

# 油橄榄不同冠层果实性状及品质变化

袁小虎<sup>1</sup>, 郑彩霞<sup>1</sup>, 佟兆国<sup>2,3</sup>, 苏光灿<sup>2</sup>, 王安毅<sup>2</sup>, 刘欢平<sup>1</sup>,

黄勇<sup>2</sup>, 张志亮<sup>1</sup>, 杨泽身<sup>2</sup>

(1. 四川农业大学 水利水电学院, 四川 雅安 625014; 2. 凉山州中泽新技术开发有限责任公司, 四川 西昌 615000;  
3. 西昌学院 农业科学学院, 四川 西昌 615000)

**摘要:**旨在为提高油橄榄冠层生产力及其树体的整形修剪、病虫害防治提供理论依据,以四川省凉山州主栽油橄榄品种克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜、鄂植8号为研究对象,研究了4个品种油橄榄上、中、下冠层的果实表型性状、含油率、含水率,橄榄油酸度(以游离油酸含量计)、脂肪酸组成及相对含量变化情况,并采用主成分分析和熵权优劣解距离法(EW-TOPSIS)进行综合评价。结果表明:随着冠层部位由下至上,不同品种油橄榄单果质量、横径、鲜果含油率和不饱和脂肪酸相对含量呈上升趋势,而果形指数、硬度、酸度和饱和脂肪酸相对含量呈下降趋势,不同品种油橄榄鲜果含水率均为树体上部最低;主成分分析和EW-TOPSIS评价结果表明,同一品种冠层上部的综合评价价值最大,中部次之,下部最小,其中鄂植8号上部在主成分分析中综合得分最高,科拉蒂上部在EW-TOPSIS中综合得分指数最高。综上,油橄榄树冠层上部的果实性状和品质优于中、下部,在整形修剪过程中,应对不同的冠层进行不同程度的整形修剪,通过改善通风透光性提高冠层生产力,防治病虫害。

**关键词:**油橄榄;不同冠层;表型性状;含油率;脂肪酸组成

中图分类号:TS222+.1;S565.7 文献标识码:A 文章编号:1003-7969(2024)07-0111-07

## Olive fruit traits and quality changes at different canopy position

YUAN Xiaohu<sup>1</sup>, ZHENG Caixia<sup>1</sup>, TONG Zhaoguo<sup>2,3</sup>, SU Guangcan<sup>2</sup>, WANG Anyi<sup>2</sup>,  
LIU Huanping<sup>1</sup>, HUANG Yong<sup>2</sup>, ZHANG Zhiliang<sup>1</sup>, YANG Zeshen<sup>2</sup>

(1. College of Water Conservancy and Hydropower Engineering, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, Sichuan, China; 2. Liangshan Zhongze New Technology Development Co., Ltd., Xichang 615000, Sichuan, China; 3. College of Agricultural Sciences, Xichang University, Xichang 615000, Sichuan, China)

**Abstract:** In order to provide theoretical basis for improving canopy position productivity and its tree shaping and pruning, disease and pest control, the main olive varieties Koroneiki, Coratina, Arbosana and Ezhi No. 8 in Liangshan Prefecture, Sichuan Province were used as the research objects, the changes of phenotypic traits, oil content, moisture content of fruit, and acidity (based on free oleic acid content), fatty acid composition and relative content of olive oil of four varieties of olives in the upper, middle and lower canopy were investigated, and a comprehensive evaluation was made using the principal component analysis method and Entropy Weight Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (EW-TOPSIS). The results showed that with the canopy position from the bottom to the top,

收稿日期:2023-04-04;修回日期:2024-04-01

基金项目:攀西特色作物研究与利用四川省重点实验室开放基金项目(SZKF2208);四川省科技计划资助(2020YFH0207)

作者简介:袁小虎(1997),男,在读硕士,研究方向为油橄榄栽培管理技术(E-mail)1575707317@qq.com。

通信作者:郑彩霞,副教授(E-mail)caixia818@163.com。

different varieties of olive single mass, fruit transverse diameter, fresh fruit oil content and the relative content of unsaturated fatty acids showed an increasing trend, while the fruit shape index, fruit hardness, acidity and the relative content of saturated fatty acids showed a

decreasing trend; the moisture content of fresh olive fruits of different varieties was the lowest in the upper position of the tree. The results of the principal component analysis and the evaluation of the EW – TOPSIS indicated that the upper canopy of the same variety had the highest composite score, followed by the middle one and the smallest one in the lower position, in which the upper position of Ezhi No. 8 had the highest composite score in the principal component analysis, and the upper position of Coratina had the highest composite score in the EW – TOPSIS. In conclusion, the fruit traits and quality of the upper position of olive tree are better than that of the middle and lower parts, and in the process of shaping and pruning, different degrees of shaping and pruning should be carried out on different canopy layers to improve the canopy productivity by improving ventilation and light transmission, and preventing pests and diseases.

**Key words:** olive; different canopy position; phenotypic trait; oil content; fatty acid composition

油橄榄 (*Olea europaea* L.) 又名齐墩果, 属木樨科木樨榄属常绿乔木, 是世界著名的优质木本油料兼果用树种, 原产于地中海沿岸, 喜光、耐高温, 生长能力旺盛<sup>[1]</sup>, 其鲜果榨取的橄榄油有“植物油皇后”“液体黄金”的美称<sup>[2-3]</sup>。橄榄油富含多酚、黄酮、维生素、角鲨烯及不饱和脂肪酸等成分, 被广泛用于美容、化工、食品、医药等行业, 具有极大的营养价值和经济价值<sup>[4]</sup>。

截至 2020 年, 我国四川省凉山州油橄榄产业基地面积约 8 800 hm<sup>2</sup>, 已成为安宁河流域各县(市)的特色产业<sup>[5]</sup>, 但油橄榄生产中普遍存在的低产低质问题阻碍了油橄榄产业的发展<sup>[6]</sup>。油橄榄低产低质的重要原因之一是油橄榄树常年疏于管理, 树体结构不合理, 树体上部通风透光性良好, 而中、下部通风透光性差, 导致油橄榄树总体光合效率低, 进而影响果实经济性状及品质<sup>[7-11]</sup>。同时, 油橄榄原产地为冬雨型气候条件, 而我国为与之截然相反的夏雨型气候条件, 雨热同期, 高温高湿条件下油橄榄极易感染病虫害, 导致油橄榄产量低、品质差。

目前, 关于油橄榄不同冠层差异的研究较少, 如张正武<sup>[12]</sup>研究表明, 不同冠层油橄榄果实含油率是存在差异的, 树体顶部的果实含油率最高, 外围次之, 内侧最低。油橄榄是一种喜光的长日照植物, 通风性、光照时间与强度直接影响油橄榄的生长、花芽分化、开花结实、含油率、油品风味等<sup>[13]</sup>, 且不同冠层所处的通风透光环境是不同的。研究油橄榄树冠层部位与果实表型性状、品质之间的关系, 对改善油橄榄树体通风透光、提高油橄榄产量和品质具有重要的理论意义和实践价值。因此, 本研究以四川省凉山州 4 个主栽油橄榄良种(克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜、鄂植 8 号)为研究对象, 通过分别测定其

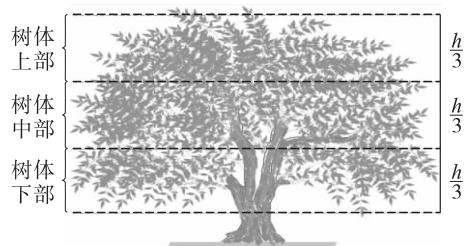
上、中、下 3 冠层的果实表型性状、含油率、含水率, 油脂的酸度、脂肪酸组成及相对含量, 分析了所测指标随树体部位的变化规律, 并采用主成分分析法和熵权优劣解距离法(EW – TOPSIS)进行综合评价, 以期为提高冠层生产力及树体的科学修剪、病虫害防治及栽培管理提供理论参考和技术借鉴。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

#### 1.1.1 原料与试剂

4 个品种油橄榄果(克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜、鄂植 8 号), 采自凉山州中泽新技术开发有限责任公司北河基地油橄榄庄园(102°11'E, 28°7'N), 该地属于安宁河谷地区, 海拔 1 524 ~ 1 611 m, 年日照时数 2 421 h, 年有效积温( $\geq 10^\circ\text{C}$ ) 3 500  $^\circ\text{C}$  以上, 相对湿度 61% 左右, 年降雨量 1 031 mm。油橄榄果于 2022 年 10 月下旬采摘, 各品种选取立地条件一致、树形结构一致、生长良好的 10 年生开心型健壮植株 3 株, 其中平均树高 3.2 m, 平均冠幅 3.0 m  $\times$  3.2 m, 株行距 5.0 m  $\times$  6.0 m。每个品种选择上、中、下 3 冠层不同方向的果实, 树体冠层划分标准如图 1 所示。每株各冠层采集 30 个鲜果, 将采集的鲜果置于装有冰袋的泡沫箱中备用, 另外各品种不同冠层随机采果 850 g 左右供油脂提取。



注:  $h$  为油橄榄树最低结实部位到最高结实部位的距离

图 1 油橄榄树冠层部位划分标准

### 1.1.2 仪器与设备

DA6200TM 近红外肉类分析仪,美国珀金埃尔默公司;YD2500A 多功能粉碎机,益多粉碎机生产公司;GY-4 果实硬度计,艾德堡仪器有限公司;MC2 橄榄分析系统(包括粉碎机、热搅拌机及离心机),西班牙 MC2 Ingenieria 公司;Agilent7890BGC-5977AMSD 气相色谱-质谱联用仪,安捷伦科技有限公司。

### 1.2 试验方法

#### 1.2.1 油橄榄果实表型性状的测定

单果质量用电子天平测定;果实纵径、横径用数显电子游标卡尺测定;果形指数为纵径与横径的比值;果实硬度用 GY-4 果实硬度计测定。

#### 1.2.2 油橄榄果含油率、含水率与油脂酸度的测定

油橄榄果经粉碎混匀后,采用 DA6200TM 近红外肉类分析仪测定鲜果含油率、含水率及橄榄油酸度(以游离油酸含量计),每个品种的不同树体部位重复测定 3 次,取平均值。

#### 1.2.3 橄榄油脂脂肪酸组成及相对含量的测定

##### 1.2.3.1 橄榄油的提取

准确称取油橄榄果 800 g,并逐粒放入粉碎机中进行粉碎,粉碎完成后将果肉和果核完全混合均匀。称取 700 g 混合物于融合罐中,采用融合搅拌器在 36.8℃ 水浴、60 r/min 的条件下融合 40 min 以上。将融合后的混合物于 5 000 r/min 下离心 60 s,收集油相于量筒中,分 2 次加入 50 mL 25℃ 的蒸馏水于混合物中,重复上述步骤 2 次,收集 3 次离心所得的油相,得橄榄油。

##### 1.2.3.2 甲酯化

采用唐芳等<sup>[14]</sup>的方法并略作修改。取 0.10 g 橄榄油加入 2 mL 1 mol/L KOH-甲醇溶液,40℃ 水浴中反复振摇 30 min,静置 15 min,加入 2 mL 正己烷萃取,静置 10 min,取上清液,加入少许无水碳酸钠,经 0.45 μm 微孔滤膜过滤后进气相色谱-质谱联用仪进行分析。

##### 1.2.3.3 分析条件

色谱条件<sup>[15]</sup>:HP-5 MS 毛细管色谱柱(30 m × 0.25 mm × 0.25 μm);升温程序为 80℃,持续 1 min,然后以 20℃/min 升至 160℃,持续 1 min,以 20℃/min 升至 200℃,持续 1 min,以 5℃/min 升至 250℃,持续 5 min;分流比 200:1;进样口温度 250℃;以氦气作为载气,流速 1 mL/min;进样量 1 μL。质谱条件:EI 离子源,质量扫描范围 50~500,溶剂延迟时间 3 min。

通过 NIST MS 质谱数据库进行定性,采用峰面积归一化法进行定量。

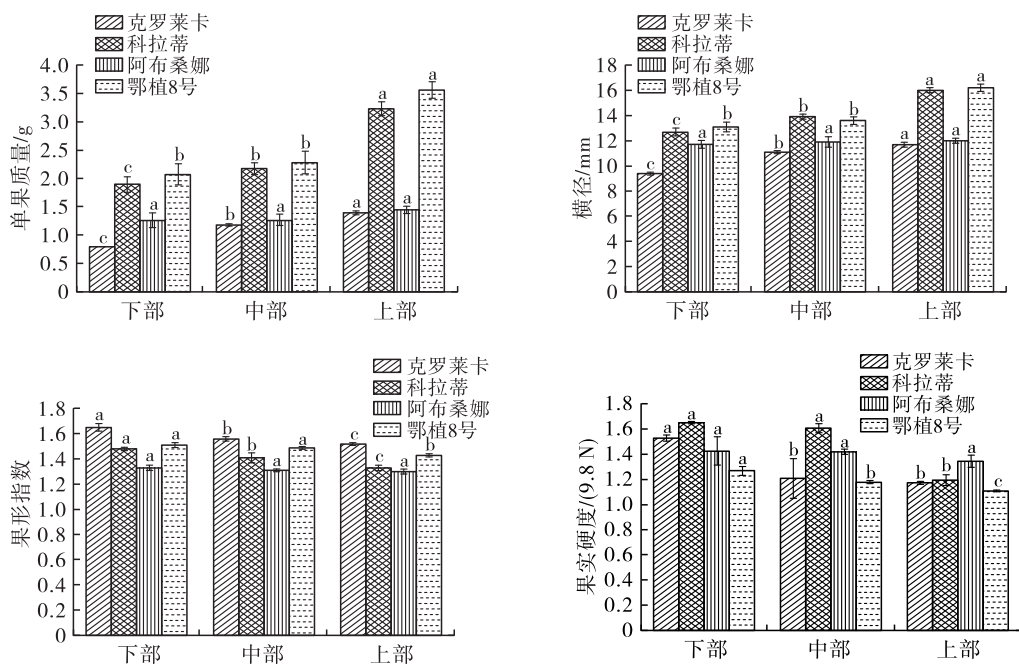
##### 1.2.4 数据处理

试验结果以“平均值 ± 标准差”表示,采用 WPS 进行数据统计,用 SPSS 25.0 对数据进行统计分析,用 Origin 2021 绘图。

## 2 结果与讨论

### 2.1 不同品种油橄榄果实表型性状随冠层部位的变化

不同品种油橄榄果实单果质量、横径、果形指数和果实硬度随冠层部位的变化如图 2 所示。



注:同一品种间不同字母表示有显著差异( $p < 0.05$ )

图 2 不同品种油橄榄果实单果质量、横径、果形指数和果实硬度随冠层部位的变化

由图 2 可知,随着冠层部位由下至上,克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜和鄂植 8 号果实的单果质量与横径总体呈上升趋势,果形指数和果实硬度呈下降趋势。4 个品种油橄榄位于上部冠层的果实单果质量大于中部和下部,其中鄂植 8 号果实单果质量最大,为 3.548 7 g,而克罗莱卡果实单果质量最小,为 1.393 9 g。4 个品种油橄榄果实的单果质量随冠层部位的变化趋势与长林 4 号油茶树不同冠层的果实质量变化<sup>[16]</sup>相似。国际油橄榄理事会和我国制定的相关标准可知,随着成熟度的增加,油橄榄果实硬度逐渐减小,即果实硬度能够反映果实成熟度。4

个品种不同冠层油橄榄果实硬度为上部冠层 < 中部冠层 < 下部冠层,表明冠层上部的果实成熟度比下部的高,油脂转化与积累快,这在康佛伦斯梨树上也有体现<sup>[17]</sup>。油橄榄果实在成熟阶段油脂不断转化积累,主要表现为横径的增长<sup>[18]</sup>,故 4 个品种油橄榄果形指数随冠层的变化趋势与其果实硬度随冠层的变化趋势一致。

## 2.2 不同品种油橄榄鲜果含油率、含水率及油脂酸度随冠层部位的变化

不同品种油橄榄鲜果含油率、含水率及橄榄油酸度随冠层部位的变化如表 1 所示。

表 1 不同品种油橄榄鲜果含油率、含水率及橄榄油酸度随冠层部位的变化

%

品种	鲜果含油率			鲜果含水率			橄榄油酸度		
	下部	中部	上部	下部	中部	上部	下部	中部	上部
克罗莱卡	13.16	15.26	18.72	59.26	60.34	56.78	0.50	0.36	0.28
科拉蒂	10.09	11.26	14.41	62.79	60.75	59.98	0.23	0.10	0.05
阿布桑娜	12.83	13.51	14.58	62.48	61.10	59.82	0.30	0.25	0.13
鄂植 8 号	9.89	10.21	14.01	61.85	62.11	60.57	0.27	0.12	0.07

油脂作为油橄榄果实中的主要代谢产物之一,其占鲜果质量的 15% ~ 35%<sup>[19]</sup>,含量较高。含油率是油橄榄品质评价的重要指标之一。由表 1 可知,克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜和鄂植 8 号的鲜果含油率随着冠层部位由下至上均呈显著增加的趋势。这是因为在油橄榄果生长发育过程中,其通过光合作用合成糖,并进行油脂转化与积累,但树冠不同部位相对光照强度不同,下部光照强度最低,影响了油橄榄果的光合作用,进而导致其含油率最低<sup>[16, 18, 20-22]</sup>。对于同一冠层,不同品种油橄榄果光合能力不同,即对光环境的适应性不同<sup>[23]</sup>,导致不同品种间鲜果含油率存在显著差异,其中,克罗莱卡在 4 个品种中的鲜果含油率最高,鄂植 8 号的鲜果含油率最低。克罗莱卡各树体部位鲜果含油率相差最大,上部较中部高 3.46 百分点,中部较下部高 2.10 百分点,阿布桑娜各树体部位鲜果含油率相差最小,上部较中部高 1.07 百分点,中部较下部高 0.68 百分点。

由表 1 可知,不同品种油橄榄鲜果含水率的变化不同,随着冠层部位由下至上,克罗莱卡和鄂植 8 号鲜果含水率均呈先升后降的趋势,而科拉蒂和阿布桑娜呈下降趋势,且各品种冠层上部的鲜果含水率最低。

油脂中游离脂肪酸的含量越高,橄榄油越易氧化,油品越差<sup>[24]</sup>。国际油橄榄理事会和欧盟的标准显示,特级初榨橄榄油的酸度低于 0.8%。由表 1 可知,随着冠层部位由下至上,不同品种橄榄油酸度呈下降趋势。各品种橄榄油酸度为 0.05% ~ 0.50%,均

低于 0.8%,符合特级初榨橄榄油的要求。酸度越低,橄榄油品质越好,从冠层部位判断橄榄油品质为冠层上部 > 冠层中部 > 冠层下部;从品种来判断橄榄油品质为科拉蒂 > 鄂植 8 号 > 阿布桑娜 > 克罗莱卡。

## 2.3 不同品种橄榄油脂肪酸组成及相对含量随冠层部位的变化

不同品种橄榄油的主要脂肪酸组成及相对含量随冠层部位的变化如表 2 所示。

由表 2 可知,橄榄油中油酸含量最高,其次为棕榈酸、亚油酸、硬脂酸、棕榈油酸、花生酸、十七碳烯酸,这与孔维宝等<sup>[25]</sup>的研究结果基本一致。不同品种橄榄油主要脂肪酸相对含量分别为油酸 68.3% ~ 77.1%、棕榈酸 11.1% ~ 16.4%、亚油酸 4.6% ~ 10.4%、硬脂酸 1.2% ~ 3.3%、棕榈油酸 1.2% ~ 2.3%。随着冠层部位由下到上,油酸、亚油酸、棕榈油酸相对含量逐渐增加,十七碳烯酸相对含量基本不变,棕榈酸、硬脂酸、花生酸相对含量总体呈逐渐下降的趋势。根据韩华柏等<sup>[26]</sup>的研究,我国橄榄油中油酸相对含量高于 65% 的为优等油用品种,因此克罗莱卡、科拉蒂、阿布桑娜和鄂植 8 号均为优等油用品种。4 个品种橄榄油脂肪酸组成均符合 GB/T 23347—2021 中橄榄油脂肪酸组成标准。

油橄榄果实中脂肪酸合成主要集中在花期结束后 90 ~ 150 d<sup>[22]</sup>,该时期是油脂合成的最旺盛时期<sup>[27]</sup>。相关研究表明,油橄榄果实的光合作用可促进果皮的生长和脂肪酸的合成<sup>[28]</sup>。光照会影响叶片及果实的光合能力,同时影响光合产物向果实的

转运分配和果实脂肪酸的合成与积累<sup>[16]</sup>。而且,在成熟阶段,油橄榄果中油酸的合成仍会持续进行<sup>[29]</sup>。因此,随着冠层部位由下至上,光照强度与时长逐渐增加,油酸相对含量逐渐增加。

由表2还可知,4个品种橄榄油中UFA主要是油酸、亚油酸及少量的棕榈油酸和十七碳烯酸,SFA主要是棕榈酸、硬脂酸及少量的花生酸,4个品种橄榄油UFA、MUFA和PUFA相对含量随冠层部位由下至上呈逐渐增加的趋势,SFA相对含量则相反。

UFA含量是橄榄油作为优质食用油最重要的标志,尤其是MUFA含量直接影响着橄榄油的品质<sup>[30]</sup>。4个品种UFA相对含量范围为79.9%~86.9%,其中MUFA与PUFA的相对含量分别为70.5%~79.0%、4.6%~10.4%。4个品种橄榄油油酸/亚油酸和MUFA/PUFA的3个冠层的均值分别为克罗莱卡14.0和14.3、科拉蒂8.3和8.5、阿布桑娜7.4和7.6、鄂植8号16.2和16.6,油酸/亚油酸和MUFA/PUFA存在品种间差异,可作为单品种橄榄油鉴别的依据。

表2 不同品种橄榄油主要脂肪酸组成及相对含量随冠层部位的变化

脂肪酸	克罗莱卡			科拉蒂			阿布桑娜			鄂植8号		
	下部	中部	上部	下部	中部	上部	下部	中部	上部	下部	中部	上部
棕榈酸	14.5	13.3	12.6	13.9	13.1	11.1	16.4	15.3	13.9	16.4	16.2	15.3
棕榈油酸	1.2	1.8	1.9	1.2	1.2	1.2	2.2	2.2	2.3	1.2	1.9	2.2
硬脂酸	2.9	2.3	1.9	2.6	1.6	1.6	3.3	2.1	1.7	2.4	1.9	1.2
油酸	75.7	76.5	77.1	74.0	74.7	75.2	68.3	70.2	71.7	74.9	75.0	76.4
亚油酸	5.0	5.5	5.9	7.8	9.0	10.4	9.2	9.5	9.7	4.6	4.7	4.7
十七碳烯酸	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.0	0.0
花生酸	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1
SFA	17.9	16.0	15.0	17.0	15.1	13.1	20.1	17.8	16.1	19.1	18.3	16.7
UFA	82.1	84.0	85.0	83.0	84.9	86.9	79.9	82.2	84.0	80.9	81.7	83.3
MUFA	77.0	78.4	79.0	75.2	75.9	76.4	70.5	72.4	74.0	76.2	77.0	78.6
PUFA	5.0	5.5	5.9	7.8	9.0	10.4	9.2	9.5	9.7	4.6	4.7	4.7
油酸/亚油酸	15.1	13.8	13.0	9.5	8.3	7.2	7.4	7.4	7.4	16.3	16.0	16.2
MUFA/PUFA	15.4	14.3	13.3	9.7	8.5	7.4	7.6	7.6	7.7	16.6	16.4	16.7

注:SFA.饱和脂肪酸;UFA.不饱和脂肪酸;MUFA.单不饱和脂肪酸;PUFA.多不饱和脂肪酸

## 2.4 综合评价

### 2.4.1 主成分分析

将4个品种不同冠层部位的油橄榄果实单果质量、纵径、横径、硬度、鲜果含油率、棕榈油酸、油酸、亚油酸和十七碳烯酸共9个指标作为初始指标,进行标准化,然后进行主成分分析。对标准化后的数据进行KMO检验和巴特利特球形检验,KMO值为0.521,大于0.5,巴特利特球形检验值 $p$ 小于0.001,符合单位相关矩阵的原假设,说明各变量之间不是相互独立的,变量间相互关联,可以进行主成分分析。从9个指标中提取出3个主成分,其特征值、方差贡献率、累积贡献率和权重如表3所示。

表3 主成分分析的特征值、方差贡献率、累积贡献率和权重

主成分	特征值	方差贡献率/%	累积贡献率/%	权重
1	4.203	46.703	46.703	0.532
2	1.939	21.549	68.252	0.246
3	1.751	19.456	87.708	0.222

由表3可知,提取的3个主成分累积贡献率为

87.708%,且特征值全部大于1,3个主成分可以代表所有指标的信息。其中主成分1方差贡献率达到46.703%,权重为0.532,所包含的变量信息最多。

9个指标相关的主成分得分系数和公因子方差见表4。

表4 主成分分析得分系数及公因子方差

项目	得分系数			公因子方差
	主成分1	主成分2	主成分3	
单果质量	0.776	0.121	0.607	0.985
纵径	0.988	-0.062	0.062	0.983
横径	0.676	0.156	0.717	0.995
硬度	-0.460	-0.815	0.046	0.878
鲜果含油率	-0.177	0.757	-0.232	0.658
棕榈油酸	-0.401	0.780	0.109	0.781
油酸	0.785	0.082	-0.480	0.853
亚油酸	-0.545	-0.087	0.711	0.811
十七碳烯酸	-0.923	0.193	0.247	0.950

由表4可知,大部分指标公因子方差超过0.80,说明提取到的3个主成分能够很好地表示原始变量信息。主成分1中单果质量、纵径、横径和油酸得分系数比较大。主成分2中鲜果含油率、棕榈油酸、十



七碳烯酸得分系数比较大。主成分3中单果质量、横径、亚油酸得分系数比较大。通过将3个主成分的得分与相应的权重的积进行累加的方法构建了综合评价得分模型,并得出不同品种油橄榄各冠层部位果实性状及品质综合得分,如表5所示。

表5 不同品种油橄榄各冠层部位果实性状及品质综合评价得分

品种	冠层部位	综合得分	排序
鄂植8号	上	2.30	1
科拉蒂	上	1.52	2
鄂植8号	中	0.94	3
鄂植8号	下	0.53	4
克罗莱卡	上	0.17	5
科拉蒂	中	0.06	6
克罗莱卡	中	-0.07	7
科拉蒂	下	-0.46	8
阿布桑娜	上	-1.01	9
克罗莱卡	下	-1.28	10
阿布桑娜	中	-1.35	11
阿布桑娜	下	-1.36	12

由表5可知,对于同一品种,树体冠层上部的综合评价得分高于中、下部,同一冠层不同品种的综合得分也存在差异。总体而言,4个品种中,鄂植8号的果实性状和品质最好,阿布桑娜最差。

#### 2.4.2 熵权优劣解距离法(EW-TOPSIS)分析

以油橄榄果实单果质量、纵径、横径、硬度、鲜果含油率、棕榈油酸、油酸、亚油酸和十七碳烯酸共9个指标作为初始指标进行EW-TOPSIS评价。9个指标的熵权计算结果如表6所示。

表6 9个指标的熵权计算结果

项目	信息熵值	信息效用值	熵权/%
单果质量	0.965 8	0.034 2	20.34
纵径	0.990 6	0.009 4	5.61
横径	0.995 7	0.004 3	2.55
硬度	0.996 6	0.003 4	2.03
鲜果含油率	0.993 1	0.006 9	4.10
棕榈油酸	0.985 5	0.014 5	8.64
油酸	0.999 7	0.000 3	0.15
亚油酸	0.981 3	0.018 7	11.16
十七碳烯酸	0.923 7	0.076 3	45.44

评价指标的信息熵值和熵权呈反比,信息熵值越大,相应的熵权越小。熵权表明评价指标在评价决策中提供有用信息量的多少。由表6可知:在本试验9个评价指标中,十七碳烯酸的熵权最大,说明在给定评价对象集后,各评价指标都确定后,十七碳烯酸相对重要性系数最大;油酸对应的熵权最小,说明其相对重要性系数最小。

对利用熵权法后加权生成的数据进行TOPSIS分析,评价计算结果如表7所示。

表7 TOPSIS评价计算结果

品种	冠层部位	正理想解距离	负理想解距离	综合得分指数	排序
科拉蒂	上	0.247	0.998	0.802	1
科拉蒂	中	0.492	0.729	0.597	2
鄂植8号	上	0.669	0.885	0.569	3
科拉蒂	下	0.636	0.577	0.475	4
阿布桑娜	上	0.783	0.622	0.443	5
鄂植8号	中	0.793	0.585	0.424	6
克罗莱卡	上	0.740	0.540	0.422	7
阿布桑娜	中	0.820	0.587	0.417	8
阿布桑娜	下	0.842	0.546	0.393	9
鄂植8号	下	0.829	0.526	0.388	10
克罗莱卡	中	0.810	0.416	0.339	11
克罗莱卡	下	0.973	0.255	0.208	12

TOPSIS评价计算结果中综合得分指数表示评价对象与最优方案的接近程度,该值越大说明越接近最优方案。由表7可知,科拉蒂冠层上部最接近最优方案,不同品种冠层上部的果实优于中、下部,且各品种不同冠层果实性状、品质状况与最优方案的差距不同。

综上,两种评价结果表明,相同品种不同冠层部位的综合评价大小为冠层上部>冠层中部>冠层下部。不同品种主成分分析综合得分大小为鄂植8号>科拉蒂>克罗莱卡>阿布桑娜,而EW-TOPSIS综合得分指数大小为科拉蒂>鄂植8号>阿布桑娜>克罗莱卡。主成分分析和EW-TOPSIS评价结果存在差异,造成这种差异的主要原因可能是两种方法的侧重点不同,前者侧重各指标的内在结构和变异性,而后者侧重指标权重分配和方案的相对优劣。因此,在整形修剪过程中,为使果实营养得到合理分配与利用,提高冠层生产力,对果实表型性状及品质差异小的品种应适度修剪,保证其产量不减,对果实表型性状及品质差异大的品种应加强修剪,保证其产量与品质最佳。

### 3 结论

本文通过测定4个品种油橄榄不同冠层部位果实表型性状、鲜果含油率、鲜果含水率、橄榄油酸度、橄榄油主要脂肪酸组成及相对含量,研究了各指标的变化规律,并采用主成分分析法和EW-TOPSIS对其进行综合评价。结果表明:4个品种不同冠层部位单果质量、横径、鲜果含油率及油脂不饱和脂肪酸相对含量变化为冠层上部>冠层中部>冠层下部,其油脂酸度、饱和脂肪酸相对含量变化与之相反,不同品种油橄榄鲜果含水率均为冠层上部最低。主成分分析结果显示鄂植8号在综合得分上排名最高,而EW-TOPSIS方法则将科拉蒂评定为最佳选

择,但两种方法在相同品种不同冠层的评价结果均为冠层上部>冠层中部>冠层下部。因此,在油橄榄树栽培管理中应采取措施改善树体冠层中、下部的通风透光性,病虫害防治的同时力求在保持冠层上部果实产量品质最优的基础上提高中、下部的果实产量和品质,对光环境敏感弱的品种可采用一定程度的密植栽培模式,种植密度可大于对光环境较敏感的品种,该结论对油橄榄品种种植模式改善及推广具有一定的意义。

#### 参考文献:

- [1] BOGGIA R, ZUNIN, LANTERI S, et al. Classification and class - modeling of "Riviera Ligure" extra - virgin olive oil using chemical - physical parameters[J]. J Agric Food Chem, 2002, 50(8): 2444 - 2449.
- [2] 徐纬英. 植物油的皇后: 橄榄油[J]. 林业科技通讯, 1994(4): 29 - 30.
- [3] STONEMAN R. Greek mythology: An encyclopedia of myth and legend[M]. Wellingborough, CK: The Aquarian Press, 1991.
- [4] 马君义, 后春静, 吕孝飞, 等. 陇南油橄榄“皮瓜尔”果实活性成分的动态变化[J]. 中国粮油学报, 2020, 35(3): 102 - 109.
- [5] 何清伦, 严玲, 王小军. 凉山州木本油料产业发展浅析[J]. 农业科技通讯, 2023(2): 28 - 30.
- [6] 杜雅琦, 赵荣, 赵铁蕊. 我国木本油料产业发展潜力与对策分析[J]. 林产工业, 2023, 60(1): 64 - 68.
- [7] SÁNCHEZ J. Olive oil biogenesis. Contribution of fruit photosynthesis[M]//KADER J C, MAZLIAK P. Plant lipid metabolism. Dordrecht: Springer, 1995: 564 - 566.
- [8] TRENTACOSTE E R, MORENO - ALÍAS I, GÓMEZ - DEL - CAMPO M, et al. Olive floral development in different hedgerow positions and orientations as affected by irradiance[J]. Sci Hortic, 2017, 225: 226 - 234.
- [9] CARUSO G, GUCCI R, SIFOLA M I, et al. Irrigation and fruit canopy position modify oil quality of olive trees (cv. Frantoio)[J]. J Sci Food Agric, 2017, 97(11): 3530 - 3539.
- [10] KISHIMOTO N, TAKANO N. Understanding the effect of the position of fruit in the canopy of olive trees on oil characteristics[J]. Chem Eng T, 2021, 89: 661 - 666.
- [11] NIINEMETS Ü. A review of light interception in plant stands from leaf to canopy in different plant functional types and in species with varying shade tolerance[J]. Ecol Res, 2010, 25(4): 693 - 714.
- [12] 张正武. 陇南油橄榄栽培及加工利用技术[M]. 兰州: 甘肃科学技术出版社, 2019.
- [13] 邓煜, 张正武. 油橄榄栽培技术: 全彩版[M]. 北京: 化学工业出版社, 2022.
- [14] 唐芳, 李小元, 吴卫国, 等. 山茶油脂脂肪酸甲酯化条件研究[J]. 粮食与油脂, 2010, 23(8): 36 - 39.
- [15] SU M H, SHIH M C, LIN K H. Chemical composition of seed oils in native Taiwanese *Camellia* species[J]. Food Chem, 2014, 156: 369 - 373.
- [16] 曹永庆, 王开良, 林萍, 等. ‘长林4号’油茶树冠不同部位的果实性状差异[J]. 亚热带植物科学, 2011, 40(4): 46 - 49.
- [17] 耿军, 刘军, 汤彦青, 等. 康佛伦斯梨树冠相对光照与果实产量品质的关系[J]. 果树学报, 2009, 26(6): 792 - 796.
- [18] 杨倩雨, 郑浩, 李志强, 等. 油橄榄果实经济性性状随成熟度的变化[J]. 中国油脂, 2022, 47(6): 109 - 116.
- [19] 郑浩, 杨倩雨, 李志强, 等. 不同成熟度油橄榄果实表观与内在品质变化及相关性分析[J]. 核农学报, 2022, 36(6): 1089 - 1099.
- [20] 段伟华, 袁德义, 高超, 等. 普通油茶不同树体结构与光能利用的关系[J]. 林业科学研究, 2013, 26(1): 118 - 122.
- [21] 闭鸿雁, 徐清, 王兵, 等. 锥连栎不同叶龄叶片光合特征研究[J]. 西部林业科学, 2019, 48(3): 116 - 121.
- [22] 程子彰, 贺靖舒, 占明明, 等. 油橄榄果生长与成熟过程中油脂的合成[J]. 林业科学, 2014, 50(5): 123 - 131.
- [23] 兰波, 罗思源, 刘捷. 8个油橄榄品种光合特性研究[J]. 现代农业科技, 2019(19): 28 - 30, 32.
- [24] 王艳, 方恩华. 特级初榨橄榄油基本质量指标及要求[J]. 食品安全质量检测学报, 2022, 13(6): 1995 - 2003.
- [25] 孔维宝, 李万武, 邢文黎, 等. 武都主栽油橄榄品种的果实品质研究[J]. 中国粮油学报, 2016, 31(2): 87 - 92.
- [26] 韩华柏, 吴万波, 朱益川. 四川秦巴山区油橄榄优良单株选择研究[J]. 安徽农业科学, 2007, 35(6): 1638 - 1639.
- [27] 刘泉. 引进油橄榄果肉油脂积累规律及相关合成酶活性的研究[D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2012.
- [28] HARALAMPIDIS K, MILIONI D, SANCHEZ J, et al. Temporal and transient expression of stearoyl - ACP carrier protein desaturase gene during olive fruit development[J]. J Exp Bot, 1998, 49(327): 1661 - 1669.
- [29] 闫辉强, 后春静, 马君义, 等. 不同品种和成熟度的油橄榄果表型性状与脂肪酸组成及含量分析[J]. 中国油脂, 2019, 44(4): 105 - 111.
- [30] 刘捷. 成都8个引进油橄榄品种生物学特性研究[D]. 四川雅安: 四川农业大学, 2019.