

# 中国核桃种质资源研究进展

李根<sup>1,2,3</sup> 俞文君<sup>1,2,3</sup> 武鹏雨<sup>1,2,3</sup> 付嘉智<sup>1,2,3</sup> 刘春花<sup>1,2,3</sup> 金强<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup>新疆生产建设兵团塔里木盆地生物资源保护利用重点实验室,新疆阿拉尔 843300;

<sup>2</sup>塔里木大学植物科学学院,新疆阿拉尔 843300;

<sup>3</sup>南疆特色果树高效优质栽培与深加工技术国家地方联合工程实验室,新疆阿拉尔 843300)

**摘要** 我国是核桃的主要起源和分布地区之一,其种质资源丰富,包括大量野生、农家实生种质材料及栽培类型,栽培产量及面积位于世界前列。本文主要从核桃的地理分布、结果习性、生物学、遗传多样性及基因定位等方面阐述了我国核桃种质资源的研究现状,为其开发利用提供参考。

**关键词** 核桃;种质资源;地理分布;遗传多样性

中图分类号 S664.1 文献标识码 A

文章编号 1007-5739(2021)02-0047-03

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5739.2021.02.021

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



## Progress on Germplasm Resources of Walnut in China

LI Gen<sup>1,2,3</sup> YU Wenjun<sup>1,2,3</sup> WU Pengyu<sup>1,2,3</sup> FU Jiazhi<sup>1,2,3</sup> LIU Chunhua<sup>1,2,3</sup> JIN Qiang<sup>1,2,3\*</sup>

<sup>1</sup> Xinjiang Production and Construction Corps Key Laboratory of Biological Resources Conservation and Utilization in Tarim Basin, Alar Xinjiang 843300; <sup>2</sup> College of Plant Science, Tarim University, Alar Xinjiang 843300; <sup>3</sup> National and Local Joint Engineering Experiments of High-efficiency and High-quality Cultivation and Deep Processing Technology of Characteristic Fruit Trees in Southern Xinjiang, Alar Xinjiang 843300)

**Abstract** China is one of the main origin and distribution areas of walnut, its germplasm resources are rich, including a large number of wild and farm germplasm materials and cultivation types. Its cultivation yield and area are leading in the world. In this paper, the research status of walnut germplasm resources in China was expounded from the aspects of geographical distribution, fruit bearing habit, biology, genetic diversity and gene localization, so as to provide reference for its development and utilization.

**Keywords** walnut; germplasm resource; geographical distribution; genetic diversity

核桃别名胡桃,为胡桃科胡桃属乔木,属温带树种,居世界四大干果(核桃、扁桃、腰果、榛子)之首<sup>[1]</sup>。核桃是重要的木本油料树种,有较高的经济和药用价值,核桃种仁营养丰富,含有多种植物脂肪、蛋白质以及钙、铁、钾等矿物元素和维生素,是优质的传统食品<sup>[2]</sup>。全世界核桃属(*Juglans*)植物约有23个种,其中中国是核桃属植物的起源和分布中心之一,栽培核桃已有2000多年历史,是世界上核桃栽培面积和产量最大的国家<sup>[3]</sup>,种质资源丰富。原产中国的有5个种,即核桃(*Juglans regia* L.)、野核桃(*Juglans cathayensis* Dode)、核桃楸(*Juglans mandshurica* Max.)、麻核桃(*Juglans*

*hopeiensis* Hu)和铁核桃(*Juglans Sigillata* Dode)<sup>[4]</sup>。遗传多样性是生命进化和适应的基础,也与物种的生命力和育种能力密切相关<sup>[5-6]</sup>。物种内遗传多样性越丰富,物种对环境变化的适应能力越强。遗传变异是生物进化的核心主动力,因而遗传多样性及进化规律是生物多样性和遗传进化发育研究的核心问题之一。遗传多样性是每一个有机体所固有的,是长期适应和进化的产物<sup>[7]</sup>。遗传多样性的研究,有助于了解种质的多样性、品种的遗传背景、遗传结构和遗传关系,为育种材料的选择提供信息,还可以帮助人们制定合理的开发方案和育种策略,为区域间引种驯化提供指导<sup>[8]</sup>。

## 1 核桃种质资源分类方法研究

### 1.1 生态起源法

核桃在我国分布范围广泛,且高差相差大。从云南勐腊县到新疆博乐市,从新疆塔什库尔干东至辽宁丹东均有分布。种伟<sup>[9]</sup>通过核桃的树体结构、生物特性及其生长环境和区域社会经济条件,将核桃分布区分为黄河中下游、西北片区、西南片区和南方丘陵4个

**基金项目** 兵团南疆重点产业支撑计划项目(2017DB006);新疆环塔里木盆地老龄核桃种质资源理化多样性及系统进化研究(31460503);新疆早实核桃短童期遗传性状分子标记辅助选择(31260463)。

**作者简介** 李根(1996—),男,内蒙古赤峰人,在读硕士研究生。研究方向:果树遗传育种。

\*通信作者

**收稿日期** 2020-07-23

区域。奚声珂<sup>[10]</sup>提出了地理生态型分类法,将我国核桃划分成4个品类:①新疆核桃。新疆核桃主要分布于天山南麓与昆仑山北麓,在境内呈不连续分布,各产地之间常有千里戈壁相隔,形成了相对稳定的、各具特色的实生种群,主要有早实核桃、和田大果核桃、穗状核桃;②华北山地核桃。主要产地在华北山麓等地带,核桃产量较高,分布广泛,连续分布,基因交流频繁,其中表现较好的几种资源有大薄皮核桃、龙眼核桃、露仁核桃;③秦巴山地核桃。主要分布在秦岭山脊以南山地和大巴山区,主要生长特点是生长快、树势旺、叶片大、结果多;④西藏高地核桃。主要分布在雅鲁藏布江流域沿岸,其主要性状表现为坚果大、壳薄、坚果出油率高<sup>[11]</sup>。

### 1.2 结果枝枝型法

刘君慧<sup>[12]</sup>认为,核桃不同枝型与其产量有一定的关系,可分为短枝型、长枝型、粗枝型。其中:短枝型,树体矮小,侧枝多而短,腋花芽结果比例高;长枝型,树体较大,生长势旺盛,侧枝多而细长,一年生侧枝多在30 cm以上;粗枝型,侧枝粗壮,树冠稀疏,发枝力低,节间短。可在枝型选择的基础上,再按结果期、品质、抗病等要求优选,从而逐步培育出结实早、产量高、品质好、抗病性强的新品种。

### 1.3 荧光特性法

根据生育特性,可将核桃分为早实品种和晚实品种2类,每一类又分为纸皮、薄皮、厚皮3个类群。早实品种播种后2~3年结果,少数当年有花;晚实品种大多6~10年甚至15年才结果<sup>[13]</sup>。张芸丽<sup>[14]</sup>以3个早实核桃品种和3个晚实核桃品种为试材,研究得出:早实品种的光合能力高于晚实品种,且对光抑制反应较为敏感,光合机构自我保护能力较强。此外,与早实品种相比,晚实品种的LSP增加了6.71%,LCP减少了2.58%,表明晚实品种对强光的利用能力以及对环境的适应能力强于早实品种,早实品种受到强光照射时更易发生光抑制。

### 1.4 果实性状法

根据坚果的经济性状,可将核桃分为露仁、绵核桃、夹核桃、穗状和隔年核桃等5个品系<sup>[15]</sup>。根据生育特性,又分为早实品种和晚实品种<sup>[16]</sup>。余德浚<sup>[15]</sup>将实生农家核桃品种依核壳厚度分为厚壳、露仁、薄壳和纸壳核桃4种类型,将穗状核桃单列,共划分为5个类型。

## 2 遗传多样性分析方法研究

遗传多样性是核心和基础,一个物种的进化不仅依赖其遗传多样性和物种的经济和生态价值,还依赖于其独特的基因构成<sup>[17]</sup>。对于植物来说,其遗传多样性

越丰富,适应环境变化的能力越强,分布范围越大,适应新环境的能力越强<sup>[18]</sup>。

### 2.1 形态学研究

形态分类是研究物种遗传多样性最古老、运用频率最高的的方法之一,表型性状是物种肉眼可见的形态特征,形态标记可以直观检测到,是植物多样性和系统进化方向研究的重要内容<sup>[19]</sup>。由于表型和基因型之间存在复杂的中间联系,如基因表达、调控、个体发生等,利用形态学方法检测遗传变异的关键是根据表型差异反映基因型的差异<sup>[20]</sup>。表型性状有2种类型:一是符合孟德尔遗传规律的单基因性状,如品质性状、罕见突变等;二是由多基因决定的数量性状,如大多数形态性状和生活史性状<sup>[21]</sup>。核桃的叶、坚果等性状可以稳定遗传给下一代,是研究植物遗传变异的重要材料,具有很大的开发利用价值<sup>[22]</sup>。王晓芹等<sup>[23]</sup>对新疆核桃的外观指标进行了分析,确定新文185核桃的种子坚果具有良好的综合性状,是值得选育作为亲本的核桃品种。邓凤彬等<sup>[24]</sup>对新疆34个野生核桃果实的表型性状进行了评价,得出新疆野生核桃种质之间差异显著且表型性状遗传多样性较为丰富的结论。

### 2.2 胚胎学研究

核桃具有无融合生殖能力,利用无融合胚建立核桃的离体再生体系,在栽培和育种方面具有重要意义。常董董<sup>[25]</sup>、张智英<sup>[26]</sup>、邹朋波<sup>[27]</sup>观察了不同核桃品种(系)的无融合生殖率,研究了适宜的外植体灭菌方法和褐化控制方法,筛选了诱导核桃胚萌发以及核桃茎段培养的培养基和培养条件。李永涛<sup>[28]</sup>以核桃品种香玲为试验材料,运用石蜡制片技术观察了其胚胎发育过程,对其胚营养积累过程中脂肪、蛋白质、糖含量的变化及空间分布特点进行了组织化学分析。姜思佳<sup>[29]</sup>对胡桃楸体胚的发生体系及胚性细胞悬浮培养体系的建立进行了深入研究,寻找到了诱导胡桃楸胚性愈伤组织的最适条件。

### 2.3 解剖学研究

植物组织结构形态变化一方面是指植物生长发育过程,另一方面是指植物各组织对所处生态环境条件变异的适应能力,植物组织结构的研究为植物的育种、抗旱、抗病、抗逆等领域提供了理论基础和支持。陈善波等<sup>[30]</sup>通过形态比较、石蜡切片和电镜扫描等方法,比较了穗状核桃优良资源的雌花芽生长发育特点,对四川特异种质资源进行了挖掘。刘志红等<sup>[31]</sup>对胡桃、野核桃和胡桃楸的木材微观结构进行了电镜观察,比较了3个树种木材微观解剖特征,其微观结构差异主要体现在孔材、导管腔径、壁厚、管孔密度、双

列木射线高度等几个性状,说明了胡桃楸和野核桃首先相聚,亲缘关系较近。

#### 2.4 孢粉学研究

果树孢粉学主要研究果树花粉的形态结构及特征。花粉形态稳定性可用于探究不同物种或同属之间的亲缘关系、进化进程及演化规律,在植物分类、系统发育、起源与演化等方面得到普遍应用<sup>[32]</sup>。花粉形态因受基因控制,其自身所具有的保守性使其难以受到外界环境条件的影响,故遗传性基本稳定<sup>[33]</sup>。孢粉的特性能基本反映物种的遗传本质,且分析方法简易,故孢粉分析已在许多植物分类上得到广泛应用。目前,孢粉学广泛用于园艺植物的分类,鉴定其新品种(品系),探究其起源、演化等。在果树起源演化方面,Walker认为花粉形态特别是外壁纹饰在植物长期演化过程中存在一定的规律,总体上是由规则进化到不规则,由简单进化到复杂<sup>[34]</sup>。

#### 2.5 DNA 分子标记

近年来,一、二、三代 DNA 分子标记技术在核桃遗传多样性分析、种质资源鉴定、亲缘关系分析等方面得到了进一步发展,为未来的核桃研究方向和开发利用提供了极为有力的参考<sup>[35]</sup>。分子鉴定是目前最受欢迎的以量化方式分析种质资源变化的方法<sup>[36-37]</sup>。目前,SSR、ISSR、RAPD 以及 AFLP 等<sup>[38]</sup>标记方法已广泛应用于核桃资源分类及起源等的鉴定。焦思宇等<sup>[39]</sup>以 33 份薄壳山核桃品种为试材,利用 ISSR 分子标记技术共检测扩增位点 58 个,其中多态性位点 45 个,各品种间 UPGMA 遗传距离在 0.67~0.84 之间,有效揭示了薄壳山核桃品种间的遗传多样性。陈少瑜等<sup>[40]</sup>在泡核桃转录组数据分析的基础上开发了 SSR 标记,对泡核桃、北方核桃及两者的杂交品种进行了遗传多样性分析,开发出 11 对引物,对 15 个样本扩增结果多态性较高、稳定性较好。刘宝尧等<sup>[41]</sup>以青海省不同核桃分布区的 222 株地方核桃嫩叶为试验材料,对其进行 ISSR 分子标记遗传多样性研究,获得 167 个条带,其中多态性位点 127 个,得出的居群间遗传分化系数为 0.081 7,说明核桃居群之内的遗传分化高于居群之间;遗传距离平均值为 0.025 7,估测的居群间基因流为 5.619 8,表明供试核桃居群间存在较大的基因交流。张虎平等<sup>[42]</sup>分别以矮生、当年开花、晚实、孤雌等新疆核桃的基因型为试材进行了提取和体系优化研究,利用 SRAP 分子标记技术对新疆野核桃遗传多样性进行分析,通过筛选出的 15 对具有多态性的 SRAP 引物组合进行 PCR 扩增,得到新疆野核桃遗传分化系数为 0.115 2,总结出新疆野核桃的遗传变异绝大部分存在

于区域内部,占总变异的 88.48%,同时说明了新疆地区的核桃较为特殊且基因交流较为封闭。

### 3 展望

中国核桃资源丰富,栽培历史久远,资源类型多样,对环境的适应能力不同。核桃的变异对核桃高效育种、优异基因筛选、种质资源调查及优良种质开发利用等提供了保障,可从形态学、生物学和分子水平方面探讨核桃不同地区不同资源的遗传多样性和亲缘关系,为今后核桃种质资源品质遗传及改良工作奠定一定的研究基础。

### 4 参考文献

- [1] 张毅萍.世界及我国核桃生产概况和几个问题[C]//中国园艺学会干果分会成立大会暨第二届全国干果生产与科研进展学术研讨会论文集.保定:中国园艺学会,2003:1-5.
- [2] 李国和.核桃种质资源研究[D].雅安:四川农业大学,2007.
- [3] 张力思,陈新,徐丽,等.核桃种质资源工作现状与展望[J].落叶果树,2017,49(6):17-21.
- [4] 郝荣庭,张毅萍.中国果树志:核桃卷[M].北京:中国林业出版社,1996:56-78.
- [5] 陈灵芝,马克平.生物多样性科学[M].北京:科学出版社,2002.
- [6] 葛颂,洪德元.生物遗传多样性研究的原理与方法[M].北京:科学出版社,1994.
- [7] 匡可任,路安民.中国植物志[M].北京:科学出版社,1979:30-35.
- [8] 王红霞.核桃遗传多样性分析及核心种质的构建[D].保定:河北农业大学,2006.
- [9] 种伟.我国核桃主要产区优势良种分布及其生产利用[J].林业科技通讯,2018(9):60-63.
- [10] 奚声珂.我国胡桃属(*Juglans* L.)种质资源与核桃(*Juglans regia* L.)育种[J].林业科学,1987(3):342-350.
- [11] 田英,李鑫,沈国伟,等.我国核桃育种研究标准化探析[J].陕西农业科学,2014,60(4):66-70.
- [12] 刘君慧.核桃枝型特征及选优的初步研究[J].河南农林科技,1979(4):22-24.
- [13] 杨文衡.我国的核桃[J].河北农业大学学报,1984(2):1-9.
- [14] 张芸丽.早实与晚实核桃光合荧光特性及产量品质比较研究[D].兰州:甘肃农业大学,2018.
- [15] 余德浚.中国果树分类学[M].北京:农业出版社,1979.
- [16] 杨文衡.我国的核桃[J].河北农业大学学报,1984(2):1-9.
- [17] 田英,李鑫,沈国伟,等.我国核桃育种研究标准化探析[J].陕西农业科学,2014,60(4):66-70.
- [18] 孙亚强.酸枣种质资源遗传多样性分析及其核心种质的构建[D].阿拉尔:塔里木大学,2016.
- [19] 陈霞.不同生态区域环境对大豆蛋白质、脂肪含量的影响[J].大豆科学,2001,20(4):280-284.
- [20] 冯夏莲,何承忠,张志毅,等.植物遗传多样性研究方法概述[J].西南林学院学报,2006(1):69-74.
- [21] 钱迎倩,马克平.生物多样性研究的原理与方法[M].北

(下转第 60 页)

输在农产品流通环节的应用,借助物联网标识技术,最终形成涵盖生产、加工、流通、销售全环节的服务体系。政府部门应加大对智慧农业的扶持力度,探索智慧农业发展途径,并组织高校院所,解决生产实践中存在的实际问题。同时,可采取补贴的形式,鼓励种植户、合作社及社会资本进行智慧农业生产,加快实现甘孜州农业信息化全覆盖,加快甘孜州现代化农业发展进程,实现甘孜州地区农牧民持续增收,促进藏区社会安定团结。

#### 4 参考文献

- [1] 吕桂英.传感器在智慧农业中的应用分析[J].现代农业科技,2020(15):171.
- [2] 杨立新.智慧农业驱动湖北农业现代化创新发展[J].决策与信息,2020(8):12-13.
- [3] 刘双印,黄建德,黄子涛,等.农业人工智能的现状与应用综述[J].现代农业装备,2019,40(6):7-13.
- [4] 郭广礼.农业大数据在智慧农业中的应用探讨[J].农业工程技术,2019,39(33):64-65.
- [5] 陈杭,郑林用,唐明先,等.甘孜州食用菌资源和可持续利用技术的研究[J].中国食用菌,2014,33(5):10-13.
- [6] 陈杭,唐明先,姜邻,等.甘孜高原羊肚菌产业的发展优势、现状与对策[J].农业科技通讯,2017(11):26-29.
- [7] 黄海魁,刘自强,仲崇禄,等.云南松茸经济与资源可持续利用[J].浙江食用菌,2008(2):18-21.
- [8] 唐明先.甘孜州野生食用菌资源开发现状及发展建议[J].中国食用菌,2008(1):17-18.
- [9] 中共中央政治局召开会议审议《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》和《关于打赢脱贫攻坚战三年行动的指导意见》[J].实践(思想理论版),2018(6):12-13.
- [10] 卢欣石,何琪.种群遗传变异及基因多样性分析[J].草业学报,1999,8(3):76-82.
- [11] 刘丽丽,李建辉,陈骏,等.DNA分子标记技术在核桃研究中的应用[J].农业科技通讯,2019(7):192-194.
- [12] CERVERA M T, CABEZAS J A, SANCHA J C, et al. Application of AFLPs to the characterization of grapevine *Vitis vinifera* L. genetic resources: A case study with accessions from Rioja (Spain) [J]. *Theor Appl Genet*, 1998, 97: 51-59.
- [13] SEFC K M, LOPES M S, LEFORT F, et al. Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2000, 100: 498-505.
- [14] 邢春.光核桃种质资源的遗传多样性分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2014.
- [15] 焦思宇,赵珞珞,刘晓倩,等.33份薄壳山核桃品种种质资源的遗传多样性分析[J].阜阳师范学院学报(自然科学版),2019,36(2):36-39.
- [16] 陈少瑜,宁德鲁,吴涛,等.泡核桃 SSR 标记开发及在遗传多样性研究中的应用[J].西北林学院学报,2017,32(3):91-96.
- [17] 刘宝尧,刘小利,魏海斌,等.青海地方核桃种质资源遗传多样性研究[J].西北林学院学报,2017,32(2):130-135.
- [18] 张虎平,牛建新,马兵钢,等.核桃 DNA 的提取及 RAPD 体系的优化[J].石河子大学学报(自然科学版),2003(4):267-270.
- [19] 卢欣石,何琪.种群遗传变异及基因多样性分析[J].草业学报,1999,8(3):76-82.
- [20] 刘丽丽,李建辉,陈骏,等.DNA分子标记技术在核桃研究中的应用[J].农业科技通讯,2019(7):192-194.
- [21] CERVERA M T, CABEZAS J A, SANCHA J C, et al. Application of AFLPs to the characterization of grapevine *Vitis vinifera* L. genetic resources: A case study with accessions from Rioja (Spain) [J]. *Theor Appl Genet*, 1998, 97: 51-59.
- [22] SEFC K M, LOPES M S, LEFORT F, et al. Microsatellite variability in grapevine cultivars from different European regions and evaluation of assignment testing to assess the geographic origin of cultivars [J]. *Theoretical and Applied Genetics*, 2000, 100: 498-505.
- [23] 邢春.光核桃种质资源的遗传多样性分析[D].哈尔滨:东北林业大学,2014.
- [24] 焦思宇,赵珞珞,刘晓倩,等.33份薄壳山核桃品种种质资源的遗传多样性分析[J].阜阳师范学院学报(自然科学版),2019,36(2):36-39.
- [25] 陈少瑜,宁德鲁,吴涛,等.泡核桃 SSR 标记开发及在遗传多样性研究中的应用[J].西北林学院学报,2017,32(3):91-96.
- [26] 刘宝尧,刘小利,魏海斌,等.青海地方核桃种质资源遗传多样性研究[J].西北林学院学报,2017,32(2):130-135.
- [27] 张虎平,牛建新,马兵钢,等.核桃 DNA 的提取及 RAPD 体系的优化[J].石河子大学学报(自然科学版),2003(4):267-270.

(上接第 49 页)

京:中国科学技术出版社,1994.

- [22] BROCHMANN C, SOLOS P S. Recurrent formation and poly of Nordic polyploids in *Draba* (Brassicaceae) [J]. *Amer Bot*, 1992, 79(6):673-688.
- [23] 王晓芹,张锐,王新建.新疆核桃实生后代坚果外观品质差异分析[J].湖北农业科学,2016,55(7):1730-1734.
- [24] 邓凤彬,罗立新,虎海防,等.新疆野核桃坚果表型性状多样性分析[J].果树学报,2018,35(3):275-284.
- [25] 常董董.核桃无融合胚离体培养初步研究[D].泰安:山东农业大学,2017.
- [26] 张智英.早实核桃生殖特性及胚培养条件研究[D].保定:河北农业大学,2009.
- [27] 邹朋波.核桃微体繁殖的研究[D].杨凌:西北农林科技大学,2006.
- [28] 李永涛.核桃(*Juglans regia*)胚发育及其营养代谢动态研究[D].泰安:山东农业大学,2011.
- [29] 姜思佳.胡桃楸体胚发生及胚性细胞悬浮体系的建立[D].哈尔滨:东北林业大学,2011.
- [30] 陈善波,杨文渊,王莎,等.四川穗状核桃雌花芽生长发育的研究[J].四川林业科技,2019,40(4):1-6.
- [31] 刘志红,马晓恒,解庆.胡桃、野核桃和胡桃楸木材解剖特征比较[J].东北林业大学学报,2019,47(6):49-52.
- [32] 王伏雄,钱南芬,张玉龙.中国植物花粉形态[M].2版.北京:科学出版社,1995.
- [33] 王开发,张玉兰,蒋辉,等.长江三角洲第四纪抱粉组合及其地层、古地理意义[J].海洋学报,1984,6(4):485.