

## 磐安榧树不同类型种实性状比较研究

陈红星<sup>1</sup>, 张苏炯<sup>1</sup>, 张国安<sup>1</sup>, 胡达飞<sup>2</sup>, 姚小华<sup>3</sup>, 喻卫武<sup>4</sup>

(1. 磐安县林业局, 浙江 磐安 322300; 2. 磐安县尚湖镇林业站, 浙江 磐安 322303;

3. 中国林科院 亚热带林业研究所, 浙江 杭州 311400; 4. 浙江农林大学, 浙江 杭州 311300)

**摘要:** 2016年9月在浙江省磐安县采集榧树 *Torreya grandis* 的长香榧、丁香榧等11个自然类型及香榧 *Torreya grandis* ‘Merrillii’种实, 对其形态学特征进行比较研究。结果表明, 不同类型及香榧间鲜单实质量等16个种实性状指标方差分析均存在极显著的差异 ( $\alpha = 0.01$ )。各种实性状中, 变异最大的性状是单个种实(种核、种仁)质量, 其次是核形指数、种形指数、假种皮厚, 变异最小的是出核率、出仁率、种核横径、种实横径。物种变异丰富度最大的是褐核香榧, 其次是小丁香, 最小的是丁香榧、甜丁香、大丁香。

**关键词:** 榧树; 类型; 种实性状; 变异; 磐安县

中图分类号: S664.5 文献标识码: A 文章编号: 1001-3776(2018)06-0019-010

## Comparison on Seed Traits of Different Natural Types of *Torreya grandis* in Pan'an

CHEN Hong-xing<sup>1</sup>, ZHANG Su-jiong<sup>1</sup>, ZHANG Guo-an<sup>1</sup>, HU Da-fei<sup>2</sup>, YAO Xiao-hua<sup>3</sup>, YU Wei-wu<sup>4</sup>

(1. Pan'an Forestry Bureau of Zhejiang, Pan'an 322300, China; 2. Pan'an Shanghu Forestry Station of Zhejiang, Pan'an 322303, China;

3. Research Institute of Subtropical Forestry, CAF, Hangzhou 311400, China; 4. Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China)

**Abstract:** Seeds of 11 natural types of *Torreya grandis* and *T. grandis* ‘Merrillii’ were collected in Pan'an county of Zhejiang province in September of 2016. Determinations and analysis were carried out on seed traits, such as single fruit/nut/kernel mass, nut verticle/cross diameter, and content of protein/total sugar, fatty acid composition, etc. The results demonstrated that there was extremely evident difference of seed traits among tested ones. The single mass of seed (nut, kernel) among determined traits had the largest variation coefficients, followed by the index of nut shape, index of seed shape, aril thickness. Hehe Xiangfei had the largest species richness variation.

**Key words:** *Torreya grandis*; natural type; seed trait; variation; Pan'an county

榧树 *Torreya grandis* 属红豆杉科 Taxaceae 榧树属 *Torreya* 植物, 其栽培变种香榧 *Torreya grandis* ‘Merrillii’ 是我国特有的珍贵经济树种, 榧子是著名的干果。我国东南地区是榧树属植物的重要发源地之一, 其中尤以浙江出产最多, 浙江省集中产于诸暨、嵊州、东阳、磐安、绍兴等地<sup>[1]</sup>。浙江省磐安县香榧栽培历史悠久、资源丰富, 境内的玉山区域是我国香榧最早的发源地, 至今已有 1 300 多年的栽培历史, 全县仅香榧和榧树古树就保存有 3 700 多株, 经长期自然杂交、演变, 性状变异复杂、多样, 种质资源非常丰富<sup>[2]</sup>。浙江省近几年选育了十多个良种, 但总体来说还处于初始阶段, 而磐安县拥有丰富的香榧和榧树优质资源, 研究利用却很少。本研究从选优的角度出发, 以磐安县广泛栽培的香榧为对照, 对榧树中品质较好的自然类型早熟香榧、长香榧、特

长榧、弯长榧、丁香榧、甜丁香、大丁香、小丁香、多眼香榧、褐核香榧、小香榧（计 11 个自然类型，其名称都是根据当地俗称）种实性状进行了比较研究，以期能够详细地了解不同类型种实性状的特征和差异，为进一步开展榧树良种选育奠定基础。

## 1 材料与方方法

### 1.1 材料采集

磐安地处浙江中部，120°17′~120°47′E，28°49′~29°19′N，以中低山为主的纯山区县。气候为典型的亚热带季风气候，四季分明、气候温和、雨量充沛。年平均气温 16.1℃，极端最高气温 40℃，极端最低气温 -15.2℃，≥10℃年积温 5 030℃，无霜期 236 d，年平均降水量 1 445.8 mm，年平均相对湿度 77%。香榧和榧树主要分布在磐安中部至东北部，包括玉山镇、尖山镇、尚湖镇、九和乡、窈川乡、双溪乡、安文街道、大盘镇等，自然生长多处在村庄附近的山脚缓坡、山间谷地，垂直分布位于海拔 200~800 m 之间。全县现有百年以上的香榧和榧树古树 3 700 多株，新种植香榧面积 2 330 hm<sup>2</sup>，年产榧蒲 3 200 t，产值 2.3 亿元，香榧已成为山区林农增收致富的主要产业，香榧基地正朝规模化、集约化、标准化稳步发展。磐安香榧和榧树中，面积、产量最多的是香榧，约占 95%，其次是长香榧，约占 4%，其余 10 个榧树类型栽植数量很少、产量极低，处于未开发利用状态。

榧树各类型及香榧的种实样品采自磐安县安文街道、大盘镇、尚湖镇、玉山镇等香榧主产地，共采集了 12 个种类的种实，各样品产地见表 1。采样方法为每个类型选取代表性单株 1~4 株，样株古树树龄均为百年以上，子代幼树为 10~30 a，共计选取样株 21 株，其中古树 16 株、子代幼树 5 株。于种实成熟期（2016 年 9 月），每株随机采摘 1 kg 成熟鲜种实作为样品，随机取 30 个种实用于种实质量、大小等指标测定，其余样品用于种仁含油率、脂肪酸组成等指标测定。

表 1 各类型及香榧样品产地  
Table 1 Location of sampling of different types of *T. grandis* and *T. grandis* 'Merrillii'

| 名称   | 产地      | 经度/E       | 纬度/N      | 海拔/m | 样株数/株 |    |    | 样株起源      |
|------|---------|------------|-----------|------|-------|----|----|-----------|
|      |         |            |           |      | 合计    | 古树 | 子代 |           |
| 早熟香榧 | 尚湖镇湖口村  | 120°37'15" | 29°06'40" | 470  | 2     | 1  | 1  | 嫁接        |
| 香榧   | 玉山镇黄里村  | 120°36'32" | 29°13'42" | 450  | 1     | 1  |    | 嫁接        |
|      | 大盘镇长坑村  | 120°33'16" | 29°02'08" | 510  | 1     | 1  |    | 嫁接        |
|      | 安文镇墨林村  | 120°32'12" | 29°02'52" | 440  | 1     | 1  |    | 嫁接        |
| 长香榧  | 大盘镇长坑村  | 120°33'16" | 29°02'08" | 510  | 2     | 1  | 1  | 嫁接        |
|      | 安文镇王隐坑村 | 120°31'08" | 29°02'04" | 480  | 2     | 1  | 1  | 嫁接        |
| 特长榧  | 大盘镇长坑村  | 120°33'16" | 29°02'08" | 510  | 2     | 1  | 1  | 嫁接        |
|      | 安文镇墨林村  | 120°32'12" | 29°02'52" | 440  | 1     | 1  |    | 嫁接        |
| 弯长榧  | 安文镇王隐坑村 | 120°31'08" | 29°02'04" | 480  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 丁香榧  | 尚湖镇湖口村  | 120°37'15" | 29°06'40" | 470  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 大丁香  | 大盘镇长坑村  | 120°33'16" | 29°02'08" | 510  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 甜丁香  | 玉山镇黄里村  | 120°36'32" | 29°13'42" | 450  | 2     | 1  | 1  | 实生(子代为嫁接) |
| 小丁香  | 安文镇王隐坑村 | 120°31'08" | 29°02'04" | 480  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 多眼香榧 | 尚湖镇岭干村  | 120°38'28" | 29°05'41" | 560  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 褐核香榧 | 安文镇王隐坑村 | 120°31'08" | 29°02'04" | 480  | 1     | 1  |    | 实生        |
| 小香榧  | 安文镇王隐坑村 | 120°31'08" | 29°02'04" | 480  | 1     | 1  |    | 实生        |

### 1.2 测定内容与方方法

测定内容：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、核壳厚、每千克鲜种实个数及种仁含油率、蛋白质含量、总糖含量、油脂脂肪酸组成共 21 个种实性状指标。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、核壳厚均量测种实（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测定，精度 0.1 g；种实、种核、种

仁干质量测定, 置 80℃烘箱烘至恒重 (16~18 h), 冷却后测定; 每千克鲜种实个数为根据取样的 1 kg 种实总个数和精准总质量换算后求得; 种仁品质指标委托国家林业局经济林产品质量检验检测中心 (杭州) 测定: 含油率依据 GB/T 5009.6-2003《食品中脂肪的测定》测定, 蛋白质含量依据 GB 5009.5-2010《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》测定, 总糖含量依据 NY/T1278-2007《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 GBT17376-2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯制备》、GBT17377-2008《动植物油脂 脂肪酸甲酯的气相色谱分析》测定, 测定时间为 2016 年 11 月。

### 1.3 数据处理

数据输入汇总采用 Microsoft Excel, 方差分析、多重比较 (Scheffe 法)、相关性分析 (Pearson 相关性) 采用 SPSS 22 统计分析软件进行分析<sup>[3]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同类型种实性状的变异特征

从表 2 不同类型及香榿间种实性状的方差分析<sup>[4-5]</sup>结果可以看出, 11 个类型及香榿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、核壳厚等 16 个性状指标均存在极显著的差异 ( $\alpha=0.01$ )。

表 2 不同类型及香榿间种实性状的方差分析  
Table 2 ANOVA on seed traits among 11 types of *T. grandis* and *T. grandis* 'Merrillii'

| 变因  | df  | 鲜单实质量    |         |           | 鲜单核质量   |        |           | 鲜出核率      |         |           | 假种皮厚      |         |          |
|-----|-----|----------|---------|-----------|---------|--------|-----------|-----------|---------|-----------|-----------|---------|----------|
|     |     | SS       | MS      | F         | SS      | MS     | F         | SS        | MS      | F         | SS        | MS      | F        |
| 类型间 | 11  | 1303.723 | 118.520 | 84.910**  | 153.156 | 13.923 | 78.072**  | 4066.336  | 369.667 | 33.470**  | 1.185     | 0.108   | 36.950** |
| 类型内 | 618 | 862.623  | 1.396   |           | 110.214 | 0.178  |           | 6825.545  | 11.045  |           | 1.802     | 0.003   |          |
| 总计  | 629 | 2166.347 |         |           | 263.370 |        |           | 10891.881 |         |           | 2.987     |         |          |
| 变因  | df  | 种实纵径     |         |           | 种实横径    |        |           | 种形指数      |         |           | 种核壳厚      |         |          |
|     |     | SS       | MS      | F         | SS      | MS     | F         | SS        | MS      | F         | SS        | MS      | F        |
| 类型间 | 11  | 105.279  | 9.571   | 220.072** | 23.449  | 2.132  | 132.015** | 61.160    | 5.560   | 358.524** | 0.043     | 0.004   | 26.463** |
| 类型内 | 618 | 26.876   | 0.043   |           | 9.979   | 0.016  |           | 9.584     | 0.016   |           | 0.091     | 0.000   |          |
| 总计  | 629 | 132.155  |         |           | 33.428  |        |           | 70.744    |         |           | 0.134     |         |          |
| 变因  | df  | 种核纵径     |         |           | 种核横径    |        |           | 核形指数      |         |           | 干单仁质量     |         |          |
|     |     | SS       | MS      | F         | SS      | MS     | F         | SS        | MS      | F         | SS        | MS      | F        |
| 类型间 | 11  | 118.781  | 10.798  | 236.418** | 8.848   | 0.804  | 93.222**  | 141.594   | 12.872  | 266.424** | 22.317    | 2.029   | 51.914** |
| 类型内 | 618 | 28.227   | 0.046   |           | 5.332   | 0.009  |           | 29.858    | 0.048   |           | 24.152    | 0.039   |          |
| 总计  | 629 | 147.008  |         |           | 14.180  |        |           | 171.452   |         |           | 46.468    |         |          |
| 变因  | df  | 干单实质量    |         |           | 干单核质量   |        |           | 干出核率      |         |           | 干核出仁率     |         |          |
|     |     | SS       | MS      | F         | SS      | MS     | F         | SS        | MS      | F         | SS        | MS      | F        |
| 类型间 | 11  | 132.959  | 12.087  | 75.723**  | 52.993  | 4.818  | 68.621**  | 5277.866  | 479.806 | 32.670**  | 4740.475  | 430.952 | 23.748** |
| 类型内 | 618 | 98.648   | 0.160   |           | 43.387  | 0.070  |           | 9076.323  | 14.687  |           | 11214.957 | 18.147  |          |
| 总计  | 629 | 231.607  |         |           | 96.380  |        |           | 14354.189 |         |           | 15955.432 |         |          |

注: \*\*表示  $\alpha=0.01$  水平上差异极显著。

2.1.1 单个种实和种核鲜质量变异分析 从表 3 可知, 鲜单实质量总平均 7.8 g, 不同类型及香榿间平均变幅为 4.6~10.8 g; 最大的是多眼香榿, 为 10.8 g; 其次较大的是大丁香、褐核香榿、香榿, 分别为 9.8, 9.5, 9.4 g; 最小的是小香榿、小丁香, 分别为 6.2, 4.6 g; 除多眼香榿、大丁香、褐核香榿比香榿大外, 其余类型均比香榿小。通过多重比较可看出, 鲜单实质量多眼香榿、大丁香、褐核香榿两两之间差异不显著; 除大丁香、褐核香榿、丁香榿与香榿间差异不显著外, 其余类型与香榿都存在显著差异 ( $\alpha=0.05$ ); 小丁香与其它所有类型都存在显著差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内鲜单实质量变异, 不同类型及香榿间变异系数 (CV) 幅度为 9.80%~22.30%; CV 最大的是褐核香榿, 为 22.30%; 较大的是小丁香、小香榿, 分别为 19.55%, 18.53%; 最小的是多眼香榿, 仅 9.80%, 早熟香榿、丁香榿的 CV 也比较小, 分别是 10.72%, 10.66%。

表3 不同类型及香榧种实各性状的均值、标准差、变异系数及多重比较

Table 3 Mean values, standard deviation, variation coefficient and multiple comparison of seed traits in 11 types of *T. grandis* and *T. grandis* 'Merrillii'

| 名称   | 样本数<br>/粒 | 鲜单实质量   |        |       | 鲜单核质量   |        |       | 假种皮厚    |        |       | 种壳厚      |        |       |
|------|-----------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|---------|--------|-------|----------|--------|-------|
|      |           | 均值/g    | 标准差/g  | CV/%  | 均值/g    | 标准差/g  | CV/%  | 均值/cm   | 标准差/cm | CV/%  | 均值/cm    | 标准差/cm | CV/%  |
| 早熟香榧 | 60        | 7.9cd   | 0.85   | 10.72 | 2.74c   | 0.32   | 11.55 | 0.36bc  | 0.05   | 12.90 | 0.09a    | 0.01   | 12.07 |
| 香榧   | 90        | 9.4b    | 1.33   | 14.23 | 3.20b   | 0.43   | 13.56 | 0.38ab  | 0.07   | 18.20 | 0.09ab   | 0.01   | 14.25 |
| 长香榧  | 120       | 6.8ef   | 1.13   | 16.55 | 2.52c   | 0.39   | 15.58 | 0.33cd  | 0.05   | 15.07 | 0.08bcd  | 0.01   | 17.85 |
| 特长榧  | 90        | 7.4de   | 1.22   | 16.50 | 2.75c   | 0.40   | 14.45 | 0.33cd  | 0.06   | 18.05 | 0.08bc   | 0.01   | 12.56 |
| 弯长榧  | 30        | 8.0cd   | 1.24   | 15.37 | 2.66c   | 0.56   | 21.14 | 0.37abc | 0.05   | 14.86 | 0.07e    | 0.01   | 2.66  |
| 大丁香  | 30        | 9.8ab   | 1.11   | 11.23 | 3.65a   | 0.48   | 13.23 | 0.41a   | 0.03   | 8.25  | 0.08abc  | 0.01   | 17.09 |
| 甜丁香  | 60        | 6.7ef   | 0.91   | 13.70 | 2.68c   | 0.40   | 14.83 | 0.25f   | 0.04   | 17.47 | 0.08cde  | 0.01   | 16.79 |
| 丁香榧  | 30        | 8.6bc   | 0.92   | 10.66 | 3.18b   | 0.27   | 8.42  | 0.30de  | 0.04   | 13.88 | 0.07e    | 0.01   | 13.85 |
| 小丁香  | 30        | 4.6g    | 0.91   | 19.55 | 1.86d   | 0.34   | 18.48 | 0.25e   | 0.03   | 13.68 | 0.06f    | 0.01   | 17.52 |
| 褐核香榧 | 30        | 9.5ab   | 2.11   | 22.30 | 3.24b   | 0.75   | 23.04 | 0.37abc | 0.07   | 17.66 | 0.07cde  | 0.02   | 26.90 |
| 多眼香榧 | 30        | 10.8a   | 1.06   | 9.80  | 3.93a   | 0.43   | 11.04 | 0.35bcd | 0.07   | 20.31 | 0.08abc  | 0.01   | 11.42 |
| 小香榧  | 30        | 6.2f    | 1.15   | 18.53 | 1.80d   | 0.31   | 17.08 | 0.32cd  | 0.05   | 14.94 | 0.07de   | 0.01   | 11.66 |
| 总计   | 630       | 7.8     | 1.86   | 23.70 | 2.81    | 0.65   | 23.00 | 0.33    | 0.07   | 20.63 | 0.08     | 0.01   | 18.64 |
| 名称   | 样本数<br>/粒 | 种实纵径    |        |       | 种实横径    |        |       | 种形指数    |        |       | 鲜出核率     |        |       |
|      |           | 均值/cm   | 标准差/cm | CV/%  | 均值/cm   | 标准差/cm | CV/%  | 均值      | 标准差    | CV/%  | 均值/%     | 标准差/%  | CV/%  |
| 早熟香榧 | 60        | 3.18d   | 0.18   | 5.53  | 2.05bcd | 0.14   | 6.66  | 1.56de  | 0.11   | 7.03  | 34.66de  | 2.89   | 8.34  |
| 香榧   | 90        | 3.35c   | 0.19   | 5.77  | 2.16a   | 0.15   | 6.98  | 1.56de  | 0.13   | 8.37  | 34.38de  | 3.05   | 8.88  |
| 长香榧  | 120       | 3.62b   | 0.23   | 6.32  | 1.73f   | 0.13   | 7.25  | 2.10ab  | 0.18   | 8.68  | 37.13c   | 4.04   | 10.87 |
| 特长榧  | 90        | 3.78a   | 0.25   | 6.68  | 1.75f   | 0.12   | 6.73  | 2.17a   | 0.13   | 6.03  | 37.46bc  | 3.64   | 9.72  |
| 弯长榧  | 30        | 3.78ab  | 0.25   | 6.54  | 1.85ef  | 0.11   | 6.07  | 2.05b   | 0.09   | 4.54  | 32.87e   | 3.29   | 10.00 |
| 大丁香  | 30        | 3.74ab  | 0.19   | 5.05  | 2.13abc | 0.09   | 4.42  | 1.75c   | 0.09   | 5.01  | 37.12cd  | 2.67   | 7.19  |
| 甜丁香  | 60        | 2.76e   | 0.18   | 6.43  | 2.02cd  | 0.12   | 5.71  | 1.37f   | 0.08   | 6.11  | 40.24a   | 3.02   | 7.49  |
| 丁香榧  | 30        | 3.15d   | 0.14   | 4.53  | 2.17ab  | 0.09   | 4.07  | 1.45ef  | 0.08   | 5.39  | 36.92cd  | 2.68   | 7.27  |
| 小丁香  | 30        | 2.42f   | 0.18   | 7.62  | 1.76f   | 0.13   | 7.17  | 1.37f   | 0.07   | 5.30  | 40.20ab  | 2.44   | 6.06  |
| 褐核香榧 | 30        | 3.29cd  | 0.25   | 7.57  | 2.21a   | 0.16   | 7.40  | 1.49ef  | 0.10   | 6.42  | 34.49de  | 4.41   | 12.79 |
| 多眼香榧 | 30        | 3.74ab  | 0.16   | 4.29  | 2.28a   | 0.11   | 4.81  | 1.65cd  | 0.09   | 5.66  | 36.39cde | 1.94   | 5.34  |
| 小香榧  | 30        | 2.64e   | 0.19   | 7.25  | 1.93de  | 0.13   | 7.00  | 1.37f   | 0.07   | 5.40  | 29.22f   | 3.07   | 10.50 |
| 总计   | 630       | 3.36    | 0.46   | 13.65 | 1.96    | 0.23   | 11.77 | 1.74    | 0.34   | 19.27 | 36.24    | 4.16   | 11.48 |
| 名称   | 样本数<br>/粒 | 种核纵径    |        |       | 种核横径    |        |       | 核形指数    |        |       | 干出核率     |        |       |
|      |           | 均值/cm   | 标准差/cm | CV/%  | 均值/cm   | 标准差/cm | CV/%  | 均值      | 标准差    | CV/%  | 均值/%     | 标准差/%  | CV/%  |
| 早熟香榧 | 60        | 2.98d   | 0.18   | 5.93  | 1.35b   | 0.08   | 5.88  | 2.21cd  | 0.18   | 8.18  | 63.83d   | 4.43   | 6.93  |
| 香榧   | 90        | 3.14c   | 0.24   | 7.60  | 1.40ab  | 0.12   | 8.48  | 2.26bc  | 0.25   | 11.28 | 66.83c   | 3.11   | 4.65  |
| 长香榧  | 120       | 3.45b   | 0.23   | 6.53  | 1.18c   | 0.09   | 7.36  | 2.95a   | 0.28   | 9.37  | 70.24ab  | 3.63   | 5.17  |
| 特长榧  | 90        | 3.63a   | 0.25   | 6.89  | 1.19c   | 0.08   | 6.56  | 3.07a   | 0.28   | 9.00  | 70.40ab  | 5.18   | 7.36  |
| 弯长榧  | 30        | 3.55ab  | 0.28   | 7.87  | 1.14c   | 0.10   | 8.57  | 3.11a   | 0.20   | 6.45  | 63.56d   | 3.51   | 5.52  |
| 大丁香  | 30        | 3.57ab  | 0.21   | 5.93  | 1.46a   | 0.08   | 5.64  | 2.44b   | 0.15   | 6.33  | 67.68bc  | 2.48   | 3.67  |
| 甜丁香  | 60        | 2.53e   | 0.16   | 6.44  | 1.40ab  | 0.08   | 5.82  | 1.81f   | 0.12   | 6.75  | 71.80a   | 3.24   | 4.51  |
| 丁香榧  | 30        | 2.85d   | 0.14   | 4.94  | 1.42ab  | 0.05   | 3.75  | 2.01def | 0.11   | 5.63  | 72.92a   | 2.56   | 3.50  |
| 小丁香  | 30        | 2.19f   | 0.19   | 8.65  | 1.24c   | 0.10   | 8.04  | 1.77f   | 0.16   | 8.92  | 71.09ab  | 2.95   | 4.15  |
| 褐核香榧 | 30        | 2.92d   | 0.23   | 7.80  | 1.45a   | 0.14   | 9.77  | 2.03cde | 0.21   | 10.45 | 66.54cd  | 5.64   | 8.47  |
| 多眼香榧 | 30        | 3.37b   | 0.14   | 4.24  | 1.49a   | 0.09   | 5.85  | 2.28bc  | 0.14   | 6.18  | 67.15bcd | 1.89   | 2.82  |
| 小香榧  | 30        | 2.36e   | 0.17   | 7.30  | 1.20c   | 0.09   | 7.50  | 1.98ef  | 0.14   | 7.00  | 63.78d   | 4.09   | 6.42  |
| 总计   | 630       | 3.14    | 0.48   | 15.40 | 1.30    | 0.15   | 11.52 | 2.45    | 0.52   | 21.31 | 68.41    | 4.78   | 6.98  |
| 名称   | 样本数<br>/粒 | 干单实质量   |        |       | 干单核质量   |        |       | 干单仁质量   |        |       | 干核出仁率    |        |       |
|      |           | 均值/g    | 标准差/g  | CV/%  | 均值/g    | 标准差/g  | CV/%  | 均值/g    | 标准差/g  | CV/%  | 均值/%     | 标准差/%  | CV/%  |
| 早熟香榧 | 60        | 2.82bc  | 0.35   | 12.54 | 1.79cde | 0.20   | 11.08 | 1.21de  | 0.15   | 12.26 | 67.27b   | 3.64   | 5.42  |
| 香榧   | 90        | 3.07b   | 0.35   | 11.46 | 2.05b   | 0.23   | 11.38 | 1.39bc  | 0.21   | 15.01 | 67.62b   | 5.74   | 8.48  |
| 长香榧  | 120       | 2.32e   | 0.36   | 15.70 | 1.63e   | 0.24   | 14.71 | 1.13e   | 0.18   | 16.23 | 69.08b   | 3.18   | 4.61  |
| 特长榧  | 90        | 2.47de  | 0.46   | 18.79 | 1.72cde | 0.26   | 15.40 | 1.16de  | 0.19   | 16.50 | 67.21b   | 4.26   | 6.34  |
| 弯长榧  | 30        | 2.73bcd | 0.48   | 17.67 | 1.74cde | 0.35   | 20.25 | 1.23cde | 0.29   | 23.31 | 70.12b   | 4.07   | 5.80  |
| 大丁香  | 30        | 3.45a   | 0.37   | 10.62 | 2.34a   | 0.27   | 11.76 | 1.47ab  | 0.20   | 13.68 | 62.97c   | 3.30   | 5.24  |
| 甜丁香  | 60        | 2.31ef  | 0.38   | 16.64 | 1.65de  | 0.27   | 16.27 | 1.11e   | 0.17   | 15.63 | 67.48b   | 4.48   | 6.65  |
| 丁香榧  | 30        | 2.59cde | 0.24   | 9.33  | 1.89bcd | 0.18   | 9.36  | 1.48ab  | 0.13   | 9.12  | 78.36a   | 2.65   | 3.38  |
| 小丁香  | 30        | 1.69g   | 0.33   | 19.67 | 1.20f   | 0.24   | 19.82 | 0.85f   | 0.18   | 20.58 | 71.02b   | 5.24   | 7.38  |
| 褐核香榧 | 30        | 2.93bc  | 0.69   | 23.48 | 1.95bc  | 0.51   | 26.06 | 1.31bcd | 0.36   | 27.14 | 67.03b   | 5.34   | 7.97  |
| 多眼香榧 | 30        | 3.61a   | 0.37   | 10.25 | 2.42a   | 0.25   | 10.38 | 1.61a   | 0.15   | 9.28  | 66.55b   | 2.38   | 3.58  |
| 小香榧  | 30        | 1.93f   | 0.34   | 17.61 | 1.22f   | 0.20   | 16.44 | 0.82f   | 0.16   | 19.05 | 66.84b   | 4.93   | 7.38  |
| 总计   | 63        | 2.62    | 0.61   | 23.13 | 1.79    | 0.39   | 21.93 | 1.22    | 0.27   | 22.34 | 68.25    | 5.04   | 7.38  |

注:表中均值栏数值后有一个相同标记字母的表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异不显著,不同字母的表示在 $\alpha=0.05$ 水平上差异显著。

从表 3 可知, 鲜单核质量总平均 2.81 g, 不同类型及香榧间平均变幅为 1.80 ~ 3.93 g; 最大的是多眼香榧、大丁香, 分别为 3.93, 3.65 g; 其次较大的是褐核香榧、香榧、丁香榧, 分别为 3.24, 3.20, 3.18 g; 最小的是小丁香、小香榧, 分别为 1.86, 1.80 g; 早熟香榧、长香榧类、甜丁香的鲜单核质量属中等大小, 为 2.52 ~ 2.75 g; 除多眼香榧、大丁香、褐核香榧比香榧大外, 其余类型均比香榧小。通过多重比较可看出, 鲜单核质量多眼香榧与大丁香、小丁香与小香榧之间差异不显著, 长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、甜丁香彼此间差异不显著; 除褐核香榧、丁香榧与香榧差异不显著 ( $\alpha=0.05$ ) 外, 其余类型与香榧均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内鲜单核质量变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 8.42% ~ 23.04%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 23.04%; 其次较大的是弯长榧, 为 21.14%, 小丁香、小香榧变异系数也较大, 分别为 18.48%, 17.08%; 最小的是丁香榧, 仅 8.42%, 早熟香榧、多眼香榧的变异系数也比较小, 分别为 11.55%, 11.04%。

2.1.2 种实纵横径变异分析 从表 3 可知, 种实纵径总平均 3.36 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 2.42 ~ 3.78 cm; 最大的是弯长榧、特长榧, 为 3.78 cm; 其次较大的是多眼香榧、大丁香、长香榧, 分别为 3.74, 3.74, 3.62 cm; 最小的是小香榧、小丁香, 分别为 2.64, 2.42 cm; 长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、多眼香榧的种实纵径均比香榧长, 其余类型均比香榧短。通过多重比较可看出, 种实纵径长香榧、弯长榧、多眼香榧、大丁香相互间差异不显著, 甜丁香与小香榧差异不显著; 香榧与褐核香榧差异不显著, 但与其它所有类型都存在显著差异 ( $\alpha=0.05$ ); 小丁香与其它所有类型均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种实纵径变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 4.29% ~ 7.62%; 变异系数最大的是小丁香, 为 7.62%; 其次较大的是褐核香榧、小香榧, 分别为 7.57%, 7.25%; 最小的是丁香榧、多眼香榧, 分别为 4.53%, 4.29%; 长香榧、特长榧、弯长榧、香榧、早熟香榧、甜丁香变异系数属中等。

从表 3 可知, 种实横径总平均 1.96 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 1.73 ~ 2.28 cm; 最大的是多眼香榧, 为 2.28 cm; 其次较大的是褐核香榧、丁香榧、香榧、大丁香, 分别为 2.21, 2.17, 2.16, 2.13 cm; 最小的是小丁香、特长榧、长香榧, 分别为 1.76, 1.75, 1.73 cm; 除多眼香榧、褐核香榧、丁香榧比香榧大外, 其余类型均比香榧小。通过多重比较可看出, 种实横径多眼香榧、褐核香榧、香榧、丁香榧、大丁香相互间差异不显著; 小丁香、长香榧、特长榧、弯长榧彼此间差异不显著; 早熟香榧、长香榧、特长榧、弯长榧、甜丁香、小丁香、小香榧与香榧存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种实横径变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 4.07% ~ 7.40%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 7.40%; 其次较大的是长香榧、小丁香, 分别为 7.25%, 7.17%; 最小的是丁香榧, 为 4.07%, 多眼香榧、大丁香的变异系数也比较小, 分别为 4.81%, 4.42%。

2.1.3 种核纵横径的变异分析 从表 3 可知, 种核纵径总平均 3.14 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 2.19 ~ 3.63 cm; 最大的是特长榧, 为 3.63 cm; 其次较大的是大丁香、弯长榧, 分别为 3.57, 3.55 cm; 最小的是小香榧、小丁香, 分别为 2.36, 2.19 cm; 长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、多眼香榧的种核纵径均比香榧长, 其余均比香榧短。通过多重比较可看出, 种核纵径特长榧、弯长榧、大丁香相互间差异不显著, 早熟香榧、褐核香榧、丁香榧彼此间差异不显著, 甜丁香与小香榧差异不显著; 香榧与其余类型均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ ), 小丁香与其它所有类型都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种核纵径变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 4.24% ~ 8.65%; 变异系数最大的是小丁香, 为 8.65%; 其次较大的是弯长榧、褐核香榧, 分别为 7.87%, 7.8%; 最小的是丁香榧、多眼香榧, 分别为 4.94%, 4.24%; 大丁香、早熟香榧的变异系数也比较小, 均为 5.93%; 除小丁香、弯长榧、褐核香榧的变异系数比香榧大外, 其余类型均比香榧小。

从表 3 可知, 种核横径总平均 1.3 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 1.14 ~ 1.49 cm; 最大的是多眼香榧, 为 1.49 cm; 其次较大的是大丁香、褐核香榧, 分别为 1.46, 1.45 cm; 最小的是弯长榧, 为 1.14 cm, 特长榧、长香榧也比较小, 分别为 1.19, 1.18 cm; 多眼香榧、大丁香、褐核香榧、丁香榧的种核横径均比香榧大, 而长香榧、特长榧、弯长榧、小香榧、小丁香、早熟香榧都比香榧小。通过多重比较可看出, 种核横径多眼香榧、大丁香、褐核香榧、丁香榧、香榧、甜丁香彼此间差异不显著 ( $\alpha=0.05$ ); 长香榧、特长榧、弯长榧、小丁香、小香榧相互间差异不显著 ( $\alpha=0.05$ ), 但与香榧均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种实横径变异, 不同类

型及香榧间变异系数幅度为 3.75%~9.77%；变异系数最大的是褐核香榧，为 9.77%；其次较大的是弯长榧、香榧，分别为 8.57%，8.48%；最小的是丁香榧，为 3.75%；除褐核香榧、弯长榧变异系数比香榧大外，其余类型都比香榧小。

2.1.4 种形与核形指数的变异分析 从表 3 可知，种形指数总平均 1.74，不同类型及香榧间平均变幅为 1.37~2.17；最大的是特长榧，为 2.17；其次较大的是长香榧、弯长榧，分别为 2.10，2.05；最小的是甜丁香、小丁香、小香榧，均为 1.37；长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、多眼香榧的种形指数均比香榧、早熟香榧大，其余类型都比香榧、早熟香榧小。通过多重比较可看出，种形指数褐核香榧、丁香榧、甜丁香、小丁香、小香榧彼此间差异不显著 ( $\alpha=0.05$ )；长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、甜丁香、小丁香、小香榧与香榧均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种形指数变异，不同类型及香榧间变异系数幅度为 4.54%~8.68%；变异系数最大的是长香榧，为 8.68%；其次较大的是香榧、早熟香榧，分别为 8.37%，7.03%；最小的是大丁香、弯长榧，分别为 5.01%，4.54%；除长香榧比香榧大外，其余类型变异系数都比香榧小。

从表 3 可知，核形指数总平均 2.45，不同类型及香榧间平均变幅为 1.77~3.11；最大的是弯长榧，为 3.11；其次较大的是特长榧、长香榧，分别为 3.07，2.95；最小的是甜丁香、小丁香，分别为 1.81，1.77；长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、多眼香榧的核形指数均比香榧大，其余类型都比香榧小。通过多重比较可看出，核形指数长香榧、特长榧、弯长榧彼此间差异不显著，但与其它所有类型都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )；大丁香、多眼香榧、早熟香榧、褐核香榧与香榧差异不显著 ( $\alpha=0.05$ )，其余类型与香榧存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内核形指数变异，不同类型及香榧间变异系数幅度为 5.63%~11.28%；变异系数最大的是香榧，为 11.28%；其次较大的是褐核香榧，为 10.45%；最小的是丁香榧，为 5.63%；大丁香、多眼香榧的变异系数也比较小，分别为 6.33%，6.18%；所有类型核形指数的变异系数都比香榧小。

2.1.5 干单实质量、单核质量与单仁质量变异分析 从表 3 可知，干单实质量总平均 2.62 g，不同类型及香榧间平均变幅为 1.69~3.61 g；最大的是多眼香榧，为 3.61 g；其次较大的是大丁香、香榧、褐核香榧，分别为 3.45，3.07，2.93 g；最小的是小香榧、小丁香，分别为 1.93，1.69 g；除多眼香榧、大丁香比香榧重外，其余类型都比香榧轻。通过多重比较可看出，干单实质量多眼香榧与大丁香、甜丁香与小香榧之间差异不显著；除早熟香榧、褐核香榧、弯长榧与香榧间差异不显著外，其余类型与香榧都存在显著差异 ( $\alpha=0.05$ )；小丁香与其它所有类型都存在显著差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内干单实质量变异，不同类型及香榧间变异系数幅度为 9.33%~23.48%；变异系数最大的是褐核香榧，为 23.48%；其次较大的是小丁香、特长榧，分别为 19.67%，18.79%；最小的是丁香榧，仅 9.33%，大丁香、多眼香榧的变异系数也比较小，分别为 10.62%，10.25%。

从表 3 可知，干单核质量总平均 1.79 g，不同类型及香榧间平均变幅为 1.20~2.42 g；最大的是多眼香榧、大丁香，分别为 2.42，2.34 g；其次较大的是香榧、褐核香榧，分别为 2.05，1.95 g；最小的是小香榧、小丁香，分别为 1.22g、1.20 g；早熟香榧、长香榧、特长榧、弯长榧、甜丁香的干单核质量属中等大小，为 1.63~1.79 g；除多眼香榧、大丁香比香榧重外，其余类型都比香榧轻。通过多重比较可看出，干单核质量多眼香榧与大丁香、小香榧与小丁香差异不显著，长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、甜丁香彼此间差异不显著；除褐核香榧、丁香榧与香榧差异不显著外，其余类型与香榧都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内干单核质量变异，不同类型及香榧间变异系数幅度为 9.36%~26.06%；变异系数最大的是褐核香榧，为 26.06%；其次较大的是弯长榧、小丁香，分别为 20.25%，19.82%；最小的是丁香榧，仅 9.36%；早熟香榧、多眼香榧的变异系数也比较小，分别为 11.08%，10.38%。

从表 3 可知，干单仁质量总平均 1.22 g，不同类型及香榧间平均变幅为 0.82~1.61 g；最大的是多眼香榧，为 1.61 g；其次较大的是丁香榧、大丁香，分别为 1.48，1.47 g；最小的是小丁香、小香榧，分别为 0.85，0.82 g；除多眼香榧、丁香榧、大丁香的干单仁重比香榧大外，其余类型都比香榧小。通过多重比较可看出，干单仁重多眼香榧、丁香榧、大丁香三者间差异不显著，长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、甜丁香彼此间差异不显著；小香榧与小丁香之间差异不显著，但两者与其它所有类型间都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内干单仁

质量变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 9.12%~27.14%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 27.14%; 其次较大的是弯长榧、小丁香, 分别为 23.31%, 20.58%; 最小的是多眼香榧、丁香榧, 分别为 9.28%, 9.12%。

2.1.6 干鲜出核率的变异分析 从表 3 可知, 鲜出核率总平均 36.24%, 不同类型及香榧间平均变幅为 29.22%~40.24%; 最大的是甜丁香、小丁香, 分别为 40.24%, 40.20%; 其次较大的是特长榧、长香榧、大丁香, 分别为 37.46%, 37.13%, 37.12%; 最小的是弯长榧、小香榧, 分别为 32.87%, 29.22%; 除弯长榧、小香榧的鲜出核率比香榧小外, 其余类型都比香榧大。通过多重比较可看出, 鲜出核率小香榧与其它所有类型都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ ); 甜丁香与小丁香差异不显著, 但与其它所有类型都存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ ); 香榧、早熟香榧、褐核香榧、多眼香榧、弯长榧彼此差异不显著。类型内鲜出核率变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 5.34%~12.79%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 12.79%; 其次较大的是长香榧、小香榧, 分别为 10.87%, 10.50%; 最小的是小丁香、多眼香榧, 分别为 6.06%, 5.34%; 褐核香榧、长香榧、小香榧、特长榧、弯长榧的变异系数比香榧大, 其余类型变异系数比香榧小。

从表 3 可知, 干出核率总平均 68.41%, 不同类型及香榧间平均变幅为 63.56%~72.92%; 最大的是丁香榧、甜丁香、小丁香, 分别为 72.92%, 71.80%, 71.09%; 其次较大的是特长榧、长香榧, 分别为 70.40%, 70.24%; 最小的是弯长榧、小香榧、早熟香榧, 分别为 63.56%, 63.78%, 63.83%; 除弯长榧、小香榧、早熟香榧、褐核香榧的干出核率比香榧小外, 其余类型均比香榧大。通过多重比较可看出, 干出核率丁香榧、甜丁香、小丁香、长香榧、特长榧彼此间差异不显著, 且数值均较大; 大丁香、多眼香榧、香榧、褐核香榧四者间彼此差异不显著。类型内干出核率变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 2.82%~8.47%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 8.47%; 其次较大的是特长榧、早熟香榧, 分别为 7.36%, 6.93%; 最小的是多眼香榧, 仅为 2.82%; 大丁香、丁香榧的变异系数也比较小, 分别为 3.67%, 3.50%。

2.1.7 干核出仁率变异分析 从表 3 可知, 干核出仁率总平均 68.25%, 不同类型及香榧间平均变幅为 62.97%~78.36%; 最大的是丁香榧, 为 78.36%; 其次较大的是小丁香、弯长榧、长香榧, 分别为 71.02%, 70.12%, 69.08%; 最小的是大丁香, 为 62.97%; 丁香榧、小丁香、长香榧、弯长榧的干核出仁率均比香榧大, 其余类型均比香榧小。通过多重比较可看出, 干出仁率丁香榧与其它所有类型存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ ), 大丁香与其它所有类型存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ ); 除丁香榧、大丁香外, 其余类型彼此间差异不显著。类型内干核出仁率变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 3.38%~8.48%; 变异系数最大的是香榧, 为 8.48%; 其次较大的是褐核香榧, 为 7.97%; 最小的是多眼香榧、丁香榧, 分别为 3.58%, 3.38%; 长香榧的变异系数也比较小, 为 4.61%; 所有类型的变异系数均比香榧低。

2.1.8 假种皮厚与种核壳厚的变异分析 从表 3 可知, 假种皮厚总平均 0.33 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 0.25~0.41 cm; 最大的是大丁香, 为 0.41 cm; 其次较大的是香榧、弯长榧、褐核香榧, 分别为 0.38, 0.37, 0.37 cm; 最小的是甜丁香、小丁香, 均为 0.25 cm; 除大丁香外, 其余类型的假种皮厚均比香榧小。通过多重比较可看出, 假种皮厚香榧、大丁香、弯长榧、褐核香榧彼此差异不显著, 多眼香榧、长香榧、特长榧、小香榧、丁香榧彼此差异不显著; 甜丁香与小丁香差异不显著, 但两者与其它所有类型均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内假种皮厚变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 8.25%~20.31%; 变异系数最大的是多眼香榧, 为 20.31%; 其次较大的是香榧、特长榧, 分别为 18.20%, 18.05%; 最小的是大丁香, 为 8.25%; 除多眼香榧外, 其余类型的变异系数均比香榧低。

从表 3 可知, 种壳厚总平均 0.08 cm, 不同类型及香榧间平均变幅为 0.06~0.09 cm, 不同类型差异不大; 最大的是香榧、早熟香榧, 均为 0.09 cm; 最小的是小丁香, 为 0.06 cm; 除早熟香榧外, 其余类型的种壳厚均比香榧小。通过多重比较可看出, 种壳厚香榧、早熟香榧、大丁香、多眼香榧彼此差异不显著, 甜丁香、褐核香榧、小香榧、弯长榧、丁香榧彼此差异不显著; 小丁香与其它所有类型均存在显著的差异 ( $\alpha=0.05$ )。类型内种壳厚变异, 不同类型及香榧间变异系数幅度为 11.42%~26.90%; 变异系数最大的是褐核香榧, 为 26.90%; 最小的是小香榧、多眼香榧, 分别为 11.66%, 11.42%; 弯长榧、特长榧、早熟香榧的变异系数也比较小, 分别

为 12.66%, 12.56%, 12.07%。

2.1.9 鲜种实每千克个数的变异分析 从表 4 可知, 鲜种实个数不同类型及香榧间变幅为 110~229 个·kg<sup>-1</sup>, 类型间变异较大, 最多的是最少的 2.08 倍, 数值越小, 说明种实个体越大; 个数最少的是大丁香、多眼香榧, 均为 110 个·kg<sup>-1</sup>; 其次较少的是香榧、褐核香榧, 均为 113 个·kg<sup>-1</sup>; 最多的是小丁香, 为 229 个·kg<sup>-1</sup>; 除大丁香、多眼香榧、褐核香榧外, 其余类型的鲜种实每千克个数均比香榧多。

表 4 各类型及香榧鲜种实每千克个数、变异丰富度、成熟期、种仁品质指标  
Table 4 Seed number per kilogram, variation richness, mature period and kernel traits in 11 types of *T. grandis* and *T. grandis* 'Merrillii'

| 名称   | 鲜种实<br>/(个数·kg <sup>-1</sup> ) | 变异丰富度<br>(性状数) | 成熟期  | 含油率<br>/% | 蛋白<br>质/% | 总糖<br>/% | 脂肪酸组成/% |     |      |      |     |     |
|------|--------------------------------|----------------|------|-----------|-----------|----------|---------|-----|------|------|-----|-----|
|      |                                |                |      |           |           |          | 棕榈酸     | 硬脂酸 | 油酸   | 亚油酸  | 金松酸 | 其它  |
| 大丁香  | 110                            | 0              | 九月中旬 | 41.24     | 10.30     | 2.26     | 8.3     | 3.7 | 37.3 | 39.0 | 7.7 | 4.0 |
| 多眼香榧 | 110                            | 1              | 九月中旬 | 36.65     | 7.77      |          | 9.1     | 4.1 | 37.3 | 36.6 | 7.9 | 5.0 |
| 香榧   | 113                            | 5              | 九月上旬 | 44.75     | 10.66     | 1.81     | 8.1     | 3.4 | 36.5 | 39.5 | 8.4 | 4.1 |
| 褐核香榧 | 113                            | 14             | 九月中旬 |           | 7.78      |          | 7.5     | 3.5 | 37.0 | 38.1 | 9.7 | 4.2 |
| 丁香榧  | 124                            | 0              | 九月下旬 |           | 7.73      |          | 7.7     | 3.5 | 35.3 | 39.8 | 8.5 | 5.2 |
| 早熟香榧 | 132                            | 2              | 八月底  | 43.65     | 9.30      | 2.30     | 8.2     | 3.6 | 37.6 | 38.8 | 7.8 | 4.0 |
| 弯长榧  | 141                            | 5              | 九月上旬 | 49.51     | 9.07      | 1.90     | 7.3     | 2.9 | 33.9 | 43.6 | 7.8 | 4.5 |
| 特长榧  | 150                            | 3              | 九月上旬 | 42.44     | 10.85     | 2.46     | 8.3     | 3.4 | 35.0 | 40.7 | 8.5 | 4.1 |
| 甜丁香  | 166                            | 0              | 九月下旬 |           | 8.15      |          | 7.5     | 3.5 | 37.0 | 38.1 | 9.7 | 4.2 |
| 小香榧  | 166                            | 3              | 九月中旬 |           | 8.14      |          | 8.0     | 3.3 | 41.4 | 32.3 | 9.7 | 5.3 |
| 长香榧  | 169                            | 5              | 九月上旬 | 44.84     | 11.00     | 2.17     | 8.1     | 3.5 | 34.8 | 41.5 | 8.3 | 3.8 |
| 小丁香  | 229                            | 10             | 九月中旬 |           |           |          | 7.7     | 3.5 | 35.3 | 39.8 | 8.5 | 5.2 |

2.1.10 种仁品质指标的比较分析 表 4 列出了各类型及香榧种仁的含油率、蛋白质含量、总糖含量、脂肪酸组成(空白项为未测定), 从表 4 可看出: 含油率在已测定的 7 个种类中, 最高的是弯长榧, 为 49.51%, 最低的是多眼香榧、大丁香, 分别为 36.65%, 41.24%, 长香榧、弯长榧、特长榧含油率与香榧相近, 且都比较高。种仁油脂脂肪酸组成: 所有类型及香榧均是油酸、亚油酸的比例最高, 除多眼香榧、小香榧比例最大的是油酸, 其余类型及香榧比例最大的均是亚油酸。小香榧、早熟香榧、大丁香、多眼香榧、褐核香榧、甜丁香油酸比例比香榧的高, 弯长榧、长香榧、特长榧、丁香榧、小丁香亚油酸比例比香榧的高。

## 2.2 种实不同性状变异程度的差异

从表 3 各性状的总变异系数可看出, 变异程度最大的性状是鲜单实质量, 变异系数为 23.70%; 其次较大的性状依次是干单实质量、鲜单核质量、干单仁质量、干单核质量、核形指数、假种皮厚、种形指数, 变异系数分别为 23.13%, 23.00%, 22.34%, 21.93%, 21.31%, 20.63%, 19.27%; 变异程度最小的是干出核率、干核出仁率, 变异系数分别为 6.98%, 7.38%; 鲜出核率、种核横径、种实横径的变异程度也比较小, 变异系数分别为 11.48%, 11.52%, 11.77%。由此可见, 在种实各性状中, 变异最大的性状是单个种实(种核、种仁)质量, 其次是核形指数、种形指数、假种皮厚, 变异最小的是出核率、出仁率、种核横径、种实横径。

## 2.3 各类型及香榧变异的丰富度

根据李正红<sup>[6]</sup>等的方法, 将物种各性状变异系数按大小排序, 以前 3 位变异系数所占性状数作为物种变异丰富度的评价指标, 从表 4 各类型及香榧变异丰富度数据可以看出: 在全部调查的 16 个种实性状中, 褐核香榧有 14 个性状的变异系数位列前 3, 说明其变异最为丰富; 其次变异较丰富的是小丁香, 所占性状有 10 个; 香榧、长香榧、弯长榧, 所占性状为 5 个, 变异程度中等; 特长榧、小香榧, 所占性状为 3 个, 早熟香榧所占性状为 2 个、多眼香榧所占性状 1 个, 变异程度相对较小; 变异最小的是丁香榧、甜丁香、大丁香, 所占性状为 0 个。

## 2.4 不同类型及香榧种实成熟期比较

表 4 列出了各调查类型及香榧种实的成熟期, 早熟香榧成熟期为 8 月底, 比香榧的成熟时间约早 7 d; 长香榧、特长榧、弯长榧成熟期与香榧相同, 同为 9 月上旬; 其余类型成熟期比香榧、长香榧要迟, 大丁香、多眼香榧、小丁香、小香榧成熟期为 9 月中旬, 丁香榧、甜丁香成熟期为 9 月下旬。

## 2.5 性状间的相关性分析

2.5.1 种实性状间的相关性分析 从表 5 可看出, 以取样调查的榧树各类型及香榧的全部 630 个种实为样本进行种实性状相关性分析, 结果表明榧树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, 与种形指数存在显著 ( $\alpha=0.05$ ) 的负相关关系; 假种皮厚与种实纵径、种实横径、种形指数存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的正相关关系, 即随着种实纵径、横径的增大, 假种皮厚也随之增大; 种实鲜出核率与鲜单实质量、种实纵径、种实横径、假种皮厚存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的负相关关系。

2.5.2 种核性状间的相关性分析 从表 5 可看出, 榧树种核鲜单核质量与种核纵径、种核横径、种核壳厚存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的正相关关系, 与核形指数相关性不显著; 种核壳厚与种核纵径、种核横径、核形指数存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的正相关关系; 种核纵径与种核横径存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的负相关关系; 种核干出仁率与种核壳厚、核形指数存在极显著 ( $\alpha=0.01$ ) 的负相关关系, 与种核纵径存在显著 ( $\alpha=0.05$ ) 的负相关关系, 与种核横径相关性不显著。

表 5 榧树种实(核)性状间的相关性分析

Table 5 Correlation analysis on 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     | 0.526** | 0.767**  | -0.092*  | 0.486** | -0.306** |
| 种实纵径  |       | 1       | -0.049   | 0.770**  | 0.425** | -0.113** |
| 种实横径  |       |         | 1        | -0.663** | 0.272** | -0.230** |
| 种形指数  |       |         |          | 1        | 0.136** | 0.066    |
| 假种皮厚  |       |         |          |          | 1       | -0.505** |
| 鲜出核率  |       |         |          |          |         | 1        |
|       | 鲜单核质量 | 种核纵径    | 种核横径     | 核形指数     | 种核壳厚    | 干出仁率     |
| 鲜单核质量 | 1     | 0.453** | 0.734**  | -0.068   | 0.241** | 0.031    |
| 种核纵径  |       | 1       | -0.165** | 0.836**  | 0.253** | -0.102*  |
| 种核横径  |       |         | 1        | -0.668** | 0.123** | 0.062    |
| 核形指数  |       |         |          | 1        | 0.110** | -0.113** |
| 种核壳厚  |       |         |          |          | 1       | -0.351** |
| 干出仁率  |       |         |          |          |         | 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。

### 3 结论与讨论

(1) 磐安榧树不同类型及香榧间种实各性状方差分析均存在极显著的差异 ( $\alpha=0.01$ ), 表明磐安榧树种内种实性状的变异是很丰富的, 这一结论也进一步证实黎章矩、戴文圣等在《中国香榧》一书中描述的“榧树种内性状变异是极其复杂的”<sup>[7]</sup>, 同时也说明磐安榧树资源异质性强, 获得优良种质资源的可能性很大。

(2) 榧树种实各性状中, 变异最大的性状是单个种实、种核、种仁质量, 其次是核形指数、种形指数、假种皮厚, 变异最小的是出核率、出仁率、种核横径、种实横径, 这说明从种实质量、形状、假种皮厚等变异较大的指标进一步开展良种选育可取得更好的结果。

(3) 磐安榧树大种实型的有多眼香榧、大丁香、褐核香榧、香榧, 鲜单实质量平均 9.4~10.8 g、干单实质量平均 2.9~3.6 g; 中种实型的有长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、丁香榧、甜丁香, 鲜单实质量平均 6.7~8.6 g、干单实质量平均 2.3~2.8 g; 小种实型的是小丁香、小香榧, 鲜单实质量平均 4.6~6.2 g、干单实质量平均 1.7~1.9 g。

磐安榧树大种核型的有多眼香榧、大丁香、褐核香榧、香榧、丁香榧, 鲜单核重平均 3.2~3.9 g、干单核质量平均 1.9~2.4 g; 中种核型的有长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、甜丁香, 鲜单核质量平均 2.5~2.8 g、干单核质量平均 1.6~1.8 g; 小种核型的是小丁香、小香榧, 鲜单核质量平均 1.8~1.9 g、干单核质量平均 1.2 g。

磐安榧树大种仁型的有多眼香榧、丁香榧、大丁香、香榧, 干单仁质量平均 1.4~1.6 g; 中种仁型的有褐核香榧、长香榧、特长榧、弯长榧、早熟香榧、甜丁香, 干单仁质量平均 1.1~1.3 g; 小种仁型的是小丁香、小香榧, 干单仁质量平均 0.8~0.9 g。

(4) 磐安榧树以种实、种核均为长型、特长型类型为主, 种实、种核越长, 相应个体大小会比较, 因此,

在良种选育时, 如果以种实大小为首选指标, 可首先考虑长香榧、特长榧、弯长榧、大丁香、多眼香榧、褐核香榧等种实、种核均为特长型、长型类型, 再结合种仁品质等其它性状进一步优选。

(5) 磐安榧树出核率最高的是丁香榧、甜丁香、小丁香、特长榧、长香榧, 干出核率平均为 70.24%~72.92%; 中等出核率的是大丁香、多眼香榧、香榧、褐核香榧, 干出核率平均为 66.54%~67.68%; 出核率最小的是弯长榧、小香榧、早熟香榧, 干出核率平均为 63.56%~63.83%。

磐安榧树出仁率最高的是丁香榧, 干出仁率平均为 78.36%; 其次较高是小丁香、弯长榧、长香榧, 干出仁率平均为 69.08%~71.02%; 出仁率中等的是香榧、早熟香榧、甜丁香、特长榧、褐核香榧、小香榧、多眼香榧, 干出仁率平均为 66.55%~67.62%; 出仁率最小的是大丁香, 干出仁率为 62.97%。

出核率高说明种实的假种皮较薄, 出仁率高说明种核的核壳较薄, 因此, 在良种选育时, 应优先考虑丁香榧、长香榧、特长榧、弯长榧、甜丁香、小丁香等高出核率、高出仁率的类型。

(6) 从种仁品质指标测定数据可知, 长香榧、特长榧、弯长榧含油率高, 可与香榧媲美, 且其种实、种核均为特长型, 出核率、出仁率高, 这说明它们是很有推广价值的优良类型, 应加强良种选育, 大力推广栽培。

(7) 本研究对磐安榧树不同类型种实性状进行了较详细的比较, 但在分析种实性状变异时, 部分榧树类型种实取样测定样本数仅为 30 个, 样本量偏少, 对分析结果精度会有一定的影响。另外, 部分榧树类型缺少种仁含油率、总糖含量、蛋白质含量指标测定数据, 影响了数据分析的全面性。

#### 参考文献:

- [1] 黎章矩, 高林, 王白坡, 等. 名特优经济树种栽培技术[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995: 149-158.
- [2] 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.
- [3] 靳高中, 姚小华, 任华东, 等. 滇西 4 种山茶果实性状变异分析[J]. 江西农业大学学报, 2011, 33(4): 707-711.
- [4] 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.
- [5] 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: 1-157.
- [6] 李正红, 潘学政, 周朝鸿, 等. 云南地方栽培木豆群体数量性状变异分析[J]. 林业科学研究, 2004, 17(5): 547-554.
- [7] 黎章矩, 戴文圣. 中国香榧[M]. 北京: 科学出版社, 2007: 56-84.