表明,不同单株的硬脂酸与油酸、油酸与亚油酸等含量间均呈显著一元线性负相关,相关系数分别为 -0.8242^* 、 -0.91691^* ;硬脂酸与亚油酸含量间呈显著一元线性正相关,相关系数为 0.9719^* ;棕榈酸和硬脂酸、亚油酸与棕榈酸、棕榈酸与油酸等含量间一元线性相关性不显著,但分别基本表现出高低差异变化相反、相反和相同的趋势。仍基于亚油酸含量作优中选优, XS1、XS3 和 XS8 可能是较优良的单株;也基本说明茶籽油不同大量脂肪酸之间应存在与 JB 和 QS 产区单株间所表现出的相同转化关系。

综上所述,基于亚油酸含量作优中选优,各产区均能优选出茶籽油营养品质最优的单株;茶籽油不同大量脂肪酸之间应该存在棕榈酸向硬脂酸、硬脂酸向油酸和油酸向亚油酸的转化关系。

2.3.2 微量脂肪酸

JB、QS、XS 产区单株茶籽油微量脂肪酸组成差异如表 5 所示,肉豆蔻酸、棕榈油酸、亚麻酸、花生酸、花生一烯酸等含量

符合《油茶籽油》(GB/T 11765—2018)规定的阈值标准,且除 XS 区单株亚麻酸差异不显著外,

其余均存在显著差异,说明不同单株各有其营养品质特点。

表 5 茶籽油的微量脂肪酸含量

Tab. 5 Fatty acids with low content of the camellia seed oil

单株	肉豆蔻酸 (C14:0)	棕榈油酸 (C16:1)	亚麻酸 (C18:3)	花生酸 (C20:0)	花生一烯酸 (C20:1)
Single plant	Myristic acid	Palmitoleic acid (C16:1)	Linolenic acid (C18:3)	Arachidic acid (C20:0)	Eicosenoic acid (C20:1)
JB1	0.72±0.03 ^{ab}	0.21±0.03 ^b	1.33±0.04 ^a	0.27±0.02 ^a	0.02±0.02 ^c
JB2	0.59±0.03 ^d	0.29±0.03 ^a	1.35±0.04 ^a	0.29±0.02 ^a	0.35±0.04 ^a
JB3	0.65±0.03 ^c	0.05±0.09 ^c	1.22±0.05 ^b	0.08±0.09 ^c	0.03±0.02 ^c
JB4	0.67±0.02 ^{bc}	0.25±0.04 ^{ab}	1.31±0.04 ^a	0.02±0.02 ^d	0.30±0.03 ^{ab}
JB5	0.59±0.12 ^d	0.12±0.13 ^{bc}	1.13±0.08 ^c	—	0.07±0.09 ^c
JB6	0.59±0.07 ^d	0.08±0.11 ^c	1.05±0.06 ^d	—	—
JB7	0.75±0.02 ^a	0.22±0.03 ^b	1.34±0.04 ^a	0.28±0.02 ^a	0.33±0.03 ^a
JB8	0.57±0.08 ^c	0.09±0.09 ^c	1.02±0.07 ^d	0.07±0.08 ^c	0.04±0.02 ^c
JB9	0.69±0.01 ^b	0.21±0.05 ^b	1.20±0.15 ^{bc}	0.21±0.02 ^b	0.24±0.04 ^b
QS1	0.57±0.03 ^c	0.07±0.06 ^d	1.16±0.13 ^{ab}	—	0.12±0.10 ^b
QS2	0.63±0.04 ^c	0.09±0.08 ^d	1.16±0.06 ^{ab}	0.06±0.04 ^c	0.07±0.08 ^c
QS3	0.67±0.02 ^b	0.09±0.02 ^d	1.12±0.07 ^b	0.05±0.03 ^c	0.01±0.01 ^d
QS4	0.57±0.05 ^c	—	1.19±0.02 ^{ab}	0.07±0.05 ^c	0.04±0.06 ^d
QS5	0.77±0.02 ^a	0.24±0.05 ^b	1.30±0.04 ^a	0.24±0.02 ^a	0.02±0.02 ^d
QS6	0.66±0.02 ^b	0.27±0.04 ^a	1.32±0.04 ^a	0.26±0.02 ^a	0.31±0.03 ^a
QS7	0.61±0.08 ^d	0.14±0.05 ^c	1.11±0.16 ^b	0.12±0.07 ^b	0.03±0.00 ^d
QS8	0.64±0.02 ^c	—	1.14±0.15 ^{ab}	0.05±0.09 ^c	0.03±0.03 ^d
XS1	0.64±0.04 ^c	0.15±0.11 ^b	1.23±0.02 ^a	0.07±0.04 ^b	—
XS2	0.73±0.02 ^a	0.23±0.05 ^a	1.29±0.04 ^a	0.23±0.02 ^a	0.27±0.04 ^a
XS3	0.64±0.05 ^c	0.05±0.08 ^c	1.24±0.05 ^a	0.05±0.07 ^b	0.08±0.14 ^b
XS4	0.69±0.02 ^b	0.22±0.05 ^a	1.28±0.04 ^a	0.22±0.02 ^a	0.26±0.04 ^a
XS5	0.64±0.06 ^c	0.13±0.12 ^b	1.15±0.17 ^a	0.08±0.09 ^b	0.11±0.11 ^b

注:不同小写字母表示差异显著 ($P<0.05$);—表示未检测到。

Note: Different lowercase letters indicate significance difference ($P<0.05$);— shows the value can't be determined.

对 JB 产区单株而言,肉豆蔻酸含量以 JB7 显著最高,JB9 显著次之,JB1 与二者差异不显著;JB3 显著低于上述三者,JB4 居 JB9 与 JB3 之间而与之差异不显著;其余单株显著最低。棕榈油酸含量以 JB2 显著最高,JB1、JB7 和 JB9 显著次之,JB4 则与上述单株均差异不显著;JB3、JB6 和 JB8 则显著居最低,JB5 则仅与 JB2 差异显著。亚麻酸含量以 JB1、JB2、JB4 和 JB7 最高,JB3 显著次之,JB5 显著再次;JB9 则与 JB3 和 JB5 差异不显著;JB6 和 JB8 则显著最低。花生酸含量则按照下述顺序显著递减:JB1、JB2、JB7>JB9>JB3、JB8>JB4>JB5、JB6。花生一烯酸含量以 JB2 和 JB7 显著最高,JB9 显著次之,JB4 则与上述单株均无显著差异;其余单株显著最低且甚微。

对 QS 产区单株而言,肉豆蔻酸含量按照以

下顺序显著递减:QS5>QS3、QS6>QS2、QS4、QS8>QS7>QS1。棕榈油酸含量按照以下顺序显著递减:QS6>QS5>QS7>QS1、QS2、QS3>QS4、QS8。亚麻酸含量以 QS6 显著最高和 QS3、QS7 显著最低,其余单株与上述单株均差异不显著。花生酸含量则按照下述顺序显著递减:QS5、QS6>QS7>QS2、QS3、QS4、QS8>QS1。花生一烯酸含量以 QS6 显著最高,QS1 显著次之,QS2 显著再次,其余单株则显著最低。

对 XS 产区单株而言,肉豆蔻酸含量按照以下顺序显著递减:XS2>XS4>XS1、XS3、XS5。棕榈油酸含量按照以下顺序显著递减:XS2、XS4>XS1、XS5>XS3。花生酸含量则按照以下顺序显著递减:XS2、XS4>XS1、XS3、XS5。花生一烯酸含量则表现为 XS2 和 XS4 显著高于 XS2

和 XS5，在 XS1 中则未检测到。

对 JB 产区单株，棕榈油酸与亚麻酸、亚麻酸与花生酸、肉豆蔻酸与亚麻酸、棕榈油酸与花生一烯酸等含量之间均呈显著或极显著一元线性正相关 ($r=0.7895^*$ 、 0.6965^* 、 0.6709^* 、 0.8354^{**})；对于 QS 产区单株，棕榈油酸与亚麻酸、亚麻酸与花生酸、棕榈油酸与花生酸等含量之间均呈显著或极显著一元线性正相关 ($r=0.7425^*$ 、 0.8494^{**} 、 0.8884^{**})；对于 XS 产区单株，花生酸与花生一烯酸、肉豆蔻酸与花生酸、肉豆蔻酸与花生一烯酸、棕榈油酸与花生酸等含量之间均呈显著一元线性正相关 ($r=0.9358^*$ 、 0.9443^* 、 0.8916^* 、 0.9080^*)；其余不同指标间，虽然无显著线性相关性，大都表现出高低差异变化相反、相似或相同的趋势。由此说明，在果实生长期，不同微量脂肪酸之间，也存在饱和向不饱和的转化关系。

因此，综合分析表明 JB2、JB7、JB1、QS6 较优。

2.4 灰色关联分析

分别取上述各指标在 2019、2020 和 2021 年的平均值组成变量组，进行灰色关联分析，全部供试单株灰色关联分析结果如表 6 所示。排名前十的单株依次为 JB2、JB7、QS6、JB1、QS5、XS2、JB4、XS4、JB9、XS5，其中 JB 区 5 株，约占该产区供试单株总数的 55.56%，且其中又有 3 株居前五名；QS 区 2 株，占该产区供试单株总数的 25%，且其中又有 2 株居前五名；XS 区 3

株，占该产区供试单株总数的 30%，且其中有 1 株在前七名；说明 JB 较优单株最多；排名前十的单株包含上述理化性质、脂肪酸和丰产性较优排名前七的单株，说明在各产区均可以筛选出丰产、稳产且综合品质优良的单株。

表 6 灰色关联分析结果
Tab. 6 Results of the gray association analysis

排名 Rank	单株 Single plant	灰色关联度 Gray correlation value	排名 Rank	单株 Single plant	灰色关联度 Gray correlation value
1	JB2	0.9640	12	QS2	0.7949
2	JB7	0.9255	13	JB5	0.7939
3	QS6	0.8897	14	XS3	0.7926
4	JB1	0.8714	15	JB3	0.7910
5	QS5	0.8537	16	JB6	0.7902
6	XS2	0.8531	17	QS7	0.7818
7	JB4	0.8506	18	QS8	0.7759
8	XS4	0.8407	19	QS4	0.7753
9	JB9	0.8279	20	JB8	0.7747
10	XS5	0.8098	21	QS3	0.7740
11	XS1	0.8051	22	QS1	0.7719

2.5 聚类分析

对 2019、2020、2021 年 JB、QS、XS 全部供试单株的上述各指标均值作聚类分析，如图 1 所示，聚成 9 类 ($r=0.904$) 效果较好。第 I 类包含 JB1、JB9、QS5；第 II 类包含 JB3、QS3、QS7、JB6、QS4、QS1、XS3、XS1、XS4；第 III 类包含 JB8、QS8、QS2、XS5；第 IV 类包含 JB4、QS6、XS2；第 V 类包含 JB7、JB6、JB2

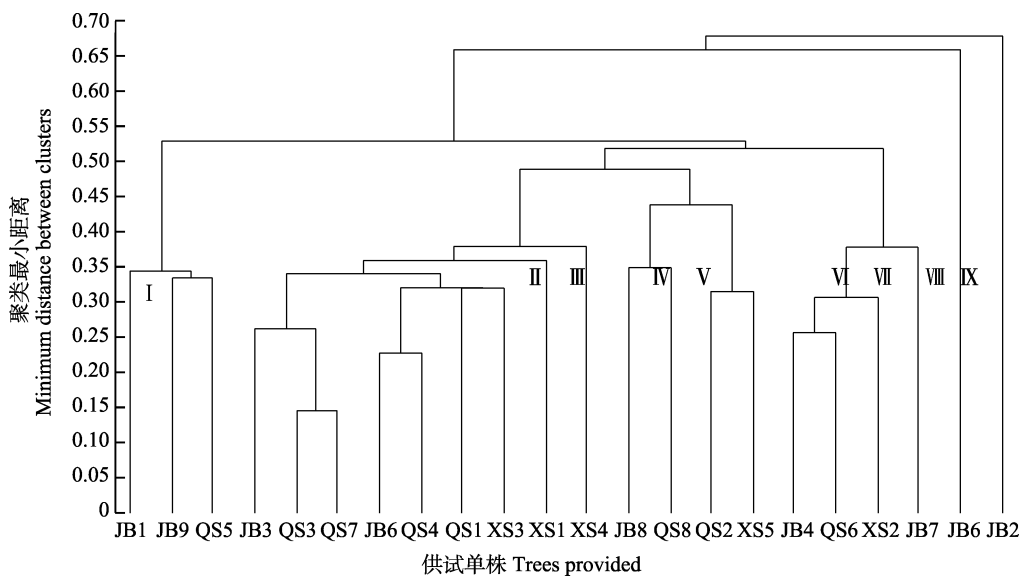


图 1 全部供试单株的聚类分析结果

Fig. 1 Cluster analysis results of all tested individual plants

第Ⅵ类包含 JB4、QS6、XS2；第Ⅶ类包含 JB7；第Ⅷ类包含 JB6；第Ⅸ类包含 JB2。第Ⅲ、Ⅶ、Ⅷ、Ⅸ类各含一个单株，且灰色关联分析结果中的综合性状最优单株 JB2 聚在了第Ⅸ类中，说明海南省不同产区的茶籽油包含丰富的遗传多样性，JB2 是所有供试单株中最优且最独特的单株；灰色关联分析结果中综合性状排名前五或前七的单株聚在了Ⅸ、Ⅶ、Ⅵ、Ⅰ中，说明综合表现较优的单株包含不同类型，可望选育出特点多样化的品种，有利于越南油茶造林生产。

3 讨论

茶籽油理化性质和脂肪酸含量均符合《油茶籽油》(GB/T 11765—2018) 中一级商品油阈值的标准，且不同单株间在 4 项性质上总存在差异，说明越南油茶茶籽油的理化性质存在相对遗传稳定性和一定限度内的变异，再一次说明越南油茶育种目标应以丰产性和稳产性为主^[13-14]，同时也说明琼西南热带雨林区越南油茶实生变异中存在丰富的优良变异，并形成各自品质特色，这与本课题组前期研究结果一致^[3, 14]。

参照国家林业局 LY/T 1730.1—2008^[15]规定实生选种的油茶树龄和经济性状要求，本研究供选单株符合造林需要。由 JB2 的经济性状综合表现可见，其茶籽油具备最优的贮藏性、不饱和度和皂化性^[3, 16-18]，灰色关联分析结果表明 JB2 位居第一。在聚类分析中，JB2 单独为Ⅸ类，说明 JB2 基因型较为稀有。上述结果均表明 JB2 将来可能是一个特色鲜明的优良品种。

油酸含量与单果重、果高、单果籽数呈正相关^[18]，表明油酸含量较高的 XS2、JB2、JB7、JB4、QS5、XS4、JB9、XS3、JB3、JB5 是丰产且稳产单株。本研究的丰产性比较结果表明，XS2、JB2、JB7、QS5 和 XS4 综合表现在各产区最优或较优，其茶籽油理化性质结果也表明这 5 个单株具备良好的贮藏和营养保健价值^[19]。基于产量和品质等性状的灰色关联分析结果表明，这 5 个单株正好位列前五名。因此，这 5 个单株均应进入新品种选育的复选阶段，也说明茶籽油油酸含量是越南油茶新品种选育的关键选择指标之一。鉴于本研究供试单株的经济性状表现是不同基因型和不同产区环境共同作用的结果^[20]，入选单株在后续的选择阶段应先在各产区抉选，然后通过区域试验确定其推广范围。

参考文献

- [1] 陈永忠. 油茶优良种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2008.
CHEN Y Z. Excellent germplasm resources of *Camellia oleifera*[M]. Beijing: China Forestry Press, 2008. (in Chinese)
- [2] 贾效成, 陈良秋, 余凤玉, 张宁. 海南本地油茶优良品种遗传及经济性状研究初报[J]. 热带农业科学, 2018, 38(6): 56-60.
JIA X C, CHEN L Q, YU F Y, ZHANG N. Preliminary report on the genetic and economic traits of excellent local *Camellia oleifera* varieties in Hainan[J]. Tropical Agricultural Science, 2018, 38(6): 56-60. (in Chinese)
- [3] 陈静, 郭玉东, 王佩璇, 王红, 杨成坤, 周开兵. 越南油茶 40 年生实生林优株筛选与遗传多样性分析[J]. 热带作物学报, 2019, 40(12): 2347-2355.
CHEN J, GUO Y J, WANG P X, WANG H, YANG C K, ZHOU K B. The selection of superior trees and analysis of the genetic diversity of forty years old seedling forest of *Camellia vietnamensis*[J]. Journal of Tropical Crops, 2019, 40(12): 2347-2355. (in Chinese)
- [4] 陈伟文, 赖杭桂. 海南特色油茶产业发展现状与建议[J]. 热带农业科学, 2021, 41(5): 120-125.
CHEN W W, LAI H G. Development status and suggestions of Hainan characteristic *Camellia oleifera* industry[J]. Tropical Agricultural Sciences, 2021, 41(5): 120-125. (in Chinese)
- [5] 郭钰东, 王佩璇, 周开兵, 陈静. 海南省不同产区对越南油茶栽培性状的影响分析[J]. 森林与环境学报, 2019(4): 431-437.
GUO Y J, WANG P X, ZHOU K B, CHEN J. Analysis of the influence of *Camellia vietnamensis* cultivation traits[J]. The Journal of the Forest and the Environment, 2019(4): 431-437. (in Chinese)
- [6] 陈静, 周开兵. 越南油茶实生树茶籽油主要脂肪酸组成变异分析[J]. 森林与环境学报, 2018, 38(3): 355-360.
CHEN J, ZHOU K B. Composition variation of fatty acids in seed oil of *Camellia vietnamensis* seedling tree[J]. The Journal of the Forest and the Environment. 2018, 38(3): 355-360. (in Chinese)
- [7] 国家市场监督管理总局, 中国国家标准化管理委员会. 油茶籽油: GB/T 11765—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018.
The State Administration for Market Regulation, the Standardization Administration of China. Oil-tea camellia seed oil: GB/T 11765—2018[S]. Beijing: China Standard Press, 2018. (in Chinese)
- [8] 黄安香, 杨守禄, 张彦雄, 朱亚艳, 宋园园. 气相色谱-质谱法分析贵州自育油茶籽油的脂肪酸成分[J]. 贵州农业科学, 2017, 45(11): 130-134.

- HUANG A X, YANG S L, ZHANG Y X, ZHU Y Y, SONG Y Y. Fatty acid composition of Guizhou self-cultivated oil-tea camellia seed oil was analyzed by gas chromatography-mass spectrometry[J]. *Guizhou Agricultural Science*, 2017, 45(11): 130-134. (in Chinese)
- [9] 聂根新, 赖艳, 胡丽芳, 魏本华, 吴玲, 陈庆隆. 特征指标评价江西不同区域油茶籽油品质量灰色关联度分析[J]. *中国粮油学报*, 2020(3): 171-175.
- NIE G X, LAI Y, HU L F, WEI B H, WU L, CHEN Q L. Analysis of the gray correlation degree of oil-tea camellia seed oil quality in different regions of Jiangxi province[J]. *China Journal of Grain and Oil*, 2020(3): 171-175. (in Chinese)
- [10] 东亚斌, 段志善. 灰色关联度分辨系数的一种新确定方法[J]. *西安建筑科技大学学报(自然科学版)*, 2008, 40(4): 589-592.
- DONG Y B, DUAN Z S. A new method for determining the gray correlation resolution coefficient[J]. *Journal of Xi'an University of Architecture and Technology (Natural Science Edition)*, 2008, 40(4): 589-592. (in Chinese)
- [11] 樊明, 张双喜, 魏亦勤, 刘旺清, 裘敏, 王存忠, 李红霞. 应用灰色关联度分析对春小麦新品种选育的综合评价[J]. *宁夏农林科技*, 2021, 62(4): 1-4.
- FAN M, ZHANG S X, WEI Y Q, LIU W Q, QIU M, WANG C Z, LI H X. Comprehensive evaluation of new breeding of spring wheat by gray correlation analysis[J]. *Ningxia Agriculture and Forestry Technology*, 2021, 62(4): 1-4. (in Chinese)
- [12] 杜洋文, 曾博, 邓先珍, 程军勇, 罗治建. 鄂油无性系各性状因子与产油量的灰色关联度分析[J]. *经济林研究*, 2012, 30(4): 68-72.
- DU Y W, ZENG B, DENG X Z, CHENG J Y, LUO Z J. Gray correlation analysis on main character factors and oil yield of Eyou clones[J]. *Nonwood Forest Research*, 2012, 30(4): 68-72. (in Chinese)
- [13] 何方, 姚小华. *中国油茶栽培*[M]. 北京: 中国林业出版社, 2013: 1-8.
- HE F, YAO X H. *Chinese Camellia oleifera cultivation*[M]. Beijing: China Forestry Press, 2013: 1-8. (in Chinese)
- [14] 周开兵, 吴友根, 符碧海, 戴俊, 于靖, 胡新文. 越南油茶“琼海优”品系实生选种研究初报[J]. *热带生物学报*, 2016, 7(3): 353-357.
- ZHOU K B, WU Y G, FU B H, DAI J, YU J, HU X W. Preliminary report on the real selection of “Qionghaiyou” strain of *Camellia vietnamensis*[J]. *Tropical Biology Journal*, 2016, 7(3): 353-357. (in Chinese)
- [15] 中华人民共和国国家林业局. 油茶第1部分: 优树选择和优良无性系选育技术规程: LY/T 1730.1—2008[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- State Forestry Administration of PRC. *Camellia oleifera-Part 1: Excellent tree selection and excellent clones breeding technical procedures: LY/T 1730.1—2008*[S]. Beijing: China Standard Press, 2008. (in Chinese)
- [16] 林森, 赵志辉, 时文兴, 关斯明. 饲料中油脂皂化值的测定研究[J]. *上海农业学报*, 2014(4): 97-100.
- LIN M, ZHAO Z H, SHI W X, GUAN S M. Study on the determination of oil saponification value in feed[J]. *Shanghai Agricultural Journal*, 2014(4): 97-100. (in Chinese)
- [17] 郭钰东, 王红, 周开兵, 王佩璇, 杨成坤, 陈静. 越南油茶脂肪酸积累及相关基因表达动态分析[J]. *森林与环境学报*, 2020(2): 203-210.
- GUO Y J, WANG H, ZHOU K B, WANG P X, YANG C K, CHEN J. Dynamic changes of fatty acid accumulation and related gene expression in *Camellia vietnamensis*[J]. *Journal of the Forest and the Environment*, 2020(2): 203-210. (in Chinese)
- [18] 贺义昌, 吴妹杰, 董乐, 温强, 李田, 李晓辉, 朱恒, 徐林初, 徐立安. 主产区浙江红花油茶籽仁含油率及脂肪酸组成变异分析[J]. *经济林研究*, 2020(3): 37-45.
- HE Y C, WU M J, DONG L, WEN Q, LI T, LI X H, ZHU H, XU L C, XU L A. Analysis of oil content and fatty acid composition of safflower oil-tea camellia seed nucleolus in main producing region[J]. *Economic Forest Study*, 2020(3): 37-45. (in Chinese)
- [19] 国家林业局油茶产业发展办公室, 国家林业局场圃总站, 国家林业局科技司. 油茶营养与健康[M]. 杭州: 浙江科学技术出版社, 2016: 9-11.
- Camellia Industry Development Office of State Forestry Administration, Farm Garden Station of State Forestry Administration, Science and Technology Department of State Forestry Administration. *Nutrition and health of Camellia oleifera*[M]. Hangzhou: Zhejiang Science and Technology Press, 2016: 9-11. (in Chinese)
- [20] 张国武, 阙龙善, 赖笋芽, 郭晓敏. 6个油茶优良无性系种子脂肪酸组分与含量分析[J]. *江西科学*, 2007, 25(1): 33-36.
- ZHANG G W, QUE L S, LAI S Y, GUO X M. Analysis of seed fatty acid components and content of 6 excellent *Camellia oleifera* clones[J]. *Jiangxi Science*, 2007, 25(1): 33-36. (in Chinese)