

# 新中国果树科学研究70年——枣

刘孟军<sup>1,2</sup>,王玖瑞<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>河北农业大学中国枣研究中心,河北保定 071001; <sup>2</sup>北京林果业生态环境功能提升协同创新中心,北京 100085; <sup>3</sup>河北农业大学林学院,河北保定 071001)

**摘要:**枣是我国原产特色优势果树和栽培历史最为悠久的“五果”之一。新中国成立70年来,我国枣科研取得长足进步,推动了枣产业的跨越式发展。当前,我国枣产业正处于转型升级关键期,正在迈入高质量发展新时代,对科技支撑提出了更高要求。笔者在简要回顾我国枣生产科研历史基础上,分析了70年来我国枣科研的发展演变,并将其分为恢复发展期(1949—1978年)、加速发展期(1979—1999年)和全面发展期(2000—2019年)三个阶段;综述了70年来我国枣科研在10个方面(组学应用、种质资源、遗传育种、良种繁育、栽培技术、病虫害防控、采后处理、营养加工、设施生产、技术标准)取得的标志性成果和重要进展;进而分析了枣科研发展趋势和面临的挑战,提出了今后枣科研的12项重点任务,可为今后枣业同行和相关人员提供借鉴参考。

**关键词:**枣;新中国;70年;科学研究;回顾;展望

中图分类号:S665.1

文献标志码:A

文章编号:1009-9980(2019)10-1369-13

## Fruit scientific research in New China in the past 70 years: Chinese jujube

LIU Mengjun<sup>1,2</sup>, WANG Jiurui<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>Research Center of Chinese Jujube, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, Hebei, China; <sup>2</sup>Beijing Collaborative Innovation Center for Eco-environmental Improvement with Forestry and Fruit Trees, Beijing 100085, China; <sup>3</sup>College of Forestry, Agricultural University of Hebei, Baoding 071001, Hebei, China)

**Abstract:** Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) is one of the five oldest cultivated fruit species in China with distinct advantages in the world. The researches on Chinese jujube have made a tremendous progress since the People's Republic of China was established in 1949, which has accelerated greatly the development of jujube industry. At present, jujube industry in China has entered the critical transforming and upgrading period and new era of high quality development, which has a higher demand for scientific and technological supports. The present paper briefly reviewed and analyzed the research evolution and production history of Chinese jujube in China during the past 70 years, and divided the 70 years into 3 stages, i.e., recovery stage (1949—1978), accelerated development period (1979—1999), and comprehensive development period (2000—2019). The landmark achievements and important progress of research in 10 aspects (genome and omics application, germplasm, breeding, propagation, cultivation, pest control, postharvest, processing, protected production and technical standards) were summarized. 12 key research tasks in the future were put forwarded on the basis of profound analysis of new situations, new challenges and important problems faced by Chinese jujube production and research. The present paper provided references for the related researchers and organizations.

**Key words:** Chinese jujube; New China; 70 years; Scientific research; Review; Prospect

收稿日期:2019-08-12 接受日期:2019-09-17

基金项目:河北省自然科学基金重点项目(C2017204114);国家万人计划领军人才项目;北京市2019校专项-科技创新服务能力建设-科研基地建设-林果业生态环境功能提升协同创新中心(2011协同创新中心,PXM2019\_014207\_000099)

作者简介:刘孟军,男,教授,博士生导师,主要从事枣属植物研究。Tel: 0312-7528306, E-mail: lmj1234567@aliyun.com

枣(*Ziziphus jujuba* Mill.)是我国原产重要果树及世界鼠李科(Rhamnaceae)枣属(*Ziziphus* Mill.) 170个种中栽培规模最大、经济和生态价值最高的种<sup>[1-2]</sup>。枣树以其抗干旱、抗盐碱、耐瘠薄能力极强,栽植当年即可开花结果,“自我修剪”、管理省工及营养丰富、药食同源等独特优点,深受种植者和消费者欢迎,成为山沙碱旱地区经济与生态协同发展的重要抓手。

7 000多年前,我国先民就已开始采摘利用和栽种枣树;2 000年前的汉朝,枣已在我国北方形成大的栽培区,并与桃李栗一起并称为“五果”;汉朝起,枣树开始传入周边国家,后沿丝绸之路传入亚欧多国,现已遍及世界五大洲的近50个国家,并在韩国、伊朗形成规模化商品栽培,但我国枣树面积和产量仍占世界的98%左右,占世界枣属栽培果树的80%以上<sup>[3-5]</sup>。

新中国成立70年来,特别是改革开放40年来,我国枣产业发展迅速。栽培面积和产量分别增加10多倍和20多倍,面积达到近200万hm<sup>2</sup>,超过了梨、葡萄和桃,并接近苹果和柑橘,产量达900多万t,居干果首位,年产值约1 000亿元人民币,以枣业为主要经济来源的人口达2 000万。枣树已成为我国名副其实的大宗果树和极具国际竞争优势的特色果树。70年来,我国枣树科研成果丰硕,先后获4项国家科技成果二等奖和1项何梁何利奖,有力支撑了枣业发展。在新中国成立70周年之际,因应枣业转型升级新时代重大需求,系统回顾、总结、提炼我国枣科研主要进展和经验教训,分析国内外枣业理论和技术发展趋势,并提出今后科研方向和重点任务,可为枣业同行和相关人员提供借鉴参考。

## 1 新中国成立70年来枣科研的发展演变

新中国成立以来的70年,是枣业发展与枣科研相互促进且科技支撑引领作用不断增强的70年。根据枣科研的主要内容、标志性成果及其对产业发展的支撑作用等,可分为以下三个阶段。

恢复发展期(1949—1978年):1949年新中国成立结束了1840年鸦片战争起100多年的战争和动荡,使遭到重创的枣生产和科研得到迅速恢复。该阶段,以枣主产区有关大学科研单位自发的研究为主,但受限于经费和人力,基础研究以生物学特性调

查为主,技术研究以总结提炼生产经验为主。该时期基本弄清了枣独特的生长结果习性。资源和育种方面,开展了第一次全国枣资源普查、枣的起源演化研究和株系选优工作。栽培方面,主要开展了野生酸枣嫁接大枣、冬季修剪、开甲、间作等研究。加工方面,基本仍停留在传统的晒制及蜜枣、乌枣、南枣、酒枣、枣酒等。1956年起,河北农业大学果树专业开始招收枣方向硕士研究生。总体来看,该阶段科研对产业的支撑作用较弱,产业发展也比较缓慢。

加速发展期(1979—1999年):1978年改革开放后,中央和枣主产区政府对枣科研的支持不断加大,枣科研迅速活跃起来。因文革中断的全国枣资源调查得到恢复和加速完成,《中国果树志·枣卷》<sup>[6]</sup>于1993年出版,成为《中国果树志》正式出版的第一卷。“六五”之初的1981年,原国家科委正式立项的“太行山开发研究”将枣列为骨干课题,1992年河北农业大学王永惠教授主持完成的“太行山枣树丰产综合技术开发”成果获国家星火奖二等奖,成为我国枣树界首个国家奖。在此期间,国家自然科学基金委、原国家科委、原农业部、原林业部及晋冀鲁豫陕等枣主产省相继立项了一大批有关枣的科研项目,支撑了枣起源演化、种质资源、栽培生理、病害生理和采后生理等基础研究和育苗、密植丰产、保鲜加工等应用研究。研发推广的酸枣砧嫁接育苗技术、密植(2 m×3 m)早实速丰技术、老枣园改造和主栽品种配套丰产技术、鲜枣冷藏保鲜技术等,有力推动了枣面积和产量的大幅上升,使鲜食枣首次由零星栽培转为规模化商品栽培。此期间,在河北农业大学成立了我国首个正处级专职枣科研单位—中国枣研究中心,河北农业大学等开始招收枣方向博士生。总体看,该阶段科研对枣产业发展起到了重要支撑作用,产业发展迅速。

全面发展期(2000—2019年):进入21世纪后,随着国家和地方财力显著增强,各级政府对枣科研的支持大幅度增加,全国性和国际性科技合作日益增多。这一时期我国枣科研空前活跃,从基础研究到应用研究,从育种、栽培、植保、加工到营销等全产业链各环节研究全面开展,涌现出一批500万元乃至1 000万元以上的大项目和省部一等以上科技大奖,其中国家科技进步二等奖3项(“枣疯病控制理论与技术”,河北农业大学刘孟军等,2006;“枣林高效生态调控关键技术的研究与示范”,北京农学院王

有年等,2010;“枣育种技术创新及系列新品种选育与应用”,河北农业大学刘孟军等,2011)。2014年,枣基因组测序完成并发表于 *Nature Communications*<sup>[6]</sup>,成为中国干果和世界鼠李科中首个完成全基因组测序的物种,标志着我国枣科研进入了组学新时代。该期,先后成立了中国经济林协会枣分会、枣产业国家创新联盟、国际园艺学会枣工作组、国际枣属植物品种登录中心及国家林业局枣工程技术研究中心(前四者挂靠河北农业大学,后者挂靠西北农林科技大学);形成了一批稳定从事枣科学研究的单位(河北农业大学、北京林业大学、西北农林科技大学、中南林业科技大学、塔里木大学、山西农业大学、北京农学院、山西省果树研究所、山东省果树研究所、新疆林科院、河北省林科院、河南新郑枣树研究院、好想你健康食品有限公司等);一批枣专家先后入选国家百千万人才工程国家级人选、国务院特殊津贴专家、国家万人计划领军人才等国家级人才队伍,河北农业大学枣团队还先后入选农业部农业科研杰出人才创新团队和科技部重点领域创新团队。这一阶段,我国枣主要领域的研究已超越韩国、伊朗等处于国际领先水平,多个领域(基因组测序、种质资源、多倍体育种、密植和设施栽培、重大病害、营养与加工)的研究在干果中处于领跑或并跑地位,枣科研对产业发展的支撑作用非常显著,开始引领产业发展。

## 2 新中国成立70年来枣科研的主要成就

新中国成立以来的70年,是我国枣科研突飞猛进实现历史性跨越的70年,已从最初的总结生产经验为主发展到育种、栽培、植保、贮运、加工全产业链创新引领研究;从表观研究为主发展到细胞、生理生化、分子和组学等多层次综合研究;从个别单位少数人的自发研究发展到全国性和国际性的大合作研究。

### 2.1 组学分析开拓新局

基因组测序是打开生命遗传密码的金钥匙,基于基因组测序的转录组、蛋白组、代谢组等多组学研究正把果树研究推向历史新高。2014年枣基因组测序完成,为加快枣基础研究奠定了坚实基础。

2.1.1 基因组大小 吴丽萍等<sup>[7]</sup>利用流式细胞仪测定表明,枣和酸枣基因组大小有一定差异,平均为418.56 Mb。Liu等<sup>[6]</sup>通过基因组测序,明确了冬枣

(组培苗)基因组为444 Mb。Wang等<sup>[8]</sup>改进了流式细胞术测定枣基因组大小方法并测定了301个枣品种和81个酸枣类型的基因组大小,分别为300.77~640.94 Mb(平均408.54 Mb)和346.93~489.44 Mb(平均423.55 Mb),并发现基因组大小与果实大小、纵径、横径和单果质量显著正相关( $p < 0.05$ )。

2.1.2 基因组测序和结构特征 2014年,Liu等<sup>[9]</sup>采用第二代测序、BAC-to-BAC与WGS-PCR-free相结合新方法,解决了高度复杂枣基因组(杂合度1.9%,当时已测序植物中最高)的测序、组装和补洞难题,组装出437.6 Mb、达估测基因组98.6%,并注释出32 808个基因(<http://jujube.genomics.cn/page/species/index.jsp>),进而通过构建高密度SNP遗传连锁图谱(平均距离0.34 cM),将23 996个基因锚定到12条假染色体上,发现枣基因组未发生最近一次全基因组复制,但经历过复杂的染色体断裂、融合及片段重组<sup>[6]</sup>。此外,Huang等<sup>[10]</sup>还完成了枣、酸枣、*Z. mauritiana*和*Z. spina-christi*4种枣属植物叶绿体基因组的测序。

2.1.3 基于多组学的性状解析 结合基因组重测序、比较基因组、转录组等分析<sup>[6]</sup>,发现枣果富含维生素C(为苹果的近100倍)的独特机制为通过L-半乳糖途径中相关基因正选择和高表达加强维生素C合成,并通过再生途径关键基因显著扩张促进维生素C再生,明确了合成和再生关键基因(GLDH和MDHAR);枣果含糖量高(为一般水果的2倍左右)是其糖合成基因家族扩张和高表达与糖转运基因高表达共同作用;枣独特的‘落枝归根’习性则与其乙烯应答和ABA响应途径相关。利用枣基因组数据,系统挖掘了与重大毁灭性病害枣疯病密切相关的基因,发现MAPK-WRKY级联途径、光合作用、糖及能量代谢等响应枣疯病病原体的侵染<sup>[9,11-12]</sup>。

通过骏枣全基因组测序和多个枣和野生酸枣基因型重测序等,Huang等<sup>[13]</sup>确定了与果实糖含量和酸含量相关的基因组区域,鉴定了与自交不亲和、果肉质地以及繁殖适应性相关的基因等。揭示了糖转运蛋白在枣果实糖积累中具有更重要作用<sup>[14]</sup>,明确了枣果实非跃变型成熟特征<sup>[15]</sup>和乙烯及脱落酸对枣果实成熟调控的分子机制<sup>[16-17]</sup>。

### 2.2 种质研究不断深入

作为原产地和最大最古老的枣生产国,我国枣种质资源非常丰富。枣种质资源研究也一直是我国



枣研究的重点, 并已取得系列重要成果。

**2.2.1 枣种质资源调查收集和保存** 20世纪50年代始, 在中国农业科学院果树研究所统一部署下, 河北农业大学曲泽洲教授组织全国有关单位开展了第一次全国性枣树资源普查工作, 由于文革造成的间断, 直到20世纪80年代末才完成, 1993年出版了《中国果树志·枣卷》<sup>[3]</sup>, 全书收录700个枣品种及30个酸枣类型。

在资源调查基础上, 冀、豫、鲁、豫、陕、新、京、湘等枣主产区相关大学、科研单位和龙头企业建立了各自的枣资源圃, 一般保存几十到百余份种质, 大多侧重于当地资源、新育成品种和全国主栽品种。最具代表性的为农业农村部建在山西省果树研究所内的国家枣种质资源圃(山西太谷), 保存国内外枣种质930多份; 其次是国家林业和草原局在河北沧县建立的枣良种基因库, 收集了640个全国各地枣资源及当地主栽品种金丝小枣和无核枣的优良类型; 另外, 河北农业大学收集保存了全国各地的酸枣资源和枣属植物种资源200余份, 并建立了枣属植物果实和蜡叶标本馆。

**2.2.2 枣种质资源鉴定和评价** 目前, 已得到较系统评价的枣品种达500个、酸枣类型100个左右, 评价内容从最初的形态学和农艺性状到细胞学、孢粉学、营养学、抗病虫性、耐盐性、生殖特性及分子和基因组水平<sup>[5]</sup>。先后发现自然三倍体品种赞皇大枣<sup>[18]</sup>、苹果枣<sup>[19]</sup>、山西特大个、沧605和沧606<sup>[20]</sup>、二四混倍体冬枣2号<sup>[21]</sup>及雄性不育<sup>[22]</sup>、曲枝<sup>[23]</sup>、高抗枣疯病<sup>[24-25]</sup>、高营养<sup>[26]</sup>等一大批优异种质。此外, 还利用SSR指纹图谱对963份枣种质进行了系统的整理和种质分类研究, 并构建了核心种质库和种质资源管理数据库<sup>[27]</sup>。

**2.2.3 枣的起源与演化** 关于枣树的栽培起源, 有些外国学者曾认为原产伊朗、日本。但枣树在伊朗、日本栽培的最早记录只有2000年左右, 恰与汉朝开始的中日交流和张骞出使西域的时间相符。据作者实地考察, 伊朗确有数百年生的老枣树分布, 但都处于古丝绸之路的节点村镇, 伊朗学者目前也承认枣是从中国引种的。在我国, 成书于3000年前的《诗经》就有“八月剥枣十月获稻”的记载, 出土的碳化枣果表明7000多年前我国已栽种和利用枣树。曲泽洲等通过古文献和化石考证及对枣和酸枣现代分布的研究, 认为枣树的最早栽培中心在晋陕黄河峡谷

一带<sup>[3]</sup>。迄今, 在我国北方山区还有大量的野生种(酸枣)分布, 而国外则没有, 枣树原产中国可以定论<sup>[5]</sup>。

早在《齐民要术》一书有关枣的记载中就有“常选好味者留栽之(从野生酸枣中选择味好者进行栽培)”。曲泽洲等<sup>[3]</sup>从古文献、地理分布、枣和酸枣的过渡类型及染色体、花粉、同工酶等多方面研究考证, 提出枣树由野生酸枣(古称“棘”, 即“荆棘遍地”“披荆斩棘”的棘)进化和驯化而来。同工酶、花粉及DNA等多个水平的聚类分析均表明, 枣和酸枣的品种、类型常有少部分混在一起而非完全形成两个独立分支<sup>[28-30]</sup>。由此推测, 由酸枣到枣的演进可能有多条途径。基于SSR和cpSSR标记技术, 在分子水平则证实枣由酸枣演化而来, 且酸枣到枣的驯化中存在多条演化路径<sup>[31-32]</sup>。

**2.2.4 枣的分类地位与学名** 在经典的形态学分类系统中, 枣树均被置于鼠李目(Rhamnales)鼠李科(Rhamnaceae)<sup>[33]</sup>。但在基于叶绿体DNA序列建立的被子植物分子分类系统(Angiosperm Phylogeny Group III, 2009)中, 鼠李科被归入了蔷薇目(Rosales)。作者基于已测序植物390个共有基因建立的系统发育树, 进一步证明鼠李科应归为蔷薇目<sup>[34]</sup>。关于枣和酸枣的分类学关系曾有同属一种、枣是酸枣的变种、酸枣是枣的变种及二者为两个独立种四种观点<sup>[35]</sup>。刘孟军等<sup>[36-37]</sup>基于历史认知(自古分别称为枣和棘)及自然分布、形态和用途等的差异, 支持将枣和酸枣为两个独立种处理。但枣和酸枣之间杂交亲和, 存在过渡类型, 作为一个种也是值得商榷的。

由于分类观点不同及学术交流不畅, 有关枣属、枣和酸枣的拉丁学名分别有2个、16个和6个之多, 经分类学文献等考证, 其正确写法应分别为 *Ziziphus* Mill.、*Ziziphus jujuba* Mill. 和 *Ziziphus acidojujuba* Cheng et Liu(作为独立种)<sup>[35-39]</sup>。

**2.2.5 枣种质资源代表性著作和信息平台** 新中国成立以来, 有关枣种质资源研究的代表性著作除了前面提到的《中国果树志·枣卷》外, 《中国枣种质资源》<sup>[39]</sup>收录枣及其近缘种酸枣和毛叶枣资源1033个, 较前者多收录枣种质244个, 酸枣种质35个、毛叶枣种质24个; 《中国枣品种资源图鉴》<sup>[40]</sup>提供了农业农村部国家枣资源圃对57个枣鲜食、80个制干、82个制干鲜食兼用、17个蜜枣及14个观赏品种共

250个枣品种同一地点(山西太谷)多年调查的珍贵数据和第一手图片资料;《枣种质资源描述规范和数据标准》<sup>[41]</sup>、《植物品种特异性、一致性、稳定性测试指南 枣(LY/T 2190-2013)》<sup>[42]</sup>和《枣品种鉴定技术规程 SSR 分子标记法(LY/T 2426 - 2015)》<sup>[43]</sup>则为枣种质研究时性状选择、数据采集、测试和鉴定等提供了依据和技术标准。

已建成的枣种质资源信息平台主要有:农业部“国家多年生和无性繁殖作物种质资源信息网-枣种质资源信息网”( <http://www.cgris.net/query/do.php#果树,枣>), 提供了山西省果树研究所国家枣资源圃多年定点观测数据;河北农业大学“中国枣种质资源网络信息系统”( <http://www.ziziphus.net/zzyy>) 提供了《中国果树志·枣卷》记载的各品种原产地的调查数据。此外,2014年,河北农业大学获得了国际园艺学会唯一指定的国际枣属植物品种登录权。

### 2.3 育种技术实现突破

枣品种选育源远流长,但育种技术发展缓慢,一直以选种(实生选种、芽变选种和株系选优)为最主要途径,近年来分子标记辅助鉴定和标准化技术等融入了枣选种。进入21世纪后,枣多倍体育种和杂交育种相继取得突破和应用。枣基因工程育种已取得一些进展,但尚未成熟应用。

**2.3.1 倍性育种** 早在1985年,山东省果树所就通过胚乳培养获得了金丝小枣、圆铃和长红枣的三倍体植株<sup>[43]</sup>,但未形成品种。在枣花药/花粉培养方面,已获得多个品种的花粉植株<sup>[44-45]</sup>。

2000年起,河北农业大学相继建立了田间茎尖诱变<sup>[46]</sup>、组培茎尖(茎段)诱变<sup>[47]</sup>、组培叶片愈伤胚状体途径诱变<sup>[44]</sup>及田间愈伤组织途径秋水仙素诱变<sup>[48]</sup>四代技术体系。其中田间愈伤组织途径秋水仙素诱变技术,方法简便,可避免嵌合体产生,诱变当年获得纯多倍体并开花,可实现当年诱变当年评价。通过诱变,已获得枣和酸枣四、八倍体新种质20多个。

Wang等<sup>[49]</sup>系统比较了枣和酸枣二倍体与其同源四倍体的形态学、细胞学和营养学差异。发现与其二倍体相比,日光枣和珠光酸枣表现出较慢的生长速度和明显的矮化特征,叶片、气孔、花粉、花、果实变的更大;叶片绿色加深,叶绿素含量和光合作用明显提高;日光果实的抗坏血酸(Vc)、cAMP、可溶性糖、可滴定酸、蔗糖、葡萄糖、果糖含量均显著高于

二倍体,珠光果实cAMP、蔗糖含量高于二倍体,但抗坏血酸、葡萄糖、果糖含量显著降低;转录组、蛋白组比较初步揭示了二倍体与其同源四倍体表型差异的分子机制。北京林业大学通过离体叶片再生诱导体系获得色酸枣同源四倍体,发现四倍体具有更高的抗盐性,并初步揭示了其高抗体性的分子机理<sup>[50-51]</sup>。

**2.3.2 杂交育种** 在多数果树上最常用的杂交育种,在枣上面临严重障碍(花极小去雄难,坐果率仅1%左右,且胚败育率高,采用常规方法杂种得率通常仅万分之一),长期停滞不前。直到近10多年来,典型雄性不育种质的发现和利用<sup>[22,52]</sup>,幼胚挽救技术体系的建立<sup>[53-56]</sup>,加之罩网控制杂交方法的改进及分子辅助鉴定技术的应用,才使得批量获得杂交后代成为可能,目前已经获得了一批优系<sup>[57]</sup>。近年来河北农业大学还开展了不同倍性及枣和酸枣的杂交,并取得成功。基于‘JMS2’×‘邢16’、‘冬枣’×‘临猗梨枣’、‘冬枣’×‘临猗梨枣’、‘冬枣’×‘金丝4号’和‘冬枣’×‘映山红’杂交群体,分别构建了枣树高密度遗传连锁图谱<sup>[58-61]</sup>。

随着杂交育种技术的突破,子代群体的获得及遗传图谱的建立,枣树性状遗传研究也得以开展。如已明确雄性不育、无核等均属于纯合隐性性状<sup>[62]</sup>,并明确了一些数量性状的QTL位点<sup>[61,63-64]</sup>。

**2.3.3 育种成果** 近年来,全国每年都有10个左右的枣树新品种通过省级或国家审定<sup>[5]</sup>。具不完全统计,1978年以来,全国各地已审定枣新品种200多个,其中大多数来自地方珍稀资源的系统选育、芽变选种和实生选种。但‘辰光’‘日光’‘虹光’‘珠光’等一批国内外首创的人工四倍体品种也相继通过了省级以上审定和植物新品种保护。一批传统农家品种的挖掘利用和新品种的选育推广(‘赞皇大枣’‘梨枣’‘冬枣’‘金丝四号’‘冬枣二号’‘月光’‘中秋酥脆枣’‘七月鲜’‘骏枣’‘灰枣’),有力促进了鲜食枣新兴产业和新疆等新兴枣区的发展,并在很大程度上改变了我国枣品种的结构。

### 2.4 良繁技术日益成熟

**2.4.1 分株和扦插** 新中国成立后,在传统的根蘖繁殖或称分株繁殖基础上,发展出繁殖系数更高的开沟育苗和丛生根蘖分芽繁殖以及可大幅度提高苗木根系质量的归圃育苗等。枣树硬枝扦插难度较大,生根成苗率一般只有30%左右,但绿枝扦插(半

木质化枣头、二次枝、枣吊)繁殖系数高,且较易成苗,成苗率可高达95%以上<sup>[65]</sup>,但对成本和技术要求较高。

**2.4.2 嫁接** 从发现的嫁接古枣树推测,枣树嫁接至少已有1 000年的历史。但直到20世纪80年代中后期,为满足大规模发展需要,以酸枣为砧木的嫁接育苗才迅速普及。特别是利用酸枣仁替代酸枣核播种培育砧木,出苗快而整齐,成为主流方式<sup>[5]</sup>。南方用铜钱树嫁接枣树,还可起到防治枣疯病作用<sup>[66]</sup>;在云南等地,还成功尝试了枣树与毛叶枣嫁接。

**2.4.3 组培** 枣树的组织培养研究始于1978年。1983年从枣根孽苗离体茎段获得了试管苗<sup>[67]</sup>。1995年以后,枣组织培养研究迅速增多,以茎尖、茎段、叶片、花药、胚、子叶为外植体的枣组培均有报道<sup>[45,53-54,68]</sup>。但枣树组培快繁一直未在生产上大规模应用,究其原因一是技术要求高、成本高,二是常出现组培苗结果晚的问题。

## 2.5 栽培研究成果丰硕

**2.5.1 栽培生物学** 新中国成立后,对枣生物学特性进行了全面研究,并于20世纪90年代前形成了完整的理论体系<sup>[3,69]</sup>,揭示出枣树具有极强的抗逆性(抗干旱、耐瘠薄、耐盐碱)、独特的枝芽特性(通常仅枣头一次枝可正常延伸,隐芽寿命长;二次枝顶端自然枯死;枣股/结果母枝每年只能延伸1 mm左右;枣吊/结果枝在秋后自然脱落)、花芽分化和开花结果习性(当年分化、随生长随分化,单花发育时间只有几天,花期长达2个月,坐果率只有1%左右)等。

**2.5.2 栽培技术** 20世纪80年代起,各枣主产区针对其主栽品种研发出以提高产量为主要目标的各具特色单项技术和丰产栽培配套技术<sup>[70-71]</sup>,极大推动了枣产业的发展。传统的稀植大冠(行距、株高均5 m以上)和枣粮间作(行距12 m以上)被矮化密植(2 m×3 m)和纯枣园集约栽培模式取代。1990年北京亚运会后,鲜食枣矮密栽培兴起,山西交城县林业科研所曾实现每666.7 m<sup>2</sup>栽1 000株以上的超密草地枣园栽培。21世纪后,基于酸枣直播建园的超矮密计划密植速丰栽培新模式实现1年见效3年丰产,在新疆取得巨大成功<sup>[72]</sup>。

近20多年来,化肥、农药大规模应用,生长调节剂应用次数越来越多,开甲日益普及,开甲次数增多程度越来越重,这些技术措施在提高产量和增大果个方面确实效果显著,但也带来了用工剧增、树势衰

弱、病害加重、品质下降等明显的副作用。

## 2.6 植保研究成效显著

**2.6.1 病虫种类调查和演替** 据调查统计,枣园病虫害种类高达100多种<sup>[3]</sup>。但大面积成灾的病虫害一般只有10种左右,传统的如桃小食心虫、枣步曲、枣粘虫、山楂红蜘蛛、枣锈病、枣疯病、枣裂果。21世纪后日益猖獗的有绿盲蝽、皮暗斑螟(甲口虫)、枣食蝇、枣裂果、枣缩果病等<sup>[71,73-75]</sup>。

**2.6.2 主要病虫害防控** 目前大多数主要病虫害都已有了高效防治方法,并涌现出一批高水平科研成果,其中枣疯病防控研究和枣园病虫害生态防控研究分别获得了国家科技进步二等奖。但是,当前对产量和品质影响很大的枣裂果和枣缩果两大果实病害,仍缺乏简便实用高效的防控方法。另外,由于一些地方的枣树由于比较效益下降出现弃管现象,枣疯病开始又出现加重趋势。

## 2.7 采后研究进步明显

**2.7.1 采后生理与贮藏保鲜** 鲜枣是一种非常难保鲜的水果,常温常湿下3~5 d即失水失脆,采用常规的塑料袋密封冷藏时容易无氧呼吸产生乙醇而酒化和软化。采后生理研究明确了影响枣果保鲜的主要影响因素<sup>[76]</sup>。关于枣果的呼吸类型一直有跃变型和非跃变型两种说法,甚至同一品种不同研究者结论不同。薛梦林等<sup>[77]</sup>和武杰等<sup>[78]</sup>研究认为‘冬枣’为跃变型果实,但吴延军等<sup>[79]</sup>的研究则认为‘冬枣’为非跃变型果实。

枣果保鲜技术也已有大量报道,目前比较成熟的有冷藏、气调贮藏、减压贮藏和冰温贮藏。曲泽洲等<sup>[80]</sup>报道,在0±1℃、相对湿度60%下,‘山西小枣’可储藏70 d。陈祖钺等<sup>[81]</sup>报道,‘园枣’对CO<sub>2</sub>最敏感,在10% CO<sub>2</sub>条件下,果实很快发生褐变。张玮等<sup>[82]</sup>研究发现,将初红期的‘冬枣’贮藏于(0±0.5℃)条件下,其呼吸速率、乙烯释放量和细胞膜透性较室温贮藏明显受到抑制。减压贮藏能同时满足低温和低氧两个贮藏条件,可以延缓枣果的成熟老化,并抑制酒化<sup>[83]</sup>。王亮等<sup>[84]</sup>认为,库温-1~-2℃、相对湿度95%、O<sub>2</sub> 2%、CO<sub>2</sub> 0%时,枣果保鲜效果最佳。陈贵堂等的<sup>[85]</sup>试验表明,‘冬枣’在-2℃贮藏100 d时,其好果率和可食率分别比0℃贮藏高7.4%和20.2%。付坦<sup>[86]</sup>发现,接近枣果结冰温度的冰温贮藏比冷藏能更好的延缓枣果的成熟与衰老。在现有最优贮藏技术条件下,点红和半红期鲜枣的保鲜期可达2~3个



月、甚至4个月以上。

**2.7.2 采后处理技术** 近20年多来,枣果采后处理技术取得很大进步。干制由传统的自然干制逐渐转变为烘干房人工干制或机械化烘干<sup>[87]</sup>。自然晒干或晾干需要1个月左右,而人工烘干和机械化烘干的时间减少到1d左右。与自然干制相比,人工干制‘骏枣’的维生素C、总糖、蔗糖、果糖、葡萄糖、可溶性蛋白质等营养成分的保存率均得到提高<sup>[88-90]</sup>。

近年来,枣果产地分级及清洗与分级一体化的分级机械不断研制成功和大规模应用<sup>[91-93]</sup>。人工干制与机械化清洗分级的配套应用,显著改善了商品枣果的外观品质,提高了效率和效益,对于减少采后浆烂损失和营养损耗也发挥了积极作用。

## 2.8 加工研究走向精深

枣果是本草上品和传统滋补佳品,素以营养丰富著称。研究表明,枣果中环核苷酸、维生素C、功能性糖、三萜酸、脯氨酸、铁、钾、钙、锌等重要营养成分含量均居百果前茅,开发高营养健康食品前景广阔。枣加工品种种类繁多,如传统的蜜枣、乌枣、南枣、无核糖枣、枣酒、枣泥等<sup>[94-96]</sup>,改革开放后出现的枣汁、枣粉、枣片、枣茶、枣香精、枣色素等<sup>[96]</sup>,但形成品牌优势的很少。进入21世纪后,以突出枣特色营养的精深加工开始引起重视,如河北农业大学发明了从枣中同步分离提取环核苷酸、膳食纤维和枣蜡的方法<sup>[94]</sup>,并实现产业化。

## 2.9 设施栽培成效显著

进入21世纪后,鲜食枣塑料大棚矮密设施栽培技术逐渐成熟。冷棚栽培、日光温室栽培在晋冀鲁豫陕等北方传统枣区和新疆等新兴枣区均取得成功,并在陕西大荔、山西临猗、宁夏灵武形成了数十万亩的鲜食枣设施栽培区,成熟期提早1~4个月<sup>[97-98]</sup>,有效解决了露地栽培成熟期集中问题,提高效益3~5倍以上。河北农业大学在河北赞皇太行山枣区顺山坡修建日光温室,投入少、保温好、光照好,效果显著<sup>[99]</sup>。塑料棚避雨栽培则在湖南长沙和云南等地鲜食枣生产上取得成功<sup>[100]</sup>,很好的解决了鲜枣成熟期容易遇雨裂果的问题,促进了鲜食枣规模化生产南下江南。

此外,通过极重修剪和极重摘心促成木质化枣吊,有利于早结果、多结果和结大果<sup>[101]</sup>,已成为设施密植鲜食枣生产中主要的结果形式。另一方面,木质化枣吊改变了枣吊(结果枝)自然脱落的习性,一

定程度上增加了管理用工。

## 2.10 标准研究渐成体系

新中国成立以来,国家、部门、地方和企业相继制定了一大批国家标准、行业标准、地方标准和企业标准(多为加工和产品标准),如《红枣》国家标准(GB/T 5835—1986)及《枣优质丰产栽培技术规程》(LY/T 1497—2017)《南方鲜食枣栽培技术规程》(LY/T 2535—2015)行业标准,新疆林科院史彦江等研究制定了涵盖枣产业各领域各环节子标准的新疆枣生产标准体系。目前,我国有关枣的标准内容重复、冲突、适用性差等问题还比较突出。国家林业和草原局正在推动更加系统、统一、实用的枣标准综合体的研制。

# 3 枣科研前景展望

## 3.1 新时代枣科研面临的新挑战

70年来,我国枣科研取得丰硕成果,有力推动了我国枣业的跨越式发展。但面对枣业进入转型升级和高质量发展新时代的新需求、国内外现代果业飞速发展的新形势和第四次科技革命带来的新竞争,枣科研正面临一系列新的挑战。概括起来主要有以下几点:(1)基础研究仍较薄弱,对重大技术创新的支撑引领作用不够强,比如枣主要经济性状的形成机制和遗传规律及生长发育与环境变化的内在关系等还不清楚,制约了枣育种效率的提高和栽培技术的创新。(2)现代化的育种体系还不完善,难以满足品种更新换代不断加速的新需求。(3)在小农户经营、低劳动成本、市场短缺条件下研发的以提高产量增大果个为主要目标高度依赖化学品投入的劳动密集型栽培技术,难以适应未来规模化生产、机械化智慧化省力化作业和优质安全高端产品的新需求。(4)以解决产量过剩和贮运难题及模仿其他果品加工工艺为主的低水平加工,难以满足新时代枣采后深层增值和对枣产品多样化、高级化和国际化的新需求。(5)宏观研究薄弱,非传统领域或跨界(如生态和文化价值、三产融合等)研究不足,难以满足政府和企业科学决策的新需求。

## 3.2 新时代枣科研应采取的新对策

当前我国枣产业正处于转型升级关键期,正在迈向高质量和国际化发展新时代。今后的枣研究应更加实时精准的应答产业、市场和政府需求并积极创造和引领需求,研究目标应更加高级化、多样化,

研究内容更加两极化(精深、宏观)、系统化,研究手段更加分子化、智慧化,研究方式更加协同化、国际化,研究结果更加原创化、引领化,基础、应用、开发和宏观研究更加高度融合。

今后枣科研的基本思路:以服务好生产者、消费者和管理者为出发点和落脚点,立足枣树自身特点,针对枣业发展需求和枣科研薄弱环节,借鉴其他果树先进经验,顺应国际现代农业发展新趋势,精准开展多领域、多层面、全产业链特色鲜明的创新研究,有力支撑枣业科技进步、引领新时代枣业高质量发展。

今后一段时期应重点开展以下12个方面的研究工作。

(1)基于多组学、多水平联合分析的枣独特和重要性状(抗旱抗盐碱耐瘠薄、“落枝归根”“自我修剪”童期短、花芽分化快及果实富含糖、Vc、VB、环核苷酸、脯氨酸等)的形成机制、遗传规律及其高效调控研究,为枣树分子育种、高效栽培和高营养加工提供坚实的基础支撑。

(2)融优异种质深度挖掘和精准利用、多方法综合运用(免去雄和胚挽救杂交育种、免嵌合体纯化多倍体诱变育种、基因工程定向育种、聚合育种等)、快速评价筛选(分子/基因组辅助选择、杂种速丰技术、智慧化信息采集、温室加代技术、多点同步区试等)于一体的高效育种技术体系研究和易管省工、速丰优质、综合性状优异、熟期和用途多样的突破性换代良种(砧木)选育。

(3)融无性系砧木利用、工厂化(组培)快繁和容器化大苗培育于一体的无缓苗期良种大苗高效繁育体系研究。

(4)融适地良种精准选配、无缓苗期高标准建园、病虫害绿色综合防控、化肥化学农药和生长调节剂替代技术与机械化智慧化管理等于一体,适于规模化企业化经营的优质安全省力高效新一代栽培技术研究。

(5)融专用良种选配、设施设备研制、环境精准调控、智慧管理等于一体的鲜食枣防裂促熟/延熟(春节一端午节上市)优质高效设施栽培及冰温长期保鲜、货架期和长途运输保鲜技术于一体的鲜食枣周年供应技术体系研究。

(6)融高抗良种应用、营养和环境调控、生物和物理防控、动态监测和精准预报及机械化、自动化、

无人机精准用药技术等于一体的省力安全高效低成本病虫害(裂果、缩果病、绿盲蝽等)绿色高效综合防控技术体系研究。

(7)融富含营养种质和原料筛选、主要营养高效保存、功能成分萃取组配和微生物转化等于一体的新一代精深加工技术体系研究和精准应答国内国际两大市场不同消费需求的方便化功能性新产品开发。

(8)融产品溯源、智能分级、自动包装、保质贮运、精准质控等于一体,适应互联网和国际化营销的产后技术体系研究。

(9)枣一二三产融合发展理论和全产业链一体化技术集成研究。

(10)枣业增值新领域研究(食疗价值、生态价值、文化价值、期货市场、国际市场、林下经济等)。

(11)枣跨界(枣外)跨域(国际)相关先进技术引进、消化、吸收、集成和再创新研究。

(12)面向枣业高质量可持续发展的标准综合体及政府科学决策咨询支持体系研究。

枣树是我国最具民族代表性的特色优势果树之一。枣生产和科研源远流长并在历史上很长时间处于领先水平,但在近代随着水果的兴起相对落后了。未来的枣科研应放眼世界果树、园艺和生命科学,突出枣树特色和中国特色,为世界果树科技进步做出自己独特的建设性贡献。

致谢:感谢西北农林科技大学李新岗教授和北京林业大学庞晓明教授提供相关科研成果介绍资料。感谢河北农业大学博士研究生罗智和硕士研究生冯含莉在文献检索中提供的帮助。

#### 参考文献 References:

- [1] LIU M J, CHENG C Y. A taxonomys tudy on the genus *Ziziphus* [J]. *Acta Horticulturae*, 1995, 390: 161-165.
- [2] LIU M J. Chinese jujube: botany and horticulture[J]. *Horticultural Review*, 2006, 32: 229-298.
- [3] 曲泽州,王永蕙. 中国果树志·枣卷[M]. 北京:中国林业出版社, 1993.  
QU Zezhou, WANG Yonghui. Chinese fruit trees record-Chinese jujube[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 1993.
- [4] 刘孟军. 中国枣产业发展报告[M]. 北京:中国林业出版社, 2008.  
LIU Mengjun. Chinese jujube development report[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2008.
- [5] 刘孟军,王玖瑞,刘平,赵锦,赵智慧,代丽,李宪松,刘志国. 中国枣生产与科研成就及前沿进展[J]. *园艺学报*, 2015, 42(9):



- 1683-1698.
- LIU Mengjun, WANG Jiurui, LIU Ping, ZHAO Jin, ZHAO Zhihui, DAI Li, LI Xiansong, LIU Zhiguo. Historical achievements and frontier advances in the production and research of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) in China[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, 42(9): 1683-1698.
- [6] LIU M J, ZHAO J, CAI Q L, …… , LUO L H. The complex jujube genome provides insights into fruit tree biology[J]. *Nature Communications*, 2014, 5: 5315. doi: 10.1038/ncomms6315.
- [7] 吴丽萍, 唐岩, 李颖岳, 尹丹妮, 庞晓明. 枣和酸枣基因组大小测定[J]. *北京林业大学学报*, 2013, 35(3): 77-83.
- WU Liping, TANG Yan, LI Yingyue, YIN Danni, PANG Xiaoming. Estimation of genome size of *Ziziphus jujuba* and *Z. acidojujuba*[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2013, 35(3): 77-83.
- [8] WANG L H, LUO Z, LIU Z G, ZHAO J, DENG W P, WEI H R, LIU P, LIU M J. Genome size variation within species of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and its wild ancestor sour jujube (*Z. acidojujuba* Cheng et al)[J]. *Forests*, 2019, 10:460. doi: 10.3390/f10050460.
- [9] LIU Z G, WANG Y, XIAO J, ZHAO J, LIU M J. Identification of genes associated with phytoplasma resistance through suppressive subtraction hybridization in Chinese jujube[J]. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 2014(86): 43-48.
- [10] HUANG J, CHEN R H, LI X G. Comparative analysis of the complete chloroplast genome of four known *Ziziphus* species[J]. *Genes*, 2017, 8:340.
- [11] LIU Z G, ZHAO J, LIU M J. Photosynthetic responses to phytoplasma infection in Chinese jujube[J]. *Plant Physiology and Biochemistry*, 2016, 105: 12-20.
- [12] LIU Z G, ZHAO Z H, XUE C L, WANG L X, WANG L L, FENG C F, ZHANG L M, YU Z, ZHAO J, LIU M J. Three main genes in the MAPK cascade involved in the Chinese jujube-phytoplasma interaction[J]. *Forests*, 2019, 10:392. 10.3390/f10050392.
- [13] HUANG J, ZHANG C, ZHAO X, FEI Z, WAN K, ZHANG Z, PANG X M, YIN X, BAI Y, SUN X Q, GAO LZ, LI R Q, ZHANG J B, LI X G. The jujube genome provides insights into genome evolution and the domestication of sweetness/acidity taste in fruit trees[J]. *PLoS Genet*, 2016, 12(12): e1006433.
- [14] ZHANG C, BIAN Y, HOU S, LI X. Sugar transport played a more important role than sugar biosynthesis in fruit sugar accumulation during Chinese jujube domestication[J]. *Planta*, 2018, 248(5): 1187-1199.
- [15] ZHANG Z, HUANG J, LI X. Transcript analyses of ethylene pathway genes during ripening of Chinese jujube fruit[J]. *Journal of Plant Physiology*, 2018 (224/225): 1-10. doi 10.1016/j.jplph.2018.03.004.
- [16] ZHANG Z, LI X. Genome-wide identification of AP2/ERF superfamily genes and their expression during fruit ripening of Chinese jujube[J]. *Scientific Reports*, 2018, 8: 15612.
- [17] ZHANG Z, KANG C, ZHANG S, LI X. Transcript analyses reveal a comprehensive role for abscisic acid in modulating fruit ripening in Chinese jujube[J]. *BMC Plant Biology*, 2019, 19: 189.
- [18] 阎桂军. 枣细胞学研究[D]. 保定: 河北农业大学, 1984.
- YAN Guijun. Cytological studies on Chinese jujube[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 1984.
- [19] 刘学生, 陈龙, 王金鑫, 李莉, 彭建营. ‘苹果枣’自然三倍体倍性的发现与鉴定[J]. *园艺学报*, 2013, 40(3): 426-432.
- LIU Xuesheng, CHEN Long, WANG Jinxin, LI Li, PENG Jianying. Discovery and identification of natural triploid ploidy of Chinese jujube cultivar ‘Pingguozao’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(3): 426-432.
- [20] 刘琰玮, 李美育, 朱景乐, 杨柳, 高姣, 孔德仓, 李颖岳, 庞晓明. 枣树多倍体种质资源的发掘及其 SSR 鉴定[J]. *分子植物育种*, 2018, 16(10): 3395-3400.
- LIU Yanwei, LI Meiyu, ZHU Jingle, YANG Liu, GAO Jiao, KONG Decang, LI Yingyue, PANG Xiaoming. Excavation and SSR identification of polyploid germplasm resources in jujube trees[J]. *Molecular Plant Breeding*, 2018, 16(10): 3395-3400.
- [21] 刘颖, 冯春芳, 于洪长, 王玖瑞, 刘孟军. ‘冬枣’天然二、四混倍体的发现与评价[J]. *园艺学报*, 2016, 43(5): 966-974.
- LIU Ying, FENG Chunfang, YU Hongchang, WANG Jiurui, LIU Mengjun. Discovery and evaluation of natural mixoploid (2x + 4x) variants in *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Dongzao’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43(5): 966-974.
- [22] 王玖瑞, 刘玲, 刘孟军, 周俊义. 枣树雄性不育新种质的获得[J]. *园艺学报*, 2006, 33(2): 374-377.
- WANG Jiurui, LIU Ling, LIU Mengjun, ZHOU Junyi. Acquisition of new male sterile germplasm of Chinese jujube[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(2): 374-377.
- [23] 罗智. 六个‘冬枣’自然变异评价及枝条扭曲相关基因筛选[D]. 保定: 河北农业大学, 2019.
- LUO Zhi. Evaluation of six natural variants and screening of genes associated with twisted branches in *Ziziphus jujuba* Mill. ‘Dongzao’. [D]. Baoding: Hebei Agricultural University, 2019.
- [24] 刘孟军, 周俊义, 赵锦, 王玖瑞, 刘平, 代丽, 王印肖. 极抗枣疯病枣新品种‘星光’[J]. *园艺学报*, 2006, 33(3): 687.
- LIU Mengjun, ZHOU Junyi, ZHAO Jin, WANG Jiurui, LIU Ping, DAI Li, WANG Yinshao. An excellent new cultivar of Chinese jujube with high resistance to jujube witches broom disease ‘Xingguang’[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2006, 33(3): 687.
- [25] 刘孟军, 赵锦, 周俊义. 枣疯病[M]. 北京: 中国农业出版社, 2010.
- LIU Mengjun, ZHAO Jin, ZHOU Junyi. *Jujube Witches’ Broom Disease*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2010.
- [26] 苗利军. 枣果中三萜酸等功能性成分分析[D]. 保定: 河北农业大学, 2006.
- MIAO Lijun. The analysis of tripenoids of the fruit of Chinese jujube[D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2006.
- [27] XU C Q, GAO J, DU Z F, LI D K, WANG Z, LI Y Y, PANG X

- M. Identifying the genetic diversity, genetic structure and a core collection of *Ziziphus jujuba* Mill. var. *jujuba* accessions using microsatellite markers[J]. Scientific Reports, 2016, 6: 31503. doi: 10.1038/srep31503.
- [28] 王秀伶, 邵建柱, 张学英, 彭士琪, 王永惠. POD 同工酶在酸枣、枣分类中的应用[J]. 武汉植物学研究, 1999, 17(4): 307-313.
- WANG Xiuling, SHAO Jianzhu, ZHANG Xueying, PENG Shiqi, WANG Yonghui. A study on the classification of jujube and wild jujube by peroxidase isozyme[J]. Journal of Wuhan Botanical Research, 1999, 17(4): 307-313.
- [29] 刘平, 彭建营, 彭士琪, 周俊义, 代丽. 应用 RAPD 标记技术探讨枣与酸枣的分类学关系[J]. 林业科学, 2005, 41(2): 82-85.
- LIU Ping, PENG Jianying, PENG Shiqi, ZHOU Junyi, DAI Li. Study on systematic relationships of *Ziziphus jujuba* and *Ziziphus spinosa* using RAPD technique[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2005, 41(2): 82-85.
- [30] 李瑞环, 李新岗, 黄建, 高文海. 枣和酸枣亲缘关系的 RAPD 分析[J]. 果树学报, 2012, 29(3): 366-373.
- LI Ruihuan, LI Xingang, HUANG Jian, GAO Wenhai. Genetic relationship of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba*) and sour jujube (*Z. spinosa*) based on RAPD markers[J]. Journal of Fruit Science, 2012, 29(3): 366-373.
- [31] HUANG J, YANG X T, ZHANG C M, YIN X, LIU S P, LI X G. Development of chloroplast microsatellite markers and analysis of chloroplast diversity in Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) and wild jujube (*Ziziphus acidojujuba* Mill.) [J]. PLoS One, 2015, 10(9): e0134519.
- [32] ZHANG C M, HUANG J, YIN X, LIAN C L, LI X G. Genetic diversity and population structure of sour jujube, *Ziziphus acidojujuba*[J]. Tree Genetics & Genomes, 2015, 11: 809.
- [33] 陈艺林, 周邦楷. 中国植物志 48 卷第 1 分册[M]. 北京: 科学出版社, 1982: 133-146.
- CHEN Yilin, ZHOU Bangkai. Flora of China. Vol. 48, Book one [M]. Beijing: Science Press, 1982: 133-146.
- [34] LIU M J, ZHAO J, WANG J R, LIU Z G, LIU G C. Phylogenetic analysis of 25 plant species representing 19 angiosperm families and one gymnosperm family based on 390 orthologous genes [J]. Plant Systematics Evolution, 2017, 303(3): 413-417. DOI:10.1007/s00606-016-1380-9
- [35] 王永惠, 刘孟军. 关于枣和酸枣学名的商榷[J]. 河北农业大学学报, 1989, 12(1): 10-13.
- WANG Yonghui, LIU Mengjun. Discussion about the scientific name of Chinese jujube and wild jujube[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1989, 12(1): 10-13.
- [36] 刘孟军, 诚静容. 枣和酸枣的分类学研究[J]. 河北农业大学学报, 1994, 17(4): 1-10.
- LIU Mengjun, CHENG Jingrong. A taxonomic study on Chinese jujube and wild jujube[J]. Journal of Agricultural University of Hebei, 1994, 17(4): 1-10.
- [37] 刘孟军. 枣属植物分类学研究进展[J]. 园艺学报, 1999, 26(5): 302-308.
- LIU Mengjun. Advances in taxonomy study on the genus *Ziziphus*[J]. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(5): 302-308.
- [38] CHEN Y L, RHAMNACEAE S C. Flora of China[M]. Beijing: Science Press, 2007: 119-123.
- [39] 刘孟军, 汪民. 中国枣种质资源[M]. 北京: 中国林业出版社, 2009: 56-57.
- LIU Mengjun, WANG Min. Germplasm resources of Chinese jujube[M]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2009: 56-57.
- [40] 李登科, 牛西午, 田建保. 中国枣品种资源图鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2013.
- LI Dengke, NIU Xiwu, TIAN Jianbao. The illustrated germplasm resources of Chinese jujube[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2013.
- [41] 李登科. 枣种质资源描述规范和数据标准[S]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- LI Dengke. Descriptors and data standard for Chinese jujube[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [42] 李新岗. 植物新品种特异性、一致性、稳定性测试指南 枣: LY/T 2190—2013[S]. 北京: 中国林业出版社, 2013.
- LI Xingang. Test guideline for distinctness, uniformity and stability Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.): LY/T 2190—2013 [S]. Beijing: China Forestry Publishing House, 2013.
- [43] 石荫坪, 耿如震, 白瑞云, 贾元淑, 李雅志, 王群璇, 陈惠莉, 李醒义, 王强生. 枣胚乳三倍体的育成及生物学细胞学研究 1978 - 1984[J]. 山东果树, 1985(1): 1-3.
- SHI Yinping, GENG Ruzhen, BAI Ruiyun, JIA Yuanshu, LI Yazhi, WANG Qunying, CHEN Huili, LI Xingyi, WANG Qiangsheng. Acquisition of endosperm triploid and its biology and cytology[J]. Shandong Fruits, 1985(1): 1-3.
- [44] 王娜. 枣体细胞胚胎发生及倍性种质创新[D]. 保定: 河北农业大学, 2007.
- WANG Na. Study on somatic embryogenesis and ploidy germplasm creation in *Ziziphus jujuba* Mill. [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2007.
- [45] HAO Z, DAI L, WANG J R, WU X H, LIU M J. Callus induction and plant regeneration from anther walls in *Ziziphus jujuba* Mill. [J]. Journal of Food, Agriculture and Environment (JFAE), 2013, 11(1): 405-409.
- [46] 蒋洪恩, 刘孟军. 秋水仙碱诱导枣多倍体的研究[J]. 园艺学报, 2004, 31(5): 647-650.
- JIANG Hongen, LIU Mengjun. Studies on polyploid induction of Chinese jujube with colchicines[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(5): 647-650.
- [47] 王娜, 刘孟军, 代丽, 秦子禹. 秋水仙素离子诱导冬枣和酸枣四倍体[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 1008-1012.
- WANG Na, LIU Mengjun, DAI Li, QIN Ziyu. *In vitro* tetraploid induction of *Ziziphus jujuba* 'Dongzao' and *Z. acidojujuba* (*Z. spinosa* Hu) with colchicines[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(6): 1008-1012.

- [48] SHI Q H, LIU P, LIU M J, WANG J R, XU J. A novel method for rapid *in vivo* induction of homogeneous polyploids via calluses in a woody fruit tree (*Ziziphus jujuba* Mill.)[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture(PCTOC), 2015, 121(2): 423-433.
- [49] WANG L H, LUO Z, WANG L L, DENG W P, WEI H R, LIU P, LIU M J. Morphological, Cytological and nutritional changes of autotetraploid compared to its diploid counterpart in Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) [J]. Scientia Horticulturae, 2019, 249: 263-270.
- [50] CUI Y H, HOU L, LI X, HUANG F Y, PANG X M, LI Y Y. *In vitro* induction of tetraploid *Ziziphus jujuba* Mill. var. spinosa plants from leaf explants[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture. 2017, 131(1): 175-182.
- [51] LI M, GUO Y, LIU S S, ZHAO Y, PANG X M, LI Y Y. Autotetraploidization in *Ziziphus jujuba* Mill. var. spinosa enhances salt tolerance conferred by active, diverse stress responses[J]. Environmental and Experimental Botany, 2019, 165: 92-107.
- [52] WANG J R, CUI X M, DAI L, LIU P, ZHAO J, LIU M J. Hybridization using a new male-sterile germplasm as the female parent in Chinese jujube[J]. Kor. Journal Horticulture Science Technology, 2015, 33(3): 396-402.
- [53] 祁业凤, 刘孟军. 枣的胚败育及幼胚培养研究[J]. 园艺学报, 2004, 31(1):78-80.  
QI Yefeng, LIU Mengjun. Embryo abortion and young embryo culture of Chinese jujube[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2004, 31(1):78-80.
- [54] 李登科, 杜学梅, 王永康, 隋串铃, 贺晋瑜. 六月鲜枣愈伤组织诱导及胚状体发生[J]. 果树学报, 2004, 21(5):414-418.  
LI Dengke, DU Xuemei, WANG Yongkang, SUI Chuanling, HE Jinyu. Callus induction and embryogenesis of *Ziziphus jujuba* cv. Liuyexian[J]. Journal of Fruit Science, 2004, 21(5): 414-418.
- [55] 杜学梅, 李登科, 王永康, 隋串铃, 樊保国. 枣胚培技术体系的建立[J]. 园艺学报, 2005, 32(3): 496-499.  
DU Xuemei, LI Dengke, WANG Yongkang, SUI Chuanling, FAN Baoguo. Establishment of embryo culture technical system of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.)[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32(3): 496-499.
- [56] 梁春莉, 赵锦, 刘孟军. 冬枣极早期幼胚培养成苗技术研究[J]. 园艺学报, 2014, 41(10):2115-2124.  
LIANG Chunli, ZHAO Jin, LIU Mengjun. A High-efficiency regeneration system for immature embryo of *Ziziphus jujuba* 'Dongzao' at very early stage[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2014, 41(10): 2115-2124.
- [57] 刘孟军, 王玖瑞, 刘平, 林敏娟, 肖京, 刘志国, 孙学超. 枣树免去雄杂交育种的设计与实践[J]. 园艺学报, 2014, 41(7): 1495-1502.  
LIU Mengjun, WANG Jiurui, LIU Ping, LIN Minjuan, XIAO Jing, LIU Zhiguo, SUN Xuechao. Design and practice of emasculation-free cross breeding in Chinese jujube[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2014, 41(7): 1495-1510.
- [58] ZHAO J, JIAN J B, LIU G N, WANG J R, LIN M J, MING Y, LIU Z G, CHEN Y Y, LIU X Y, LIU M J. Rapid SNP discovery and a RAD-Based high-density linkage map in jujube (*Ziziphus* Mill.)[J]. PLoS One, 2014, 9(10): e109850.
- [59] ZHANG Z, WEI T, ZHONG Y, LI X, HUANG J. Construction of a high-density genetic map of *Ziziphus jujuba* Mill. using genotyping by sequencing technology[J]. Tree Genetics & Genomes, 2016, 12(4): 1-10.
- [60] WANG Z, ZHANG Z, TANG H, ZHANG Q, LI X, ZHOU G. Genetic variation in leaf characters of F<sub>1</sub> hybrids of Chinese jujube[J]. Scientia Horticulturae, 2019, 244(26): 372-378.
- [61] 张振东. 枣树高密度遗传图谱优化及重要性状的 QTL 定位[D]. 北京:北京林业大学, 2016.  
ZHANG Zhendong. Optimization of a high-density genetic map for Chinese jujube and QTL mapping for several important traits [D]. Beijing: Beijing Forestry University, 2016.
- [62] 闫芬芬. 枣树杂种规模化创制及其遗传变异研究[D]. 保定: 河北农业大学, 2017.  
YAN Fenfen. Large-scale creation and hereditary variation of hybrids in Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) [D]. Baoding: Agricultural University of Hebei, 2017.
- [63] 齐靖, 董祯, 毛永民, 申连英, 张玉星, 刘杰, 王晓玲. 枣高密度遗传图谱的构建与树干直径的 QTL 分析[J]. 林业科学, 2009, 45(8): 44-49.  
QI Jing, DONG Zhen, MAO Yongmin, SHEN Lianying, ZHANG Yuxing, LIU Jie, WANG Xiaoling. Construction of a dense genetic linkage map and QTL analysis of trunk diameter in Chinese jujube[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2009, 45(8): 44-49.
- [64] 齐靖, 董祯, 申连英, 毛永民, 李艳辉, 刘杰, 王晓玲. 枣针刺长度的数量性状位点定位与分析[J]. 园艺学报, 2009, 36(6): 807-813.  
QI Jing, DONG Zhen, SHEN Lianying, MAO Yongmin, LI Yanhui, LIU Jie, WANG Xiaoling. Analysis of QTL for needle length in Chinese jujube[J]. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(6): 807-813.
- [65] 黄雯, 王森, 郭红艳. 枣扦插繁殖技术研究进展[J]. 中国果树, 2015(2): 64-70.  
HUANG Wen, WANG Sen, GUO Hongyan. Advances on cutting propagation techniques of Chinese jujube[J]. China Fruits, 2015(2): 64-70
- [66] 张小娟. 基于代谢组学技术的铜钱树砧对枣疯病的抗性机理研究[D]. 合肥:安徽农业大学, 2014.  
ZHANG Xiaojuan. Metabolomic approaches reveal the physiological mechanism of China cointree as jujube's stock in resistance to jujube witche's broom [D]. Hefei: Anhui Agricultural University, 2014.
- [67] 张福泉, 王嘉长, 李峰, 刘宗盛, 马志勇. 枣茎段离体培养初报[J]. 中国果树, 1983(3):46-47.  
ZHANG Fuquan, WANG Jiachang, LI Feng, LIU Zongsheng, MA Zhiyong. Preliminary study on *in vitro* culture of shoot seg-



- ment in Chinese jujube[J]. *China Fruits*, 1983(3): 46-47.
- [68] 王玖瑞,刘孟军,代丽. 枣树组织培养研究进展[J]. *果树学报*, 2002, 19(5): 336-339.  
WANG Jiurui, LIU Mengjun, DAI Li. Advances in tissue culture of Chinese jujube[J]. *Journal of Fruit Science*, 2002, 19(5): 336-339.
- [69] 曲泽洲,王永蕙,周吉柱,彭士琪,齐秀坤,成锁占,刘孟军. 枣开花生物学特性观察[J]. *河北农业大学学报*, 1989, 12(1): 1-9.  
QU Zezhou, WANG Yonghui, ZHOU Jizhu, PENG Shiqi, QI Xiukun, CHENG Suozhan, LIU Mengjun. The observation of flowering characteristics of Chinese jujube[J]. *Journal of Agricultural University of Hebei*, 1989, 12(1): 1-9.
- [70] 孙浩元,田砚亭. 枣树丰产栽培理论与技术研究进展[J]. *北京林业大学学报*, 1999, 21(1): 86-91.  
SUN Haoyuan, TIAN Yanting. Review of researches on Chinese date high yield cultural theory and techniques[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 1999, 21(1): 86-91.
- [71] 刘孟军. 枣优质生产技术手册[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004.  
LIU Mengjun. Technical manual for quality production in Chinese jujube[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2004.
- [72] 舒继平,陈恢彪. 干旱地区红枣直播建园栽培技术[J]. *塔里木大学学报*, 2009, 21(2): 124-126.  
SHU Jiping, CHEN Huibiao. Cultivation technique for direct seeding and orchard constructing of arid area jujube[J]. *Journal of Tarim University*, 2009, 21(2): 124-126.
- [73] 张朝红,刘孟军,孔得仓,吴国林,李登科. 枣种质缩果病抗性多样性研究[J]. *植物遗传资源学报*, 2011, 12(4): 539-545.  
ZHANG Chaohong, LIU Mengjun, KONG Decang, WU Guolin, LI Dengke. Diversification of resistance to fruit shrink disease in Chinese jujube germplasm[J]. *Journal of Plant Genetic Resources*, 2011, 12(4): 539-545.
- [74] 苑赞,卢艳清,赵锦. 刘孟军. 枣抗裂果种质的筛选与评价[J]. *中国农业科学*, 2013, 46(23): 4968-4976.  
YUAN Zan, LU Yanqing, ZHAO Jin, LIU Mengjun. Screening and evaluation of germplasms with high resistance to fruit cracking in *Ziziphus jujuba* Mill.[J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(23): 4968-4976.
- [75] 王振亮,韩会智,刘孟军,张秀红,姜奎年. 枣园绿盲蝽生物学特性研究[J]. *中国森林病虫*, 2012, 31(1): 12-14.  
WANG Zhenliang, HAN Huizhi, LIU Mengjun, ZHANG Xiuhong, JIANG Kuinian. Bionomics of *apolygus lucorum* in jujube orchards[J]. *Forest Pest and Disease*, 2012, 31(1): 12-14.
- [76] 张光弟,俞晓艳. 影响灵武长枣保鲜效果的几个关键因素[J]. *宁夏农学院学报*, 2004, 25(1): 30-33.  
ZHANG Guangdi, YU Xiaoyan. Several key factors of influencing fresh-keeping effect on 'Lingwu Chang Date' industry in Ningxia[J]. *Journal of Ningxia Agricultural College*, 2004, 25(1): 30-33.
- [77] 薛梦林,王莉,张继澍,张平. 不同大枣品种呼吸类型初探[J]. *保鲜与加工*, 2006(6): 10-12.  
XUE Menglin, WANG Li, ZHANG Jishu, ZHANG Ping. Study on respiration type of different cultivars of Chinese jujube fruit [J]. *Storage and Process*, 2006(6): 10-12.
- [78] 武杰,张引成,李梅玲,钱金. 3种处理方式对冬枣货架期品质的影响[J]. *食品科学*, 2012, 33(6): 278-282.  
WU Jie, ZHANG Yincheng, LI Meiling, QIAN Jin. Effects of different treatments on storage quality of Dongzao jujube fruits during shelf-life period[J]. *Food Science*, 2012, 33(6): 278-282.
- [79] 吴延军,张继澍,王春生. 枣呼吸类型的初步研究[J]. *安徽农业大学学报*, 1999, 26(2): 221-224.  
WU Yanjun, ZHANG Jishu, WANG Chunsheng. Study on respiration type of Chinese jujube fruit (*Ziziphus jujuba* Mill.) [J]. *Journal of Anhui Agricultural University*, 1999, 26(2): 221-224.
- [80] 曲泽洲,李三凯,武元苏,孙平菲,胡京津. 枣贮藏保鲜试验技术研究[J]. *中国农业科学*, 1987, 20(2): 86-91.  
QU Zezhou, LI Sankai, WU Yuansu, SUN Pingfei, HU Jingping. Studies on the storage and fresh-keeping of Chinese date (*Ziziphus jujuba* Mill.) [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 1987, 20(2): 86-91.
- [81] 陈祖钺,王如福,祁寿椿,王春生,阎惠贞. 鲜枣贮藏的初步研究 II、不同气调指标和钙处理对贮藏效果的影响[J]. *山西农业大学学报*, 1984, 4(1): 72-75.  
CHEN Zuyue, WANG Rufu, QI Shouchun, WANG Chunsheng, YAN Huizhen. Preliminary studies on the storage of Chinese jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) in fresh state II. Effects of controlled atmosphere storage and calcium treatment on the storage of Chinese jujube in fresh state [J]. *Journal of Shanxi Agricultural University*, 1984, 4(1): 72-75.
- [82] 张玮,饶景萍,李孔文,李伟,吴亚敏. 低温冷藏下的冬枣某些生理指标变化和保鲜效应[J]. *植物生理学通讯*, 2006, 42(2): 221-224.  
ZHANG Wei, RAO Jingping, LI Kongwen, LI Wei, WU Yamin. Fresh keeping and changes in some physiological indexes of Chinese Dongzao Jujube (*Ziziphus jujuba* Mill.) during cool-storage [J]. *Plant Physiology Communications*, 2006, 42(2): 221-224.
- [83] 薛梦林,张继澍,张平,王莉. 减压对冬枣采后生理生化变化的影响[J]. *中国农业科学*, 2003, 36(2): 196-200.  
XUE Menglin, ZHANG Jishu, ZHANG Ping, WANG Li. Effect of hypobaric storage on physiological and biochemical changes of Dong jujube fruit during cold storage [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2003, 36(2): 196-200.
- [84] 王亮,王慧芳,王春生. 气调指标对冬枣果实呼吸、相对电导率、叶绿素含量及果皮色泽的影响[J]. *果树学报*, 2007, 24(4): 487-491.  
WANG Liang, WANG Huifang, WANG Chunsheng. Effect of O<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> concentration on respiration, relative electrical conductivity, contents of chlorophyll and skin color of Dongzao jujube fruit [J]. *Journal of Fruit Science*, 2007, 24(4): 487-491.
- [85] 陈贵堂,张子德,马俊莲,赵立艳,曹利民. 冬枣采后生理及贮藏技术研究[J]. *食品与机械*, 2003(12): 9-10.

- CHEN Guitang, ZHANG Zide, MA Junlian, ZHAO Liyan, CAO Limin. Studies on postharvest physiology and storage technology of Dongzao[J]. Food and Machinery, 2003(12): 9-10.
- [86] 付坦. 冬枣冰温保鲜技术的研究[D]. 天津: 天津商业大学, 2013.
- FU Tan. Study on the technology of ice-temperature storage of Dongzao jujube [D]. Tianjin: Tianjin University of Commerce, 2013.
- [87] 陈德万. 哈密大枣烘干机械化存在的问题及对策[J]. 农产品加工, 2014(8): 45-47.
- CHEN Dewan. The problems and solutions of Hami jujube mechanized drying[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2014(8): 45-47.
- [88] 陈锦屏, 穆启运, 田呈瑞. 不同升温方式对烘干枣品质影响的研究[J]. 农业工程学报, 1999, 15(3): 237-240.
- CHEN Jinping, MU Qiyun, TIAN Chengrui. Study on the effect of the different heating processes on the quality of the Chinese date[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 1999, 15(3): 237-240.
- [89] 王恒超, 陈锦屏, 符恒, 张海生, 肖旭霖, 张蓓蕾. 骏枣干制过程中几种营养物质的变化规律[J]. 食品科学, 2012, 33(15): 48-51.
- WANG Hengchao, CHEN Jinping, FU Heng, ZHANG Haisheng, XIAO Xulin, ZHANG Beilei. Change of several nutrients in Jun jujube during drying process[J]. Food Science, 2012, 33(15): 48-51.
- [90] 张宝善, 陈锦屏, 李强. 干制方式对红枣 Vc、还原糖和总酸变化的影响[J]. 西北农林科技大学学报, 2004, 32(11): 117-121.
- ZHANG Baoshan, CHEN Jinping, LI Qiang. Effects of drying methods on changes of Vc, reducing sugar and total acidity in Chinese jujube[J]. Journal of Northwest Sci-Tech University of Agriculture and Forestry, 2004, 32(11): 117-121.
- [91] 毛永民, 宋仁平, 申连英, 徐立新, 王建学, 刘平, 刘新云, 彭士琪. GB/T 22345-2008 鲜枣质量等级[S]. 2008.
- MAO Yongmin, SONG Renping, SHEN Lianying, XU Lixin, WANG Jianxue, LIU Ping, LIU Xinyun, PENG Shiqi. Grades of fresh Chinese jujube fruit. GB/T 22345-2008[S]. 2008.
- [92] 解维域, 丁辰, 宋焯. 干制红枣. GB/T 5835-2009[S]. 2009.
- XIE Weiyu, DING Chen, SONG Ye. Dried Chinese jujubes[S]. GB/T 5835-2009. 2009.
- [93] 沈从举, 贾首星, 郑炫, 汤智辉, 孟祥金. 红枣分级机械的现状与发展[J]. 中国农机化学报, 2013, 34(1): 26-30.
- SHEN Congju, JIA Shouxing, ZHENG Xuan, TANG Zhihui, MENG Xiangjin. Actuality and development of jujube grader[J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2013, 34(1): 26-30.
- [94] 刘孟军, 王向红, 崔同. 一种枣环核苷酸糖浆、膳食纤维和枣蜡的分离提取方法[P]. 中国: 专利号 CN02130757.1, 2004.
- LIU Mengjun, WANG Xianghong, CUI Tong. Separating and extracting method for date cyclic nucleotide syrup, dietary fibre and date wax[P]. China: CN02130757.1, 2004.
- [95] 纪庆柱. 发酵型红枣酒加工工艺的研究[D]. 泰安: 山东农业大学, 2008.
- Ji Qingzhu. Study on the processing technology of red jujube fermented wine[D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2008.
- [96] 毕金峰, 于静静, 白沙沙, 王沛, 丁媛媛. 国内外枣加工技术研究现状[J]. 农产品加工·学刊, 2010(2): 52-55.
- BI Jinfeng, YU Jingjing, BAI Shasha, WANG Pei, DING Yuan-yuan. Research status of jujube processing technology at home and abroad[J]. Academic Periodical of Farm Products Processing, 2010(2): 52-55.
- [97] 刘倩. 大荔冬枣高效栽培模式及配套技术研究[D]. 杨凌: 西北农林科技大学, 2014.
- LIU Qian. Study on cultivated model of high efficiency and cultivated techniques for *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Dongzao in Dali [D]. Yangling: Northwest A&F University, 2014.
- [98] 李程琛. 设施栽培灵武长枣休眠特性与温度管理调查分析[D]. 银川: 宁夏大学, 2016.
- LI Chengchen. Dormant characteristic and temperature management investigation analysis of *Zizyphus jujuba* Mill. cv. Lingwu Changzao for Protected Cultivation[D]. Yinchuan: Ningxia University, 2016.
- [99] 刘治国, 宋韬亮, 孙芝梅, 褚新房, 曹殷瑞, 李宪松, 刘孟军. 太行山区鲜食枣日光温室促成栽培技术研究[J]. 中国果树, 2017(6): 51-53.
- LIU Zhiguo, SONG Taoliang, SUN Zhimei, CHU Xinfang, CAO Yinrui, LI Xiansong, LIU Mengjun. Cultivation techniques of table cultivars of Chinese jujube in Taihang Mountain Area[J]. China Fruits, 2017(6): 51-53.
- [100] 韩志强, 袁德义, 陈文涛, 陈莹玉. 南方避雨栽培对‘金丝4号’枣裂果与营养品质的影响[J]. 江西农业大学学报, 2013, 35(5): 935-939.
- HAN Zhiqiang, YUAN Deyi, CHEN Wentao, CHEN Yingyu. Effect of rain shelter cultivation of *Ziziphus jujuba* Mill. cv. Jinsi 4 on its fruit cracking and nutritional quality in the South[J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2013, 35(5): 935-939.
- [101] 王森, 晏巢, 邵凤侠. 南方鲜食枣两种类型枣吊开花结果能力比较分析[J]. 中南林业科技大学学报, 2017, 37(3): 9-16.
- WANG Sen, YAN Chao, SHAO Fengxia. Comparison study of blooming and fruiting ability in two types of bearing shoot in southern China fresh-eat jujube[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2017, 37(3): 9-16.