果 树 学 报 2025,42(12):3080-3085
Journal of Fruit Science

DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20250172

香榧新品种磐东榧的选育

毛梦绮[1],张 迟[2#],罗 磊[1],毛泽刚[3],汪爱君[3],
叶生月[4],陈 翔[4],陈红星[5],张 敏[1*]

([1]浙江农林大学·森林食物资源挖掘与利用全国重点实验室,杭州 311300;[2]浙江农林大学园艺科学学院,农业农村部亚热带果品蔬菜质量安全控制重点实验室,杭州 311300;[3]淳安县林业局,浙江淳安 311700;[4]桐庐县农业农村局,浙江桐庐 311500;[5]磐安县自然资源和规划局,浙江磐安 322300)

摘 要:浙江省磐安县榧树古树资源丰富,磐东榧是基于该地种质选育的新型栽培品种。以细榧作为对照,通过流式细胞仪测定其叶片DNA含量,判定其为三倍体。磐东榧种实为特大型,长椭圆形,纵径和横径分别为4.26 cm和2.53 cm,种形指数达1.69,假种皮平均厚0.57 cm,平均鲜单实质量为17.4 g,鲜出核率达27.91%。种核纵径3.83 cm,横径1.49 cm,核形指数2.58,平均鲜单核质量4.8 g,干单核质量3.3 g,核壳厚0.12 cm,干出仁率54.07%,长椭圆形。种仁平均干单仁质量1.8 g,长椭圆形,含油率52.7%,可溶性糖含量(*w*,后同)1.29%,蛋白质含量12.1%。炒制后较细榧种皮易脱落,口感酥脆爽口,香味浓,商品性能优。在浙江省磐安县海拔300 m处种植,种子成熟期为9月中旬,较周边同海拔种植的细榧略晚。该品种是一种结实早、籽型大的优良品种,适宜在浙江省山区海拔200~800 m地带推广种植,其生态适应性与栽培管理技术要求与细榧一致。

关键词:榧树;新品种;磐东榧;三倍体

中图分类号:S664.5 **文献标志码**:A **文章编号**:1009-9980(2025)12-3080-06

Breeding report of a new *Torreya grandis* cultivar Pandongfei

MAO Mengqi[1], ZHANG Chi[2#], LUO Lei[1], MAO Zegang[3], WANG Aijun[3], YE Shengyue[4], CHEN Xiang[4], CHEN Hongxing[5], ZHANG Min[1*]

([1]Zhejiang A & F University/National Key Laboratory for Development and Utilization of Forest Food Resources, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; [2]School of Horticulture Science, Zhejiang A & F University, Key Laboratory of Quality and Safety Control for Subtropical Fruit and Vegetable, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Hangzhou 311300, Zhejiang, China; [3]Chun'an County Forestry Bureau, Chunan 311700, Zhejiang, China; [4]Agriculture and Rural Bureau of Tonglu County, Tonglu 311500, Zhejiang, China; [5]Natural Resources and Planning Bureau of Pan'an County, Zhejiang Province, Pan'an 322300, Zhejiang, China)

Abstract: Pandongfei is a new variety selected from the abundant *Torreya* resources in Panan County, Zhejiang Province. According to the ploidy determination results obtained by flow cytometry, Pandongfei is a triploid. The crown of the parent tree is spire-shaped, with an open and vigorous growth habit. After grafting propagation, about 30 progenies in the local area have started to bear fruit. The shape, maturity period, and flavor of the seeds are consistent with those of the parent tree, showing stable genetic performance. Among them, the characteristics of the offspring are consistent and stable. The leaves are linear-lanceolate, dark green on the upper side, light green on the underside, 2.2 cm long, 0.37 cm wide and 0.07 cm thick, with longer leaf tips. The female flower bud of Pandongfei is a mixed bud, usually differentiated from the top lateral bud of the fruiting mother branch. The seed is nucleate, enveloped in a fleshy arillus. When ripe, the arillus gradually changes from green to light yellow-green. The seed is extra-large, elongated oval, with an average fresh single seed weight of 17.4 g, a longitudinal diameter of 4.26 cm, a transverse diameter of 2.53 cm, and a seed shape index of 1.69. The arillus is very thick,

收稿日期:2025-04-07 **接受日期**:2025-06-07

基金项目:中央财政林草科技推广示范资金项目([2024]TS 04-1号,[2023]TS09号)

作者简介:毛梦绮,在读硕士研究生,研究方向为经济林遗传育种。E-mail:1650713112@qq.com。#为共同第一作者。

*通信作者 Author for correspondence. E-mail:mzhang@zafu.edu.cn

with an average thickness of 0.57 cm, and a fresh core rate of 27.91%. The seed kernel is long elliptical, with an average fresh single kernel weight of 4.8 g, a dry single kernel weight of 3.3 g, a longitudinal diameter of 3.83 cm, a transverse diameter of 1.49 cm, a kernel shape index of 2.58, a shell thickness of 0.12 cm, and a dry kernel rate of 54.07%. The seed kernel is long elliptical, with an average dry single kernel weight of 1.8 g, an oil content of 52.7%, a soluble sugar content (*w*, same as below) of 1.29%, and a protein content of 12.1%. After roasting, it exhibits easier shell removal compared to Xifei, characterized by a crisp and refreshing texture, intense aroma, and superior commercial qualities. When it is cultivated at an elevation of 300 meters in Pangan County, Zhejiang Province, its seed maturation period occurs in mid-September, slightly later than that of Xifei grown at comparable altitudes in adjacent regions. Pandongfei and Yushanguofei have extra-large seeds, but the main difference is that the number of eyes on the surface of Pandongfei seeds is generally 2, while that of Yushanguofei is 2-5, with the proportion of seeds with more than 3 eyes being 41.9%. Both the seed shape index and kernel shape index of Pandongfei are higher than those of Yushanguofei. The oil content of Pandongfei kernel is 52.7%, which is higher than that of Yushanguofei (48.1%). However, the rates of seed core extraction and kernel extraction from seeds are lower than those of Yushanguofei. This variety is high-quality, early-maturing, and stress-resistant. It prefers shade and moisture at the beginning of its growth and is not suitable for growth in low-altitude areas with intensive sunlight. After starting to bear fruit during the vegetative growth period, it needs sufficient sunlight to maintain growth, so it is appropriate to supplement lighting and increase the intensity and duration of lighting. It has good disease and pest resistance. According to surveys, the probability of diseases and pests occurring in its seedlings, saplings, and adult trees is small, and there are generally no diseases under standard management. It is suitable for cultivation in mountainous areas at altitudes of 200−800 meters in Panan County, Zhejiang Province, with the same requirements for climate, soil, and other environmental conditions as well as cultivation techniques as Xifei. After grafting propagation, a certain amount of progeny has been cultivated in Zhejiang Province, with stable genetic expression and a small portion beginning to bear fruit. The characteristics of Pandongfei include high oil content in the seed kernel, easy removal of the skin after frying, crisp texture, and excellent quality. As a triploid variety, it is a new variety with high quality, early bearing, and strong stress resistance.

Key words: *Torreya grandis*; New cultivar; Pandongfei; Triploid

在被子植物中，多倍化现象非常普遍，多倍体的发生率在30%~70%之间，并在多个属种中均有出现[1]。相比之下，裸子植物中的多倍化现象却较为罕见，主要集中在刺柏属（*Juniperus*）[2]和麻黄属（*Ephedra*）[3]，松杉目（Pinales）[4]和银杏目（Ginkgoales）[5]中有少量多倍体单株零星分布。为了培育出抗逆性更强的树木以满足生产的需求，人们已经开发出多种人工诱导多倍体的方法，可归纳为物理、化学和生物三大类。然而，在红豆杉科（Taxaceae）的榧属（*Torreya*）中，多倍体的相关研究鲜有报道。

榧树（*Torreya grandis*）起源于中生代侏罗纪，距今约一亿七千万年前，原产于中国[6]，属于红豆杉科榧属的常绿乔木[7]。香榧是榧属榧树种中优良品种的统称，具有较高的食用价值和药用价值，主栽品种细榧（*Torreya grandis* ‘Xifei’）种仁含油量高达50%，可以加工成干果，也可以榨油，具有驱虫、止咳、润肠通便等功效[8]。当前，全国香榧95%以上栽培面积选用的品种为细榧，但值得关注的是，在种质资源开发方面，新品种选育和应用的相关研究鲜见报道[9]。在浙江省磐安县丰富的榧树古树资源中，磐东榧（*Torreya grandis* ‘Pandongfei’）是通过系统筛选与遗传鉴定而选育的一个三倍体新品种，其种实为特大型，成熟期较早，种仁含油量达到52.7%，属于高含油量的大籽型香榧品种。炒制后种皮易脱落，质地脆，香味浓，商品性能优良。

1 选育过程

磐东榧的树冠呈尖塔形，树体高大，树姿开张，树势旺盛（图1）。2012年，在榧树资源调查过程中，浙江省金华市磐安县安文街道发现一株有重要研究价值的榧树，是树龄在300~400 a（年）之间的实生树。该树在盛果期平均单株年产量约100 kg，最高单株年产量达300 kg。种实为特大型，种核和种仁明显大于细榧。成熟期在9月中旬，比周边同海拔栽植的细榧略晚。种仁含油量超过50%，与细榧一样为高含油量品种。自2013年以来，开始采用实生大苗高接技术，扩繁培育子代30多株，现已开始结实。子代在榧蒲形状、成熟期及榧籽风味等关键性状指标上与母树保持高度一致性，表现稳定；子代间性状表现一致、稳定。2019—2020年对其子代开展系统性表型追踪，重点对其种实性状和种仁品质指标进行测定。与同为种实特大型的近似品种玉山果榧[9]相比，磐东榧种核表面榧眼数一般为2个，平均数少于玉山果榧；种仁含油量高于玉山果榧。炒制后较玉山果榧和细榧种皮易脱落，质地脆，香味浓，商品性能优，可作为特色新品种与主栽品种配合种植。2021年10月通过了DUS测试，2022年12月被国家林业和草原局授予了植物新品种权证书，品种权号为20220510。

图1 磐东榧母树

Fig. 1 Mother tree of Pandongfei

2 品种特性

2.1 生物学特性

在浙江省磐安县海拔300 m处种植的磐东榧，种子成熟期集中在9月中旬，与玉山果榧基本一致，其他物候期也均保持一致。花芽（混合芽）萌动始于3月下旬，叶芽萌发稍迟，在4月上旬。传粉滴分泌高峰期集中出现在4月上中旬，正是胚珠的可授性高峰期，未成功授粉的胚珠于5月启动程序性败育并脱落。落果期集中在第2年5—6月。种子发育主要分四个阶段：上年5月初至当年4月底为缓生期，此时磐东榧种实的干物质积累较慢；当年5月至6月为速生期，种仁的质量和体积快速增加；6月底至9月上旬为充实期，油脂、蛋白质等物质合成；9月中旬为成熟期，含水量降低。虽然磐东榧为三倍体植株，但二倍体榧树雄株花粉与其授粉亲和。在雄榧树分布的区域，依靠自然传粉或者人工授粉均能结实。其自然授粉的实生后代中大多数为二倍体，同时存在三倍体和少量四倍体植株，表明其雌配子有*n*、2*n*和3*n*等多种类型。磐东榧因籽型大，每根结果枝上通常只着生1颗种子，而细榧每根结果枝上可着生2~7颗种子，其产量比细榧低三分之一。

2.2 植物学特征

磐东榧成年树的树姿开张，树势旺盛，树冠呈尖塔形。叶为线状披针形，叶面背腹面颜色差异明显，上表皮深绿色，下表皮淡绿色，叶长均值为2.43 cm，叶宽0.32 cm，叶片厚度0.07 cm，叶尖刺较长。雌花芽属于混合芽，通常由结果母枝的顶芽及侧芽分化而成。在种实发育阶段，核果状种子被肉质假种皮包被。当假种皮颜色由绿色逐渐变为淡黄绿色时，可作为判断种实生理成熟的关键形态指标。其枝叶性状与玉山果榧相近，种实同样为特大型。

2.3 种实性状

与细榧相比，磐东榧的种实为特大型（表1、图2）。而与同样为特大型的近似品种玉山果榧相比，两者主要区别是磐东榧种核表面榧眼数一般为2只，而玉山果榧为2~5只，3只眼以上种核的比例为41.9%；磐东榧种形指数和核形指数均比玉山果榧高；磐东榧种仁含油率为52.7%，比玉山果榧含油率（48.1%）高；但种实出核率、种核出仁率均比玉山果榧低。

表 1　磐东榧、玉山果榧和细榧种实主要性状比较

Table 1　Comparison of seed characters between Pandongfei，Yushanguofei and Xifei

品种 Cultivar	种形指数 Index of seed	核形指数 Index of nut	种实、种核大小 Size of seed/nut	假种皮厚 Peel thickness/cm	鲜单实质量 Single mass of fresh seed/g	鲜单核质量 Single mass of fresh nut/g	鲜出核率 Ratio of fresh kernel and nut/%	干核出仁率 Ratio of dry kernel and nut/%	含油率 Oil content of dry kernel/%
磐东榧 Pandongfei	1.69	2.58	特大 Extra large	0.57	17.4	4.8	27.91	54.07	52.7
玉山果榧 Yushanguofei	1.56	2.14	特大 Extra large	0.50	17.6	5.5	31.40	59.66	48.1
细榧 Xifei	1.46	2.26	中 Medium	0.38	9.4	3.2	34.38	67.62	52.5

图 2　磐东榧（左）与细榧（右）鲜种实和种核

Fig. 2　Comparison of seed characters between Pandongfei and Xifei

磐东榧的种实纵径 4.26 cm，横径 2.53 cm，种形指数 1.69，平均鲜单实质量 17.4 g，呈长椭圆形，属于特大型（表 1），假种皮平均厚 0.57 cm，鲜出核率 27.91%。种核纵径 3.83 cm，横径 1.49 cm，核形指数 2.58，平均鲜单核质量 4.8 g，干单核质量 3.3 g，核壳厚 0.12 cm，干核出仁率 54.07%，种核同样为长椭圆形。种仁平均干单仁质量 1.8 g，长椭圆形，含油率 52.7%，可溶性糖含量 1.29%，蛋白质含量 12.1%。其脂肪酸构成丰富多样，包含油酸 39.4%、亚油酸 38.5%、金松酸 7.49%、棕榈酸 6.62%、硬脂酸 3.62% 及其他成分 4.37%。经过炒制处理后种皮易脱落，香味浓，口感酥脆爽口，商品性能优。磐东榧的籽型既大且长，炒制时间比细榧略长。炒制过程类似长籽形品种磐安长榧，因其籽形长，两头略尖，在即将炒熟、由大火改为小火时比炒制细榧时的降温时间要提前，否则两头容易炒焦。

2.4　抗性

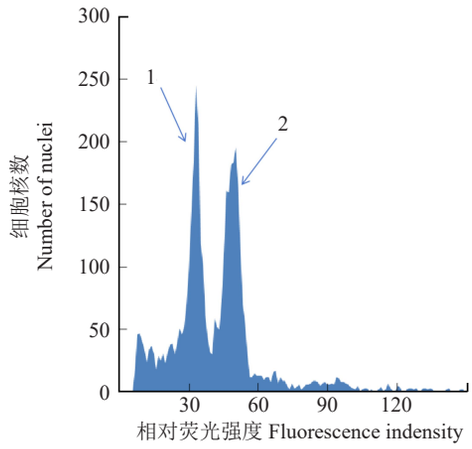
2.4.1　抗寒性　磐东榧对气候和土壤等环境条件的要求与细榧基本一致，具有良好的抗寒能力。在调查中未发现磐东榧母株及嫁接子代有受冻害现象，在野生榧树分布区均能安全越冬。

2.4.2　抗高温干旱性　磐东榧在幼树期喜阴湿环境，不适宜在低海拔强光照地区生长，在 200 m 以下的低海拔地区育苗时需要覆盖遮阳网。进入结实期后，则需要充足的光照来维持生长和结实。

2.4.3　抗病虫性　磐东榧抗病虫性好。据调查，其幼苗和大树发生病虫害的概率较小，在规范管理下一般无病害发生。

2.5　倍性分析

以细榧叶片为对照，参考徐天予等[10]的方法，利用流式细胞仪（flow cytometry，FCM）对磐东榧叶片进行 DNA 含量测定（图 3）。固定流式细胞仪电压后，先将两个样品分别上样，此时细榧出现一个峰，相对荧光强度为 34。磐东榧也只出现一个峰，相对



峰 1. 细榧；峰 2. 磐东榧。

Peak 1. *Torreya grandis* Xifei; Peak 2. *Torreya grandis* Pandongfei.

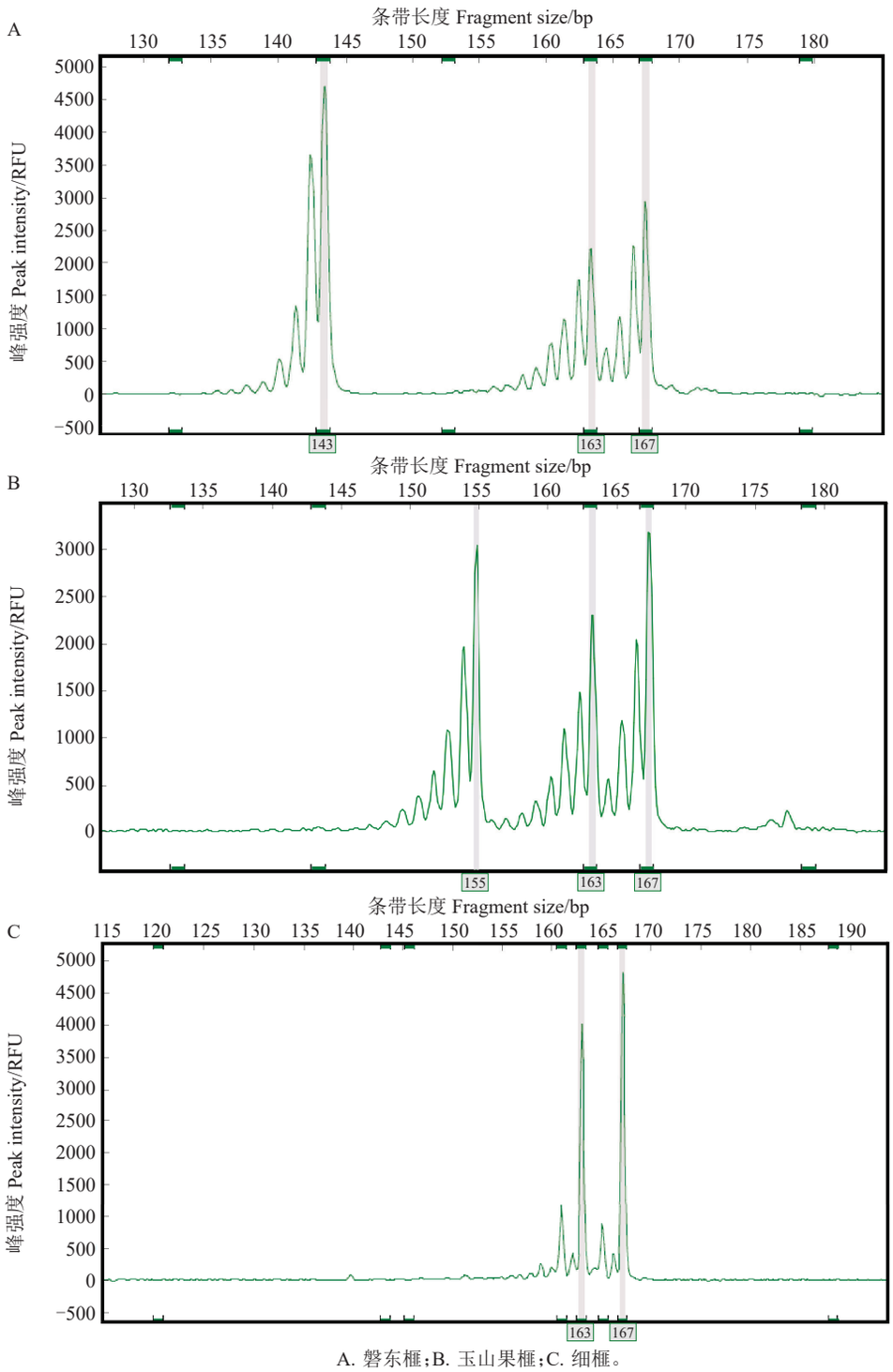
图 3　磐东榧倍性分析

Fig. 3　Ploidy analysis of Pandongfei

荧光强度为51。然后，将两个品种的样品混合后同时上样，在相对荧光强度34和51的位置出现了两个明显的主峰，峰1为细榧，峰2为磐东榧。磐东榧叶片的DNA含量为细榧的1.5倍，细榧为二倍体，判定磐东榧为三倍体。

2.6 SSR分子鉴定

基于张敏等[11]的研究，本文采用21对SSR引物分别对磐东榧、玉山果榧、细榧开展遗传鉴定。结果显示，其中6对引物在磐东榧和细榧中扩增的图谱有区别。以引物ZAFU-25为例，从图4中可以看出该引物在磐东榧（图4-A）、玉山果榧（图4-B）和细榧（图4-C）3个品种中呈现多态性。磐东榧和玉山果



A. 磐东榧；B. 玉山果榧；C. 细榧。

A. Pandongfei; B. Yushanguofei; C. Xifei.

图4 基于引物ZAFU-25标记的3种榧树的扩增图谱

Fig. 4 Amplification profile of three *Torreya* cultivar based on SSR marker ZAFU-25

榧在该位点均拥有3个等位基因，但有一个等位基因的片段长度存在差异，该引物能将两者区分开。

3　栽培技术要点

磐东榧在浙江省海拔200~800 m的山地中栽培最佳。在其营养繁殖树的生命周期中，处于营养生长期的磐东榧偏好阴凉潮湿的环境，对高温、干旱和强光照较为敏感；进入结果期后，则更适宜在光照充足的环境中生长。磐东榧适于在土层厚度60 cm及以上、土质疏松肥沃、富含有机质和中微量元素的山地黄壤上种植。土壤的pH值应在5.2~6.8之间，微酸性至中性的土壤更有利于磐东榧的生长和种实品质的提升。

建园前，需先设计规划种植的行距和株距，一般设置为5 m×4 m或4 m×4 m，每666.7 m^2可种植33~34株。建园以秋季栽植为宜，最佳时间为11月至翌年3月中旬，但需避开冰冻天气。一种方法是选用“2+3”的苗木，即2年生的榧树实生苗嫁接该品种后培育3 a的苗木，选择带有土球的苗木或容器苗进行造林；另一种方法是先种植大的实生苗，待成活后再采集该品种的穗条进行嫁接。

种植的早期阶段，为防止幼苗因过度暴晒而影响生长，于7—9月，在苗木四周用竹片搭建框架，在顶部覆盖50%遮光度的遮阳网，可以防止枝叶被灼伤。及时清除深根性杂草，保留其他杂草，可有效提高夏季园地湿度，降低地表温度，提高幼树成活率。注意根腐病、鼠害和红蜘蛛等病虫害的预防与控制。嫁接苗幼树整形以自然开心形为宜，大实生苗截主枝，进行高接换种的幼树可选择主干形。

当进入结果期后，可采用生草法进行成年榧园的管理，并需对磐东榧进行适当的修剪管理，以促进丰产优质。整形修剪时，自然开心形的树形在冬春季节选择分布方位好的3~5根枝条作为延长头，回缩竞争枝，去除病弱枝和过密枝。通过拉枝、回缩等方法，抑制顶端优势，促进花芽分化，促使其增加开花结实量。此外，还需密切关注根腐、茎腐、白蚁、介壳虫、木蠹蛾等病虫害的预防工作。

4　推广发展前景

经嫁接繁殖后，磐东榧在浙江省栽培已有一定规模的子代群体，遗传性状表现稳定，少部分已开始挂果。磐东榧的特点是种实特大，种仁含油率高，炒制后种皮易脱落，质松脆，品质优，可作为特色品种与主栽品种进行搭配种植。

参考文献 References：

[1] SOLTIS P S，MARCHANT D B，VAN DE PEER Y，SOLTIS D E. Polyploidy and genome evolution in plants[J]. Current Opinion in Genetics & Development，2015，35：119-125.

[2] FARHAT P，HIDALGO O，ROBERT T，SILJAK-YAKOVLEV S，LEITCH I J，ADAMS R P，BOU DAGHER-KHARRAT M. Polyploidy in the conifer genus *Juniperus*：An unexpectedly high rate[J]. Frontiers in Plant Science，2019，10：676.

[3] ICKERT-BOND S M，SOUSA A，MIN Y，LOERA I，METZGAR J，PELLICER J，HIDALGO O，LEITCH I J. Polyploidy in gymnosperms- Insights into the genomic and evolutionary consequences of polyploidy in *Ephedra*[J]. Molecular Phylogenetics and Evolution，2020，147：106786.

[4] HIZUME M，KANEKO K，MIYAKE T. A method for preparation of meiotic chromosomes of conifers and its applications[J]. Chromosome Botany，2014，9(3)：83-88.

[5] ŠMARDA P，HOROVÁ L，KNÁPEK O，DIECK H，DIECK M，RAŽNÁ K，HRUBÍK P，ORLÓCI L，PAPP L，VESELÁ K，VESELÝ P，BUREŠ P. Multiple haploids，triploids，and tetraploids found in modern-day “living fossil” *Ginkgo biloba*[J]. Horticulture Research，2018，5：55.

[6] SAEED M K，DENG Y L，PARVEEN Z，DAI R J，AHMAD W，YU Y H. Studies on the chemical constituents of *Torreya grandis* Fort. Ex Lindl[J]. Journal of Applied Sciences，2007，7(2)：269-273.

[7] 高樟贵，张敏，厉锋，李杰峰，周伟龙 . 香榧病虫害研究进展[J]. 浙江林业科技，2018，38(5)：98-104.
GAO Zhanggui，ZHANG Min，LI Feng，LI Jiefeng，ZHOU Weilong. Research advances on diseases and pests in *Torreya grandis*[J]. Journal of Zhejiang Forestry Science and Technology，2018，38(5)：98-104.

[8] 李兴飞，郜海燕，陈杭君，房祥军，葛林梅 . 香榧坚果生物活性成分与抗氧化研究进展[J]. 食品科学，2012，33(7)：341-345.
LI Xingfei，GAO Haiyan，CHEN Hangjun，FANG Xiangjun，GE Linmei. Recent advances in research on bioactive compounds and antioxidant activity of *Torreya grandis*[J]. Food Science，2012，33(7)：341-345.

[9] 陈红星，陈素贞，张迟，黄银德，张敏 . 香榧新品种‘玉山果榧’的选育[J]. 中国果树，2021(8)：79-80.
CHEN Hongxing，CHEN Suzhen，ZHANG Chi，HUANG Yinde，ZHANG Min. Breeding of a new *Torreya grandis* cultivar ‘Yushanguofei’[J]. China Fruits，2021(8)：79-80.

[10] 徐天予，张迟，王刚，叶潇玲，陈翔，叶生月，张小琴，张敏 . 四倍体胡柚与鸡尾葡萄柚有性杂交创制三倍体新种质[J]. 果树学报，2025，42(1)：63-71.
XU Tianyu，ZHANG Chi，WANG Gang，YE Xiaoling，CHEN Xiang，YE Shengyue，ZHANG Xiaoqin，ZHANG Min. Regeneration of triploid citrus germplasm by the crossing between tetraploid Huyou and Cocktail grapefruit[J]. Journal of Fruit Science，2025，42(1)：63-71.

[11] 张敏，周彩红，陈焘，戴文圣，张迟 . 榧树转录组 SSR 信息分析及其分子标记开发[J]. 果树学报，2017，34(10)：1258-1265.
ZHANG Min，ZHOU Caihong，CHEN Tao，DAI Wensheng，ZHANG Chi. Analysis of SSR information in transcriptome and development of molecular markers in *Torreya grandis*[J]. Journal of Fruit Science，2017，34(10)：1258-1265.