

2个品种不同成熟度油茶果实品质差异比较

叶甜甜, 刘雪, 梁晓婕, 苏淑钗

(北京林业大学 省部共建森林培育与保护教育部重点实验室,

国家能源非粮生物质能源研发中心, 北京 100080)

摘要:为明确油茶果实的最佳采收期,以赣石83-4和赣石447油茶鲜果为原料,测定其不同成熟度下果实品质相关的表型性状、营养物质和种仁油中脂肪酸组成及含量的变化,并采用主成分分析法对2个品种不同成熟度油茶果实品质进行综合评价。结果表明:随着成熟度的增加,2个品种油茶果实的单果质量、含水率总体呈下降趋势,而鲜果出籽率、干籽出仁率则总体呈上升的趋势;赣石83-4种仁含油率在第四成熟度达到最大值(44.16%),而赣石447种仁含油率在第二成熟度达到最大值(48.56%);赣石447和赣石83-4种仁可溶性糖含量随成熟度变化趋势不一致,前者在第四成熟度达到最大值(11.35%),后者在第五成熟度达到最大值(13.05%);2个品种不同成熟度的油茶种仁蛋白质含量较低且总体上较稳定;2个品种油茶种仁油中脂肪酸组成及含量存在差异,随着成熟度的增加,油酸和单不饱和脂肪酸含量持续增加,而亚油酸和多不饱和脂肪酸含量降低,饱和脂肪酸和不饱和脂肪酸含量的变化幅度较小,分别维持在11%和89%左右;主成分分析结果表明,赣石83-4和赣石447的最佳采收期分别在第五成熟度和第四成熟度。综上,赣石83-4和赣石447油茶在较高成熟度时果实品质更优。

关键词:油茶;成熟度;果实品质;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(2023)06-0085-06

Comparison of fruit quality differences between two varieties of *Camellia oleifera* fruit at different maturity

YE Tiantian, LIU Xue, LIANG Xiaojie, SU Shuchai

(National Energy R&D for Non-food Biomass, Key Laboratory for Silviculture and Conservation of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100080, China)

Abstract: In order to clarify the best harvest time of *Camellia oleifera* fruit, the changes of the phenotypic traits, nutrients and fatty acid composition and content of seed kernel oil of Ganshi 83-4 and Ganshi 447 were determined at different maturity, and the quality of the two varieties of *Camellia oleifera* fruits at different maturity were comprehensively evaluated by principal component analysis. The results showed that with the increase of maturity, the single fruit quality and moisture content of the two varieties of *Camellia oleifera* fruits showed an overall decreasing trend, while the seed yield of fresh fruits and kernel yield of dry seed showed an overall increasing trend. The oil content of Ganshi 83-4 kernels reached the maximum (44.16%) at the fourth maturity, while the oil content of Ganshi 447 kernels reached the maximum (48.56%) at the second maturity. The soluble sugar content of Ganshi 447 and Ganshi 83-4 kernels were inconsistent with maturity, but the maximum values (11.35%) appeared at the fourth maturity of the former and that was 13.05% at the fifth maturity of the latter. The protein content of the

seed kernels of the two varieties of *Camellia oleifera* at different maturity was low and generally stable. The fatty acid composition and content of the seed kernel oil of the two varieties of *Camellia oleifera* was different. With the increase of maturity, the contents of oleic acid and

收稿日期:2022-02-14;修回日期:2023-02-17

基金项目:国家重点研发计划(2019YFD1002401)

作者简介:叶甜甜(1998),女,硕士研究生,研究方向为油茶果实成熟与油脂积累(E-mail)1874753200@qq.com。

通信作者:苏淑钗,教授,博士(E-mail)568378121@qq.com。

monounsaturated fatty acid increased, the contents of linoleic acid and polyunsaturated fatty acid decreased, while the contents of saturated fatty acid and unsaturated fatty acid varied to a less extent, maintaining about 11% and 89%, respectively. The results of principal component analysis showed that the optimal harvest time of Ganshi 83-4 and Ganshi 447 were at the fifth and fourth maturity levels, respectively. In conclusion, Ganshi 83-4 and Ganshi 447 *Camellia oleifera* had better fruit quality at higher maturity.

Key words: *Camellia oleifera*; maturity; fruit quality; principal component analysis

油茶(*Camellia oleifera*)又名茶子树,为山茶科(Theaceae)山茶属(*Camellia*)常绿小乔木,是我国特有的木本油料树种,主要分布在我国南方省份的丘陵地区^[1]。油茶全身是宝,综合利用价值极高。油茶籽油是一种优质木本食用油,富含以油酸为主的单不饱和脂肪酸,含量高达85%以上,还含有茶多酚、生育酚、植物甾醇等活性物质,可预防心脑血管疾病、降低胆固醇等,被誉为“东方橄榄油”^[2-3]。除油茶籽油外,油茶籽饼粕中含有茶皂素,具有灭菌、消炎等作用,在医药、日用化学等行业被广泛应用^[4-5]。同时,油茶树耐瘠薄,抗旱能力强,可以作为绿化荒山的造林树种,具有重要的生态意义^[6]。

油茶果实采收时间与其品质具有直接且重要的关系,根据生理成熟时间,油茶籽主要分为寒露籽、霜降籽和立冬籽等类型^[7-8]。在实际生产中,油茶果实进入商品成熟期后就被林农大面积采收,随后经堆沤、晾晒等方式进行“后熟”处理使果皮开裂。然而有研究表明,未完全成熟的油茶果实通过堆沤^[9]、晾晒^[10]、喷施催裂剂^[11]等方式达到“后熟”会降低油茶种仁的含油率,而采收过晚,油茶籽散落在地导致收捡困难。此外,油茶采收期会影响油茶果实的表型性状、营养品质和脂肪酸组成等^[12-14],进而影响果实品质,因此要适时采摘油茶果实。黄佳聪等^[15]研究了八成熟(未裂)和近生理成熟(开裂)2种成熟状况的腾冲红花油茶果的营养品质差异,发现裂果在出籽率、籽出油率等方面均高于未裂果,这在香榧果实上也有类似的研究结果,采收香榧裂果有利于提高种仁品质,缩短后熟时间^[16]。目前,通过果实表型性状判断油料种子采收期的研究较少。本研究根据油茶成熟时果皮开裂的特点对裂果进一步细分成熟度,以果皮开裂的条缝数定义成熟度,测定了2个品种不同成熟度油茶果实的鲜果出籽率,干籽出仁率,种仁蛋白质含量、可溶性糖含量、含油率及种仁油中脂肪酸组成及含量,分析油茶果实的经济指标随成熟

度的变化,以期为油茶果实最佳采收期的确定提供理论支撑。

1 材料与方法

1.1 试验材料

选取霜降籽赣石83-4和赣石447为试验品种,产自德义源生态农业有限公司油茶种植示范基地(116°47'22"E,29°15'9"N),产地位于江西省鄱阳县游城乡,属丘陵地区、亚热带湿润性气候。根据油茶果实表面的裂缝数量定义成熟度,将赣石83-4划分为5个成熟度,赣石447划分为4个成熟度,其中:果实表面未出现裂缝为第一成熟度;果实表面出现1条裂缝为第二成熟度;果实表面出现2条裂缝为第三成熟度;果实表面出现3条裂缝为第四成熟度;果实表面出现4条及以上裂缝为第五成熟度。选取果实生长良好、无病虫害的采样树进行样品采集,每个成熟度共选取50个健康无损坏的鲜果。

硫酸、蔗糖、蒽酮、考马斯亮蓝、石油醚等。

SQP千分之一电子天平,HH-6数显恒温水浴锅,高速冷冻离心机,UV-2600分光光度计,莱驰MM400混合型球磨仪,Soxtec 2050索氏提取系统,GC-2014气相色谱仪。

1.2 试验方法

1.2.1 油茶果实表型性状的测定

每个品种每个成熟度随机选取10个鲜果,使用电子天平称量单果质量;将鲜果去除果皮后,称量单个果实中所有种子的质量,鲜果出籽率为种子质量占鲜果质量的比例;将上述种子于60~70℃烘干至恒重,手工剥离种壳后称量种仁质量,干籽出仁率为种仁质量占干籽质量的比例,鲜果出仁率为种仁质量占鲜果质量的比例。

1.2.2 油茶果实含水率的测定

每个品种随机选取不同成熟度的6个鲜果称量质量(m),于60~70℃烘干至恒重后称质量(m_1)^[17],鲜果含水率(y)按下式计算。

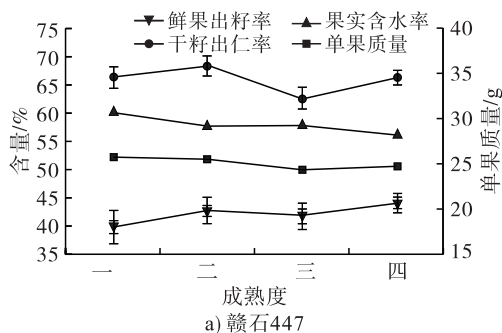
$$y = (1 - m_1/m) \times 100\% \quad (1)$$

1.2.3 油茶果实营养品质及种仁脂肪酸组成及含量的测定

可溶性糖含量的测定采用蒽酮比色法^[18],含油率的测定采用索氏抽提法^[19],样品为烘干的种仁;鲜果出油率通过种仁含油率和鲜果出仁率换算得到;蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法^[18],样品为加液氮研磨的鲜种仁;种仁脂肪酸组成及含量的测定参照 GB 5009.168—2016 中第三法。

1.2.4 数据统计与分析

所有试验均重复测定3次。采用单因素方差分



析和 Duncan 多重比较的方法对不同成熟度油茶种仁油的脂肪酸组成及含量进行差异分析,采用主成分分析(PCA)对油茶果实的13个指标进行降维分析,以上数据分析均采用 SPSS 22.0 软件,采用 Origin 2019 软件作图。

2 结果与分析

2.1 不同成熟度油茶果实表型性状

图1为2个品种不同成熟度油茶果实的鲜果出籽率、干籽出仁率、果实含水率和单果质量。

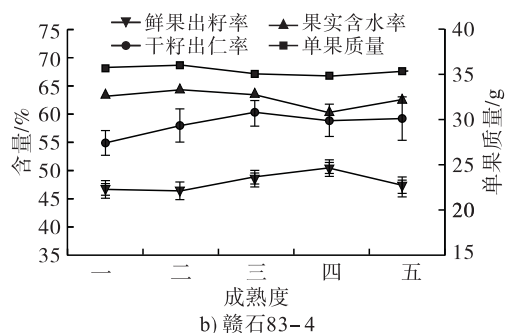


图1 油茶果实鲜果出籽率、干籽出仁率、果实含水率和单果质量的变化

由图1可知,随着成熟度的增加,2个品种的油茶果实含水率、单果质量总体呈下降趋势,鲜果出籽率总体上升,但干籽出仁率变化趋势不一致,赣石447果实的干籽出仁率先上升后下降再上升,而赣石83-4果实的干籽出仁率先上升后基本不变。赣石447和赣石83-4的果实含水率均在第四成熟度时最小,分别为56.12%和60.17%;赣石447的单果质量在第三成熟度时最小,为24.13g,赣石83-4的单果质量在第四成熟度时最小,为34.58g;2个品种不同成熟度间的单果质量和含水率均无显著差异($p > 0.05$)。油茶主要利用种仁加工成油茶籽油,鲜果出籽率和干籽出仁率变化反映油茶可利用

物质的增减。赣石447和赣石83-4的鲜果出籽率均在第四成熟度达到最大值,分别为44.05%和50.31%,显著高于第一成熟度和第二成熟度的($p < 0.05$)。赣石447和赣石83-4的干籽出仁率分别在第二成熟度和第三成熟度达到最大值,为68.33%和60.11%,与第一成熟度均存在显著差异($p < 0.05$)。

2.2 不同成熟度油茶果实营养品质

图2为2个品种不同成熟度油茶果实的种仁含油率、鲜果出油率、种仁可溶性糖含量和种仁蛋白质含量。

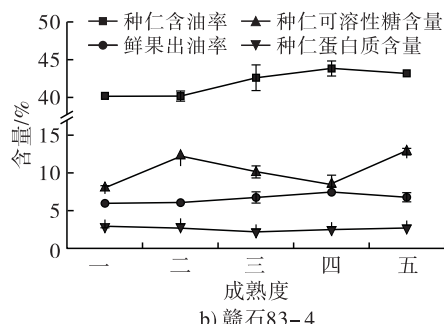
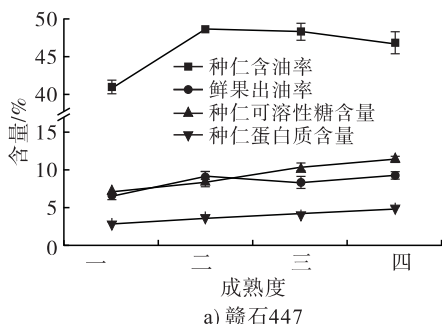


图2 油茶果实种仁含油率、鲜果出油率、种仁可溶性糖含量和种仁蛋白质含量的变化

由图2可知,不同品种的油茶果实品质随成熟度增加的变化规律不一致。赣石447的种仁含油率和鲜果出油率均在第二成熟度达到最大值,分别为

48.56%和9.14%;赣石83-4的种仁含油率和鲜果出油率的最大值均出现在第四成熟度,分别为44.16%和7.55%。糖类是油茶籽仁生长和代谢的

养料,与油脂合成有显著的相关性,而蛋白质与油脂合成的相关性较弱^[20-22]。赣石 447 的种仁可溶性糖含量随着成熟度的增加而增加,并且在第四成熟度时达到最大值(11.35%);赣石 83-4 的种仁中可溶性糖含量呈波动变化,在第五成熟度时达到最大值(13.05%)。2 个品种的油茶种仁蛋白质含量随成熟度的变化比较稳定,赣石 447 的种仁蛋白质含量维持在 3%~4%,赣石 83-4 的种仁蛋白质含量维持在 2%~3%。

2.3 不同成熟度油茶种仁油的脂肪酸组成及含量

不同成熟度油茶种仁油的脂肪酸组成及含量见表 1。由表 1 可知,油茶果实的成熟度影响油茶种仁油的脂肪酸组成及含量。2 个品种油茶种仁油的脂肪酸组成及含量均符合 GB/T 11765—2018《油茶籽油》中的规定。2 个品种油茶种仁油中饱和脂肪酸(SFA)主要由棕榈酸和硬脂酸组成,含量为 11%左右;不饱和脂肪酸(UFA)主要由单不饱和脂肪酸(MUFA)油酸、棕榈烯酸和顺-11-二十碳烯酸及多不饱和脂肪酸(PUFA)亚油酸和亚麻酸组成,含量高达 89%左右,这与王亚萍等^[21]对油茶脂肪酸组成的研究结果基本一致。油酸被誉为“安全脂肪酸”,其含量高低是评价油茶籽油质量的重要标志。

2 个品种油茶种仁油中油酸含量总体均随着成熟度增加而上升,均在最大成熟度时含量最高,且显著高于其他成熟度,与湘林油茶^[14]和香花油茶^[23]中油酸含量随成熟度增加变化趋势相同。随成熟度的增加,赣石 83-4 和赣石 447 的种仁油中棕榈酸与亚油酸含量均总体下降,与油酸的变化规律相反。2 个品种油茶种仁油中棕榈酸和亚油酸含量最低值基本都出现在最大成熟度,且亚油酸的变化幅度均较棕榈酸大。2 个品种油茶种仁油中硬脂酸含量随成熟度的增加变化幅度较小,赣石 83-4 的硬脂酸含量基本维持在 3.0%~3.6%,赣石 447 维持在 2.5%~3.0%。各成熟阶段 2 个品种油茶种仁油中亚麻酸、棕榈烯酸和顺-11-二十碳烯酸含量都低于 1%。

油茶种仁油中脂肪酸组成的变异较大,2 个品种的脂肪酸组成变异系数由大到小依次为 PUFA > SFA > MUFA > UFA。就变异系数而言,UFA 在成熟期比 SFA 稳定,这与常君^[24]、周文才^[25]等的研究结果一致。2 个品种油茶种仁油油酸与 MUFA 的变异系数相近,亚油酸与 PUFA 的变异系数相近。研究发现,MUFA 和 PUFA 的变异系数主要受各自主要成分油酸和亚油酸在各成熟度的差异影响^[26]。

表 1 不同成熟度油茶种仁油的脂肪酸组成及含量

脂肪酸	赣石 83-4							赣石 447					
	一	二	三	四	五	平均值	变异系数	一	二	三	四	平均值	变异系数
棕榈酸	7.64	7.45	7.90	7.41	7.27	7.53	3.23	8.74	8.69	8.64	8.03	8.53	3.90
硬脂酸	3.31	3.34	3.05	3.51	3.22	3.29	5.11	2.67	2.57	2.79	2.98	2.75	6.41
棕榈烯酸	0.09	0.09	0.10	0.10	0.09	0.09	5.80	0.10	0.08	0.08	0.07	0.08	15.25
油酸	82.50	82.77	81.97	83.27	83.70	82.84	0.81	79.80	80.43	80.66	82.27	80.82	1.30
亚油酸	5.70	5.50	6.12	4.87	4.88	5.41	10.02	7.92	7.43	6.81	5.92	7.02	12.29
亚麻酸	0.26	0.31	0.27	0.28	0.29	0.28	6.81	0.25	0.22	0.22	0.21	0.23	7.71
顺-11-二十碳烯酸	0.45	0.47	0.53	0.47	0.49	0.48	6.32	0.51	0.51	0.45	0.49	0.49	5.77
SFA	10.95	10.79	10.95	10.92	10.51	10.82	1.71	11.41	11.26	11.43	11.01	11.28	1.70
UFA	89.01	89.14	88.99	88.99	89.45	89.11	0.22	88.58	88.67	88.22	88.96	88.61	0.31
MUFA	83.01	83.33	82.60	83.83	84.28	83.41	0.81	80.41	81.02	81.19	82.83	81.36	1.31
PUFA	5.96	5.81	6.39	5.16	5.17	5.70	9.31	8.17	7.65	7.03	6.13	7.25	12.10

2.4 主成分分析油茶果实综合品质

对油茶果实的 13 个指标进行主成分分析,得到主成分个数及贡献率如表 2 所示。

由表 2 可知,前 3 个主成分(特征值 > 1)累积方差贡献率达到 81.01%,说明前 3 个主成分包含了所选油茶品质指标的大部分信息。不同指标对主

成分的贡献率通常是以主特征向量来反映^[27]。第 1 主成分的方差贡献率是 46.05%,包含了油酸、亚油酸、MUFA 和 PUFA 的信息,与油茶籽油品质有关;第 2 主成分的方差贡献率是 26.38%,主要包含种仁含油率、鲜果出油率的信息,与果实油脂含量有关;第 3 主成分的方差贡献率为 8.59%,包含了可

溶性糖的信息,与果实营养品质有关。

表2 主成分特征值及贡献率

性状	主成分1	主成分2	主成分3
载荷值			
单果质量	0.711	-0.620	0.066
鲜果出籽率	0.819	0.005	0.253
果实含水率	-0.169	0.721	0.336
干籽出仁率	-0.532	0.653	-0.075
鲜果出油率	-0.058	0.958	0.035
种仁含油率	-0.079	0.867	0.052
蛋白质	-0.696	0.473	-0.083
可溶性糖	0.582	0.154	-0.589
油酸	0.945	-0.188	-0.046
亚油酸	-0.957	0.179	0.069
UFA	0.199	0.229	0.748
MUFA	0.948	-0.192	-0.041
PUFA	-0.959	0.159	0.063
特征值	7.01	2.45	1.07
方差贡献率/%	46.05	26.38	8.59
累积贡献率/%	46.05	72.43	81.01

根据因子得分以及各主成分方差贡献率占累积方差贡献率的比例计算主成分得分,2个品种不同成熟度的油茶果实主成分得分和综合得分见表3。

由表3可知,2个品种不同成熟度油茶果实的综合品质得分排序为:赣石83-4,第五成熟度>第四成熟度>第二成熟度>第三成熟度>第一成熟度);赣石447,第四成熟度>第三成熟度>第二成熟度>第一成熟度。因此,选择第五成熟度为赣石83-4的最佳成熟度,第四成熟度为赣石447的最佳成熟度。有研究指出,通常采收较晚的油茶果实含油率以及油脂中不饱和脂肪酸比例高于采收早的果实^[28-29]。从3个主成分得分与综合得分的排序来看,2个品种的综合得分排序均与主成分1的得分排序基本一致,这反映出在油茶果实品质评价中,油茶籽油品质为主要因素,营养品质和表型性状的影响较小。将2个品种油茶的最佳成熟度得分进行排序,赣石83-4的综合得分高于赣石447。

表3 不同成熟度油茶果实的表型性状与品质的主成分得分

成熟度	赣石83-4				赣石447			
	主成分1	主成分2	主成分3	综合得分	主成分1	主成分2	主成分3	综合得分
一	0.08	-0.38	0.08	-0.22	-1.07	-0.23	0.05	-1.26
二	0.23	0.18	0.18	0.12	-0.58	0.32	0.02	-0.23
三	0.18	-0.20	0.04	0.02	-0.40	0.27	-0.04	-0.17
四	0.59	0.01	0.08	0.68	0.23	0.49	-0.04	0.68
五	0.74	-0.01	0.02	0.75				

3 结论

2个品种油茶果实的主要经济指标鲜果出油率和种仁含油率均随成熟度的增加呈现先升高后降低的趋势,赣石83-4在果皮开裂3条缝时含油率最高,赣石447在果皮开裂1条缝时最高,其鲜果出油率和种仁含油率分别为6%~10%和40%~49%。从各成熟度油茶籽油的品质来看,不同成熟度的油茶果实油脂中脂肪酸组成及含量均符合GB/T 11765—2018《油茶籽油》中的规定。随成熟度的提高,2种油茶种仁油中油酸的含量增加,棕榈酸和亚油酸的含量降低,SFA和UFA含量的变化幅度较小,分别为11%和89%左右。

对油茶果实表型性状、营养物质含量和主要脂肪酸组分等13个指标进行主成分分析,对油茶果实品质进行综合评价,得到赣石83-4和赣石447的最佳采收期分别在第五成熟度和第四成熟度。以最佳成熟度的得分对品种优良度排序,赣石83-4的品质优于赣石447。

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] SHI T, WU G, JIN Q, et al. Camellia oil authentication: a comparative analysis and recent analytical techniques developed for its assessment. A review [J]. Trends Food Sci Tech, 2020, 97(3): 88-99.
- [3] 龙伶俐, 薛雅琳, 张东, 等. 油茶籽油主要特征成分的研究分析 [J]. 中国油脂, 2012, 37(4): 78-81.
- [4] 林国荣. 油茶饼中茶皂素的分离及生物活性的研究 [J]. 中国粮油学报, 2016, 31(1): 76-79.
- [5] 赖鹏英, 肖志红, 李培旺, 等. 油茶资源利用及产业发展现状 [J]. 生物质化学工程, 2021, 55(1): 23-30.
- [6] 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: 3-4.
- [7] 卢斌, 姚文华, 卢世品, 等. “常德铁城一号”等油茶品种特性与采摘期研究 [J]. 湖南林业科技, 2012, 39(5): 68-71.
- [8] 王亚萍, 费学谦, 石晓丽, 等. 采收期和处理方法对油茶籽及其油脂营养物质积累的影响 [J]. 中国油脂, 2017,

- 42(4): 20–23.
- [9] 王亚萍, 费学谦, 王开良, 等. 油茶果采后处理方式对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2013, 38(9): 14–16.
- [10] 何超银, 梁琴, 吴鸿廷, 等. 近成熟期及采后晾晒的油茶种仁淀粉与油脂含量研究[J]. 经济林研究, 2019, 37(3): 168–172.
- [11] 梁文斌, 谭益民, 余祥威, 等. 催裂剂对油茶果采后生理效应与品质的影响[J]. 中南林业科技大学学报, 2010, 30(8): 72–77.
- [12] 郭钰东, 王佩璇, 周开兵, 等. 越南油茶果实各器官的生长和油脂含量变化动态分析[J]. 西南林业大学学报(自然科学版), 2020, 40(4): 175–179.
- [13] 梁文静, 肖萍, 崔萌, 等. 油茶果实和种子生长发育的动态[J]. 南昌大学学报(理科版), 2019, 43(1): 46–52.
- [14] 马力, 陈永忠, 钟海雁, 等. 油茶籽在成熟过程中化学成分积累动态[J]. 中南林业科技大学学报, 2019, 39(3): 47–50.
- [15] 黄佳聪, 万晓军, 杨开保. 腾冲红花油茶果实成熟度及堆沤处理对油产量及其品质的影响[J]. 林业科学, 2012, 25(5): 612–615.
- [16] 叶珊, 王为宇, 周敏樱, 等. 不同采收成熟度和堆沤方式对香榧种子堆沤后熟品质的影响[J]. 林业科学, 2017, 53(11): 43–51.
- [17] 杨倩雨, 郑浩, 李志强, 等. 油橄榄果实经济性状随成熟度的变化[J]. 中国油脂, 2022, 47(6): 109–116.
- [18] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [19] ZHANG F H, LI Z, ZHOU J Q, et al. Comparative study on fruit development and oil synthesis in two cultivars of *Camellia oleifera* [J]. BMC Plant Biol, 2021, 21: 5–16.
- [20] 张凌云, 王小艺, 曹一博. 油茶果实糖含量及代谢相关酶活性与油脂积累关系分析[J]. 北京林业大学学报, 2013, 35(4): 55–60.
- [21] 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.
- [22] SONG Q L, JI K, YUAN D Y, et al. Dynamics of sugars, endogenous hormones, and oil content during the development of *Camellia oleifera* fruit [J]. Botany, 2021, 99(8): 515–529.
- [23] 朱友飞, 王冬雪, 蔡娅, 等. 香花油茶不同时期果实油脂及组分含量差异[J]. 广西林业科学, 2018, 47(2): 209–211.
- [24] 常君, 任东华, 姚小华, 等. 41个薄壳山核桃品种果实营养成分与脂肪酸组成的比较分析[J]. 西南大学学报(自然科学版), 2021, 43(2): 20–30.
- [25] 周文才, 唐山, 左继林, 等. 油茶无性系脂肪酸组成及其与种实性状相关性[J]. 湖北林业科技, 2020, 49(1): 14–17.
- [26] KONG W, HAN R, LIU N, et al. Dynamic assessment of the fruit quality of olives cultivated in Longnan (China) during ripening [J]. Sci Hort, 2019, 253: 8–16.
- [27] LIU N, HAN R, HUO H, et al. Quality assessment of five mono-cultivar virgin olive oils produced in Longnan (China) from 2013–2017 [J]. J Oleo Sci, 2011, 70(3): 297–308.
- [28] 刘西苑. 油茶采摘时间对含油率与茶油品质的影响[J]. 林业与生态, 2020(8): 39.
- [29] 罗凡, 费学谦, 郭少海, 等. 油茶果采收及干燥方式对油茶籽油品质的影响[J]. 中国油脂, 2015, 40(11): 69–73.

(上接第 84 页)

- [8] 郝晓地, 刘然彬, 胡沅胜. 污水处理厂“碳中和”评价方法创建与案例分析[J]. 中国给水排水, 2014, 30(2): 1–7.
- [9] 孙慧, 王佳伟, 吕竹明, 等. 北京某大型城市污水处理厂节能降耗途径和效果分析[J]. 中国给水排水, 2019, 35(16): 31–34.
- [10] 安徽大平(经贸)有限公司. 植物油无水脱胶物理精炼技术[J]. 粮油加工, 2007(4): 21–22, 26.
- [11] STERMAN J, MOOMAW W, ROONEY-VARGA J N, et al. Does wood bioenergy help or harm the climate? [J]. B Atom Sci, 2022, 78(3): 128–138.
- [12] WANGEL K, SATYRO M A, TAYLOR R, et al. Thermal energy storage tank sizing for biomass boiler heating systems using process dynamic simulation [J]. Energy Buildings, 2018, 175: 199–207.
- [13] LAKSHMANAN S, YUNG Y L, KALAISELVAN P, et al. Lessons learnt from biomass-fueled power plant [J]. JOPEH, 2021, 12: 40–54.
- [14] RONI MOHAMMAD S, CHOWDHURY S, MAMUN S, et al. Biomass co-firing technology with policies, challenges, and opportunities: a global review [J]. Renew Sust Energy Rev, 2017, 78: 1089–1101.
- [15] RAMANATH T, FOO D C Y, TAN R R, et al. Integrated enterprise input-output and carbon emission pinch analysis for carbon intensity reduction in edible oil refinery [J/OL]. Chem Eng Resand Des, 2023(3): 045 [2023-03-31]. <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2023.03.045>.