

22 个榧树优株种子理化性质分析比较

刘耀辉¹, 吴 炜², 吴剑权³, 李雪莹², 黄界颖^{1*},
高 越¹, 张晓玲⁴, 齐永杰⁵, 郑 芬⁶, 王 艳^{2*}

(1. 安徽农业大学资源与环境学院, 合肥 230036; 2. 安徽省农业科学院农业工程研究所, 合肥 230031; 3. 黟县农业农村局, 黟县 245000; 4. 安徽省农业科学院土壤与肥料研究所, 合肥 230031; 5. 安徽省农业科学院园艺研究所, 合肥 230031; 6. 黟县宏盛香榧种植园, 黟县 245000)

摘 要: 为了筛选指标优良的种质, 对来自安徽黟县宏村镇泗溪村和黄山区新明乡樵山村等地的 22 个榧树优株种子的理化指标进行了研究。分别测定了种仁的水分、油脂、蛋白质、木质素、纤维素含量及榧树种子的物理特征, 对取得的各性状进行综合分析。结果表明: 7 个榧树优株种仁脂肪含量变化在 36.20% ~ 57.03% 之间, 平均质量分数为 42.36%; 蛋白质含量变化在 6.67%~14.69% 之间, 诸暨 1 号、高产木榧与其他优株之间差异显著 ($P < 0.05$); 种仁木质素含量范围为 7.19%~16.72%, 纤维素含量范围为 6.24%~7.93%, 高产木榧、大圆榧与其他优株之间差异显著 ($P < 0.05$)。来自黟县的诸暨 1 号脂肪、蛋白质含量在各优株中最高, 硬度在各优株中居中, 而高产木榧的脂肪、蛋白质和纤维素含量在各优株中最低, 木质素和食物纤维含量在各优株中最高, 与当地市场评价一致。

关键词: 榧树; 种子; 理化性质

中图分类号: S791.53

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X (2022)05-0724-06

Analysis and comparison of physical and chemical properties of 22 seeds from several superior plants of *Torreya grandis*

LIU Yaohui¹, WU Wei², WU Jianquan³, LI Xueying², HUANG Jieying¹, GAO Yue¹,
ZHANG Xiaoling⁴, QI Yongjie⁵, ZHENG Fen⁶, WANG Yan²

(1. School of Resources and Environment, Anhui Agricultural University, Hefei 230036; 2. Institute of Agricultural Engineering, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 3. Yixian Agricultural and Rural Bureau, Yixian 245000; 4. Soil and Fertilizer Research Institute, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 5. Institute of Horticulture, Anhui Academy of Agricultural Sciences, Hefei 230031; 6. Yi County Hongsheng *Torreya grandis* Plantation, Yixian 245000)

Abstract: To select good seed resource with excellent indicators, the physical and chemical properties of 22 superior seeds of *Torreya grandis* from Sixi Villages, Hongcun Town, Yi County and Qiaoshan Village, Xinming Town, Huangshan District, Anhui Province were studied. The contents of moisture, oil, protein, lignin and cellulose in kernels and the physical characteristics of *T. grandis* were determined and analyzed comprehensively. The results showed that: the fat content in seven superior plant kernel varied from 36.20% to 57.03% with the average mass fraction of 42.36%; the protein content varied from 6.67% to 14.69%, and there was significant differences among ‘Zhujiyihao’ *T. grandis*, ‘Gaochanmufei’ and other superior plants ($P < 0.05$); the lignin and cellulose contents in kernel ranged from 7.19% to 16.72%, 6.24% to 7.93%, respectively, and there were significant differences among ‘Gaochanmufei’, ‘Dayuanfei’ and other superior plants ($P < 0.05$). The contents of fat, protein and hardness of ‘Zhujiyihao’ from Yixian County were the highest among the superior plants, while the contents of fat, protein and cellulose in ‘Gaochanmufei’ were the lowest among the superior plants. Also, the contents of lignin and food fiber in ‘Gaochanmufei’ were the highest among the superior plants, which was consistent with the local market evaluation.

收稿日期: 2021-10-19

基金项目: 安徽省农业科学院黟县黑果项目 (2020YL083), 安徽省果树产业技术体系[皖农科函 (2021) 711 号]和安徽省重点研究和开发计划 (201904a06020053) 共同资助。

共同第一作者: 刘耀辉, 硕士研究生。E-mail: 907957101@qq.com 吴 炜, 博士。E-mail: 59830729@qq.com

* 通信作者: 王 艳, 副研究员。E-mail: 745428710@qq.com 黄界颖, 博士, 副教授。E-mail: hjy@hau.edu.cn

Key words: *Torreya grandis*; seed; physical and chemical properties

榧树 (*Torreya grandis*) 是红豆杉科榧属常绿乔木, 原产中国。香榧又称细榧、榧子、玉山果、赤果、细榧、玉榧、羊角榧等^[1-3], 是目前唯一的经过人工培育的优良品种。香榧是我国特有的经济树种, 种仁营养丰富, 药食同源, 入药对高血压病人尤为适用, 具有止咳、润肺、驱蛔虫等功效^[4-5]。香榧油是高级食用油。香榧材质纹理细腻, 耐水腐, 宜应用于造船、家具、建筑等工业。香榧仅分布在我国北纬 27°~32° 亚热带丘陵山区 (主要在浙、皖、赣、闽等十多个省市) 一些狭窄山区。

安徽黄山地区是香榧的主要发源地之一, 栽培历史已有 1 500 余年^[6]。2017 年 12 月 22 日, 原中华人民共和国农业部正式批准对“黟县香榧”实施农产品地理标志登记保护 (质量控制技术规范编号为 AGI2017-04-2190)^[7]。近年来, 香榧产业受到产区农民和社会资本的青睐, 香榧市场需求旺盛。通过对榧树优株种子的理化性质开展研究, 可筛选指标优良的种质, 为充分开发榧树资源及功能性食品提供依据。

对香榧的研究主要集中在基础研究、栽培技术和科普等方面, 而对野生榧树种子性状分析的研究较少。在现有研究中, 程晓建等^[8]通过对浙江、安徽、江西、福建等榧树分布区的种质资源调查, 对其理化指标分析, 从实生榧树中的筛选出了 70 多个优株。李扬等^[9]对安徽黟县和浙江建德、富阳三地的香榧种实的 9 个形态指标的分析, 论证了通过种实形态差异在各产地香榧种群内部寻找优株的可行性。武栋^[10]对安徽徽州榧树种群的研究也认为: 在种实物理性状变异的基础上, 再进行榧树种仁成分品质的优株选育, 效果较好。邓鹏飞^[11]在对黟县榧树种群调查中亦证实, 榧树种实物理性状指标受遗传因素影响更大。安徽黄山地区香榧品种资源虽然丰富, 但是审定或认定品种非常少 (仅开展了和尚榧、神仙榧等 3~4 个品种的审定认定工作), 对不同品种理化性质的研究积累也不多。因此, 本研究对几个榧树优株种子物理性质和油脂、蛋白质、木质素、纤维素含量等进行了测定和比较研究, 以期对安徽香榧品种审定或认定以及后期的开发和利用提供参考。

1 材料与方法

1.1 试样来源及处理

香榧一般在白露前后 (10 月中旬) 成熟, 因品种而有差异。香榧采收应掌握在 1/3 的种子假种皮

由青转黄, 并有少量榧蒲开裂时采收为最佳。本试验采摘的果实均为未裂果, 将采来的新鲜香榧洗净, 人工剥去其外层假种皮, 90 °C 杀青 30 min, 然后 60 °C 烘干, 用于测定种仁水分、油脂、蛋白质、木质素和纤维素含量。为了便于比较数据, 所有样品均在采摘后直接送往实验室, 并在 10 d 内完成相关试验。

表 1 优株种子采集地列表

序号	优株名称	采集地	采集时间 (年-月-日)
1	诸暨 1 号	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
2	樵山迟榧	黄山区新明乡樵山村	2020-09-23
3	樵山圆榧	黄山区新明乡樵山村	2020-09-23
4	樵山小圆榧	黄山区新明乡樵山村	2020-09-23
5	樵山贡榧-1	黄山区新明乡樵山村	2020-09-23
6	樵山贡榧-2	黄山区新明乡樵山村	2020-09-23
7	浙江细榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
8	针钻榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
9	大圆榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
10	和尚榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
11	尖榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
12	米榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
13	特丰产小圆榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
14	小米榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
15	高产木榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
16	特迟圆榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
17	臭榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
18	小圆榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
19	叶里笑	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
20	转筋榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
21	糯米榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-10-10
22	社榧	黟县宏村镇泗溪村	2020-09-29

具体采摘时间和地点如表 1 所示。除樵山迟榧、樵山圆榧、樵山小圆榧、樵山贡榧-1 和樵山贡榧-2 的采集地为黄山区新明乡樵山村外, 其余优株的采集地都是黟县宏村镇泗溪村。

1.2 测定方法

物理性状采用常规方法测定每种优株 30 个种子的数量指标, 使用电子式游标卡尺分别测量种核和种仁的长度与直径^[12], 并计算得出核形指数和仁形指数; 榧树种仁各内含物的分析中, 含水率指标由单果果仁风干粉碎样品称重, 然后烘干至恒重, 重复 3 次测得; 木质素、纤维素、脂肪及蛋白质含量由烘干至恒重香榧种子测定。蛋白质含量测定采用

凯氏定氮法^[13-14]；脂肪质量分数测定采用索氏提取法^[13-14]；木质素棕纤维含量采用乙酸次氯酸钠混合消解^[15]；纤维素含量采用硝酸醋酸混合消解后碘量法测定^[15-16]；香榧的硬度采用 SMS 质构仪直接测量。

1.3 统计分析方法

采用 Microsoft Excel2016 和 SPSS22.0 软件进行数据统计分析和图表处理，所有数据和平均值的

偏离程度均用标准差表示，用单因素方差分析结合 Duncan 新复极差法对组间差异进行分析。

2 结果与分析

2.1 香榧的物理性状分析

对 22 个榧树优株样品种子物理性状进行分析，结果如表 2 所示。

表 2 榧树种子物理性状分析
Table 2 Analysis of physical characters of *T. grandis* seeds

优株名称	种核长度/mm	种核直径/mm	种仁长度/mm	种仁直径/mm	骨质中种皮厚度/mm	核形指数	仁形指数
诸暨 1 号	26.88±1.24 ^{cd}	11.63±0.67 ^k	25.53±1.25 ^a	10.27±0.68 ^{def}	0.68±0.02 ^{cd}	2.34±0.02 ^a	2.52±0.04 ^a
樵山迟榧	24.29±0.46 ^{fg}	16.82±0.23 ^b	20.54±1.93 ^{de}	11.03±0.34 ^{bcd}	0.50±0.09 ^{fgh}	1.44±0.02 ^{ijkl}	1.88±0.20 ^{ef}
樵山圆榧	24.47±0.64 ^{fg}	16.03±0.38 ^{bcd}	18.64±1.55 ^{fg}	10.17±0.85 ^{defg}	0.51±0.03 ^{fgh}	1.53±0.06 ^{fg}	1.84±0.09 ^{ef}
樵山小圆榧	22.07±0.62 ^{ij}	15.78±0.19 ^{cde}	17.09±1.44 ^{ghi}	11.70±0.52 ^{bc}	0.47±0.03 ^{gh}	1.40±0.02 ^{klm}	1.46±0.06 ^{ij}
樵山贡榧-1	27.58±0.27 ^{bc}	15.66±0.32 ^{cde}	23.81±1.00 ^b	10.24±0.44 ^{defg}	0.50±0.07 ^{fgh}	1.76±0.03 ^c	2.34±0.07 ^b
樵山贡榧-2	24.81±0.35 ^{ef}	14.68±0.32 ^{fghi}	21.51±0.53 ^{cd}	10.91±0.05 ^{bcd}	0.51±0.03 ^{fg}	1.69±0.02 ^d	1.98±0.05 ^{de}
浙江细榧	25.89±0.51 ^{de}	12.58±0.38 ⁱ	21.58±0.64 ^{cd}	9.27±0.21 ^{fg}	0.52±0.03 ^{fg}	2.06±0.02 ^b	2.34±0.04 ^b
针钻榧	25.98±0.69 ^{de}	15.24±0.66 ^{defg}	19.38±0.57 ^{ef}	10.38±0.60 ^{def}	0.49±0.04 ^{fgh}	1.71±0.05 ^d	1.89±0.10 ^{ef}
大圆榧	26.82±0.73 ^{cd}	18.45±0.71 ^a	22.23±0.56 ^{bc}	13.88±1.30 ^a	0.75±0.04 ^c	1.46±0.02 ^{ij}	1.64±0.14 ^{gh}
和尚榧	20.67±0.16 ^{kl}	14.93±0.26 ^{efghi}	16.45±0.26 ^{hi}	11.76±0.59 ^b	0.67±0.09 ^{cde}	1.39±0.03 ^{lm}	1.42±0.08 ^{ij}
尖榧	27.73±0.42 ^{bc}	18.92±0.41 ^a	22.47±0.60 ^{bc}	10.97±0.29 ^{bcd}	0.84±0.02 ^b	1.47±0.03 ^{hij}	2.06±0.02 ^{cd}
米榧	22.78±0.26 ^{hij}	14.98±0.44 ^{efghi}	18.00±0.17 ^{fgh}	9.69±0.48 ^{efg}	1.03±0.07 ^a	1.52±0.03 ^{fgh}	1.88±0.07 ^{ef}
特丰产小圆榧	24.36±1.29 ^{fg}	16.48±0.77 ^{bc}	19.52±0.74 ^{ef}	10.67±1.09 ^{bcdde}	0.63±0.04 ^{de}	1.48±0.01 ^{ghi}	1.87±0.13 ^{ef}
小米榧	19.67±0.71 ^l	14.32±0.21 ^{ghi}	15.81±0.43 ^{ij}	9.14±0.93 ^g	0.42±0.04 ^h	1.37±0.07 ^{mnn}	1.78±0.25 ^{fg}
高产木榧	21.89±0.19 ^{jk}	15.12±0.26 ^{defgh}	17.83±0.21 ^{fgh}	10.98±0.02 ^{bcd}	0.52±0.02 ^{fg}	1.45±0.01 ^{ijk}	1.63±0.01 ^{gh}
特迟圆榧	23.58±1.40 ^{efgh}	15.20±0.90 ^{defg}	18.51±1.22 ^{fg}	10.30±0.50 ^{def}	0.98±0.04 ^a	1.55±0.02 ^f	1.80±0.07 ^{efg}
臭榧	23.31±0.70 ^{ghi}	14.43±0.35 ^{ghi}	19.06±0.43 ^{ef}	10.65±0.43 ^{bcdde}	0.69±0.02 ^{cd}	1.62±0.03 ^e	1.80±0.05 ^{efg}
小圆榧	20.09±0.49 ^l	14.22±0.34 ^{def}	15.85±0.47 ^{hi}	10.56±0.35 ^b	0.58±0.02 ^{gh}	1.42±0.01 ⁿ	1.51±0.00 ^{ij}
叶里笑	19.68±0.59 ^l	14.18±0.36 ⁱ	14.71±0.63 ^j	11.12±0.17 ^{bcd}	0.63±0.03 ^{de}	1.39±0.01 ^{lm}	1.33±0.06 ^j
转筋榧	29.05±1.12 ^a	16.53±0.34 ^{bc}	23.04±1.09 ^{bc}	10.72±0.77 ^{bcdde}	1.06±0.07 ^a	1.76±0.03 ^c	2.19±0.10 ^{bc}
糯米榧	28.24±1.14 ^{ab}	18.87±0.80 ^a	22.59±1.11 ^{bc}	11.75±0.53 ^b	0.67±0.10 ^{cd}	1.50±0.04 ^{fghi}	1.96±0.01 ^{def}
社榧	20.32±0.33 ^l	15.46±0.32 ^{def}	16.74±0.24 ^{hi}	11.79±0.38 ^b	0.47±0.03 ^{gh}	1.33±0.04 ⁿ	1.45±0.07 ^{ij}

注：不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$)。下同。

从表 2 可以看出，22 个榧树优株种子的种核长度范围为 19.67~29.05 mm，平均值为 24.10 mm，种核最长的是转筋榧，种核最短的是小米榧；种核直径范围为 11.63~18.92 mm，平均值为 15.48 mm，种核直径最大的是尖榧，种核直径最小的是诸暨 1 号；种仁长度范围 14.71~25.53 mm，平均值为 19.59 mm，种仁最长的是诸暨 1 号，种仁最短的是叶里笑；种仁直径范围为 9.14~13.88 mm，平均值为 10.82 mm，种仁直径最大的是大圆榧，最小的是小米榧；种壳厚度范围为 0.42~1.06 mm，其中，转筋榧种壳厚度最大，说明该香榧种壳较厚；核形指数范围为 1.33~2.34，核形指数均大于 1.1 为长果

型，核形上表现为椭圆或长椭圆形，核形指数最高的是诸暨 1 号，核形指数最低的是社榧，从外观上看诸暨 1 号香榧较为细长；仁形指数范围为 1.33~2.52，仁形指数最高的也是诸暨 1 号，仁形指数最低的是叶里笑；二者变异系数分别为 15.22%和 17.46%，其变异程度较大。样品间各指标差异也较为显著。因此，可以说榧树种仁的形状、大小存在着较大的差异，商品一致性较差，对销售和加工有一定影响。

2.2 榧树种子物理性状相关性分析

对香榧物理性状参数进行相关性分析，结果如表 3 所示。

表 3 榿树种子物理性状相关性分析
Table 3 correlation analysis of physical characters of *T. grandis* seeds

性状	种核长度	种核直径	种仁长度	种仁直径	骨质中种皮厚度	核形指数	仁形指数
种核长度	1.000						
种核直径	0.398	1.000					
种仁长度	0.930**	0.196	1.000				
种仁直径	0.079	0.569**	0.054	1.000			
骨质中种皮厚度	0.333	0.225	0.233	0.040	1.000		
核形指数	0.562**	-0.524*	0.702**	-0.384	0.093	1.000	
仁形指数	0.776**	-0.143	0.858**	-0.460*	0.176	0.838**	1.000

注: *和**分别为 0.05 及 0.01 水平上的显著性差异。

表 4 榿树种仁各内含物分析
Table 4 Analysis of the contents in *T. grandis* seed kernels

优株名称	含水率	木质素含量	纤维素含量	食物纤维素	脂肪含量	蛋白质
和尚榿	4.74±0.22 ^a	10.74±0.73 ^c	6.92±0.20 ^{bc}	17.66±0.65 ^c	38.45±1.39 ^d	9.94±0.45 ^d
米榿	3.61±0.25 ^{bc}	12.28±0.98 ^b	6.49±0.15 ^{cd}	18.77±0.83 ^c	42.68±0.55 ^b	10.13±0.26 ^d
高产木榿	4.94±0.15 ^a	16.72±1.02 ^a	6.06±0.37 ^d	22.96±0.87 ^a	36.20±1.34 ^e	6.67±0.23 ^e
叶里笑	3.47±0.23 ^c	10.71±0.71 ^c	7.00±0.07 ^b	17.71±0.64 ^c	40.87±2.41 ^{bc}	11.42±0.44 ^c
大圆榿	3.82±0.13 ^b	7.19±0.32 ^d	7.93±0.44 ^a	15.12±0.13 ^d	43.10±0.95 ^b	10.13±0.25 ^d
浙江细榿	3.61±0.07 ^{bc}	12.75±1.03 ^b	7.85±0.20 ^a	20.60±1.24 ^b	39.72±0.72 ^{cd}	13.39±0.57 ^b
诸暨 1 号	4.62±0.18 ^a	13.61±0.79 ^b	6.99±0.08 ^b	20.60±0.75 ^b	57.03±0.06 ^a	14.69±0.75 ^a

表 5 榿树种仁硬度测试分析
Table 5 Test analysis of kernel hardness of *T. grandis*

优株名称	峰值载荷/N	峰值形变/mm	280 N 形变/mm
和尚榿	294.95±0.11 ^a	1.73±0.17 ^{ab}	1.67±0.17 ^{ab}
米榿	294.99±0.20 ^a	1.61±0.15 ^b	1.54±0.14 ^{ab}
高产木榿	192.21±60.49 ^c	1.29±0.26 ^c	0.60±0.50 ^c
叶里笑	261.26±54.07 ^{ab}	1.53±0.19 ^{bc}	1.18±0.61 ^{bc}
大圆榿	218.30±87.04 ^{bc}	1.29±0.29 ^c	2.28±1.48 ^a
浙江细榿	278.66±28.30 ^{ab}	1.60±0.19 ^b	1.28±0.54 ^{bc}
诸暨 1 号	274.26±36.85 ^{ab}	1.96±0.18 ^a	2.23±0.60 ^a

从表 3 可知, 种核长度和种仁长度, 核形指数和仁形指数相关性最大, 相关系数分别为 0.930** 和 0.838**。种核直径与种核长度、种仁长度相关性不显著, 种壳厚度与种核长度、种仁长度相关性也不显著。其余参数两两之间或者呈显著正相关, 或者呈显著负相关; 其中核形指数与仁形指数呈极显著正相关, 说明种核的大小随核形大小变化而变化; 核形指数与仁形指数与种核长度、种仁长度呈极显著正相关, 核形指数与种核直径, 仁形指数与种仁直径呈显著负相关, 说明香榿的长度是决定其核形和仁形的关键指标。这与孙小红等的研究结果基本一致^[12]。

2.3 不同榿树优株种仁主要内含物分析

根据当地群众对不同优株香榿品质的初步判断, 从 22 个优株中筛选出了有代表性的 7 个优株进

行进一步的品质性状分析。对 7 个香榿优株的水分、木质素、纤维素和脂肪含量分析表明(表 4), 高产木榿水分含量最高为 4.94%, 比和尚榿(4.74%)和诸暨 1 号(4.62%)稍高, 而显著高于其他 4 个优株(大圆榿、浙江细榿、米榿和叶里笑), 所有香榿优株种子样品的水分含量均小于 5%, 符合香榿质量标准(LY/T 1773—2008); 木质素主要存在于木质化植物的细胞中, 强化植物组织, 使木质部维持极高的硬度^[17]。诸暨 1 号的木质素含量为 13.61%, 在 7 个优株中含量仅次于高产木榿, 高产木榿的木质素含量为 16.72%, 在 7 个优株中含量最高, 所有优株的木质素含量变异系数为 24.51%, 变异程度较大。诸暨 1 号、米榿、浙江细榿的木质素含量较大圆榿高, 7 个优株间木质素含量有显著性差异。

纤维素是自然界中分布最广、含量最多的一种

多糖,占植物界碳含量的50%以上。纤维素是植物细胞壁的主要结构成分,通常与半纤维素、果胶和木质素结合在一起,其结合方式和程度对植物源食品的质地影响很大^[18]。在7个优株种子中大圆榧的纤维素含量为7.93%,含量最高,高产木榧的纤维素含量为6.06%,含量最低;大圆榧和浙江细榧的纤维素含量明显高于叶里笑和诸暨1号,与之呈显著性差异,而米榧和高产木榧的纤维素含量明显低于前面的5个优株。

食物纤维素包括粗纤维、半粗纤维和木质素。食物纤维素是一种不被消化吸收的物质,过去认为是“废物”,2013年认为它在保障人类健康、延长生命方面有着重要作用^[19]。因此,称它为第7种营营养素。7个优株间食物纤维素含量有显著性差异。

坚果的香脆程度与种仁含油率呈正相关,因此,脂肪含量多少是重要的质量指标之一^[20]。通过对7个香榧优株样品分析(表4)可知,7个香榧种子种仁平均油脂质量分数为42.36%,变异系数为14.27%,而且不同优株之间脂肪含量差异显著($P<0.05$)。各优株的脂肪含量为:诸暨1号>大圆榧>米榧>叶里笑>和尚榧>浙江细榧>高产木榧,其中诸暨1号的脂肪含量最高,为57.03%,高产木榧的脂肪含量最低,为36.20%,7个优株间诸暨1号、大圆榧和米榧脂肪含量显著高于其他4个优株,而叶里笑、和尚榧和浙江细榧的脂肪含量显著高于高产木榧。

蛋白质含量是衡量香榧营养价值的一个指标。7个榧树优株种子的蛋白质含量变化在6.67%~14.69%之间,各样品的蛋白质含量为:诸暨1号>浙江细榧>叶里笑>米榧>大圆榧>和尚榧>高产木榧,诸暨1号蛋白质含量为14.69%,含量最高,与浙江细榧无显著性差异,但显著高于高产木榧。大圆榧、和尚榧、叶里笑和米榧蛋白质含量较为接近,无显著性差异。诸暨1号蛋白质含量显著高于其他组的蛋白质含量,说明即使是同一地方的香榧样品,由于栽培管理方式不同,其营养成分积累也有差异。

2.4 不同榧树优株种仁硬度测试分析

对7个榧树优株种仁的硬度性状进行分析,从表5可以看出,和尚榧和米榧峰值载荷在295 N左右,可知这两个优株在7个样品中硬度最大,而和尚榧和米榧的280 N峰值形变分别是1.67 mm和1.54 mm,据此进一步可知米榧硬度略微大于和尚榧;诸暨1号与浙江细榧峰值载荷平均值分别是274.26 N与278.66 N,二者硬度较为接近,由280 N峰值形变2.23 mm和1.28 mm可知浙江细榧的硬度显著高于诸暨1号;叶里笑峰值形变为1.53 mm,

其硬度在7个样品中居中;大圆榧峰值载荷在295 N左右时,280 N峰值形变在2 mm左右,脆性不显著;峰值载荷在140 N左右时,峰值形变在1.50 mm左右,硬度显著;高产木榧的峰值载荷远小于295 N,样品在192 N左右测试时发生脆裂,峰值形变在1.29 mm左右,说明在7个优株中脆性显著。

3 讨论与结论

树木种实性状的表型变异是研究植物种群的一个重要组成部分。探讨种实表型性状之间的相关关系,可以用来指导选择育种和林木种质资源保存中样本策略的制定^[21]。本次试验对22个榧树优株种子物理指标变异情况的分析表明:不同地区的香榧外观性状差异明显,香榧的种仁长度范围14.71~25.53 mm,仁形指数范围为1.33~2.52。种核长度、种核直径、种仁直径、骨质中种皮厚度、核形指数都呈现显著性相关,同一指标间有差异。可见不同优株间一致性较差。在生产上企业应选择适宜的种仁长度、宽度、骨质中种皮厚度等指标相近的品种,为产品外观一致化的提升提供帮助。

对7个榧树优株种子内含物的研究分析表明,香榧种子种仁含水率均值为4.11%,香榧优株种仁木质素含量范围7.19%~16.72%,变异系数24.51%,与李冬梅等^[22]测定的香榧假种皮中木质素含量(17.13%和17.16%)相近。香榧优株种仁纤维素含量6.06%~7.93%,不同优株间差异显著。相似的研究结果在其他坚果中也存在,如邓凤彬研究发现新疆老龄核桃种质资源纤维素含量在0.52%~1.26%之间,不同采样点的核桃纤维素含量存在一定差异^[23]。

香榧优株种仁油脂含量变化范围在36.20%~57.03%,变异系数为14.27%,与胡绍泉等研究的绍兴香榧种子油含量(44.96%~53.58%,变异系数6.20%)基本相符^[24]。香榧优株种仁蛋白质含量6.67%~14.69%,变异系数23.91%,7个香榧优株品种中只有浙江细榧和诸暨一号高于行业标准(LY/T1773—2008)规定的12%。不同优株之间差异显著,这可能与香榧栽培历史悠久、性状产生变异及立体生长环境有关。

通过主成分分析和聚类分析等(数据省略)分析发现,影响分组归类的因子按荷载量由大到小依次是核形指数、仁形指数、种仁长度、蛋白质和脂肪含量。归组别是浙江细榧,诸暨一号为一类,他们外形偏纺锤形,其食物纤维素、蛋白质含量相似;大圆榧归为一类,外观偏椭圆,其木质素含量在7个品种中最低;木榧、米榧、叶里笑、和尚榧

归为一类, 外观偏椭圆, 各优株纤维素含量相近。由此可知, 香榧种子长度、宽度、硬壳厚度等指标, 可作为香榧品质均一化的参考依据, 而内含物中的蛋白质和脂肪含量等指标可进一步筛选品质。

核形指数、仁形指数等表型特征和蛋白质、脂肪含量是香榧可作为良种选育的重要指标。选择果实性状均一的果品有利于提高香榧品质。

香榧优株种子中叶里笑、社榧外观偏椭圆, 水分含量在各优株中最低, 脂肪、蛋白质、木质素、食物纤维素含量和硬度在各优株中居中; 高产木榧水分、木质素、食物纤维素含量在各优株中最高, 纤维素和脂肪含量在各优株中最低, 在各优株中脆性显著; 7 个香榧优株中, 诸暨 1 号的脂肪、蛋白质、木质素、食物纤维素含量均较高, 硬度适中, 综合品质较优。

参考文献:

- [1] 王婧, 野村正人, 古研, 等. 香榧种子含油量及脂肪酸组成对比研究[J]. 生物质化学工程, 2018, 52(4): 7-11.
- [2] 郭玉芬, 于勇杰, 王洪, 等. 3 个香榧单株的种实性状变异分析[J]. 中国野生植物资源, 2014, 33(1): 20-23.
- [3] 王衍彬, 刘本同, 秦玉川, 等. 不同品种香榧种子脂肪酸及香味物质组成分析[J]. 中国油脂, 2016, 41(2): 101-105.
- [4] 赖华清, 段灿灿, 王欢欢, 等. 香榧果糕的制作工艺研究[J]. 食品安全质量检测学报, 2021, 12(9): 3606-3612.
- [5] 朱杰丽, 柴振林, 吴翠蓉, 等. 浙江省香榧及其油脂综合性状研究[J]. 中国粮油学报, 2019, 34(3): 67-73.
- [6] 薛诒安. 黟县香榧产业现状与发展对策[J]. 安徽林业科技, 2019, 45(6): 61-63.
- [7] “黟县香榧”农产品地理标志 (AGI2017-04-2190). http://www.moa.gov.cn/nybg/b/2018/201801/201801/t20180129_6135963.htm.
- [8] 程晓建, 黎章矩, 戴文圣, 等. 榧树种质资源调查与评价[J]. 果树学报, 2009, 26(5): 654-658.
- [9] 李扬, 姚小华, 王开良, 等. 野生香榧种实性状变异研究[J]. 浙江林业科技, 2009, 29(3): 35-38.
- [10] 武栋. 安徽徽州榧树种群内种子理化性质的分析[D]. 杭州: 浙江农林大学, 2012.
- [11] 邓鹏飞. 黟县榧树种群调查与评价[D]. 合肥: 安徽农业大学, 2018.
- [12] 孙小红, 王国夫, 杜轶君, 等. 绍兴香榧坚果品质变异分析及综合评价[J]. 食品科学, 2018, 39(3): 129-134.
- [13] 鲍士旦. 土壤农化分析 (面向 21 世纪课程教材) [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社.
- [14] 马长乐, 周稚凡, 李向楠, 等. 云南榧子和香榧子营养成分比较研究[J]. 食品研究与开发, 2015, 36(14): 92-94.
- [15] 赵玉雪, 朱佳敏, 杨霞, 等. 核桃青皮中木质素、纤维素、半纤维素测定初报[J]. 贵州林业科技, 2021, 49(2): 7-10.
- [16] 范鹏程, 田静, 黄静美, 等. 花生壳中纤维素和木质素含量的测定方法[J]. 重庆科技学院学报(自然科学版), 2008, 10(5): 64-65, 67.
- [17] 江学平, 陈文煊, 郇海燕. 香榧假种皮提取物的研究进展[J]. 食品科学技术学报, 2014, 32(3): 54-58.
- [18] 张保才, 周奕华. 植物细胞壁形成机制的新进展[J]. 中国科学: 生命科学, 2015, 45(6): 544-556.
- [19] 吴国隆. 食物纤维素有功亦有过的[J]. 食品与健康, 2004(10): 13.
- [20] 黎章矩, 骆成方, 程晓建, 等. 香榧种子成分分析及营养评价[J]. 浙江林学院学报, 2005, 22(5): 540-544.
- [21] 孙家正, 张大海, 张艳敏, 等. 新疆栽培杏品种杏仁油脂脂肪酸组成及其遗传多样性[J]. 园艺学报, 2011, 38(2): 251-256.
- [22] 李冬梅, 古研, 赵振东, 等. 香榧假种皮中主要化学组成的研究[J]. 生物质化学工程, 2012, 46(4): 22-26.
- [23] 邓凤彬. 环塔里木盆地老龄核桃坚果品质性状多样性研究[D]. 阿拉尔: 塔里木大学, 2019.
- [24] 胡绍泉, 求鹏英, 杜轶君, 等. 绍兴市售香榧坚果品质研究[J]. 中国南方果树, 2016, 45(3): 102-106.