

榧树种质资源的收集与种子理化性质的初步分析

沈登锋¹, 曾燕如¹, 喻卫武¹, 黎章矩¹, 张 敏¹, 李元春¹, 华家其², 俞世群²

(1. 浙江农林大学 亚热带森林培育国家重点实验室培育基地, 浙江 临安 311300; 2. 浙江省桐庐县林业技术推广中心站, 浙江 桐庐 311500)

摘要: 为了解重要干果、油料树种榧树 *Torreya grandis* 种内变异情况, 为进一步选育种提供基础, 在榧树产区通过农户访谈掌握当地榧树种质变异的基础上, 收集了 110 个实生单株种质, 并测定了种蒲与种核纵横径、质量等物理性状, 测定了影响种子口感的蛋白质及脂肪, 分析了种子物理性状间的相关性。结果表明, 各榧树种质种子物理性状上存在着较大的差异, 且在化学成分上也存在差异, 有 3 个单株种质的脂肪质量分数高于香榧 *Torreya grandis* ‘Merrillii’, 9 个单株种质的蛋白质接近或高于香榧; 种形指数与核形指数呈极显著相关, 种蒲质量或种核质量与种蒲或种核的纵横径呈极显著正相关, 种核的大小随种形大小变化而变化, 种子形状尖长一般质量较小, 种子外形粗短则质量越大。本研究的开展加深了对榧树自然群体的了解, 发现其中部分种质具有栽培推广的潜力, 有助于打破香榧栽培“千年一种”的局面, 同时说明对具有千年栽培历史的榧树, 采用野外实际调查及农户访谈等方法进行选育是一种切实可行的方法。图 2 表 4 参 10

关键词: 经济林学; 榧树; 营养成分; 种子性状; 种质资源

中图分类号: S664.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2095-0756(2011)05-0747-06

Collection of *Torreya grandis* germplasm and analysis of seeds' physico-chemical characteristics

SHEN Deng-feng¹, ZENG Yan-ru¹, YU Wei-wu¹, LI Zhang-ju¹,
ZHANG Min¹, LI Yuan-chun¹, HUA Jia-qi², YU Shi-qun²

(1. The Nurturing Station for the State Key Laboratory of Subtropical Silviculture, Zhejiang A & F University, Lin'an 311300, Zhejiang, China; 2. Forest Center for Technical Extension of Tonglu County, Tonglu 311500, Zhejiang, China)

Abstract: In order to reveal intra-species variations in *Torreya grandis*, an important oil species with dry fruit and to lay a foundation for further breeding, physico-chemical traits of 110 single tree-based germplasm resources collected based on interview with local farmer households to have an understanding of variations in germplasm, which included the length, diameter and weight of seeds with and without peel as well as protein and fat contents that affect the post-processing taste, and a correlation among the physical traits of seeds were analyzed. It was revealed that not only physical traits but also chemical ingredients varied greatly, with 3 individuals had a fat content and 9 ones had a protein content higher than or close to those of *Torreya grandis* ‘Merrillii’. The shape index between the seeds with and without peel was most significantly correlated, so was the correlation between the weight of seeds with or without peel and length as well as diameter of the seeds with or without peel. The size of seeds without peel varied with seed shape, viz. a long and pointed-shaped seed is generally small in weight. This study has made us have a better understanding of the natural *Torreya grandis* population and found that some germplasm resources have potential for further cultivation and extension, which would break the phenomenon that only *Torreya grandis* ‘Merrillii’ is under cultivation for more

收稿日期: 2010-11-29; 修回日期: 2011-02-11

基金项目: 浙江省科技计划项目(2008C22003)

作者简介: 沈登锋, 从事经济林培育与利用研究。E-mail: dengfengzfc@gmail.com。通信作者: 曾燕如, 教授, 博士, 从事经济林培育与利用研究。E-mail: yrzeng@zafu.edu.cn

than one thousand years. In addition, it is revealed that for such tree species as *Torreya grandis* that has been in cultivation for more than 1 000 years, field investigation and interview with farmer households are a feasible means for selection and breeding. [Ch, 2 fig. 4 tab. 10 ref.]

Key words: cash forestry; *Torreya grandis*; nutritional ingredient; seed trait; germplasm

榿树 *Torreya grandis* 属红豆杉科 Taxaceae 榿属 *Torreya*, 主要分布于中国东部从北亚热带到中亚热带南缘的皖、浙、苏、赣、鄂、闽、湘、黔等省的丘陵至中山地带, 以浙、皖分布最多^[1-5]。榿树雌雄异株, 其自然群体经过长期演化, 种内性状变异复杂多样, 其中种子性状作为重要的经济性状, 变异最为丰富、直观, 其形态、大小、出籽率、出仁率、胚乳皱折深浅和脱衣难易、主要营养成分和风味都存在变异, 其中种子、种核大小和品质变异最大^[6], 存在一些综合性状优良、品质达到或超过香榿 *Torreya grandis* ‘Merrillii’ 的优株^[7]。在未受人为干扰的野生资源中, 不同类型单株出现的频度近于正态分布, 在极端类型之间, 变异呈现连续性, 具有极大的育种潜力。程晓建等^[7]对浙江、安徽、江西、福建等榿树分布区的种质资源进行分析, 把香榿和榿树中的优良株系、类型分归于 7 个主要品种和类型。谭晓风等^[8]用随机扩增多态 DNA(RAPD)标记将香榿主要栽培品种聚成圆榿类和长榿类。李扬等^[9]对安徽黟县和浙江建德、富阳三地的香榿种实形态进行了分析, 发现香榿在产地间性状差异较小, 产地内株间变异幅度最大的是单种质量(变异系数为 26.33%), 其次为单核质量(变异系数为 27.20%), 最小的为核径(变异系数为 9.21%)。胡芳名等^[10]对不同类型香榿品质进行了分析, 发现不同类型香榿在仁壳比、总酸、含油率、酸价、皂化值、碘值等指标上有所不同。1995 年以来, 浙江农林大学(原浙江林学院)榿树课题组对榿树进行了种质资源调查。本研究在此基础上, 从原先足迹未涉及的榿树分布区收集了榿树种质资源, 并进行了初步的分析。

1 材料与方法

1.1 种质资源的收集与保存

2008 - 2009 年 10 - 11 月榿树种子成熟期, 在榿树分布区的浙江、安徽、福建、江西等地, 通过农户访谈了解榿树在当地的分布及利用情况; 在掌握当地榿树种质变异的基础上, 收集实生单株种质, 包括穗条及种子, 采用贴枝接的方法对收集的材料进行异地嫁接保存。香榿是榿树中的优良变异类型, 是规模栽培的品种, 与之比较可发掘优良种质, 其样品采自浙江省临安市横畈镇。

采样期间发现, 野生榿树单株间成熟期不一。因此, 采种时尽量采集树上尚未脱落的种子。尽管如此, 并非每个单株都采到了种子, 且有些样品采摘时假种皮已开始腐烂脱落, 仅获得了种核, 且数量极少, 以至于不够用于后续的分析。由于采样基于农户访谈, 种核在当地(如安徽)的收购按质论价, 农户对采自各家榿树的种子多分单株保存。对于假种皮已脱落的单株, 其种核多购自农户, 再由农户作向导采集接穗。

1.2 种子理化性质的分析

种子物理性质的测定: 对收集的去除假种皮前后的种蒲、种核, 用 0 ~ 150 mm 电子数显卡尺测定其长度、直径, 用电子天平测定质量。各个单株测定 30 粒种子, 并计算出籽率[(种核质量/种蒲质量) × 100%]。种子脂肪的测定: 采用单株种质混合样品, 用索氏抽提法^[10]对种子脂肪进行测定, 重复 3 次, 取平均值。种子蛋白质测定: 采用单株种质混合样品, 用凯氏定氮法^[11]测定全氮量, 重复 3 次取平均值, 测定结果经过换算(全氮 × 6.25)即可得到蛋白质量值。

1.3 数据分析处理

用 SPSS 17.0 软件对实验数据进行分析^[7]。

2 结果与分析

2.1 种质资源的收集与保存

从安徽(黟县、宁国、休宁), 福建(光泽、建瓯), 江西(岩泉保护区、景德镇、婺源)和浙江的遂昌采集了榿树种质, 其中安徽采集的种质占 69.1%, 江西 24.6%, 福建 2.7%, 浙江 3.6%, 包括当地老百

姓称之为和尚榧、葡萄榧、臭榧等在内的 110 个单株种质(表 1 和图 1)，异地(浙江省临安市)嫁接保存 2 014 株，成活率达 95%以上。

表 1 部分榧树种质特性描述
Table 1 A description of some *Torreya grandis* germplasms collected

地点	名称	编号	特点
安徽黟县宏村镇	臭榧	WY-1	易脱衣，炒制后中心发黑，有臭味，不可食用。
	尖榧	WY-2	形状尖长，种衣易脱落。
	菜榧	WY-3	去假种皮后，可以加调料直接煮食。
	和尚榧	WY-4	剥壳后颜色较淡；加工后种仁光滑，可用刀将种仁切成片状而不碎裂；叶片上翘成 V 形。
	糯米榧	WY-5	不易晒干，口感黏，淀粉比例高。
	牛吊子	WY-6	种蒲巨大，口感极佳；种子脱衣容易，且为实心，有甜味；树龄逾百年，采集地仅此 1 株。
	转筋榧	WY-7	种子尖长，纹理规则扭曲；香脆可口；年产量较高。
	小米榧	WY-8	种蒲小而紧凑，叶小。
	木榧	WY-9	种核细长，实心；叶小。
	花生榧	WY-10	种核小，不易晒干；种子去壳后为白色，可生食。
	实心尖榧	WY-11	形状尖长，种仁为实心。
安徽休宁市	秤砣榧	WY-17	种蒲形状似秤砣，呈锥形，单生或串生，下端较平；口感香脆，油脂比例高。曾作为贡品。
	叶里笑	SL-17	种蒲多生在叶子下面；种子香脆可口，风味较好。
安徽黟县双联镇	针锥榧	SL-20	种蒲形状尖长，似针锥，去假种皮后，一头尖。
	花轿榧	LR-18	种核细长，口感好。
	葡萄榧	WY-16	种蒲在枝条上像葡萄一样成串生长。
	小圆榧	LR-14	种核卵圆形或卵圆状椭圆形种壳，纹理较细，胚乳皱折浅，少数胚乳表面光滑，脱衣极易，肉质细，风味香脆或较香脆。



图 1 部分种质实结实情况
Figure 1 Fruiting of some *Torreya grandis* germplasm

在收集的种质中一些具有特别或良好的特性, 其中一些特性与加工性能有关, 如菜榧去除假种皮后可以直接煮食; 花生榧种仁可生食; 小圆榧、臭榧、尖榧脱衣容易, 但品质不一; 一些特性与品质有关, 如牛吊子在产地仅 1 株, 种蒲特大, 种子有甜味, 口感极佳; 糯米榧具有黏性的口感; 秆砣榧曾作为宫廷贡品, 口感香脆; 还有一些特性与种蒲的生长特性有关, 如葡萄榧的种子呈串生长, 易于采摘等。其他生物性状如叶形、种蒲年产量等不同种质亦存在明显的差异。对具有特性的种质, 我们希望通过研究能用于今后的育种。

2.2 种子物理性状的分析

在收集的单株种质中, 测定了 89 个种质种蒲及种核物理性状(表 2 和图 2), 测定了 85 个种质的蛋白质与脂肪。

表 2 种子物理性状的分析

Table 2 Analysis of seeds' physical traits

统计项目	种蒲长度/cm	种蒲直径/cm	种蒲质量/g	种核长度/cm	种核直径/cm	种核质量/g	出籽率/%	种形指数	核形指数
平均数	3.13	2.48	11.02	2.67	1.83	4.47	40.92	1.39	1.75
标准差	0.453	0.299	3.899	0.438	0.446	1.466	0.082	0.23	0.42
变幅	2.26~4.86	1.82~3.25	4.62~27.98	1.92~4.64	1.39~2.78	2.11~9.02	0.26~0.61	1.05~1.93	1.04~2.9
变异系数/%	14.48	12.09	35.39	16.43	24.39	32.80	20.17	16.54	24.00

分析结果表明: 种蒲、种核质量存在的变异最大, 分别为 35.39% 和 32.80%, 其中牛吊子种蒲最大, 但去除假种皮后种核并不大; 种核长度、种蒲长度和直径、种形指数变异较小, 其中种蒲的直径变异最小, 为 12.09%; 且种形指数(种蒲长度/种蒲直径)的变异比核形指数(种核长度/种核直径)要小。因此, 可以说榧树种子的存在较大的差异(图 2), 这与榧树雌雄异株异花授粉、实生繁殖以及栽种历史悠久有关, 也说明榧树具有进一步选育的潜力。



图 2 部分种质的种子形态

Figure 2 Morphology of some germplasms' seeds

各种子性状参数的相关性分析(表 3)

表明: 种蒲直径与种蒲质量, 种核直径与种核质量相关性最大, 分别达 0.816 和 0.762; 出籽率与种核长度、种核直径、种核质量、种形指数、核形指数相关不显著, 种核长度与种蒲直径、种核直径相关不显著, 其余参数两两之间或者呈显著正相关, 或者呈显著负相关; 其中种形指数与种核指数呈显著相关, 说明种核的大小随种形大小变化而变化; 种蒲质量、种核质量与种形指数、核形指数呈极显著负相关, 说明种子形状尖长一般质量较小, 种子外形粗短则质量越大; 种蒲质量或种核质量与种蒲或种核的纵横径呈极显著正相关, 核形指数与种形指数呈极显著正相关, 这些结果与黎章矩等^[6]的研究结果相同, 但种核长度与种蒲长度相关极显著, 与种蒲直径相关不显著, 而种核直径与种蒲的长度、直径相关极显著, 这与黎章矩等^[6]的研究结果略有不同。他们研究的结果是种子的大小和种核的大小呈正相关。

2.3 种子脂肪测定

研究表明: 香榧种子的香脆程度与种子含油率呈正相关^[6]。因此, 脂肪多少是重要的质量指标之一。索氏抽提法进行脂肪测定表明, 脂肪最大的为编号是 WY-10 的单株, 达 527.1 g·kg⁻¹, 最小的为 SL-8, 为 212.4 g·kg⁻¹, 平均 385.8 g·kg⁻¹, 变异系数为 0.058 1。榧树脂肪的极值相差很大, 但频数分布表明: 脂肪呈正态分布, 变异系数说明群体中离散程度较弱, 总的变异不大。香榧的脂肪为 473.8 g·kg⁻¹。将榧树脂肪测定结果与香榧的脂肪进行对比, 有 3 个单株种子的脂肪高于香榧(表 4)。

表 3 榧树种子各性状间的相关性分析

Table 3 Analysis of correlation between seed morphological parameters

参数	种蒲长度	种蒲直径	种蒲质量	种核长度	种核直径	种核质量	出籽率	种形指数	核形指数
种蒲长度	1.000								
种蒲直径	0.234**	1.000							
种蒲质量	0.390**	0.816**	1.000						
种核长度	0.615**	- 0.041	0.112*	1.000					
种核直径	0.157**	0.709**	0.651**	0.007	1.000				
种核质量	0.321**	0.701**	0.743**	0.149**	0.762**	1.000			
出籽率	- 0.110*	- 0.162**	- 0.194**	-0.029	0.060	0.054	1.000		
种形指数	0.281**	- 0.484**	- 0.320**	0.498**	- 0.440**	- 0.309**	0.094	1.000	
核形指数	0.214**	- 0.434**	- 0.317**	0.458**	- 0.534**	- 0.331**	- 0.092	0.703**	1.000

说明：**为相关极显著；*为相关显著。

2.4 种子蛋白质测定

利用 Foss 凯氏定氮仪对种子的蛋白质进行测定的结果表明：最大的蛋白质为编号 SL-吴新发的单株，达 232.0 g·kg⁻¹，最小的为编号 WY-10 的单株，达 114.9 g·kg⁻¹，平均 162.9 g·kg⁻¹，标准差为 0.75，变异系数 0.027 0。榧树蛋白质的极值相差很大，但变异系数表明群体中离散程度较弱，总的变异不大。香榧的蛋白质为 199.7 g·kg⁻¹。将榧树蛋白质测定结果与香榧的蛋白质进行对比，有 9 个单株种质的蛋白质接近或高于香榧(表 4)。我们测得的香榧蛋白质要高于黎章矩等 17 株香榧测得的数据^[6]，这也说明香榧单株间也存在差异。

该 12 个优良单株均来自安徽，其中包含表 1 中的小米榧、木榧、花生榧等当地榧农认为品质较好的单株，而花生榧(WY-10)在脂肪及蛋白质上均为最高。这

与采样时了解到的信息一致，说明对具有千年栽培历史的经济树种榧树，采用野外实际调查及向栽植户问询等方法进行种质资源收集及选育，是一种切实可行的方法，可有效了解群体信息。

3 讨论

在榧树的主分布区采集种质资源，能真实地反映出自然群体中不同单株在检测指标上的差异，对深入了解该树种的有效信息，衡量育种潜力有一定的指导意义。我们在继续收集榧树种质资源的同时，正在开展榧树群体遗传学的研究，以期对榧树的多样性有更为深刻的了解。我们的研究表明：自然界榧树种子不仅物理性状存在着较大的差异，与程晓建等^[7]的研究结果相一致，而且在化学成分上也存在差异，与胡芳名等^[10]的研究结果一致，这和榧树雌雄异株、实生繁殖及悠久的栽植历史有关。对 51 个榧树种质基因组 DNA 用序列相关扩增多态(SRAP)及种间简单序列重复(ISSR)标记进行分析，2 种标记共扩增出 141 个位点，其中多态位点 130 个，占 92.20%，这也从一个侧面反映了榧树有较高程度的遗传多样性

表 4 蛋白质、脂肪优于香榧的单株

Table 4 Individuals superior to *Torreya grandis* 'Merrillii' either fat or protein contents

编号	脂肪/(g·kg ⁻¹)	蛋白质/(g·kg ⁻¹)	产地
WY-8	504.0	132.9	安徽黟县
WY-9	506.8	159.3	安徽黟县
WY-10	527.1	114.9	安徽黟县
SL-6	426.7	232.0	安徽休宁
SL-21	373.2	223.4	安徽休宁
SL-13	340.9	203.2	安徽休宁
SL-1	390.5	201.3	安徽休宁
SL-15	409.5	203.1	安徽休宁
LR-8	316.3	205.0	安徽休宁
LR-7	440.6	206.5	安徽休宁
LR-10	423.1	200.4	安徽休宁
LR-1	438.7	199.3	安徽休宁

(结果待发表)。野生榧树中存在营养成分含量优于香榧的单株,说明在自然群体中进行选种和育种具有巨大的潜力。这在诸如安徽那样传统的榧树分布区尤为如此。皖南的黄山山系及其周围地区是中国榧树的发源地及中心产区,那里有面积天然分布的百年榧树古树,农户目前仍采集榧树种子出售给收购商,或者加工或者用作砧木培养,改接香榧的作业还未普及,远不及浙江省。香榧具有极高的经济价值,近年来浙江省大力发展香榧生产,已有大面积的榧树改接成了香榧。此外,从以往的实践经验及本研究可以看出,对榧树那样具有千年栽培历史的树种,采用野外实际调查及农户访谈等上述方法进行选育是一种切实可行的方法。

尽管本研究 85 个榧树种质中有 3 个单株测得的脂肪较高,但还是低于黎章矩等^[6]45 个单株测得的数据,这也反映了榧树单株间在质量指标上存在较大的差异,具有选种的潜力。影响香榧口感品质的因素很多,除种子脂肪和蛋白质以外,种子外形、松脆度、脂肪酸组成等也都是影响香榧品质的重要因素^[10]。因此,有必要对获得的结果进行进一步深入研究。

参考文献:

- [1] 程晓建,黎章矩,喻卫武,等.榧树的资源分布与生态习性[J].浙江林学院学报,2007,24(4):383-388.
CHENG Xiaojian, LI Zhangju, YU Weiwu, et al. Distribution and ecological characteristics of *Torreya grandis* in China [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2007, 24(4): 383-388.
- [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):471-475.
LI Zhangju, CHENG Xiaojian, DAI Wensheng, et al. History and status and development of *Torreya grandis* in Zhejiang Province [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2004, 21(4): 471-475.
- [3] 康宁,汤仲坝.榧树分类研究[J].植物研究,1995,15(3):349-362.
KANG Ning, TANG Zhongxun. Study on the taxonomy of the genus *Torreya* [J]. *Bull Bot Res*, 1995, 15(3): 349-362.
- [4] 孟鸿飞,金国龙,翁仲源.诸暨市香榧古树资源调查[J].浙江林学院学报,2003,20(2):134-136.
MENG Hongfei, JIN Guolong, WENG Zhongyuan. Investigation on resource of ancient *Torreya grandis* trees in Zhuji City, China [J]. *J Zhejiang For Coll*, 2003, 20(2): 134-136.
- [5] 杨一光.香榧资源的生态地理分布与开发利用[J].湖南林业科技,1990(4):39.
YANG Yiguang. Eco-geographical distribution of *Torreya grandis* resources and utilization [J]. *J Hunan For Sci Technol*, 1990(4): 39.
- [6] 黎章矩,戴文圣.中国香榧[M].北京:科学出版社,2007.
- [7] 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
CHENG Xiaojian, LI Zhangju, DAI Wensheng, et al. Investigation and evaluation of *Torreya grandis* germplasm resource [J]. *J Fruit Sci*, 2009, 26(5): 654-658
- [8] 谭晓风,胡芳名,张党权,等.香榧主要栽培品种的 RAPD 分析[J].园艺学报,2002,29(1):69-71.
TAN Xiaofeng, HU Fangming, ZHAN Dangquan, et al. Molecular identification of main cultivars of *Torreya grandis* by RAPD markers [J]. *Acta Horticult Sini*, 2002, 29(1): 69-71.
- [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):35-37.
LI Yang, YAO Xiaohua, WANG Kailiang, et al. Variation and correlativity analysis of fruit characters of wild *Torreya grandis* 'Merrillii' [J]. *J Zhejiang For Sci Technol*, 2009, 29(3): 35-37.
- [10] 胡芳名,丁之恩.黄山不同类型香榧品质研究[J].中南林学院学报,2003,23(4):1-4.
HU Fangming, DING Zhien. Quality studies of three types of Huangshan Chinese *Torreya* [J]. *J Central South For Univ*, 2003, 23(4): 1-4.