

3 个杂交油橄榄品种实生后代果实性状的多样性分析

马 婷^{1,2}, 王 玺^{1,2}, 张艳丽^{1,2*}, 宁德鲁^{1,2*}

(1. 云南省林业和草原科学院 经济林木研究所, 云南 昆明 650201;

2. 高原木本油料种质创新与利用技术国家地方联合工程研究中心, 云南 昆明 650201)

摘 要:研究油橄榄杂交品种实生群体果实性状的变异, 筛选优良单株, 为油橄榄育种提供理论依据。以云杂 1 号、2 号和 3 号油橄榄杂交品种实生后代群体为材料, 对 23 份结果单株 18 个果实性状进行比较分析。结果表明, 杂交后代实生群体果实表型性状变异丰富, 果实性状多样性指数在 0.303~1.994, 且数量性状多样性指数大于描述性状, 平均值达 1.786, 平均变异系数为 22.20%; 相关性分析结果显示, 除果实成熟度指数外, 大多数果实性状间均有不同程度的显著相关性; 主成分分析提取了 6 个主成分, 累计贡献率达 81.236%, 将 18 个性状简化为 14 个性状; 通过聚类分析将 23 份种质分为 2 大类, 其中第Ⅱ类仅含 9 号种质, 果实极小、果质量轻、果肉率和含油率非常低, 可被排除; 第Ⅰ类中的第Ⅱ亚类含 4 号、10 号、16 号 3 份种质, 单果质量、果肉率最高, 可作为果用品种推荐材料; 第Ⅴ亚类包括 19 号和 22 号种质, 鲜果含油率>24%, 可作为油用品种推荐材料。

关键词:油橄榄; 杂交品种; 实生后代

中图分类号: S565.7

文献标志码: A

文章编号: 1001-7461(2022)06-0100-07

Fruit Character Diversity Analysis of Seedling Progeny from Three Hybrid Olive Varieties

MA Ting^{1,2}, WANG Xi^{1,2}, ZHANG Yan-li^{1,2*}, NING De-lu^{1,2*}

(1. Institute of Economic Forestry, Yunnan Academy of Forestry and Grassland, Kunming 650201, Yunnan, China;

2. National & Local Joint Engineering Research Center of Germplasm Innovation and Utilization of Woody Oil, Kunming 650201, Yunnan, China)

Abstract: In order to study the diversity of fruit characters in the seedling population of olive hybrid varieties, superior individual plants were screened out to provide theoretical basis for olive breeding. Taking the seedlings of the progeny population of olive hybrids "Yunza" No. 1, No. 2 and No. 3 as materials, 18 fruit characters of 23 plants were compared and analyzed. The results showed that the fruit phenotypic characters of the hybrid progeny varied greatly, the fruit character diversity index ranged from 0.303 to 1.994, and the quantitative character diversity index was greater than descriptive character, with the average value of 1.786 and average variation coefficient of 22.20%. The results of correlation analysis showed that there were significant correlations among most fruit traits except fruit maturity index. Six principal components were extracted by principal component analysis, with a cumulative contribution rate of 81.236%. The 23 accessions were divided into two categories, of which the second category contained only No. 9 germplasm, with extremely small fruit, light fruit weight, very low pulp rate and oil content, which could be excluded. The second subclass of Class I contained 3 germplasm resources, No. 4, No. 10 and No. 16, with the highest single fruit weight and pulp rate, which could be used as recommended materials for table olives. Subclass

收稿日期: 2021-11-03 修回日期: 2021-12-06

基金项目: 国家林业和草原局“948”项目(2014-4-23); 云南省科技惠民项目(2017RA012); 云南省“两类”人才培养项目(202005AD160018)。

第一作者: 马 婷, 硕士, 副研究员。研究方向: 经济林良种选育及栽培。E-mail: blueair-01@163.com

* 通信作者: 张艳丽, 硕士, 副研究员。研究方向: 经济林良种选育及栽培。E-mail: zhangyanli25@126.com

宁德鲁, 博士在读, 研究员。研究方向: 经济林良种选育及栽培。E-mail: ningdelu@163.com

V included No. 19 and No. 22, The oil content of fresh fruit was more than 24%, which could be used as recommended materials for oil varieties.

Key words: olive; hybrid variety; seedling progeny

油橄榄(*Olea europaea*)为木犀科(Oleaceae)木犀属(*Olea*)小乔木,油脂被誉为“液体黄金”,与油茶、油棕和椰子并称世界四大木本食用油料^[1]。油橄榄栽培历史悠久,种质资源丰富,世界上现有 2 000 多个油橄榄品种,其中主栽 320 种,我国自 20 世纪 60 年代引种至今保留有 157 种^[2]。近 60 a 的引种推广,油橄榄已在全国 9 个省得到发展,以甘肃、云南和四川规模最大,由于我国气候、环境条件与原产地不同,引进品种虽在初期能得到较好的生长和结果,但生命周期短、树体早衰、产量不稳定等情况在各产区频繁发生^[3-5]。除依靠品种选择和栽培管理提高适应性外,创制适宜我国气候和环境特点的油橄榄品种,已成为中国油橄榄产业发展的必然趋势^[6-7]。

杂交育种作为种质创新和新品种选育最有效的方法,在经济林果育种中得到广泛应用^[8-10]。西班牙、意大利和以色列等油橄榄原产国,均将杂交育种作为培育新品种的有效手段,通过种内杂交,现已选育出 Barnea、Askal、Fs-17、Sikitita、Arno 和 Moncitta 等新品种^[11-16];国内相关机构也开展了一些种内杂交试验,但仅发展到获得 F1 代种实或苗木,尚未选育出新的品种^[7,17]。为扩大遗传变异,国外有学者开展了栽培油橄榄与野生油橄榄的远缘杂交工作但并未选出优良单株或新品种^[18],国内云南省林业科学院以油橄榄品种‘佛奥’为母本,乡土树种尖叶木樨榄(*Olea cuspidata*)为父本选出云杂 1 号、云杂 2 号和云杂 3 号 3 个优良单株,其中云杂 3 号于 2014 年被定名为‘金叶佛樨榄’获云南省园艺植物新品种注册登记^[19-20],并通过 SSR 标记对其种间杂交真实性进行鉴定^[21]。

云杂系列油橄榄品种在多年的生产中表现出较好的适宜性,耐酸性土壤、根系发达,丰产、稳产性能好。但其果实较小,含油率和果肉率不高,因此亟须通过与大果、高含油率品种进一步杂交,选育出更优良的品种^[22]。人工杂交育种周期长、过程复杂、结果难以估测,从天然杂交后代中选取有目的性状的优良个体进行扩繁,可直接固定优良性状并缩短育种年限^[23]。因此,本研究以 3 个云杂油橄榄品种实生播种后代为研究对象,对其果实描述和数量性状进行综合分析,以期筛选出综合表现较好的个体,为我国油橄榄品种创制及利用研究提供基础材料和理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

云杂 1 号、2 号和 3 号种子采自云南省楚雄州永仁县糯达油橄榄种质资源圃,播种育苗 2 a 后从中挑选出发育良好、无病虫害且叶片形态逐步脱离幼化的苗木 80 株,2015 年 8 月定植于永仁县国有林场小尖山林区——云南省林业和草原科学院油橄榄中长期试验基地。种植地海拔 1 580 m,年均气温 17.5℃,无霜期 267 d,年平均降雨量 868.4 mm,土壤类型为黏壤土,pH5.8。栽植后进行中耕、除草、整形修剪、灌溉施肥等常规抚育管理。2020 年果实成熟期对其中 23 株正常结果的树体,采集果实进行相关性状测定。

1.2 测定指标

1.2.1 果实性状描述 根据云南省地方标准 DB53/T 542《油橄榄种质资源特性记载规范》对果形、对称形、果顶、果基、乳头、果粉、果面斑点、果核形状等性状进行描述^[24],描述型性状按标准分级赋值(表 1)。

表 1 描述性状及代码	
Table 1 Description characters and codes	
果实性状	描述性状及代码
果形	1:圆球形;2:椭圆形;3:卵形;4:细长形
对称形	1:完全对称;2:稍不对称;3:不对称
果顶	1:尖;2:圆
果基	1:截尾;2:圆
果顶有无乳头	0:无;1:有
果粉	0:无;1:零星白色果粉;2:大量白色果粉
果面斑点	0:无;1:<10%;2:10%~50%;3:>50%
果核形状	1:圆球形;2:短椭圆形;3:长椭圆形;4:卵形;5:倒卵形;6:纺锤形;7:圆锥形

1.2.2 果实表型性状测量 每份种质随机取 10 颗,使用游标卡尺分别测量纵横径;称重法测量单果质量,去除果肉后测量果核质量,再用游标卡尺测量果核纵、横径,并计算果肉率。

果肉率=(单果质量-果核质量)/(单果质量)×100%

1.2.3 果实成熟度指数 从果实样品中随机抽取 100 颗果实,根据油橄榄果实成熟时果皮和果肉的顏色变化,将油橄榄成熟度划分 8 类别^[25]。按照不同类别果实数量,计算出成熟度指数。

果实成熟度指数=∑(果实个数×成熟度类别)/100

1.2.4 果实含水量及含油率 含水量采用烘干称重法,干基含油率测定采用索氏抽提法,并根据含水量换算为鲜果含油率。

鲜果含油率=(100-含水量)×干基含油率/100%

1.3 统计分析

验数据采用 Microsoft Excel 2010 统计,并计算平均值、标准差、变异系数和 Shannon-Wiener 多样性指数^[26],将描述性状和数量性状数据 Z 得分标准化后^[27],利用 SPSS 24.0 软件进行 Pearson 相关性分析、主成分分析和聚类分析。

2 结果与分析

2.1 果实性状的多样性分析

2.1.1 描述性状多样性分析 23 株杂交品种实生后代果实的 8 个描述性状存在较为广泛的遗传变异。由表 2 可知,果面斑点和果核形状的多样性指

数>1,代表了 23 份种质多样性的主要差异;果核形状多样性指数最高,为 1.505,变异最为丰富;果基的多样性指数最小为 0.168,多样性不丰富。从频率分布来看,果形以椭圆形为主占 78%,其次是圆球形和卵形均占 9%,细长形最少占 4%;对称形状中完全对称最多占 78%,稍不对称占 22%;果顶和果基均以圆为主,分别占 87%和 96%;果顶大多无乳头占 91%,有乳头仅 9%;有无果粉分布相对均匀,无占 57%,有果粉占 43%;果面斑点以<10%居多,占 65%,其次是无果面斑点和果面斑点>50%,均占 13%,果面斑点在 10%~50%的有 9%;果核形状短椭圆形最多占 40%,其次是长椭圆形 26%,圆球形和卵形均占 13%,纺锤形和圆锥形较少均为 4%。因此,23 份种质的果实形态集中于完全对称的椭圆形果实,果顶、果基圆,果顶无乳头,果面无果粉、斑点少,果核短椭圆形。

表 2 描述性状的分布频率及多样性指数

Table 2 Frequency distribution and diversity of description characters

性状	表型级别分布频率								多样性指数
	0	1	2	3	4	5	6	7	
果形		0.09	0.78	0.09	0.04				0.756
对称形		0.78	0.22						0.527
果顶		0.13	0.87						0.386
果基		0.04	0.96						0.168
果顶有无乳头	0.91	0.09							0.303
果粉	0.57	0.43							0.683
果面斑点	0.13	0.65	0.09	0.13					1.027
果核形状		0.13	0.40	0.26	0.13	0.00	0.04	0.04	1.505

2.1.2 数量性状多样性分析 由表 3 可知,杂交品种实生后代果实 10 个数量性状存在不同程度的变异。果实数量性状的变异系数范围为 8.30%~37.34%,平均值为 22.20%。其中单果质量和鲜果含油率的变异系数最大,分别为 37.34%和 31.99%;果肉率和含水率的变异系数最小,分别为 8.30%和 10.70%。性状变异系数由大到小顺序为

单果质量>鲜果含油率>果核质量>成熟度指数>核横径>果纵径>核横径>果横径>含水率>果肉率。10 个数量性状中果肉率、含水率和鲜果含油率的遗传多样性指数最大,分别为 1.994、1.931 和 1.908,核纵径遗传多样性指数最小为 1.276。所有性状遗传多样性指数均>1,平均值 1.786,说明 23 份杂交品种实生后代果实的遗传差异较大。

表 3 数量性状差异性分析

Table 3 Difference analysis of quantitative traits

性状	最小值	最大值	平均值	标准差	变异系数(%)	多样性指数
果横径/mm	9.68	19.41	16.33	2.33	14.29	1.848
果纵径/mm	7.89	19.37	13.02	2.44	18.74	1.794
核横径/mm	6.82	15.27	12.28	1.98	16.16	1.836
核纵径/mm	5.89	15.26	7.24	1.91	26.45	1.276
单果质量/g	0.56	3.94	1.76	0.66	37.34	1.824
果核质量/g	0.17	0.82	0.39	0.12	31.29	1.791
果肉率(%)	63.37	86.76	76.69	6.36	8.30	1.994
成熟度指数	2.62	6.95	4.58	1.23	26.75	1.658
含水率(%)	44.30	73.16	57.94	6.20	10.70	1.931
鲜果含油率(%)	7.87	26.90	15.00	4.80	31.99	1.908
平均值					22.20	1.786

2.2 相关性分析

对 23 个实生后代果实的 18 个性状进行相关分析(表 4),结果表明,果形与果基极显著负相关,与果核形状极显著正相关,与对称形和核横径显著相关;对称形与果顶有无乳头、果核形状极显著正相关;果顶与果粉显著负相关;果基与果核形状极显著负相关;果横径与核横径、单果质量呈极显著正相关,与果纵径、果核质量和果肉率呈显著正相关;果纵径与核纵径、单果质量、果肉率呈极显著正相关,与果核重和鲜果含油率呈显著正相关;核横径与核

纵径显著负相关;核纵径和果核质量显著正相关,单果质量和果核质量、果肉率呈极显著正相关,含水率和含油率呈极显著负相关;成熟度与其余指标相关性不显著。

2.3 主成分分析

对 23 份杂交品种实生后代果实的 18 个表型性状进行主成分分析,并从中提取 6 个主成分,其特征值均>1,累计贡献率达 81.236%(表 5)。认为这 6 个主成分能够反映 18 个性状的绝大部分信息。第 1 主成分贡献率为 21.599%,特征向量值最大的是

表 4 果实性状相关性分析

Table 4 Correlation analysis of fruit characters																		
	果形	对称形	果顶	果基	果顶有无 乳头	果粉	果面 斑点	果核 形状	果横径	果纵径	核横径	核纵径	单果 质量	果核 质量	果肉率	成熟度 指数	含水率	鲜果含 油率
果形	1																	
对称形	0.464 *	1																
果顶	-0.164	0.204	1															
果基	-0.699 * *	-0.405	-0.083	1														
果顶有无乳头	0.219	0.586 * *	0.120	0.066	1													
果粉	-0.131	-0.250	-0.442 *	0.187	-0.271	1												
果面斑点	-0.039	-0.391	-0.054	0.312	-0.081	0.298	1											
果核形状	0.642 * *	0.591 * *	0.031	-0.623 * *	0.046	-0.111	-0.287	1										
果横径	0.356	0.409	-0.062	-0.039	0.307	0.157	-0.304	0.208	1									
果纵径	-0.113	-0.007	0.102	0.152	0.046	0.037	0.025	-0.196	0.484 *	1								
核横径	0.476 *	0.352	-0.049	-0.182	0.211	0.075	-0.234	0.341	0.734 * *	-0.136	1							
核纵径	-0.098	-0.245	0.016	0.068	-0.141	-0.164	0.366	-0.245	-0.091	0.711 * *	-0.479 *	1						
单果质量	-0.128	0.084	0.084	0.133	0.166	0.119	-0.247	-0.200	0.682 * *	0.870 * *	0.144	0.365	1					
果核质量	0.061	-0.215	-0.087	0.048	-0.095	-0.033	-0.010	-0.199	0.468 *	0.507 *	0.400	0.444 *	0.553 * *	1				
果肉率	-0.048	0.384	0.172	0.113	0.317	0.125	-0.228	0.093	0.477 *	0.573 * *	-0.073	0.013	0.598 * *	-0.245	1			
成熟度指数	-0.205	0.215	-0.243	0.194	0.190	0.250	-0.237	0.202	0.178	-0.060	0.140	-0.244	0.154	-0.129	0.161	1		
含水率	-0.039	0.182	0.176	-0.067	0.300	-0.029	-0.033	-0.074	-0.092	-0.294	-0.031	-0.284	-0.114	-0.354	0.069	0.092	1	
鲜果含油率	-0.125	-0.228	-0.191	0.112	-0.291	0.136	-0.090	-0.094	0.140	0.467 *	-0.192	0.275	0.291	0.151	0.313	-0.288	-0.732 * *	1

* 表示显著相关($P<0.05$), * * 表示极显著相关($P<0.01$)。

* 表示显著相关($P<0.05$), ** 表示极显著相关($P<0.01$)。

表 5 果实性状主成分分析

Table 5 Principal component analysis of fruit characters						
性状	主成分					
	1	2	3	4	5	6
果形	0.634	0.201	-0.570	-0.062	0.056	0.388
对称形	0.763	0.358	0.156	-0.237	-0.130	0.115
果顶	0.105	0.029	0.233	-0.667	0.155	-0.282
果基	-0.576	-0.039	0.538	0.288	0.141	-0.095
果顶有无乳头	0.434	0.274	0.460	-0.193	0.248	0.227
果粉	-0.214	0.032	0.087	0.730	-0.205	0.383
果面斑点	-0.427	-0.319	-0.075	0.029	0.268	0.672
果核形状	0.716	0.124	-0.347	-0.042	-0.346	0.110
果横径	0.274	0.866	0.008	0.287	0.165	0.003
果纵径	-0.487	0.806	0.055	-0.241	-0.019	0.167
核横径	0.557	0.389	-0.217	0.450	0.395	-0.177
核纵径	-0.630	0.274	-0.221	-0.441	0.131	0.324
单果质量	-0.265	0.885	0.227	-0.009	0.096	-0.041
果核质量	-0.313	0.541	-0.400	0.133	0.589	-0.183
果肉率	0.040	0.619	0.500	-0.154	-0.470	0.177
成熟度指数	0.231	0.112	0.472	0.490	-0.131	-0.042
含水率	0.374	-0.289	0.565	-0.121	0.318	0.199
鲜果含油率	-0.500	0.384	-0.329	0.015	-0.573	-0.151
特征值	3.888	3.695	2.250	1.995	1.584	1.211
方差贡献率(%)	21.599	20.527	12.499	11.085	8.801	6.725
累计方差贡献率(%)	21.599	42.126	54.625	65.710	74.511	81.236

对称形和果核形状,反映了果实和果核的形状特征;第2主成分贡献率为20.527%,特征向量绝对值最大的是果横径、果纵径、单果质量和果肉率,反映了果实的大小性状;第3主成分贡献率为12.499%,特征向量绝对值最大的是果形、果基和含水率,反映外观及水分特性;第5个主成分贡献率为8.801%,特征向量绝对值最大的是果核质量和鲜果含油率;第6个主成分贡献率为6.725%,特征向量绝对值最大的是果面斑点。综合分析,主成分分析将杂交品种实生后代果实的18个性状简化为14个性状,即:对称形、果核形状、果横径、果纵径、单果质量、果肉率、果形、果基、含水率、果核质量、鲜果含油率和果面斑点,可作为初步选择果实性状较优单株的最优指标。

2.4 聚类分析

对主成分分析结果中前6个主成分的14个性状,进行平方欧式距离聚类分析。在平均欧氏距离20处将23份种质分为I和II2类;第I类包括除第9号外的所有种质;第II类仅包含第9号种质。9号在果实描述性状方面与其他种质有类似,但其横纵径、单果质量均为所有果实中最小的,且果肉率、含油率也极低。在欧氏距离5处又将第I类又分成了5个亚类:第i类包括13号、14号、3号、11号、1号、18号、5号、17号和23号等9个种质,其共同特点为椭圆形果实、果顶圆、果基圆、果顶无乳头,果实横径、纵径、单果质量、果肉率、含水率和鲜果含油率中等;第ii类包括10号、16号和4号3份种质,其特点是果顶圆、果基圆,果实横纵径长,单果质量最大,果肉率最高;第iii类包括6号、7号、8号、15号和21号5份种质,均表现为果顶无乳头、低果肉率;第iv类含2号、12号和20号3个种质,为椭圆形果实、完全对称、果顶圆形、果基圆形、果顶无乳头、果核短椭圆形,果肉率和含水率较低,含油率中低;第v类包括19号和22号,最大特征是均为高含油率种质,鲜果含油率在24%以上。

3 结论与讨论

研究果实性状多样性及形态特征变异,能够为优良单株筛选、遗传改良和新品种选育提供重要支撑材料^[28-29]。本研究通过对油橄榄杂交品种23个实生后代的18个表型性状进行多样性分析,发现其性状存在广泛的遗传变异。其中,10个数量性状多样性指数均 >1 ,且平均值大于8个描述性状,说明数量性状较描述性状遗传多样性更为丰富。从10个数量性状变异程度来看,其变异系数最大的是单果重和鲜果含油率。在油橄榄良种选育过程中,单

果重和鲜果含油率均为选优的重要指标,可作为杂交品种实生后代区分依据并应用于实际生产中。

相关性分析表明,实生后代果实性状间存在显著或极显著的正相关,也存在着显著或极显著的负相关。比如,果形与果核形状,对称形与果顶有无乳头,果横径与核横径及单果质量,果纵径与核纵径、单果质量、果肉率,单果质量和果核质量、果肉率均呈极显著正相关;果基与果核形状,含水率和含油率呈极显著负相关;核横径与核纵径显著负相关,核纵径和果核质量显著正相关;而成熟度指数与其余指标均不相关,闫辉强等^[30]的研究表明油橄榄单果质量、水分含量及含油率等随成熟度的变化而变化,但因该试验仅研究同一种质某一成熟度,结果与前人有区别也是合理的。根据陈毅琼等^[31]的论点,可推测成熟度指数这一性状仅作为判断油橄榄最佳采收时间的指标,在品种选育过程中可能作用不大。

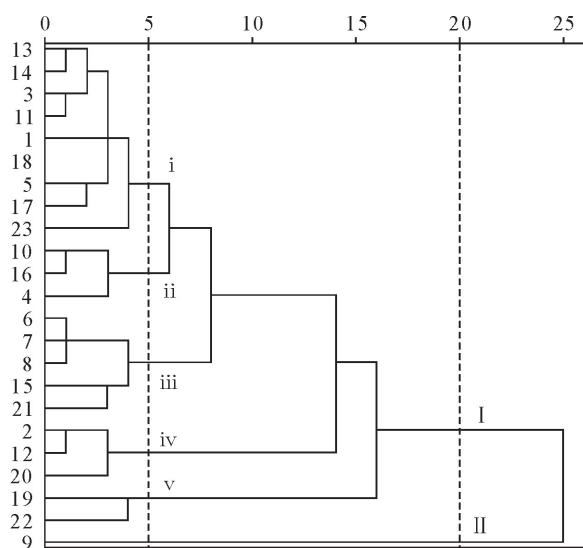


图1 23份油橄榄杂交品种实生后代果实性状的聚类树状图

Fig. 1 Clustering tree of fruit characters of progenies
23 olive hybrids

通过主成分分析,将杂交品种实生后代18个果实性状简化为14个,且能解释信息量占总信息量的81.236%,表明对称形、果核形状、果横径、果纵径、单果质量、果肉率、果形、果基、含水率、果核质量、鲜果含油率和果面斑点,可作为初步选择果实性状优异单株的最佳指标。通过对14个性状进行聚类分析,将23份种质分为2个大类和5个亚类,其中第II类仅包含第1份种质,其横纵径、单果质量、果肉率和含油率均低,基本可排除作为果用和油用品种的可能;第ii亚类包括10号、16号和4号3份种质,其特点是果顶圆、果基圆,果实横纵径长,单果质量最大,果肉率最高,后期应重点关注是否有作果用

品种的潜力;而第Ⅴ亚类包括19号和22号,最大特征是均为高含油率种质,鲜果含油率在24%以上,可重点关注能否作为油用品种发展。

总体而言,杂交品种实生后代果实性状呈现出广泛的变异。云杂1号、2号和3号果实较小,单果质量仅1.5 g,果肉率不足70%,果实含油率16%,而实生后代群体中4号种质平均单果质量3.94 g,果肉率86.76%,已达到果用品种的标准,可作为备选的果用种质继续观测;19号种质和22号种质,鲜果含油率分别为26.90%和24.02%,果实大小1.76 g和2.31 g,均高于云杂1号、2号和3号,可作为备选油用种质继续观测。这些变异的发生,可能和3个云杂品种在种质资源圃中与高含油率、大果等品种自然授粉有关。相关结果为筛选优良单株提供了重要数据,但该试验着重从果实性状方面分析油橄榄种质的多样性,尚未涉及产量、油质等问题,相关研究有待不断深入。

参考文献:

- [1] 宁德鲁,杨卫明. 油橄榄良种选育与栽培[M]. 昆明:云南科技出版社,2013.
- [2] 邓煜. 中国油橄榄产业创新驱动发展的现状、趋势和对策[J]. 经济林研究,2018,36(2):1-6.
DENG Y. The status quo and trends of China olive industry innovation-driven development and relevant countermeasures [J]. Nonwood Forest Research, 2018, 36(2): 1-6. (in Chinese)
- [3] 贺善安,顾姻. 油橄榄驯化育种[M]. 南京:江苏科学技术出版社,1984.
- [4] 朱申龙,傅庆林. 浙江省油橄榄产业现状与发展对策[J]. 浙江农业科学,2016,57(9):1361-1364.
- [5] 赵梦炯,吴文俊,马超,等. 陇南地区土壤水分及气象因子对油橄榄树干液流的响应特征[J]. 西北林学院学报,2020,35(5):104-109.
ZHAO M J, WU W J, MA C, et al. Influence of soil moisture and meteorological factors on stem sap flow of olive in Southern Gansu [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2020, 35(5): 104-109. (in Chinese)
- [6] 叶孝仪,杨卫明,张植中. 尖叶木樨榄嫁接油橄榄的效果调查[J]. 林业科技通讯,1981(3):12-15
- [7] 李金花,张晓艳,李娜,等. 油橄榄杂交子代生长与生理性状变异研究[J]. 西南林业大学学报:自然科学,2019,39(3):10-17.
LI J H, ZHANG X Y, LI N, et al. Variation of growth and physiological traits of hybrid progeny of *Olea europaea* [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2019, 39(3): 10-17. (in Chinese)
- [8] 高华,赵政阳,王雷存,等. 苹果新品种‘瑞雪’的选育[J]. 果树学报,2016,33(3):374-377.
GAO H, ZHAO Z Y, WANG L C, et al. Breeding report of a new apple cultivar ‘Ruixue’ [J]. Journal of Fruit Science, 2016, 33(3): 374-377. (in Chinese)
- [9] 牛良,鲁振华,崔国朝,等. 早熟油桃新品种‘中油13号’的选育[J]. 果树学报,2017,34(4):519-521.
NIU L, LU Z H, CUI G C, et al. ‘CN 13’, an early ripening nectarine cultivar [J]. Journal of Fruit Science, 2017, 34(4): 519-521. (in Chinese)
- [10] 章平生,江锡兵,徐阳,等. 栗属杂交F1代生长与枝条性状遗传变异及杂种优势分析[J]. 西北植物学报,2020,40(9):1582-1594.
ZHANG P S, JIANG X B, XU Y, et al. Genetic variation and heterosis analysis of growth and shoot traits in F1 progeny of Chestnut Hybrid [J]. Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin., 2020, 40(9): 1582-1594. (in Chinese)
- [11] MORAL J, ROSA R, LEÓN L, et al. High susceptibility of olive cultivar FS-17 to *Alternaria alternata* in Southern Spain [J]. Plant Disease, 2008, 92(8): 1252-1252.
- [12] BELLINI E, GIORDANI E, PARLATI M V. Three new olive cultivars obtained by cross-breeding [J]. Acta Horticulturae, 2002, 586: 221-223.
- [13] RALLOL, ROSA R, LEON L, et al. ‘Chiquitita’, a new olive cultivar for high-density hedgerow orchards [J]. Hort Science: a Publication of the American Society for Horticultural Science, 2007, 42(4): 895-895.
- [14] LAVÉE S, AVIDAN B, MENI Y. Askal, a new high-performing oil variety for intensive and super-intensive olive orchards [J]. Olivae, 2003, 97: 53-59.
- [15] BELLINI E, GIORDANI E, PARLATI M V, et al. Olive genetic improvement: thirty years of research [J]. Acta Horticulturae, 2002, 586: 105-108.
- [16] ROCA M, LEON L, ROSA L D. Pigment metabolism of ‘Sikitita’ olive (*Olea europaea* L.): a new cultivar obtained by cross-breeding [J]. Journal of Agricultural & Food Chemistry, 2011, 59(5): 2049-2055.
- [17] 王楠楠,李金花,王长海,等. 基于SSR标记的父本分析研究油橄榄品种间的亲和性[J]. 林业科学研究,2017,30(4):640-647.
WANG N N, LI J H, WANG C H, et al. Paternity analysis using microsatellite markers to identify the pollen donors of olive open-pollinated offsprings [J]. Forest Research, 2017, 30(4): 640-647. (in Chinese)
- [18] TOUMI A, KLEPO T, BELAJ DE LA, et al. Agronomic evaluation of seedlings from crosses between the main spanish olive cultivar ‘picual’ and two wild olive trees [J]. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2014, 89: 508-512.
- [19] 马婷,宁德鲁,杨卫明,等. 油橄榄新品种金叶佛樨榄的选育[J]. 中国果树,2014(6):3-4.
- [20] 马婷,徐田,宁德鲁,等. 油橄榄新品种“金叶佛樨榄”与其父母本生长与形态的比较研究[J]. 南方园艺,2015,26(4):1-3.
MA T, XU T, NING D L, et al. Comparative study on the growth and morphology of new olive varieties ‘Jinyefoxilan’ and its parents [J]. Southern Horticulture, 2015, 26(4): 1-3. (in Chinese)
- [21] 潘莉,李勇杰,马婷,等. 油橄榄×尖叶木樨榄种间杂交种真实性的SSR鉴定[J]. 分子植物育种,2019,17(7):2279-2284.
PAN L, LI Y J, MA T, et al. SSR identification of authenticity of interspecific hybrids between *Olea europaea* × *cuspidata* [J]. Molecular Plant Breeding, 2019, 17(7): 2279-2284. (in Chinese)

- Chinese)
- [22] 徐田,王洋,马婷,等. 油橄榄杂交种实特性初步研究[J]. 西部林业科学, 2020, 49(4): 130-135.
- XU T, WANG Y, MA T, *et al.* Preliminary study on the characteristics of hybrid seeds of *Olea europaea* L. [J]. Journal of West China Forestry Science, 2020, 49(4): 130-135. (in Chinese)
- [23] ARNOLD M L. Natural hybridization as an evolutionary process [J]. Annual Review of Ecology & Systematics, 1992, 23: 237-261.
- [24] 马婷,宁德鲁,张艳丽,等. 油橄榄种质资源特性记载规范: DB53/T 542-2013[S]. 昆明: 云南省质量技术监督局, 2013: 1-10.
- [25] 陈海云,耿树香,宁德鲁,等. 不同品种及成熟度油橄榄中脂肪酸的检测分析[J]. 广东农业科学, 2012, 39(24): 111-113, 117.
- CHEN H Y, GENG S X, NING D L, *et al.* Detection and analysis of major fatty acids in olive oil of different olive varieties and different mature degree [J]. Guangdong Agricultural Sciences, 2012, 39(24): 111-113, 117. (in Chinese)
- [26] 陈莉,黄先寒,兰国玉,等. 中国橡胶林下植物物种组成与多样性分析[J]. 西北林学院学报, 2019, 34(2): 76-83.
- CHEN L, HUANG X H, LAN G Y, *et al.* Undergrowth plant species composition and diversity of rubber plantations in China [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2019, 34(2): 76-83. (in Chinese)
- [27] 杨义,羊倩,郜文慧,等. 72 个鸢尾品种表型性状多样性分析[J]. 安徽农业大学学报, 2020, 47(4): 599-605.
- YANG Y, YANG Q, GAO W H, *et al.* Morphological diversity analysis of 72 *Iris* cultivars [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2020, 47(4): 599-605.
- [28] 朱亚艳,任世超,徐嘉娟,等. 顶坛花椒结实性状表型多样性分析[J]. 西北林学院学报, 2016, 31(6): 140-145.
- ZHU Y Y, REN S C, XU J J, *et al.* Phenotypic diversity of fruit bearing characters in *Zanthoxylum planispinum* var. *dingtanensis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2016, 31(6): 140-145. (in Chinese)
- [29] 张罡,崔建国,邸爽,等. 不同品种杂交榛果实表型性状的变异研究[J]. 西北林学院学报, 2010, 25(6): 75-78.
- ZHANG G, CUI J G, QIU S, *et al.* Variations of phenotypic characteristics of fruits of different hybrid hazelnut varieties [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2010, 25(6): 75-78. (in Chinese)
- [30] 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.
- YAN H Q, HOU C J, MA J Y, *et al.* Phenotypic character and fatty acid composition and content of olive fruit in different varieties and maturity [J]. China Oils and Fats, 2019, 44(4): 105-111. (in Chinese)
- [31] 陈毅琼,刘玉林,杨途熙,等. 杏 16 个主要农艺性状的多元统计分析[J]. 西北林学院学报, 2015, 30(5): 151-156.
- CHEN Y Q, LIU Y L, YANG T X, *et al.* Multivariate statistical analysis for sixteen main agronomic traits of apricots [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2015, 30(5): 151-156. (in Chinese)

(上接第 9 页)

- [18] 陶冶,张元明. 准噶尔荒漠 6 种类短命植物生物量分配与异速生长关系[J]. 草业学报, 2014, 23(2): 38-48.
- TAO Y, ZHANG Y M. Biomass allocation patterns and allometric relationships of six ephemeroïd species in Junggar Basin, China [J]. Acta Pratacul Turae Sinica, 2014, 23(2): 38-48. (in Chinese)
- [19] JACKSON R B, CANADELL J, EHLERINGER J R, *et al.* A global analysis of root distributions for terrestrial biomes [J]. Oecologia, 1996, 108: 389-411.
- [20] TITLYANOVA A A, ROMANOVA I P, KOSYKH N P, *et al.* Patterns and process in aboveground and below-ground components of grassland ecosystems [J]. Journal of Vegetation Science, 1999, 10: 307-320.
- [21] HUI D F, JACKSON R B. Geographical and interannual variability in biomass partitioning in grassland ecosystems: a synthesis of field data [J]. New Phytologist, 2005, 169(1): 85-93.
- [22] MOKANY K, RAISON R J, PROKUSHKIN A S. Critical analysis of root: shoot ratios in terrestrial biomes [J]. Global Change Biology, 2006, 11: 1-13.
- [23] PIAO S, FANG J, CIAIS P, *et al.* The carbon balance of terrestrial ecosystems in China [J]. China Basic Science, 2010, 458(7241): 1009-1013.
- [24] 黎英华,姚云峰,秦富仓,等. 不同类型土壤的有机碳密度特征[J]. 干旱区研究, 2016, 33(3): 455-460.
- LI Y H, YAO Y F, QIN F C, *et al.* Distribution of different types of soil organic carbon density [J]. Arid Zone Research, 2016, 33(3): 455-460. (in Chinese)
- [25] YANG Y H, FANG J Y, JI C G, *et al.* Above-and below-ground biomass allocation in Tibetan grasslands [J]. Journal of Vegetation Science, 2009, 20(1): 177-184.
- [26] 马安娜,于贵瑞,何念鹏,等. 中国草地植被地上和地下生物量的关系分析[J]. 第四纪研究, 2014, 34(4): 769-776.
- MA A N, YU G R, HE N P, *et al.* Above-and below-ground biomass relationships in China's grassland vegetation [J]. Quaternary Sciences, 2014, 34(4): 769-776. (in Chinese)
- [27] YANG Y, FANG J, MA W, *et al.* Large-scale pattern of biomass partitioning across China's grasslands [J]. Global Ecology & Biogeography, 2010, 19(2): 268-277.
- [28] GAO T, XU B, YANG X X, *et al.* The aboveground biomass of desert steppe and its spatiotemporal variation in Western Inner Mongolia [J]. Sciences in Cold & Arid Regions, 2013, (3): 85-92.
- [29] 秦海龙,贾重建,卢瑛,等. 广东罗浮山土壤有机碳储量与组分垂直分布特征[J]. 西南林业大学学报, 2018, 38(3): 108-115.
- QIN H L, JIA C J, LU Y, *et al.* The Vertical distribution characteristics of soil organic carbon stocks and fractions in Luofu Mountain of Guangdong [J]. Journal of Southwest Forestry University, 2018, 38(3): 108-115. (in Chinese)