

油茶遗传育种研究进展

潘晓凤^{1,2}, 程诗明², 韩素芳², 柳新红³

(1. 浙江农林大学, 浙江 杭州 311300; 2. 浙江省林业科学研究院, 浙江 杭州 310023;
3. 浙江省林业科技推广总站, 浙江 杭州 310020)

摘要: 油茶 *Camellia* spp. 是我国重要的木本油料作物, 其种质创新和品种改良能够从根本上提升油茶的产量和质量, 推动油茶产业快速发展。从油茶种质资源收集与保存、鉴定与评价以及杂交育种、分子育种等方面综述了我国目前油茶育种的研究现状, 并对我国油茶育种的发展方向和油茶产业发展趋势进行了分析, 以期油茶育种的进一步研究提供参考。

关键词: 油茶; 种质资源; 杂交育种; 分子育种

中图分类号: S794.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3776(2023)03-0096-05

Research Progress in Genetics and Breeding of *Camellia* spp.

PAN Xiaofeng^{1,2}, CHENG Shiming², HAN Sufang², LIU Xinhong³

(1. Zhejiang A & F University, Hangzhou 311300, China; 2. Zhejiang Academy of Forestry Sciences, Hangzhou 310023, China; 3. Zhejiang Forestry Extension Administration, Hangzhou 310020, China)

Abstract: *Camellia oleifera* is an important woody oil crop in China, and its germplasm innovation and variety improvement can fundamentally improve the yield and quality of *Camellia oleifera* and promote the rapid development of *Camellia oleifera* industry. This paper reviews were made on the current research status of *Camellia* spp. in terms of collection and conservation of genetic, identification and evaluation, hybrid breeding and molecular breeding. Analysis was carried out on further breeding and industrial development of *Camellia* spp. in China.

Key words: *Camellia* spp.; germplasm resources; hybrid breeding; molecular breeding

油茶 *Camellia* spp. 又称为茶子树、茶油树, 是山茶科 Theaceae 山茶属 *Camellia* 植物中种子含油率较高的树种的统称^[1], 是我国重要的木本油料作物。但低产一直是制约油茶发展的主要问题, 国家对低改林和新造林面积提出明确目标的同时也重点强调要建设高质量油茶林。虽然我国油茶种质资源丰富, 但由于油茶树种具有杂合度高且基因组复杂等自身的特殊性、研究年限较短、研究水平局限等问题, 丰富的种质资源没有被充分利用。近几年, 油茶科研工作者从油茶种质、种植管理、遗传特性等不同的角度分析了油茶的低产原因以及解决的办法, 在油茶育种方面也取得了新的进展。本文综述了油茶育种工作近些年来取得的进展, 力图为油茶育种深入研究提供参考。

收稿日期: 2023-07-17; 修回日期: 2023-10-08

基金项目: 木本油料树种新品种选育(2021C02070-2-3); 浙江省科研院所专项“浙江省特色经济林品质提升关键技术研究”(2021F1065-5) ”

作者简介: 潘晓凤, 硕士研究生, 从事经济林研究; E-mail: 461131834@qq.com。通信作者, 程诗明, 研究员, 从事林木种质资源和经济林研究; E-mail: chengsm888@163.com。

1 种质资源研究进展

1.1 种质资源收集与保存

植物遗传资源是国家重要战略资源。新中国成立后, 油茶科研工作者开始对我国油茶种质资源进行收集、整理和保存, 包括野生种、农家品种、近缘种等, 各省份和地区也开始营建油茶种质资源圃、优树收集圃、良种采穗圃^[2-3], 为油茶生产和育种研究准备了相对丰富的种质资源。国家林业和草原局强调开展油茶种质资源普查、收集和鉴定评价, 推进国家油茶种质资源库建设, 完善油茶种质资源保存体系。湖南省林业科学研究院对江西、广西、浙江等全国油茶主产区的优良品种和大量待鉴定的优株、优系和群体品种进行搜集和保存^[4]。孔庆博等^[5]对我国西南部及东部 6 个省份进行油茶种质资源调查后, 通过实生苗移栽和嫁接方式迁地保存野生油茶种质资源 2 444 份。随着国家对粮油安全的关注和对油茶产业的扶持, 油茶种质资源的收集与保护工作也得到重视, 浙江、湖南、江西等油茶产业发展较好的几个省份均建立了油茶种质资源圃, 但是目前绝大部分收集的油茶种质仍处于收集保存状态, 进行有效开发利用的种源较少。

我国主要栽培的油茶有油茶 *C. oleifera*、小果油茶 *C. meiocarpa*、越南油茶 *C. vietnamensis*、滇山茶 *C. reticulata*、浙江红花油茶 *C. chekiangoleosa*、攸县油茶 *C. yuhsienensis*、广宁红花油茶 *C. semiserrata*、腾冲红花油茶 *C. reticulata*、宛田红花油茶 *C. polyodonta*、茶梨 *C. octopetala*、博白大果油茶 *C. gigantocarpa*、白花南山茶 *C. semiserrata* var. *albiflora*、南荣油茶 *C. nanyonggenesis* 13 个种^[6]。野生油茶种质资源主要分布在湖南、浙江中部低山浅丘地区, 也遍布于云贵高原、广西等地^[5]。

虽然我国的油茶种质资源数量较多, 但良种化水平比较低且在全国各地分布不均衡, 从种植面积来看, 良种所占的比例较小, 且主要在湖南和江西等主产区^[7]。长期以来我国油茶均以传统育种为主, 由于油茶的遗传背景极其复杂, 分子育种等现代育种技术暂未运用到油茶育种上。而传统的育种方式占地面积大, 育种周期长。另外, 油茶作为异花授粉植物, 一直处于高度杂合状态, 育种后代性状复杂且不稳定。由于这些条件的限制, 我国油茶的良好化进程较为缓慢, 高质量的良好资源较少, 不足以满足市场的需求。

1.2 种质资源鉴定与评价

种质资源鉴定与评价是种质合理利用的前提, 也是种质研究的重点工作。陈永忠等^[8]对 1 361 份油茶果实种质进行分析后, 提出了基于数量性状分布特征的概率分级指标体系, 将油茶划分为高含油类、高出籽类、大籽类、皮薄类和大果类五大类, 并建议将相关育种方向分为优级和特优级。目前, 关于油茶种质资源的鉴定与评价研究多是对某地区内某几个品种或优株的表型性状和经济性状进行综合评价。段彦等^[9]对 10 份湖南产不同油茶种质的外观性状、脂肪酸组成进行测定并排序; 杨露等^[10]对贵州低热河谷区 177 份油茶种质资源的 15 个主要性状进行综合评价后筛选出表现较好的种质。油茶的果形、果色等表型性状还没有统一的分类标准。彭邵锋等^[11]将油茶果形分为橘形、球形、卵形、橄榄形 4 个大类, 果色分为红色、红黄色、青黄色、青色 4 种基本颜色。刘宝富^[12]对 13 份油茶种质的表型进行遗传多样性分析后, 认为‘湘林 5 号’可作为优异油茶材料。这些工作对油茶种质资源的分类、利用以及育种工作都具有重要的意义。

另外, 合适的分析方法对油茶种质的评价也非常重要, 张恒等^[13]用三种不同的方法对 15 个油茶品种的 12 个性状指标进行综合分析, 确定了因子分析法更适合于油茶果实性状评价, 此研究成果给油茶种质资源性状评价提供了较好的方法。众多学者用遗传标记手段对油茶的遗传多样性、种质资源评价等进行研究并取得了一定的进展。严和琴等^[14]用 SRAP 技术分析 25 份海南省油茶的亲缘关系和遗传多样性, 给油茶资源分类鉴定提供了一定的参考。

2 育种技术研究进展

2.1 优株选择

20 世纪 60 年代我国开始对丰富的油茶种质资源进行选优, 于 1971 年首次提出“高产、稳产、少病、经济性状优良”等指标。1980 年制定油茶选优标准后开始进行油茶全面选优工作^[15], 全国油茶选优标准确定后, 1986 年我国就筛选出了上万株优树, 为油茶育种储备了大量的优树资源^[16-17]。优株的选择对于良种繁育极其重要, 优良品种培育的第一步就是优良单株的选择, 因此, 对现有种质资源进行评价筛选是重要工作, 且在生产中需要持续进行。近几年, 科研工作者们筛选培育出了不少的优良油茶单株, 董乐等^[18]通过对浙江红花油茶进行综合评价分析后筛选出了 12 棵优株, 王海等^[19]对海南不同产区的优树进行详细调查研究后筛选出 30 株并对其果实经济性状、生物学特性等进行系统分析。优株的筛选为进一步的育种研究提供了材料基础。

2.2 杂交育种

经过大量研究发现, 油茶属于自交亲和性较差的树种。自交不亲和在植物界很常见, 柑橘 *Citrus reticulata*、苹果 *Malus pumila* 等果树均存在这种现象, 是植物防止自交退化、促进种间信息交流的一种方式^[20-22], 但却给生产及育种带来不便。高超等^[23]的研究确定了油茶属于后期自交不亲和的类型, 但自交不亲和的类型多、机制复杂, 目前已有众多学者从分子层面对油茶自交不亲和进行研究^[24-28], 但具体的作用机制尚不清楚。油茶的自交亲和性差以及品种搭配不合理等原因导致油茶多年来产量一直没有得到有效提升, 因此, 杂交育种在提高油茶产量方面仍具有较大潜力。

杂交可以获得综合双亲优良性状的后代。我国于 20 世纪 70 年代开始对油茶进行系统的杂交育种研究^[17], 到目前为止, 杂交育种仍然是油茶生产上主要的育种方式, 包括种内杂交和种间杂交。何华^[7]以广西博白大果油茶和江西小果油茶、南荣油茶、攸县油茶杂交后, 发现他们之间杂交都是可孕的, 但父母本的不同会导致结果率的差异。李晓春等^[29]在对 11 个油茶无性系品种进行杂交试验后, 筛选出了 6 个最佳配置组合, 并提出油茶林更新改造可用‘长林 53 号’的建议。曹永庆等^[30]通过杂交试验, 发现‘长林 3 号’和‘长林 23 号’的自交座果率比较高且确定了最佳的品种配置组合。幸伟年等^[31]也做了杂交育种实验, 确定不同亲本之间的杂交亲和性, 以为新品种选育和品种配置奠定基础。

杂交育种一直都是树种改良的重要手段, 尽管它有很多局限性, 但它也是品种改良和创新的有效方式, 并且可以结合其他育种方式对种质进行培优选育。

2.3 分子育种

利用分子标记或遗传转化手段进行可以实现目标性状的精准育种, 也可以缩短育种周期, 提高育种效率。作为油料树种, 油脂合成研究极其重要, 目前油茶中 *DGAT1* 基因^[32]、*CoPDAT* 基因^[33]等与油脂合成相关的基因已被克隆成功。Lin 等^[34]对 4 个不同发育时期的油茶种子进行研究, 发现了许多与油脂合成相关的差异基因。董乐等的研究发现了 6 对与油茶品质相关的 SSR 标记^[35]。另外, 果实发育同样是油茶研究的一个重点, 如油茶花果同期这一特性使得机械采摘难以实现。YAN 等^[36]研究发现了 8 个参与光周期开花调控的重要基因 *CoGI*、*CoAP2*、*CoWRKY65*、*CoSCR*、*CoSHR*、*CoPHR1*、*CoERF106*、*CoSCL3*, 为油茶果实发育研究和育种提供了研究基础。2022 年, 油茶基因组的破译^[37]为利用分子育种手段进行高产、高抗的油茶新品种选育提供了遗传基础, 将推动油茶育种实现从传统育种向分子育种的跨越。

目前, 油茶种质资源的遗传多样性评价和分子遗传学研究仍处于初级阶段。油茶也尚无完善的遗传转化体系。但随着对油茶油脂合成途径、果实发育等生物机制的进一步解析, 以及油茶高效遗传转化体系的构建等, 在不久的将来这些研究成果将会大大推进油茶的育种进程。

2.4 其他育种内容和方式

在育种内容上, 除了针对油茶含油率和产量的育种工作外, 抗性育种也是一个重要的方向。抗性育种主要以抗病性育种为主, 病害是引起油茶落花落果的重要因素。吴鹏飞等^[38]对 110 个普通油茶无性系进行抗炭疽病研究后筛选出了 10 个抗病无性系以及 30 个中抗无性系, 陈彧等^[39]筛选出了抗炭疽病的优良单株, 这些研究成果给油茶抗炭疽病机制的研究奠定了基础, 也给油茶抗病育种提供了育种材料和参考依据。在育种方式上, 除了常规育种、杂交育种以及分子育种外, 油茶育种方式还包含辐射育种、化学诱变育种等。辐射育种和化学诱

变育种的原理相似,是通过物理或化学方法对种子进行诱变处理使植株某种或某些性状发生变异,从而选育出性状优良的单株。在理论上,此两种方法均可获得优良的种质,易立飒等^[40]、包梅荣等^[41]、湛丽施^[42]、李彪等^[43]均对油茶进行过物理或化学诱变研究,但目前仍处于探索和试验阶段,需要后续大量选择、繁育和优选工作才有可能达到预期的效果。

3 总结与展望

3.1 油茶产业发展趋势

油茶具有“不与农争地,不与民争粮”的独特优势和发展潜力。2008年,国家把油茶产业发展提到了保证国家粮食安全的高度后,不断颁布新政策以推动油茶产业快速发展。2022年,中央一号文件《中共中央、国务院关于全面推进乡村振兴重点工作的意见》提出了“支持扩大油茶种植面积,改造提升低产林”。2023年,国家林草局联合国家发改委及财政部印发的《加快油茶产业发展三年行动方案(2023—2025年)》中提出明确目标:3年新增油茶种植面积1278 000 hm²、改造低产林面积850 600 hm²,并部署了6项重点任务,其中把加快建设高标准油茶林和推进良种繁育基地建设放在重点任务的首位,提出将建设全国油茶种苗质量追溯平台,组织开展监督检查和质量监测,国家对油茶良种研发和推广极其重视。国家政策的引导、国民消费水平和健康意识的提升、油茶育种研究的深入都将给油茶产业提供广阔的发展空间和市场前景,未来我国油茶产业将从高速发展阶段过渡到高质量发展阶段。

3.2 油茶育种的优势与不足

(1)我国的油茶种质资源丰富,国家以及各省审(认)定的油茶良种数量较多,给油茶产业发展和育种研究提供了丰富的种质资源,但是良种化程度不够高,还未能满足产业发展的需求,品种改良和种质创新的研究进程较为缓慢;(2)对油脂合成与积累过程有一定的了解,成功克隆了一些与油脂合成相关的基因,并对其功能进行了初步分析,但完全阐明其调控机制仍面临挑战;(3)分子育种方面,经过几十年的研究,积累了一定的成果,尤其是油茶基因组的破译等分子层面的研究成果给种质改良和创新奠定了良好的科研基础,但是油茶分子育种的研究深度还不够,优质种源供给仍然不足。

3.3 油茶育种的发展方向

(1)良种选育是一个持续不断的工作,随着油茶产业的发展和研究的深入,油茶的育种目标将趋于多元化,除了追求产量,高抗病、高含油率、特定脂肪酸组成等也是重点关注的性状;(2)分子设计育种将是油茶育种的热点研究方向,能够帮助加速我国油茶良种化进程,推动我国油茶产业进入高产高质的发展轨道。

参考文献

- [1] 陈永忠,邓绍宏,陈隆升,等.油茶产业发展新论[J].南京林业大学学报(自然科学版),2020,44(01):1-10.
- [2] 涂业苟,黄琳,杜强.利用种质资源培育优质高产的油茶树种[J].经济林研究,2009,27(04):100-102.
- [3] 黄欣,张乃燕,马锦林,等.我国油茶品质育种研究进展与展望[J].广西林业科学,2010,39(04):235-238.
- [4] 王湘南,陈永忠,郭起荣,等.油茶及其近缘种种质资源收集与保存利用[J].湖南林业科技,2007(02):16-18.
- [5] 孔庆博,向婷婷,邝雪琨,等.我国西南和东部地区野生油茶及其近缘物种资源调查、收集与保护[J].植物科学学报,2022,40(05):646-656.
- [6] 孙佩光,陈晓阳,奚如春,等.油茶种质资源评价研究进展[J].林业科技开发,2012,26(03):1-6.
- [7] 何华.初探油茶种间的杂交育种试验[J].农技服务,2016,33(17):3-5.
- [8] 陈永忠,许彦明,张震,等.油茶果实主要数量性状分析及育种指标体系筛选[J].中南林业科技大学学报,2021,41(03):1-9.
- [9] 段彦,李顺祥,黄丹,等.湖南产不同油茶资源的综合评价[J].中医药导报,2021,27(12):28-33.
- [10] 杨露,高超,廖德胜,等.贵州低热河谷区油茶种果实性状分析与评价[J].植物遗传资源学报,2022,23(02):430-441.
- [11] 彭邵锋,陈永忠,张日清,等.油茶果形果色分类及经济性状[J].中南林业科技大学学报,2007(05):33-39.
- [12] 刘宝富.13份油茶种质资源的表型遗传多样性分析[J].安徽农业科学,2022,50(23):93-95.
- [13] 张恒,申春晖,陈锐帆,等.基于3种数学方法的粤北油茶果实性状综合评价[J].中南林业科技大学学报,2022(11):71-79.

- [14] 严和琴, 郑蔚, 代佳妮, 等. 基于 SRAP 分子标记的海南油茶品种遗传多样性分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20 (06): 1901–1908.
- [15] 梁跃龙, 杨治国, 黄红兰. 中国油茶育种现状及其发展趋势[J]. 江西林业科技, 2010 (02): 24–28.
- [16] 陈永忠, 王德斌. 湖南省油茶良种选育及推广应用概况[J]. 湖南林业科技, 2001 (03): 23–27.
- [17] 张日清, 丁植磊, 张勋, 等. 油茶育种研究进展[J]. 经济林研究, 2006 (04): 1–8.
- [18] 董乐, 李田, 黄文印, 等. 浙江红花油茶优株筛选与综合评价[J]. 中南林业科技大学学报, 2021, 41 (11): 35–45.
- [19] 王海, 周扬, 邓雅洁, 等. 海南油茶优异种质资源及其品质的分析评价[J]. 分子植物育种, 2021, 19 (12): 4142–4152.
- [20] GOLDBERG E E, KOHN J R, LANDE R, et al. Species selection maintains self-incompatibility[J]. Science, 2010, 330 (6003): 493–495.
- [21] KUBO K I, ENTANI T, TAKARA A, et al. Collaborative non-self recognition system in S-RNase-based self-incompatibility[J]. Science, 2010, 330 (6005): 796–799.
- [22] LIANG M, CAO Z, ZHU A, et al. Evolution of self-compatibility by a mutant Sm-RNase in citrus[J]. Nat Plant, 2020, 6 (2): 131–142.
- [23] 高超, 袁德义, 杨亚, 等. 油茶自交不亲和性的解剖特征[J]. 林业科学, 2015, 51 (02): 60–68.
- [24] 袁笑微, 周俊琴, 卢梦琪, 等. 油茶 *CoGID2* 基因的克隆和表达分析[J]. 分子植物育种, 2022: 1–8.
- [25] ZHOU J, LU M, ZHANG C, et al. Isolation and functional characterization of the PHT1 gene encoding a high-affinity phosphate transporter in *Camellia oleifera*[J]. J Hor Sci Biotechnol, 2020, 95 (5): 553–564.
- [26] 刘懿瑶, 周俊琴, 卢梦琪, 等. 油茶 *CoPIF3* 基因的克隆及表达分析[J]. 植物生理学报, 2020, 56 (09): 1881–1890.
- [27] 江南, 谭晓风, 徐艳, 等. 油茶自交不亲和 S-RNase 基因鉴定与分子特征分析[J]. 植物遗传资源学报, 2022, 23 (05): 1521–1535.
- [28] 王艺颖, 袁军, 谭晓风, 等. 油茶 *SOD* 基因克隆及不同授粉处理下的表达分析[J]. 植物遗传资源学报, 2022: 1–14.
- [29] 李晓春, 陈刚, 罗颖, 等. 11 个油茶无性系的杂交亲和力和[J]. 亚热带农业研究, 2020, 16 (01): 19–23.
- [30] 曹永庆, 姚小华, 林萍, 等. ‘长林’系列油茶良种的品种配置优化[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37 (09): 7–11.
- [31] 幸伟年, 周文才, 龚春, 等. 油茶杂交育种试验[J]. 经济林研究, 2010, 28 (03): 95–99.
- [32] 刘凯, 谭晓风, 龙洪旭, 等. 油茶 *DGAT1* 基因的全长 cDNA 序列克隆及分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2012, 32 (04): 148–152.
- [33] 王仲伟, 温强, 汤诗杰, 等. 一个油茶 *FAD2* 基因家族新成员的克隆及分析[J]. 分子植物育种, 2017, 15 (01): 84–90.
- [34] LIN P, YIN H, YAN C, et al. Association genetics identifies single nucleotide polymorphisms related to kernel oil content and quality in *Camellia oleifera*[J]. J Agr Food Chem, 2019, 67 (9): 14670–14683.
- [35] 董乐, 田仟仟, 黄彬, 等. 浙江红花油茶经济性状与 SSR 分子标记的关联分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20 (14): 4710–4722.
- [36] YAN J, HE J, LI J, et al. Analysis of *Camellia oleifera* transcriptome reveals key pathways and hub genes involved during different photoperiods[J]. BMA Plant Biol, 2022, 22 (1): 435.
- [37] LIN P, WANG K, WANG Y, et al. The genome of oil-Camellia and population genomics analysis provide insights into seed oil domestication[J]. Genom Biol, 2022, 23 (1): 1–21.
- [38] 吴鹏飞, 龚洪恩, 姚小华, 等. 普通油茶无性系抗炭疽病评价[J]. 林业科学研究, 2018, 31 (04): 158–163.
- [39] 陈戔, 周国英, 宋光桃, 等. 油茶抗炭疽病优良单株筛选及抗病机理研究[J]. 湖南农业大学学报 (自然科学版), 2010, 36 (04): 426–429.
- [40] 易立斌, 李文锋, 崔之益, 等. 60Co- γ 辐照对广宁红花油茶种子发芽及幼苗生长的影响[J]. 华南农业大学学报, 2014, 35 (05): 93–97.
- [41] 包梅荣, 李铁柱, 乌云塔娜, 等. 秋水仙素处理油茶种子和幼苗变异的初步研究[J]. 内蒙古农业大学学报 (自然科学版), 2009, 30 (02): 46–51.
- [42] 谌丽施. 诱变普通油茶 M1 代生长与光合特性研究[D]. 南昌: 江西农业大学, 2015.
- [43] 李彪, 查钱慧, 黄永芳. 60Co- γ 射线辐射对油茶植株生长量及果实形态的影响[J]. 林业与环境科学, 2016, 32 (01): 66–70.