

榧树种实特大型品种(系)种实性状比较研究

陈红星¹, 曹兆平¹, 黄银德², 曹文旺¹, 杨俊鹏², 陈素贞¹

(1. 磐安县自然资源和规划局, 浙江 磐安 322300; 2. 磐安县绿缘农林技术服务有限公司, 浙江 磐安 322300)

摘要:为挖掘利用野生榧树 *Torreya grandis* 中种实大小为特大型的种质资源, 开展新品种和良种选育, 以在浙江省磐安县发现的‘磐大榧’(*T. grandis* ‘Pandafei’) ‘玉山果榧’(*T. grandis* ‘Yushangguoifei’) ‘磐东榧’ ‘窈川大榧’ ‘大圆榧’ (前2个已获得国家林草局植物新品种授权, 后3个为尚未认定的品系, 其名称为暂定名) 5个种实特大型品种(系)为研究对象, 以‘细榧’ *T. grandis* ‘Xifei’为对照, 对不同品种(系)的种实样品, 调查测定种实质量、大小等数量性状指标及种仁脂肪、蛋白质、可溶性糖含量等营养品质指标, 并对其进行比较研究。结果表明, 榧树种实特大型种质资源丰富, 既有种实形状为长椭圆形的中熟、2眼‘磐东榧’, 中熟、多眼‘玉山果榧’, 晚熟、2眼‘窈川大榧’, 晚熟、多眼‘磐大榧’; 也有种实形状为圆形、晚熟、2眼的‘大圆榧’。这5个品种(系)及对照种实的鲜单实质量、鲜单核质量、鲜出核率等16个数量性状指标间均存在极显著差异($P<0.01$)。在种实的各性状特征中, 5个品种(系)的鲜单实质量、鲜单核质量均明显比对照的大, 分别为对照的2.0~2.3倍、1.7~2.2倍; 除‘大圆榧’的种形指数和核形指数明显比对照的小, 其余4个长椭圆形的品种(系)的与对照的相近; ‘玉山果榧’ ‘磐大榧’和‘大圆榧’的种实鲜出核率均>30%, 与对照的一样, 属中等级, ‘磐东榧’ ‘窈川大榧’的种实鲜出核率均<30%, 属低等级; ‘磐大榧’的干核出仁率为67.03%, 与对照的一样, 属高等级, 其余4个品种(系)的均<60%, 属低等级。在种实性状变异方面, 在全部所观测的16个种实性状中, ‘磐大榧’的种实有12个性状的变异系数为最小, ‘玉山果榧’的种实有9个性状的变异系数为最大, ‘大圆榧’的种实有5个性状的变异系数为最大。研究表明, ‘磐大榧’的种实性状的均匀度最高, 综合性状特征最好; ‘磐东榧’的种仁脂肪含量最高, 品质最好, 种仁品质较好的是‘窈川大榧’ ‘玉山果榧’和‘磐大榧’, ‘大圆榧’的种仁脂肪含量最低、品质最差。

关键词: 榧树; 种实特大型; 品种(系); 种实性状

中图分类号: S791.53 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2021)04-0001-09

Comparison on Extra Large Seed Traits of Cultivars and Strains of *Torreya grandis*

CHEN Hong-xing¹, CAO Zhao-ping¹, HUANG Yin-de², CAO Wen-wang¹, YANG Jun-peng², CHEN Su-zhen¹

(1. Pan'an Natural Resources and Planning Bureau of Zhejiang, Pan'an 322300, China; 2. Pan'an Luyuan Agro-forestry Service Limited Company of Zhejiang, Pan'an 322300, China)

Abstract: In September of 2017, 2019 and 2020, fresh seeds were collected from extra large seed of *Torreya grandis* ‘Pandafei’, ‘Yushangguoifei’, ‘Pandongfei’, ‘Yaochuandafei’, ‘Dayuanfei’ in Pan'an county, Zhejiang province. Determinations were carried out on 16 seed quantitative traits such as mass, size, etc., and content of oil, protein, soluble sugar, fatty acid composition of kernel, taking *T. grandis* ‘Xifei’ as control. The results demonstrated that seed morphology were different, long oval seed such as ‘Pandongfei’ with mid-maturation and 2 eyes, ‘Yushangguoifei’ with

收稿日期: 2021-03-14; 修回日期: 2021-06-16

基金项目: 磐安县科技计划项目(202004)

作者简介: 陈红星, 高级工程师, 从事基层林业和香榧良种选育工作; E-mail: pachx@163.com。通信作者: 陈素贞, 工程师, 从事基层林业工作; E-mail: 569140307@qq.com。

mid-maturation and more eyes, ‘Yaochuandafei’ with late-maturation and 2 eyes, ‘Pandafei’ with late-maturation and more eyes. There were round seeds such as ‘Dayuanfei’ with late-maturation and 2 eyes. It had extremely evident differences of 16 seed traits among tested cultivars and control. Single fresh seed mass, single fresh nut mass of tested fine cultivars was 2-2.3 and 1.7-2.2 times larger than that of control. The mean shape index of seed and nut of ‘Dayuanfei’ was significantly smaller than that of control. Fruit-fresh seed ratio of ‘Yushangguofei’, ‘Pandafei’ and ‘Dayuanfei’ was larger than 30%, middle level as that of control, while ‘Pandongfei’, ‘Yaochuandafei’ was less than 30%, low level. Kernel-fruit ratio of ‘Pandafei’ was 67.03%, high level as that of control, the left 4 cultivars were less than 60%, low level. ‘Pandafei’ had 12 lowest coefficient of variation among total of 16 ones, while ‘Yushangguofei’ had 9 traits with maximum coefficient of variation, ‘Dayuanfei’ had 5 traits with maximum coefficient of variation. Comprehensive comparison on seed traits and kernel qualities concluded that ‘Pandafei’ had the highest uniformity in seed traits, ‘Pandongfei’ had the highest fat content of kernel.

Key words: *Torreya grandis*; extra large seed; cultivar and strain; seed trait

榧树 *Torreya grandis* 属红豆杉科 Taxaceae 榧树属 *Torreya* 植物, 其中, 人工栽培的香榧 *T. grandis* ‘Merrillii’ 是榧树的优良品种的统称^[1], 是我国特有的珍贵经济树种, 其榧子是著名的干果。榧树在中国境内分布广泛, 野生资源遍及浙江、安徽、福建、江西、江苏、湖南、湖北和贵州等省, 其中, 以浙江和安徽两省的自然分布较为集中^[2]。野生榧树由于起源实生, 不同植株间的种实、种核形态、种子大小变异很大, 种仁品质差异也很大, 因此, 从野生榧树资源中进一步选育出更多品质优良的新品种和良种, 可能性很大。

当前, 在野生榧树资源挖掘利用研究上, 浙江省已选育出了‘珍珠榧’(*T. grandis* ‘Zhenzhufei’ ‘朱岩榧’ (*T. grandis* ‘Zhuyanfei’)) 等良种^[3]和新品种‘玉山鱼榧’ *T. grandis* ‘Yushanyufei’^[4], 但总体来说, 还有很多优质资源未被挖掘利用。浙江省磐安县是“中国香榧之乡”, 香榧栽培历史悠久、资源丰富, 全县仅香榧和野生榧树古树就保存有 3 700 多株, 由于长期的自然杂交和演变, 性状变异复杂多样, 种质资源非常丰富^[5]。经调查, 在磐安县野生榧树资源中, 其中有一些植株的种实为特大型, 其单个种实的平均鲜质量是当前栽培最广泛的香榧良种‘细榧’ *T. grandis* ‘Xifei’ 的 2 倍或 2 倍多, 而且在种实形状、成熟期、种核榧眼数等方面与‘细榧’也有差别。为了挖掘利用这类种质资源, 本文对目前已发现的‘磐大榧’(*T. grandis* ‘Pandafei’)) ‘玉山果榧’ (*T. grandis* ‘Yushangguofei’)) ‘磐东榧’ ‘窠川大榧’ ‘大圆榧’这 5 个种实特大型品种(系)(前 2 个已获得国家林草局植物新品种授权, 后 3 个为尚未认定的品系, 其名称为暂定名, 其中‘大圆榧’是指榧树大圆榧类型中在磐安县发现的一个单株无性系)的种实性状进行了比较研究, 以便为下一步的开发利用和新品种、良种选育提供参考。

1 材料与方法

1.1 材料采集

调查种实样品采自磐安县安文街道、尚湖镇、窠川乡、玉山镇等香榧主产地, 共采集了‘磐大榧’‘玉山果榧’‘磐东榧’‘窠川大榧’‘大圆榧’5 个种实特大型榧树品种(系)和对照(‘细榧’)的种实样品。各样品产地的地理因子见表 1。采样方法为: 于每个品种(系)和对照种实成熟期, 从母株或子代或两者随机抽取采摘的 1.5 kg 成熟鲜种实作为样品, 其中, 随机取 30 个鲜种实用于种实质量、大小等指标测定, 其余样品用于种仁脂肪、蛋白质、可溶性糖含量等营养品质指标测定(样株年龄古树均为 300 a 以上, 子代结实幼树为 10~15 a)^[6]。

表 1 各榧树品种(系)种实样品产地的地理因素
Table 1 Geographical factors of samples

品种(系)	产地	经度/E	纬度/N	海拔/m	样株数/株	样品数/个	取样时间/(年.月)
‘磐大榧’	磐安县尚湖镇板榧村	120°38′05″	29°06′39″	483	1	30	2019.09
‘玉山果榧’	磐安县尚湖镇黄林坑村	120°36′16″	29°07′42″	530	2	60	2017.09
‘大圆榧’	磐安县尚湖镇岭干村	120°39′09″	29°05′20″	593	1	30	2019.09
‘磐东榧’	磐安县安文街道东川村	120°30′30″	29°04′08″	363	1	30	2019.09
‘窠川大榧’	磐安县窠川乡依山下村	120°33′18″	29°04′20″	335	1	30	2020.09
对照	磐安县玉山镇黄里村	120°36′49″	29°13′33″	483	1	30	2019.09

1.2 测定指标与测定方法

测定指标包含 5 个榧树品种（系）种实的 16 个数量性状指标和 4 个营养品质指标，数量性状指标包括种实鲜单实质量、种实纵径、种实横径、种形指数（种实纵径/种实横径）、鲜单核质量、种核纵径、种核横径、核形指数（种核纵径/种核横径）、干单实质量、干单核质量、干单仁质量、鲜出核率、干出核率、干核出仁率、假种皮厚和核壳厚；营养品质指标包括种仁脂肪、蛋白质、可溶性糖含量和油脂脂肪酸组成，合计测定 20 个指标。

种实纵径、种实横径、种核纵径、种核横径、假种皮厚、核壳厚用精度为 0.02 mm 的游标卡尺（上海恒胜工具有限公司）测定，种实横径、种核横径均测量种实（核）中部横断面的直径作为横径，假种皮厚、核壳厚均测量种实（核）中部假种皮、核壳的厚度；种实、种核、种仁单个质量用电子天平（杭州友恒稳重设备有限公司，型号 30001）测定；种实、种核、种仁干质量测定，先将样品置于烘箱（天津市赛得利斯实验分析仪器制造厂，101-2AB 电热鼓风干燥箱）80℃烘干至恒质量（17 ~ 18 h），冷却后测定；种仁品质指标委托国家林业和草原局经济林产品质量检验检测中心（杭州）测定：脂肪含量依据 GB 5009.6—2016《食品安全国家标准食品中脂肪的测定》测定，蛋白质含量依据 GB 5009.5—2016《食品安全国家标准食品中蛋白质的测定》，可溶性糖含量依据 NY/T 1278—2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定铜还原碘量法》测定，脂肪酸组成依据 GB/T 17376—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯制备》、GB/T 17377—2008《动植物油脂脂肪酸甲酯的气相色谱分析》测定。

1.3 数据处理

数据处理用 Microsoft Excel 汇总，用 SPSS22 软件进行方差分析、多重比较（采用 Scheffe 法），Pearson 相关性分析^[7-8]。

2 结果与分析

2.1 不同榧树品种（系）种实的主要区别性状

5 个榧树品种（系）种实性状的主要区别性状见表 2，成熟鲜种实形状见图 1。‘磐大榧’‘玉山果榧’‘磐东榧’‘窈川大榧’的种实形状均为长椭圆形，但‘磐大榧’为种核多眼、晚熟品种，‘玉山果榧’为种核多眼、中熟品种，‘磐东榧’为种核 2 眼、中熟品系，‘窈川大榧’为种核 2 眼、晚熟品系；‘大圆榧’种实形状为圆球形，与其余 4 者的种实形状明显不同，为种核 2 眼、晚熟品系。

表 2 不同榧树品种（系）种实主要性状比较
Table 2 Comparison on main seed traits of 5 cultivars (strains) and control

名称	种实形状	种核眼数/只	成熟期	备注
‘磐大榧’	长椭圆形	2 ~ 5	9 月下旬	多眼率 39.7%
‘玉山果榧’	长椭圆形	2 ~ 5	9 月上旬	多眼率 41.9%
‘大圆榧’	圆球形	2	9 月下旬	
‘磐东榧’	长椭圆形	2	9 月上旬	
‘窈川大榧’	长椭圆形	2	9 月下旬	
对照	卵球形	2	9 月上旬	



图 1 5 个榧树品种（系）及对照成熟鲜种实对比照片
Figure 1 Comparison of fresh seeds of 5cultivars(strains) and control

2.2 不同榧树品种（系）的种实性状比较分析

对‘磐大榧’等 5 个种实特大型榧树品种（系）及对照间进行种实各性状单因素方差分析，结果见表 3。

表 3 不同榧树品种（系）及对照间种实性状的方差分析
Table 3 ANOVA on seed traits among 5 cultivars(strains) and control

变因	df	鲜单实质量			鲜单核质量			鲜出核率		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
品种（系）间	5	2 897.962	579.592	105.746**	236.605	47.321	90.256**	761.949	152.390	21.865**
品种（系）内	204	1 118.122	5.481		106.957	0.524		1 421.770	6.969	
总的	209	4 016.084			343.563			2 183.720		

变因	df	种实纵径			种实横径			种形指数		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
品种（系）间	5	25.620	5.124	120.401**	17.004	3.401	97.064**	4.721	0.944	50.175**
品种（系）内	204	8.682	0.043		7.147	0.035		3.839	0.019	
总的	209	34.302			24.151			8.560		

变因	df	种核纵径			种核横径			核形指数		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
品种（系）间	5	25.700	5.140	118.341**	7.333	1.467	112.505**	18.295	3.659	185.417**
品种（系）内	204	8.861	0.043		2.659	0.013		4.026	0.020	
总的	209	34.561			9.992			22.321		

变因	df	干单实质量			干单核质量			干出核率		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
品种（系）间	5	212.646	42.529	101.982**	79.366	15.873	82.969**	1218.609	243.722	34.233**
品种（系）内	204	85.073	0.417		39.028	0.191		1452.384	7.120	
总的	209	297.720			118.394			2670.992		

变因	df	干单仁质量			干核出仁率			假种皮厚		
		SS	MS	F	SS	MS	F	SS	MS	F
品种（系）间	5	29.783	5.957	64.518**	4 137.217	827.443	53.091**	0.562	0.112	36.114**
品种（系）内	204	18.834	0.092		3 179.445	15.586		0.635	0.003	
总的	209	48.617			7 316.661			1.197		

变因	df	种核壳厚								
		SS	MS	F						
品种（系）间	5	0.045	0.009	45.249**						
品种（系）内	204	0.041	0							
总的	209	0.086								

注：表中 df、SS、MS、F 分别代表自由度、离差平方和、均方、均方比，**表示在 0.01 水平上差异极显著。

从表 3 中可以看出，这 5 个榧树品种（系）及对照间种实的鲜单实质量、鲜单核质量、鲜出核率、种实纵径、种实横径、种形指数、种核纵径、种核横径、核形指数、干单实质量、干单核质量、干单仁质量、干出核率、干核出仁率、假种皮厚、核壳厚这 16 个主要数量性状指标均存在极显著的差异（ $P<0.01$ ），品种（系）内的差异不显著。这说明 5 个品种（系）及对照间种实性状的差别还是很显著的。

2.2.1 单个种实和种核鲜质量比较分析 从表 4 可知，对于鲜单实质量（均值），5 个榧树品种（系）的鲜单实质量均明显比对照的（8.9 g）大，是对照的 2.0 ~ 2.3 倍，居前三位的分别是‘窈川大榧’‘磐大榧’‘大圆榧’，分别为 20.5 g、20.1 g、20.0 g，均超过了 20.0 g，‘玉山果榧’和‘磐东榧’的鲜单实质量分列第四、第五位，分别为 17.6 g、17.4 g，均超过了 17.0 g；鲜单实质量变异系数最小的是‘磐大榧’，为 8.89%，最大的是‘大圆榧’，为 15.41%，其次为‘玉山果榧’，为 14.81%。通过多重比较可看出，对于鲜单实质量，5 个品种（系）与对照之间均存在显著差异（ $P<0.05$ ）；‘窈川大榧’‘磐大榧’‘大圆榧’三者间差异不显著，‘玉山果榧’与‘磐东榧’之间差异不显著，其他品种（系）之间差异显著（ $P<0.05$ ）。

表 4 不同榧树品种（系）及对照种实各性状的均值、标准差、变异系数及多重比较
Table 4 Mean seed trait values, standard deviation, coefficient of variation, and multiple comparisons on 5 cultivars (strains) and control

名称	样果数 /个	鲜单实质量			鲜单核质量			鲜出核率		
		均值/g	标准差/g	CV/%	均值/g	标准差/g	CV/%	均值/%	标准差/%	CV/%
‘玉山果榧’	60	17.6b	2.61	14.81	5.5c	0.77	13.97	31.40a	3.48	11.09
‘磐大榧’	30	20.1a	1.79	8.89	6.3a	0.62	9.91	31.31a	2.57	8.22
‘磐东榧’	30	17.4b	2.20	12.66	4.8d	0.59	12.18	27.91b	2.10	7.51
‘窈川大榧’	30	20.5a	2.43	11.86	5.6bc	0.80	14.40	27.13b	2.29	8.44
‘大圆榧’	30	20.0a	3.08	15.41	6.2ab	0.98	15.88	31.00a	1.92	6.20
对照	30	8.9c	1.12	12.60	2.9e	0.38	13.15	32.71a	2.10	6.42
名称	样果数 /个	种实纵径			种实横径			种形指数		
		均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值	标准差	CV/%
‘玉山果榧’	60	4.10a	0.24	5.82	2.66c	0.27	10.10	1.56b	0.22	14.37
‘磐大榧’	30	4.22a	0.13	3.19	2.82b	0.11	3.99	1.50bc	0.07	4.43
‘磐东榧’	30	4.26a	0.20	4.67	2.53c	0.14	5.60	1.69a	0.09	5.46
‘窈川大榧’	30	4.08a	0.21	5.03	2.88b	0.15	5.26	1.42c	0.08	5.49
‘大圆榧’	30	3.63b	0.22	6.05	3.12a	0.19	6.04	1.17d	0.07	6.34
对照	30	3.23c	0.19	5.86	2.14d	0.09	4.30	1.51bc	0.08	4.97
名称	样果数 /个	种核纵径			种核横径			核形指数		
		均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值	标准差	CV/%
‘玉山果榧’	60	3.67bc	0.25	6.73	1.72bc	0.16	9.31	2.14c	0.17	8.09
‘磐大榧’	30	3.79ab	0.16	4.23	1.77b	0.07	4.23	2.14c	0.10	4.78
‘磐东榧’	30	3.83a	0.20	5.28	1.49d	0.09	5.83	2.58a	0.15	5.86
‘窈川大榧’	30	3.56c	0.23	6.36	1.66c	0.10	6.11	2.15c	0.14	6.72
‘大圆榧’	30	2.91d	0.19	6.55	1.93a	0.11	5.78	1.51d	0.09	5.75
对照	30	2.99d	0.17	5.51	1.31e	0.06	4.65	2.29b	0.13	5.49
名称	样果数 /个	干单实质量			干单核质量			干出核率		
		均值/g	标准差/g	CV/%	均值/g	标准差/g	CV/%	均值/%	标准差/%	CV/%
‘玉山果榧’	60	5.5b	0.68	12.52	3.5bc	0.47	13.46	63.81b	3.29	5.16
‘磐大榧’	30	5.7ab	0.54	9.36	3.9a	0.38	9.86	67.46a	3.07	4.55
‘磐东榧’	30	5.5b	0.57	10.23	3.3c	0.39	11.72	59.85d	2.37	3.95
‘窈川大榧’	30	5.8ab	0.71	12.27	3.6abc	0.50	13.72	62.34bc	2.10	3.37
‘大圆榧’	30	6.2a	0.86	13.95	3.8ab	0.55	14.46	61.38c	2.22	3.62
对照	30	2.9c	0.34	11.74	1.9d	0.23	11.79	65.86a	1.91	2.89
名称	样果数 /个	假种皮厚			种核壳厚			干单仁质量		
		均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值/cm	标准差/cm	CV/%	均值/g	标准差/g	CV/%
‘玉山果榧’	60	0.50c	0.06	12.21	0.12bc	0.01	11.81	2.1b	0.33	16.02
‘磐大榧’	30	0.51bc	0.05	8.99	0.12bc	0.02	13.94	2.6a	0.28	10.97
‘磐东榧’	30	0.57a	0.08	14.25	0.12b	0.01	11.96	1.8c	0.26	14.58
‘窈川大榧’	30	0.57a	0.04	7.09	0.11c	0.01	12.62	2.2b	0.38	17.79
‘大圆榧’	30	0.56ab	0.05	8.40	0.14a	0.01	9.38	2.1b	0.32	15.11
对照	30	0.41d	0.04	10.10	0.09d	0.01	15.76	1.3d	0.16	12.53
名称	样果数 /个	干核出仁率								
		均值/%	标准差/%	CV/%						
‘玉山果榧’	60	59.66b	4.69	7.87						
‘磐大榧’	30	67.03a	2.57	3.83						
‘磐东榧’	30	54.07c	3.47	6.41						
‘窈川大榧’	30	59.02b	4.26	7.21						
‘大圆榧’	30	55.43c	2.98	5.37						
对照	30	65.59a	4.39	6.69						

注：表中每个性状均值栏数值后相同字母表示差异不显著，不同小写字母表示在 0.05 水平上差异显著，CV 为变异系数。

从表 4 可知，对于鲜单核质量（均值），5 个榧树品种（系）的鲜单核质量均明显比对照的（2.9 g）大，为对

照的 1.7~2.2 倍,居前二位的分别是‘磐大榧’‘大圆榧’,分别为 6.3 g、6.2 g,均超过了 6.0 g,居第三、第四位的是‘窈川大榧’‘玉山果榧’,分别为 5.6 g、5.5 g,均超过了 5.0 g,最小的是‘磐东榧’,为 4.8 g,不到 5.0 g。鲜单核质量变异系数最小的是‘磐大榧’,为 9.91%,最大的是‘大圆榧’,为 15.88%。通过多重比较可看出,对于鲜单核质量,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),‘磐东榧’与其余 4 个品种(系)间均存在显著的差异($P<0.05$),‘磐大榧’与‘大圆榧’之间差异不显著,‘玉山果榧’与‘窈川大榧’之间差异不显著。

2.2.2 种实纵横径的比较分析 从表 4 可知,对于种实纵径(均值),5 个榧树品种(系)的种实纵径均比对照的(3.23 cm)大,居前二位的分别是‘磐东榧’‘磐大榧’,分别为 4.26 cm、4.22 cm,最小的是‘大圆榧’,为 3.63 cm。种实纵径变异系数最小的是‘磐大榧’,为 3.19%,最大的是‘大圆榧’,为 6.05%。由多重比较结果表明,对于种实纵径,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),‘大圆榧’与其余 4 个长椭圆形品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$),4 个长椭圆形的品种(系)彼此间的差异不显著。

从表 4 可知,对于种实横径(均值),5 个榧树品种(系)的种实横径均比对照的(2.14 cm)大,最大的是‘大圆榧’,为 3.12 cm,最小的是‘磐东榧’,为 2.53 cm。种实横径变异系数最小的是‘磐大榧’,为 3.99%,最大的是‘玉山果榧’,为 10.10%。从多重比较结果可看出,对于种实横径,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),‘大圆榧’与其余 4 个长椭圆形品种(系)间均存在显著差异($P<0.05$)。

2.2.3 种核纵横径的比较分析 从表 4 可知,对于种核纵径(均值),4 个种核长椭圆形的品种(系)的种核纵径均比对照的(2.99 cm)大,圆形的‘大圆榧’与对照相近。居前二位的分别是‘磐东榧’和‘磐大榧’,分别为 3.83 cm、3.79 cm,最小的是‘大圆榧’,为 2.91 cm。种核纵径变异系数最小的是‘磐大榧’,为 4.23%,最大的是‘玉山果榧’,为 6.73%。从多重比较结果可看出,对于种核纵径,‘大圆榧’与对照之间差异不显著,其余 4 个长椭圆形品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$)。

从表 4 可知,对于种核横径(均值),5 个榧树品种(系)的种核横径均比对照的(1.31 cm)大,最大的是‘大圆榧’,为 1.93 cm,最小的是‘磐东榧’,为 1.49 cm。种核横径变异系数最小的是‘磐大榧’,为 4.23%,最大的是‘玉山果榧’,为 9.31%。从多重比较结果可看出,对于种核横径,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),‘大圆榧’与其余 4 个长椭圆形品种(系)之间均存在显著差异($P<0.05$),‘磐东榧’与其余 4 个品种(系)之间均存在显著差异($P<0.05$)。

2.2.4 种形与核形指数的比较分析 从表 4 可知,对于种形指数(均值),‘大圆榧’的种形指数明显比对照的(1.51)小,其余 4 个长椭圆形的品种(系)与对照的相近,最大的是‘磐东榧’,为 1.69,最小的是‘大圆榧’,为 1.17。种形指数变异系数最小的是‘磐大榧’,为 4.43%,最大的是‘玉山果榧’,为 14.37%。从多重比较结果可看出,对于种形指数,‘磐东榧’‘大圆榧’分别与其他品种(系)之间存在显著差异($P<0.05$)。

从表 4 可知,对于核形指数(均值),‘大圆榧’的核形指数明显比对照的(2.29 cm)小,其余 4 个长椭圆形的品种(系)与对照的相近,最大的是‘磐东榧’,为 2.58,最小的是‘大圆榧’,为 1.51。核形指数变异系数最小的是‘磐大榧’,为 4.78%,最大的是‘玉山果榧’,为 8.09%。从多重比较结果可看出,对于核形指数,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),‘磐东榧’‘大圆榧’分别与其他品种(系)之间存在显著差异($P<0.05$)。

2.2.5 干单实质量、单核质量与单仁质量的比较分析 从表 4 可知,对于干单实质量(均值),5 个榧树品种(系)的干单实质量均明显比对照的(2.9 g)大,为对照的 1.9~2.1 倍,最大的是‘大圆榧’,为 6.2 g,最小的是‘玉山果榧’和‘磐东榧’,均为 5.5 g。干单实质量变异系数最小的是‘磐大榧’,为 9.36%,最大的是‘大圆榧’,为 13.95%。从多重比较结果可看出,对于干单实质量,5 个品种(系)与对照之间均存在显著差异($P<0.05$),种实长椭圆形的 4 个品种(系)彼此间差异不显著。从表 4 可知,对于干单核质量(均值),5 个榧树品种(系)的干单核质量均明显比对照的(1.9 g)大,为对照的 1.7~2.1 倍,居前二位的分别是‘磐大榧’和‘大圆榧’,分别为 3.9 g、3.8 g,最小的是‘磐东榧’,为 3.3 g。干单核质量变异系数最小的是‘磐大榧’,为 9.86%,最大的是‘大圆榧’,为 14.46%。从多重比较结果可看出,对于干单核质量,5 个品种(系)与对照之间均存在显著的差异($P<0.05$)。

从表 4 可知, 对于干单仁质量 (均值), 5 个榧树品种 (系) 的干单仁质量均比对照的 (1.3 g) 大, 最大的是 ‘磐大榧’, 为 2.6 g, 最小的是 ‘磐东榧’, 为 1.8 g。干单仁质量变异系数最小的是 ‘磐大榧’, 为 10.97%, 最大的是 ‘窈川大榧’, 为 17.79%。从多重比较结果可看出, 对于干单仁质量, 5 个品种 (系) 与对照之间均存在显著的差异 ($P<0.05$), ‘磐大榧’ ‘磐东榧’ 分别与其余 3 个品种 (系) 间存在显著差异 ($P<0.05$)。

2.2.6 干、鲜出核率的比较分析 从表 4 可知, 对于鲜出核率 (均值), 5 个榧树品种 (系) 的鲜出核率均较对照的 (32.71%) 低, 最大的是 ‘玉山果榧’, 为 31.40%, 最小的是 ‘窈川大榧’, 为 27.13%。鲜出核率变异系数最小的是 ‘大圆榧’, 为 6.20%, 最大的是 ‘玉山果榧’, 为 11.09%。从多重比较结果可看出, 对于鲜出核率, ‘玉山果榧’ ‘磐大榧’ ‘大圆榧’ 彼此间及与对照间均差异不显著, ‘磐东榧’ 与 ‘窈川大榧’ 之间差异不显著, 但两者与其余品种 (系) 之间均存在显著差异 ($P<0.05$)。从表 4 可知, 对于干出核率 (均值), ‘磐大榧’ 的干出核率比对照的 (65.86%) 略高, 其余品种 (系) 的均比对照的低, 最大的是 ‘磐大榧’, 为 67.46%, 最小的是 ‘窈川大榧’, 为 59.85%。干出核率变异系数最小的是 ‘窈川大榧’, 为 3.37%, 最大的是 ‘玉山果榧’, 为 5.16%。从多重比较结果可看出, 对于干出核率, ‘磐大榧’ 与对照之间差异不显著, 但与其余品种 (系) 间均存在显著差异 ($P<0.05$), ‘磐东榧’ 与其余品种 (系) 及对照之间均存在显著差异 ($P<0.05$)。

2.2.7 干核出仁率的比较分析 从表 4 可知, 对于干核出仁率 (均值), ‘磐大榧’ 的干核出仁率比对照的 (65.59%) 略高, 其余品种 (系) 的均明显比对照的低, 最大的是 ‘磐大榧’, 为 67.03%, 最小的是 ‘磐东榧’, 为 54.07%。干核出仁率变异系数最小的是 ‘磐大榧’, 为 3.83%, 最大的是 ‘玉山果榧’, 为 7.87%。从多重比较结果可看出, 对于干核出仁率, ‘磐大榧’ 与对照之间差异不显著, 但与其余 4 个品种 (系) 间均存在显著差异 ($P<0.05$)。

2.2.8 假种皮厚与种核壳厚的比较分析 从表 4 可知, 对于假种皮厚 (均值), 5 个品种 (系) 的假种皮均很厚, 明显比对照的 (0.41 cm) 厚, 最大的是 ‘磐东榧’ ‘窈川大榧’, 均为 0.57 cm, 最小的是 ‘大圆榧’, 为 0.50 cm。假种皮厚变异系数最小的是 ‘窈川大榧’, 为 7.09%, 最大的是 ‘磐东榧’, 为 14.25%。从多重比较结果可看出, 对于假种皮厚, 5 个品种 (系) 与对照间均存在显著差异 ($P<0.05$)。

从表 4 可知, 对于种核壳厚 (均值), 5 个榧树品种 (系) 的种核壳均比对照的 (0.09 cm) 厚, 但彼此间差异不大, 最大的是 ‘大圆榧’, 为 0.14 cm, 最小的是 ‘窈川大榧’, 为 0.11 cm。5 个品种 (系) 的种核壳厚变异系数均比对照的 (15.76%) 小, 最小的是 ‘大圆榧’, 为 9.38%, 最大的是 ‘磐大榧’, 为 13.94%。从多重比较结果可看出, 对于种核壳厚, 5 个品种 (系) 与对照间均存在显著差异 ($P<0.05$), ‘大圆榧’ 与其余 4 个长椭圆形品种 (系) 之间均存在显著差异 ($P<0.05$)。

2.3 不同榧树品种 (系) 种仁营养品质指标的比较分析

表 5 各榧树品种 (系) 种仁的脂肪、蛋白质、可溶性糖含量及脂脂肪酸组成 Table 5 Content of fat, protein, soluble sugar, fatty acid composition of kernel in 5 cultivars (strain) and control										
名称	脂肪/%	蛋白质/%	可溶性糖/%	脂肪酸组成/%						
				棕榈酸	硬脂酸	油酸	亚油酸	金松酸	11,14-二十碳烯酸	其它
‘玉山果榧’	48.1	12.1	1.83	8.40	2.48	30.10	44.50	9.85	2.40	2.27
‘磐大榧’	48.6	12.3	2.50	7.29	2.93	30.25	44.75	10.08	2.54	2.16
‘磐东榧’	52.7	11.8	1.29	6.62	3.62	39.40	38.50	7.49	2.33	2.04
‘窈川大榧’	49.7	11.0	2.66	8.58	2.52	30.90	43.60	9.66	2.56	2.18
‘大圆榧’	44.6	10.6	4.19	9.69	2.22	22.80	46.40	12.60	4.29	2.00
对照	53.9	12.2	1.86	7.52	3.42	34.70	40.80	9.40	2.23	1.93

注: 表中 ‘玉山果榧’ 栏数据为 2 个样株测定数据的平均值, 其余品种 (系) 栏数据均为 1 个样株测定的数据。

从表 5 可知, 5 个榧树品种 (系) 的种仁脂肪含量均比对照的低, 最高的是 ‘磐东榧’, 为 52.7%, 与对照最相近, 其次是 ‘窈川大榧’, 为 49.7%, 最低的是 ‘大圆榧’, 为 44.6%。根据香榧种仁含油率分级标准 (30% ~ 40% 为低、>40% ~ 50% 为中、>50% ~ 55% 为高) (此划分标准为曹永庆等拟定标准《植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南榧树属》, 尚未发表), ‘磐东榧’ 的种仁脂肪含量 (含油率) 属高等级, ‘窈川大榧’ ‘磐大榧’ ‘玉山果榧’ 的属中等级, ‘大圆榧’ 的属低等级。种仁可溶性糖含量最高的是 ‘大圆榧’, 为 4.19%, 其次是 ‘窈川大榧’ ‘磐大榧’, 分别为 2.66%、2.50%, 最低的是 ‘磐东榧’, 为 1.29%。在种仁油脂脂肪酸组成

中,亚油酸含量‘磐东榧’比对照低,其余品种(系)均比对照高,最高的是‘大圆榧’,其次是‘磐大榧’‘玉山果榧’‘窈川大榧’,油酸含量‘磐东榧’比对照高,其余品种(系)均比对照低。

2.4 种实特大型榧树种实不同性状变异程度的差异

以全部调查的5个榧树品种(系)的180个样果为样本,分析种实特大型榧树种实各性状变异程度的差异,结果见表6。从表6可看出,变异程度最大的性状是干单仁质量,变异系数为18.46%;其次较大的性状依次是核形指数、鲜单核质量、鲜单实质量、种形指数、种核壳厚,其变异系数分别为16.24%、15.94%、14.83%、14.59%、14.48%;变异程度最小的性状是干出核率,变异系数仅为5.77%;其次较小的性状是种实纵径,变异系数为7.17%。

表6 种实特大型榧树种实各性状的均值、标准差和变异系数
Table 6 Mean values, standard deviation, coefficient of variation of seed traits from *T. grandis* with extra-large seed

性状	样果数/个	平均值	标准差	最小值	最大值	CV/%
干单仁质量/g	180	2.10	0.39	0.60	3.20	18.46
核形指数	180	2.11	0.34	1.33	2.83	16.24
鲜单核质量/g	180	5.60	0.90	3.00	8.70	15.94
鲜单实质量/g	180	18.9	2.80	12.30	28.90	14.83
种形指数	180	1.48	0.22	1.04	2.66	14.59
种核壳厚/cm	180	0.12	0.02	0.09	0.17	14.48
干单核质量/g	180	3.60	0.50	1.80	5.10	13.77
干单实质量/g	180	5.70	0.72	3.30	8.50	12.69
假种皮厚/cm	180	0.54	0.06	0.35	0.70	11.99
鲜出核率/%	180	30.03	3.23	22.01	39.08	10.76
种核纵径/cm	180	3.57	0.37	2.42	4.29	10.49
种核横径/cm	180	1.71	0.18	1.31	2.73	10.35
种实横径/cm	180	2.78	0.27	1.59	3.39	9.84
干核出仁率/%	180	59.14	5.64	33.33	71.05	9.53
种实纵径/cm	180	4.07	0.29	3.08	4.67	7.17
干出核率/%	180	63.11	3.64	54.55	75.51	5.77

表7 种实(核)性状间的相关性分析
Table 7 Correlation analysis among seed and nut traits

	鲜单实质量	种实纵径	种实横径	种形指数	假种皮厚	鲜出核率
鲜单实质量	1					
种实纵径	0.320**	1				
种实横径	0.692**	-0.246**	1			
种形指数	-0.321**	0.628**	-0.878**	1		
假种皮厚	0.413**	0.067	0.309**	-0.183*	1	
鲜出核率	-0.249**	-0.080	-0.119	0.064	-0.545**	1
	鲜单核质量	种核纵径	种核横径	核形指数	种核壳厚	干核出仁率
鲜单核质量	1					
种核纵径	0.124	1				
种核横径	0.732**	-0.328**	1			
核形指数	-0.388**	0.813**	-0.801**	1		
种核壳厚	0.130	-0.333**	0.220**	-0.312**	1	
干核出仁率	0.403**	0.314**	0.246**	-0.014	-0.376**	1

注:**表示在0.01水平上相关性极显著,*表示在0.05水平上相关性显著。

2.5 种实(核)性状间的相关性分析

2.5.1 种实性状间的相关性分析 以全部调查的5个榧树品种(系)的180个样果为样本分析种实特大型榧树种实性状间的相关性^[7-8],结果见表7。从表7可看出,种实鲜单实质量与种实纵径、种实横径、假种皮厚存在极显著($\alpha=0.01$)的正相关关系,与种形指数存在极显著($\alpha=0.01$)的负相关关系;假种皮厚与鲜单实质量、种实横径存在极显著($\alpha=0.01$)的正相关关系,与种形指数存在显著($\alpha=0.05$)的负相关关系,与种实纵径相关性不显著;种实鲜出核率与鲜单实质量、假种皮厚存在极显著($\alpha=0.01$)的负相关关系,与种实纵径、种实横径、种形指数相关性不显著。

2.5.2 种核性状间的相关性分析 从表 7 可看出, 鲜单核质量与种核横径存在极显著($\alpha=0.01$)的正相关关系, 与种核纵径、种核壳厚相关性不显著, 与核形指数存在极显著($\alpha=0.01$)的负相关关系; 种核壳厚与种核横径存在极显著($\alpha=0.01$)的正相关关系, 与种核纵径、核形指数存在极显著($\alpha=0.01$)的负相关关系; 干核出仁率与鲜单核质量、种核纵径、种核横径存在极显著($\alpha=0.01$)的正相关关系, 与种核壳厚存在极显著($\alpha=0.01$)的负相关关系。

3 结论与讨论

从当前的香榧生产来看, 目前, 广泛栽培和推广的主要是‘细榧’等种实中等大小的品种, 还未见选育出和推广种实特大型良种。从本研究的调查分析结果来看, 种实特大型榧树种质资源还是比较丰富的, 既有种实形状为长椭圆形的中熟、2 眼‘磐东榧’, 中熟、多眼‘玉山果榧’, 晚熟、2 眼‘窈川大榧’, 晚熟、多眼‘磐大榧’; 也有种实形状为圆形、晚熟、2 眼的‘大圆榧’, 因此, 挖掘利用榧树种实特大型种质资源, 对于丰富香榧品种结构很有必要。

由不同榧树品种(系)种实主要数量性状特征研究结果表明: 5 个品种(系)的鲜单实质量、鲜单核质量均明显比对照的大, 分别为对照的 2.0~2.3 倍和 1.7~2.2 倍, 这说明种实特大型榧树最明显的标志是种实、种核特大且质量也很大; ‘大圆榧’的种形指数、核形指数明显比对照的小, 其余 4 个长椭圆形的品种(系)的与对照的相近, 这说明榧树的种实形状和种实大小的相关性不大, 无论种实是长椭圆形或圆形都有种实为特大型品种(系); ‘玉山果榧’‘磐大榧’‘大圆榧’的种实鲜出核率均>30%, 与对照的一样, 属中等级(按曹永庆等拟定标准), ‘磐东榧’‘窈川大榧’的均<30%, 属低等级, 这说明前三者在鲜出核率指标上可与对照媲美; 干核出仁率最大的是‘磐大榧’, 为 67.03%, >65%, 与对照的一样, 属高等级(按曹永庆等拟定标准), 其余 4 个品种(系)的均<60%, 属低等级, 这说明‘磐大榧’的种核出仁率高, 可与对照媲美。综合来看, ‘磐大榧’‘玉山果榧’在种实出核率、种核出仁率方面都比较高, 优于其他三个品种(系), 因此, 在良种选育时, 我们可以优先考虑发展‘磐大榧’‘玉山果榧’。由不同品种(系)种实各性状变异大小比较研究结果表明, ‘磐大榧’, 在全部所观测的 16 个种实数量性状中, 有 12 个性状的变异系数为最小, ‘玉山果榧’有 9 个性状的变异系数为最大, ‘大圆榧’有 5 个性状的变异系数为最大, 这说明‘磐大榧’种实性状的均匀度最高, ‘玉山果榧’种实性状的变异性最大, 其次变异较大的是‘大圆榧’, ‘磐大榧’是 5 个品种(系)中综合性状特征最好的品种。香榧新品种和良种选育, 首要条件是产品(种仁)品质要优, 种仁品质好坏最关键的指标是脂肪含量(含油率), 通常脂肪含量越高, 种仁的松脆性越好^[9]。从 5 个品种(系)的种仁脂肪含量测定数据看, ‘磐东榧’的种仁脂肪含量最高, 为 52.7%, 其次依次是‘窈川大榧’‘磐大榧’‘玉山果榧’, 分别为 49.7%、48.6%、48.1%, 最低的是‘大圆榧’, 为 44.6%。这说明‘磐东榧’的种仁品质是最好的, 可与对照媲美; 其次种仁品质较好的是‘窈川大榧’‘玉山果榧’‘磐大榧’; ‘大圆榧’的种仁品质最差, 口感较硬, 食用价值低, 但可考虑作为砧木使用。

本研究对榧树种实特大型不同品种(系)种实性状特征进行了比较详细的研究, 但还存在一些不足之处, 如分析种实性状变异时, 取样调查样果数一般为 30 个, 样本数量偏少, 个别品种(系)取样年份不一致, 对分析结果精度会有一定的影响, 有待今后补充完善。

参考文献:

- [1] 高樟贵, 张敏, 厉锋, 等. 香榧病虫害研究进展[J]. 浙江林业科技, 2018, 38(5): 98-104.
- [2] 黎章矩, 程晓建, 戴文圣, 等. 浙江香榧生产历史、现状与发展[J]. 浙江林学院学报, 2004, 21(4): 471-474.
- [3] 浙江省林业局科学技术处. 浙江省林业主推品种和技术[R]. 杭州: 浙江省林业局, 2013: 1-13.
- [4] 陈红星, 唐海英, 张苏炯, 等. 香榧新品种‘玉山果榧’的选育[J]. 果树学报, 2020, 37(5): 779-782.
- [5] 陈红星, 陈华, 张龙满, 等. 浙江省磐安县香榧种质资源调查[J]. 林业科学研究, 2004, 17(5): 660-665.
- [6] 陈红星, 周先尧, 张龙满, 等. 磐安长榧种实特性初步研究[J]. 浙江林业科技, 2019, 39(5): 24-31.
- [7] 苏理云, 陈彩霞, 高红霞. SPSS19 统计分析基础与案例应用教程[M]. 北京: 北京希望电子出版社, 2012: 89-149.
- [8] 北京林学院. 数理统计[M]. 北京: 中国林业出版社, 1980: 1-223.
- [9] 韩定林, 王东辉. 香榧栽培技术[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006: 65-95.