

仁果类果树资源育种研究进展 I： 我国梨种质资源、品质发育及遗传育种研究进展

陈学森, 王楠, 张宗营, 冯守千, 陈晓流, 毛志泉

(山东农业大学园艺科学与工程学院 / 作物生物学国家重点实验室, 泰安 271018)

摘要: 梨是我国落叶果树的第二大树种。近几年来, 在梨种质资源评价挖掘、性状遗传发育机理以及特色多样化品种培育等方面取得了诸多重要进展, 主要研究结果如下: (1) 中国原产的东方梨有 13 个种, 其中基本种只有中国豆梨、台湾豆梨、川梨、砂梨和秋子梨等 5 个种, 而白梨、麻梨和褐梨等 3 个种系杂种起源, 不属于基本种; (2) 我国优质早熟梨新品种选育研究取得了突破性进展, 成就斐然, 早、中、晚熟梨的比例已由 1994 年的 7:23:70 调整到 2006 年的 20:28:52, 近 10 年育成的早熟品种比例接近 50%; (3) 新疆库尔勒香梨优质、耐贮的特性遗传能力很强, 是梨品质育种不可或缺的珍贵种质, 而复杂的遗传背景和丰富的遗传多样性是亲本选择进行梨品质育种的关键; (4) 优质耐贮极晚熟梨品种的选育与推广, 是满足优质大梨市场周年供应、提振消费者消费信心、撬动我国梨产业高效发展的关键。针对目前的研究现状, 今后应在如下两个研究领域下功夫, 一是进一步加强优质耐贮极晚熟梨新品种的选育, 构建以优质耐贮极晚熟梨新品种为主, 优质早、中晚熟品种配套的品种结构, 以满足市场的多样化及周年供应需求; 二是利用现代分子生物学技术, 从转录、翻译及修饰等多个层面进一步探讨品质性状发育机理, 为梨品质育种提供理论支撑。

关键词: 梨; 种质资源; 品质性状发育机理; 熟期育种; 品质育种

Progress on the Resource and Breeding of Kernel Fruits I: Progress on the Germplasm Resources, Quality Development and Genetics and Breeding of Pear in China

CHEN Xue-sen, WANG Nan, ZHANG Zong-ying, FENG Shou-qian, CHEN Xiao-liu, MAO Zhi-quan

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018)

Abstract: Pear is the second largest deciduous fruit tree in China. In recent years, many important advances in China have been made in the evaluation and exploitation of pear germplasm resources, unlocking the mechanism of genetic development and breeding of characteristic cultivars. The main achievements contained: (1) defining 13 species of oriental pear originated in China, of which five belong to primary species including *Pyrus callryana* Dene, *P. koehnei* Schneid, *P. betulaeifolia* Bunge, *P. pyrifolia* Burm and *P. ussuriensis* Max, while three species composing of *P. bretshneideri* Rehd., *P. serrulata* Rehd. and *P. phaeocarpa* Rehd. are hybrids; (2) Breakthrough progress in breeding for high-quality early-maturing pear cultivars. The proportion of early, middle and late ripening pear cultivars were 20:28:52 in 2006 (relative to 7:23:70 in 1994), and the early ripening pear cultivars accounted for nearly 50% in the past 10 years. (3) Korla pear is an indispensable germplasm for pear quality breeding because of its strong hereditary ability of high quality and storage tolerance. Complex genetic background and abundant genetic diversity are the key factors for parent selection in pear quality breeding. (4) Breeding and popularization of high-quality and late-maturing pear cultivars is the key

收稿日期: 2019-03-21 修回日期: 2019-04-08 网络出版日期: 2019-04-11

URL: <http://www.doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20190321002>

第一作者研究方向为果树种质资源与遗传育种, E-mail: chanyetixi@163.com

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(31730080); 山东省泰山学者攀登计划项目(tspd20161005)

Foundation project: Key projects of the National Natural Science Foundation of China(31730080), Mount Taishan Scholar Climbing Program of Shandong(tspd20161005)

to satisfy the annual supply of high-quality pear market, boost consumer confidence and promote the efficient development of pear industry in China. In view of the current status, two subjects are suggested in the future researches, including: (1) Constantly breeding for elite pear cultivars that represent high-quality, storage-tolerant and extremely late maturity, in order to meet the diversified demands in market; (2) unlocking the development mechanism of quality traits from transcription, translation and modification, by taking use of the modern molecular biology technologies, which might provide the theoretical basis for pear quality breeding.

Key words: pear; germplasm resources; mechanism of quality traits; mature period breeding; quality breeding

“医食同源,吃营养,吃健康”已成为人们的共识^[1-3]。梨生津润燥,有止咳、化痰、润肺的功效,是最受消费者喜爱的水果之一,市场和消费者需要更多优质大梨的稳定供应。目前,梨是我国落叶果树的第二大树种,栽培面积1668万亩(111万 hm^2),产量1730万t,面积和产量均占世界总量的50%以上,是世界上最大的梨资源、生产和消费国^[4]。

近20余年来,在国家梨产业体系等科研项目经费的稳定支持下,梨种质资源评价挖掘、性状遗传发育机理以及特色多样化品种培育等方面取得了诸多重要进展^[5-7],现结合课题组的有关研究综述如下,旨在进一步推动我国梨科学研究和梨产业的高效发展,助力乡村振兴。

1 梨种质资源

1.1 梨属植物种和品种的起源

按照传统的形态学分类,梨属植物(*Pyrus* L.)属于蔷薇科(Rosaceae)、苹果亚科(Maloideae)或梨亚科(Pomideae),分布横跨欧亚大陆,其中天山和兴都库什山以东分布的梨属植物种称为东方梨,以西称为西方梨;利用DNA标记的亲缘关系研究和DNA序列的系统发育研究结果表明,东方梨和西方梨独立进化^[8],而仅有库尔勒香梨等栽培类型(品种)的新疆梨(*Pyrus sinkiangensis* Yu)系东、西方梨的杂种^[9-10]。根据滕元文的整理与研究,世界梨属植物的基本种(primary species)有20个。中国原产的东方梨有13个种,其中基本种只有中国豆梨(*P. calleryana* Dene)、台湾豆梨(*P. koehnei* Schneid)、川梨(*P. pashia* Buch-Ham.)、砂梨(*P. pyrifolia* (Burm. f.) Nakai.)和秋子梨(*P. ussuriensis* Max.)5个种,而白梨(*P. bretshneideri* Rehd.)、麻梨(*P. serrulata* Rehd.)和褐梨(*P. phaeocarpa* Rehd.)3个种系杂种起源,不属于基本种。进一步研究发现,秋子梨的品种是野生秋子梨和白梨品种的杂种^[5, 11-12]。

1.2 野生秋子梨种群遗传结构及遗传多样性

我国是梨属植物的起源中心,也是遗传多样性中

心,有沙梨、秋子梨及杜梨等野生资源以及各种各样的地方品种资源。例如,在山东冠县的鸭梨产区,有大雪花梨、秋白梨、鸭梨广、鸭梨、红宵梨、五香面梨、面梨、伏梨、鹅梨及酸梨等一批当地特色品种资源。这些品种形状各异,颜色多样,早、中、晚熟皆有,风味独特,各具特色,种质资源极为丰富^[13]。在我国梨属植物的野生资源中,仅有野生秋子梨集中分布于东北牡丹江地区,而野生砂梨零星分布于长江流域。

Katayama等^[14]利用cpDNA对梨属植物进行遗传多样性研究,结果发现日本岩手山的野生秋子梨70%为野生秋子梨和日本梨的杂种,但其遗传多样性明显高于日本梨,日本野生秋子梨以实生个体为主,无性系繁殖较少。Wuyun等^[15]通过cpDNA多变区的单倍型对我国野生秋梨的群体特征及遗传多样性进行了研究,结果表明我国野生秋子梨的遗传多样性低于我国栽培梨品种群、日本岩手山野生秋子梨、日本栽培梨及西洋梨;在内蒙古野生秋子梨、黑龙江野生秋子梨和吉林野生秋子梨群体中,内蒙古野生秋子梨群体的遗传多样性最低;安萌萌等^[16]采用分子系统学的原理和AFLP分子标记技术,对牡丹江海林市、东宁县和孙吴县3个居群的90个野生秋子梨群体遗传结构进行了研究。结果发现,在课题组已研究的3种野生果树中,Nei基因多样性(H)以新疆伊犁野杏最大(0.287),牡丹江野生秋子梨最小(0.147),新疆野苹果居中(0.262)。表明牡丹江野生秋子梨的遗传多样性最低;在实地考察过程中发现,由于农田开垦和乱砍乱伐,在当地已很难找到成方连片的野生秋子梨分布,遗传多样性已遭到严重破坏,亟待加强保护^[16-19]。进一步研究发现,同一居群野生秋子梨不同实生株系间在果实形态、糖酸组分及香气成分上存在广泛的遗传变异,遗传多样性极为丰富,进一步挖掘利用的潜力巨大;为此,课题组已构建了野生秋子梨与山农酥梨的杂种分离群体,有关新品系选育及性状发育机理等相关研究正在进行中^[20]。

1.3 红皮梨资源及应用

红皮梨不仅汁多味美,而且外观鲜红,深受消费

者喜爱。东方梨种群中的砂梨 (*P. pyrifolia* (Burm. f.) Nakai.)、秋子梨 (*P. ussuriensis* Max.)、白梨 (*P. bretschneideri* Rehd.)、西方梨种群中的西洋梨 (*P. communis* L.) 以及东、西方杂种新疆梨 (*P. sinkiangensis* Yu) 等 5 个主栽系统中均有红皮梨存在^[6]。利用已有种质资源开展红皮梨种质创新与新品种选育是目前国内外梨研究领域的重要方向之一,近几年取得了诸多重要进展。中国农业科学院郑州果树研究所以库尔勒香梨为母本、郑州鹅梨为父本,先后选育出了受到消费者一致好评的红香酥和红香蜜,以八月红与砀山酥梨杂交,最新选育出了红梨新品种红宝石;辽宁省果树科学研究所从南果梨中选出了一个品质优良的红皮芽变品种南红梨;新西兰从红巴梨与火把梨亲本组合选育的全红品种‘Papple’,兼具亚洲梨的松脆多汁、味甜、耐贮藏特性和欧洲梨的芳香风味,已销往英国等欧洲市场,深受消费者喜爱^[6, 21-23]。

2 梨果实品质性状遗传及发育机理

2.1 梨果实性状遗传特点

明确果实性状的遗传变异特点是果树育种的基础。由于果树作物多数自交不亲和、杂合程度高及童期长等特征,设计专门的试验开展遗传研究比较困难。因此,根据育种记录总结性状的遗传变异趋势或倾向是果树作物性状遗传研究的重要特点^[2]。蒲富慎^[24]研究结果表明,梨杂种后代果实大小属于数量性状遗传,果实大小的平均值均小于亲中值。王宇霖等^[25]研究认为,梨果实圆形和扁圆形对圆锥形和卵圆形似乎为显性,果皮黄绿色对褐色为显性。李俊才等^[26]研究认为,梨果实糖、酸含量均表现为数量性状,其中糖的遗传传递力平均为 90.8%,而果实肉质性状表现为质量性状,脆肉对软肉为显性。Dondini 等^[27]分析了 6 个杂交组合西洋梨红皮/绿皮性状分离情况,认为西洋梨红皮/绿皮性状为单基因控制的显性性状,而薛华柏^[28]对两个双亲均为红皮梨的东方梨杂交群体进行分析认为,东方梨红皮性状属于质量性状,但并不容易简单地用显隐性关系来解释,红皮梨着色面积和着色程度表现数量性状特点。

2.2 梨果实品质性状发育机理

石细胞和花色苷分别是梨果实鲜食品质和外观品质的重要构成因素,而由花色苷、黄酮醇和黄酮醇等构成的类黄酮,不仅影响梨的外观品质,而且是梨营养品质的重要构成因素。因此,进一步明确梨果实石细胞和类黄酮的发育机理,对梨品质育种具有

重要意义。

2.2.1 石细胞 石细胞是由木质素在原生细胞壁上的沉积及细胞壁的次生增厚而形成。研究发现,砀山酥梨的木质素和石细胞含量低于京白梨,而砀山酥梨的石细胞密度和聚合度高于京白梨,导致砀山酥梨的鲜食品质相对较差^[29]; Zhang 等^[30]进一步以砀山酥梨及其低石细胞含量的芽变或自然变异品种良梨早酥 (Lianglizaosu) 不同发育时期的果实为试材进行转录组分析,共检测到包括香豆酰奎尼酸 3-单加氧酶 (C3H)、莽草酸-O-羟基肉桂酰基转移酶 (HCT)、阿魏酸 5-羟化酶 (F5H)、肉桂基乙醇脱氢酶 (CAD) 和过氧化物酶 (POD) 等木质素生物合成相关基因在内的 7203 个差异表达基因; qRT-PCR 分析发现,砀山酥梨木质素生物合成相关基因在石细胞含量峰值期 (花后 55 d) 的表达量显著高于良梨早酥,表明梨果实的石细胞性状主要受遗传因素控制,为下一步通过育种手段培育低石细胞含量的新品种提供了科学依据^[29]。

2.2.2 类黄酮 类黄酮化合物不仅是果实色泽的组成物质和病原体防御物质,而且对人类健康有重要作用^[31]。因此,类黄酮代谢机理是果树领域的研究热点之一,在苹果上已取得了诸多重要进展^[32-37]。与苹果比较,梨的相关研究报道相对较少,国内主要集中在南京农业大学、浙江大学、西北农林科技大学、中国农业大学和山东农业大学等单位的有关团队^[6]。

类黄酮生物合成调控机理的复杂性和转录因子的多样性是种质特异性和资源遗传多样性的具体体现。Wu 等^[38]以红梨品种及其绿色突变体为试材进行 cDNA-AFLP 分析,共检测出包括花青素生物合成及应激和防御反应等在内的 47 个差异表达基因,并鉴定了一个与幼果期梨果实花青苷合成有关的基因 *PyMADS18*; 研究发现, *MYB10* 和 *bHLH33* 在西洋梨中的表达显著相关,而在东方梨中无协同表达,这可能是导致西洋梨与东方梨花青苷合成调控机制不同的一个原因; 而 WD40 在西洋梨中与花青苷含量负相关,在东方梨中与花青苷含量正相关,认为 WD40 可能是造成西洋梨和东方梨花青苷合成调控差异的另一个原因^[39]。Zhai 等^[40]通过系统发育分析筛选出 18 个与梨果实中类黄酮生物合成相关的 MYB 转录因子,并对 *PbMYB10b* 和 *PbMYB9* 两个转录因子进行了功能验证。在白梨 (*P. bretschneideri*) 群体第 5 连锁群红皮色性状基因座鉴定了一个对红皮梨花色苷生物合成具有抑制作

用的转录因子 PyMYB114, 与 ERF/AP2 家族转录因子 PyERF3 和 PybHLH3 相互作用以共同调控梨花青素的生物合成^[41]。

芽变选种是果树育种的重要途径之一, 明确芽变机理是重要的基础。Feng 等^[42]以红色砂梨品种满天红及其红色芽变奥冠为试材克隆得到了 PyMYB10, 并验证了其调控花青苷积累的功能。红巴梨绿皮芽变与 PcMYB10 启动子甲基化有关, 而早酥梨的红色芽变与 PyMYB10 启动子的去甲基化有关^[43-44]。

3 梨新品种选育

3.1 熟期育种

20 世纪 80 年代, 我国早、中、晚熟梨的比例为 7:23:70, 存在晚熟品种比例过大、优质早熟品种相对缺乏的问题。因此, 优质早、中熟梨新品种作为我国梨育种的重要目标之一, 近几年取得了突破性

进展, 成就斐然。据王苏珂等^[7]的统计, 我国 40 家育种单位近 20 年 (1995-2014 年) 共选育出梨新品种 110 个, 其中 6、7 月份成熟的早熟品种有 27 个 (24.5%), 8 月份成熟的中熟品种有 32 个 (29.1%), 9 月份成熟的晚熟品种有 48 个 (43.6%), 10、11 月份成熟的极晚熟品种有 3 个 (2.7%), 早、中熟品种与晚熟品种的比例为 54:46, 晚熟品种比例过大的问题已经得到有效解决^[6]。

通过对国内近 10 年 (2008-2018 年) 杂交育成、并在《园艺学报》或《果树学报》上发表的梨新品种的统计, 结果发现, 在 39 个新品种中, 果实发育期在 80~120 d 且 6、7 月份成熟的早熟品种有 17 个, 占 46.2%, 果实发育期在 130~150 d 且 8 月份成熟的中熟品种有 12 个, 占 30.8%, 而果实发育期在 160~180 d 且 9 月上旬至 10 月上旬成熟的晚熟或极晚熟品种有 9 个, 仅占 23.0%, 早、中、晚熟品种的比例为 46:31:23, 早熟品种的比例接近 1/2 (表 1)。

表 1 近 10 年 (2008-2018 年) 育成的梨新品种

Table 1 New pear cultivars bred over the past ten years (2008-2018)

序号 No.	品种 Cultivars	亲本 Parents	发育期 (d) Development period	成熟期 Maturity	育种单位 Breeding institutions	参考文献 References
1	红酥脆	火把梨 × 幸水	165	晚	中国农科院郑州果树所	[45]
2	甘梨早 6	四百目 × 早酥	85	极早	甘肃农科院林果花卉所	[46]
3	甘梨早 8	四百目 × 早酥	95	早	甘肃农科院林果花卉所	[47]
4	满天红	火把梨 × 幸水	175	极晚	中国农科院郑州果树所	[48]
5	初夏绿	西子绿 × 翠冠	105	早	浙江农科院园艺所	[49]
6	华丰	新高 × 幸水	160	晚	中南林业大学	[50]
7	美人酥	幸水 × 火把梨	165	晚	中国农科院郑州果树所	[51]
8	寒露梨	延边大香水 × 杭青	135	中	吉林农科院果树所	[52]
9	寒酥梨	大梨 × 晋酥梨	135	中	吉林农科院果树所	[53]
10	玉绿	慈梨 × 太白	120	早中	湖北农科院果茶所	[54]
11	冀玉	雪花梨 × 翠云梨	150	中晚	河北农科院石家庄果树所	[55]
12	早伏酥	砭山酥 × 伏茄梨	85	极早	安徽农业大学	[56]
13	早金酥	早酥 × 金水酥	120	早中	辽宁省果树研究所	[57]
14	红月梨	红茄梨 × 苹果梨	120	早中	辽宁省果树研究所	[23]
15	早金香	矮香 × 三季梨	90	早	中国农科院果树所	[58]
16	玉酥梨	砭山酥梨 × 猪嘴梨	160	晚	山西农科院果树所	[59]
17	晋早酥梨	砭山酥梨 × 猪嘴梨	130	中	山西农科院果树所	[60]
18	苏翠 2 号	西子绿 × 翠冠	115	早	江苏农科院园艺所	[61]
19	红香蜜	库尔勒香梨 × 鹅梨	130	中	中国农科院郑州果树所	[62]
20	玉香	伏梨 × 金水酥	107	早	湖北农科院果茶所	[63]
21	翠玉	西子绿 × 翠冠	100	早	浙江农科院园艺所	[64]
22	苏翠 1 号	华酥 × 翠冠	110	早	江苏农科院园艺所	[65]

表 1(续)

序号 No.	品种 Cultivars	亲本 Parents	发育期(d) Development period	成熟期 Maturity	育种单位 Breeding institutions	参考文献 References
23	山农脆梨	黄金梨 × 圆黄梨	150	中晚	山东农业大学	[66]
24	华幸	大鸭梨 × 雪花梨	160	晚	中国农科院果树所	[67]
25	中梨 4 号	早美酥 × 七月酥	100	早	中国农科院郑州果树所	[68]
26	早酥蜜	七月酥 × 砀山酥	80	极早	中国农科院郑州果树所	[69]
27	寒雅梨	奥利亚 × 鸭梨	120	早中	吉林农科院果树所	[70]
28	金蜜	华梨 2 号 × 二宫白梨	110	早	湖北农科院果茶所	[71]
29	中矮红梨	矮香 × 贺新村	100	早	中国农科院果树所	[72]
30	红宝石	八月红 × 酥梨	145	中	中国农科院郑州果树所	[73]
31	红日梨	红茄梨 × 苹果梨	130	中	辽宁省果树研究所	[74]
32	宁霞	满天红 × 幸水	135	中	南京农业大学	[75]
33	冀酥	黄冠 × 金花	140	中	河北农科院石家庄果树所	[76]
34	中梨 2 号	栖霞大香水 × 兴隆麻梨	110	中	中国农科院郑州果树所	[77]
35	山农酥梨	新梨 7 号 × 砀山酥梨	180	极晚	山东农业大学	[78]
36	新慈香梨	新梨 7 号 × 莱阳慈梨梨	180	极晚	山东农业大学	[79]
37	新梨 10 号	库尔勒香梨 × 鸭梨	145	中晚	新疆建设兵团第二师农科所	[80]
38	冀翠	黄冠 × 金花	150	中晚	河北农科院石家庄果树所	[81]
39	晚玉梨	蜜梨 × 砀山酥梨	160	晚	河北农科院昌黎果树所	[82]

3.2 品质育种

提质增效是目前水果产业发展的主旋律,并且随着经济社会的发展和人们生活水平的不断提高,消费者对果品品质的要求越来越高。因此,品质育种是梨育种的重要方向之一。对优质苹果和桃品种进行亲本溯源分析结果表明,复杂的遗传背景和丰富的遗传多样性是杂交亲本选择进行品质育种的关键^[83]。

石细胞是梨果实特有的性状,也是影响梨果实鲜食品质的重要因素;而果实的耐贮性不仅是梨果实品质的重要指标之一,也是果品变为商品的重要特性。因此,进一步探讨梨种质资源的果实耐贮性和石细胞特性及其遗传变异特点对有效开展梨品质育种具有重要意义。在梨属植物的栽培种中,欧美国家的西洋梨品种,果实石细胞较少,果肉细,品质好,但大都具有后熟特性,后熟后的果实质地变软,耐贮性较差;我国南方的砂梨或日韩梨果实石细胞较少,果肉细,品质好,也没有后熟特性,但多数品种采后果肉很容易变软或变绵,耐贮性较差,质地品质(或鲜食品质)的维持需要非常好的贮藏条件和较高的生产成本。白梨系统的砀山酥梨和黄县长把梨等地方名产品种,耐贮性较好,但果实石细胞较多,果肉粗,多数品质较差;具有东、

西方梨血统的新疆库尔勒香梨品种,不仅果肉细,几乎没有石细胞,鲜食品质优良,而且耐贮性好,但果个太小,果心太大,可食率较低,有待进一步改良。

对国内近几年以新疆库尔勒香梨为亲本育成的玉露香、新梨 10 号、红香酥、山农酥和新慈香梨品种特性进行观察发现,无论是中熟或极晚熟,共同的特点是果肉细,几乎没有石细胞,鲜食品质优良,耐贮性好,均具有优质、耐贮的突出优点,表明新疆库尔勒香梨优质、耐贮的特性遗传能力很强(表 2)。进一步分析发现,具有鲜食品质优良、加工性能优异、果个大、极晚熟、耐贮藏、抗性强的特点的山农酥梨含有新疆梨(*P. sinkiangensis* Yu)、砂梨(*P. pyrifolia* (Burm. f.) Nakai.)、西洋梨(*P. communis* L.)和白梨(*P. bretschneideri* Rehd.)4 个种的血缘(图 1)。因此,以山农酥梨新品种的育种为实施例之一,2015 年申报了“果树多种源品质育种法”的发明专利(专利号:ZL201510428448.8)。

综上所述研究表明,新疆的库尔勒香梨优质、耐贮的特性遗传能力很强,是梨品质育种不可或缺的珍贵种质,而复杂的遗传背景和丰富的遗传多样性是亲本选择进行梨品质育种的关键。

表2 以新疆库尔勒香梨为亲本育成的优质、耐贮梨新品种

Table 2 New pear varieties with high-quality and storage-tolerance bred by use of Korla as parent

序号 No.	品种 Cultivars	亲本组合 Parental combination	成熟期 Maturity	主要特性 Characteristic	参考文献 References
1	玉露香	库尔勒香梨 × 雪花梨	中熟	优质、耐贮	[84]
2	新梨 10 号	库尔勒香梨 × 鸭梨	中晚	优质、耐贮	[80]
3	红香酥梨	库尔勒香梨 × 郑州鹅梨	晚熟	优质、耐贮	[21]
4	山农酥梨	新梨 7 号 (库尔勒香梨 × 早酥) × 砀山酥	极晚	优质、耐贮	[78]
5	新慈香梨	新梨 7 号 (库尔勒香梨 × 早酥) × 莱阳慈梨	极晚	优质、耐贮	[79]

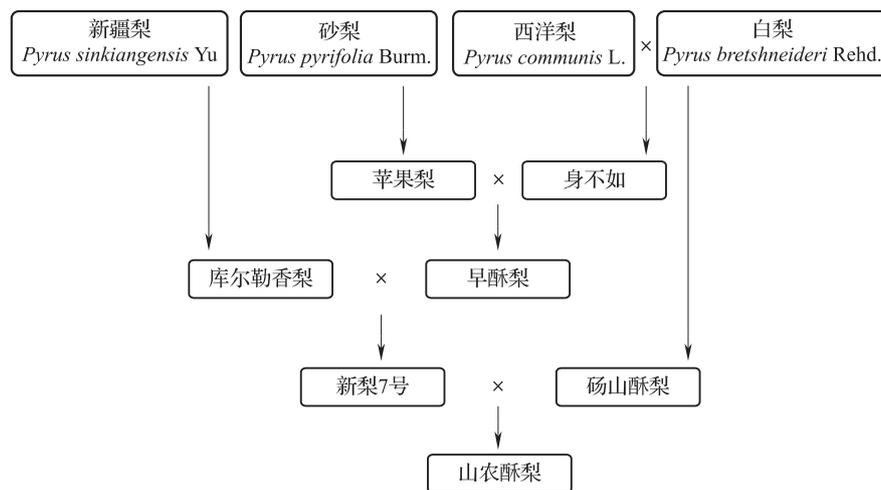


图1 山农酥梨系谱图

Fig.1 The genealogy of 'Shannongsu' pear

4 讨论

苹果是我国落叶果树的第一大水果。在 20 世纪 80-90 年代,由于当时冷库贮藏能力不足、缺乏 1-MCP 等品质维持技术以及亚洲人比较喜欢甜味为主的品种等原因,当时重点发展了具有优质、晚熟、耐贮特性的红富士苹果品种;尤其是对红富士苹果品种持续多代的芽变选种及其商品性状的有效改良和芽选新品种的大面积推广应用,有效推动了我国苹果产业的高效发展和农民持续增收,保障了水果市场的周年供应。在目前我国 3700 余万亩的苹果园中,近 2590 万亩 (70%) 是红富士苹果品种,尽管这是苹果产业“品种单一”的问题,但如果没有红富士苹果品种的引种和持续多代的芽变选种,就没有我国当今的苹果产业。因此,优质、耐贮、晚熟红富士苹果品种的引种和选种是推动我国苹果产业高效发展的关键^[85-86]。

梨是我国落叶果树的第二大水果,市场和消费者需要更多优质大梨的稳定供应。但在我国目前的 1800 万亩梨园中,栽培面积排在第一的是晚熟品

种砀山酥梨,约 200 万亩左右,虽然均是地方名产品种,但石细胞较多,品质较差,不能满足高端市场需求,一方面果农和经销商的盈利空间均有限,另一方面,11-5 月份的冬春市场上也主要是品质较差的砀山酥梨等晚熟品种,挫伤了消费者的消费积极性;而生产上栽培面积较大的黄冠和翠冠及近几年选育的优质早熟和中早熟梨品种,均是季产季销的时令性品种,难以把产业做强做大。综上因素,导致我国梨产业总体效益不高。

笔者认为,必须参照苹果产业发展的路子,选育并推广优质耐贮极晚熟梨品种,以满足优质大梨市场的周年供应,提振消费者消费信心,撬动我国梨产业高效发展。为此,课题组历经 10 余年的时间,采用“果树多种源品质育种法”的发明专利技术,育成了具有鲜食品质优良、加工性能优异、果个大、极晚熟、耐贮藏、抗性强特点,可以满足高端市场周年供应需求的山农酥梨新品种。目前,通过校企联合的方式,已在山东莱芜、泰安、临沂、菏泽、聊城、济宁等地示范推广 1 万余亩,积极打造“鲁西酥梨”区域公用品牌及和硕酥梨和临沂怪梨等企业产品品牌,创

建水果产业振兴齐鲁样板,助力乡村振兴^[87]。

5 结束语

针对目前我国梨的研究现状,今后应在如下两个研究领域下功夫:(1)我国早、中、晚熟梨的比例已由1994年的7:23:70调整到2006年的20:28:52,近10年(2008-2018年)育成的早熟品种比例接近50%^[49]。因此,应调整育种方向,进一步加强优质耐贮极晚熟梨新品种的选育,构建以优质耐贮极晚熟梨新品种为主,优质早、中晚熟品种配套的品种结构,以满足市场的多样化及周年供应需求。(2)利用现代分子生物学技术,从转录、翻译、修饰等多个层面进一步探讨品质性状发育机理,为梨品质育种提供理论支撑。

参考文献

- [1] 苏宁,万向元,翟虎渠,万建民. 功能型水稻研究现状和发展趋向. 中国农业科学, 2007, 40(3): 433-439
Su N, Wan X Y, Zhai H Q, Wan J M. Progress and prospect of functional rice researches. Scientia Agricultura Sinica, 2007, 40(3): 433-439
- [2] 陈学森,张晶,刘大亮,冀晓昊,张宗营,张芮,毛志泉,张艳敏,王立霞,李敏. 新疆红肉苹果杂种一代的遗传变异及功能型苹果优株评价. 中国农业科学, 2014, 47(11): 2193-2204
Chen X S, Zhang J, Liu D L, Ji X H, Zhang Z Y, Zhang R, Mao Z Q, Zhang Y M, Wang L X, Li M. Genetic Variation of F₁ population between *Malus sieversii* f. *neidzwetzkyana* and apple varieties and evaluation on fruit characters of functional apple excellent strains. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(11): 2193-2204
- [3] 刘静轩,曲常志,许海峰,苏梦雨,房鸿成,王楠,姜生辉,王意程,张宗营,陈学森. 新疆红肉苹果杂交二代2个功能型株系果实风味品质的评价. 果树学报, 2017, 34(8): 988-995
Liu J X, Qu C Z, Xu H F, Su M Y, Fang H C, Wang N, Jiang S H, Wang Y C, Zhang Z Y, Chen X S. Evaluation on fruit flavor quality in two second-generation hybrid apple lines. Journal of Fruit Science, 2017, 34(8): 988-995
- [4] 张绍铃. 当前我国梨产业发展面临的重大问题和对策措施. 中国果业信息, 2016, 33(12): 12-14
Zhang S L. Major problems and countermeasures facing the development of China's pear industry. China Fruit News, 2016, 33(12): 12-14
- [5] 滕元文. 梨属植物系统发育及东方梨品种起源研究进展. 果树学报, 2017, 34(3): 370-378
Teng Y W. Advances in the research on phylogeny of the genus *Pyrus* and the origin of pear cultivars native to East Asia. Journal of Fruit Science, 2017, 34(3): 370-378
- [6] 薛华柏,王芳芳,杨健,王龙,王苏珂,苏艳丽,乔玉山,李秀根. 红皮梨研究进展. 果树学报, 2016, 33(S): 24-33
Xue H B, Wang F F, Yang J, Wang L, Wang S K, Su Y L, Qiao Y S, Li X G. A review of research advances in red skin pear. Journal of Fruit Science, 2016, 33(S): 24-33
- [7] 王苏珂,李秀根,杨健,王龙,薛华柏,苏艳丽,王磊. 我国梨品种选育研究近20年来的回顾与展望. 果树学报, 2016, 33(S): 10-23
Wang S K, Li X G, Yang J, Wang L, Xue H B, Su Y L, Wang L. Current situation and perspective of pear breeding for last two decades in China mainland. Journal of Fruit Science, 2016, 33(S): 10-23
- [8] Zheng X, Cai D, Potter D, Postman J, Liu J, Teng Y. Phylogeny and evolutionary histories of *pyrus* l. revealed by phylogenetic trees and networks based on data from multiple dna sequences. Molecular Phylogenetics & Evolution, 2014, 80: 54-65
- [9] Teng Y, Tanabe K, Tamura F, Itai A. Genetic relationships of pear cultivars in Xinjiang, China as measured by RAPD markers. Journal of Horticultural Science & Biotechnology, 2001, 76(6): 771-779
- [10] Teng Y, Tanabe K, Tamura F, Itai A. Genetic relationships of *Pyrus* species and cultivars native to East Asia revealed by randomly amplified polymorphic DNA markers. Journal of the American Society for Horticultural Science, 2002, 127(2): 262-270
- [11] Yu P, Jiang S, Wang X, Bai S, Teng Y W. Retrotransposon based sequence-specific amplification polymorphism markers reveal that cultivated *Pyrus* *ussuriensis* originated from an interspecific hybridization. European Journal of Horticultural Science, 2016, 81(5): 264-272
- [12] Jiang S, Zheng X Y, Yu P Y, Yue X Y, Ahmed M, Cai D Y, Teng Y W. Primitive gene pools of Asian pears and their complex hybrid origins inferred from fluorescent sequence-specific amplification polymorphism (ssap) markers based on LTR retrotransposons. PLoS ONE, 2016, 11(2): e0149192
- [13] 魏景利,王杰军,王国正,王明章,陈学森. 鲁西梨品种资源调查与保护利用. 落叶果树, 2010(3): 10-12
Wei J L, Wang J J, Wang G Z, Wang M Z, Chen X S. Investigation and protection and utilization of Luxi pear variety resources. Deciduous Fruit, 2010(3): 10-12
- [14] Katayama H, Adachi S, Yamamoto T, Uematsu C. A wide range of genetic diversity in pear (*Pyrus ussuriensis* var. *aromatica*) genetic resources from iwate, japan revealed by ssr and chloroplast dna markers. Genetic Resources and Crop Evolution, 2007, 54(7): 1573-1585
- [15] Wuyun T N, Ma T, Uematsu C, Katayama H. A phylogenetic network of wild Ussurian pears (*Pyrus ussuriensis* Maxim.) in China revealed by hypervariable regions of chloroplast DNA. Tree Genetics & Genomes, 2013, 9(1): 167-177
- [16] 安萌萌,刘畅,何天明,张艳敏,冀晓昊,王艳廷,李敏,王传增,陈学森. 黑龙江省野生秋子梨群体遗传结构的荧光 AFLP 分析. 植物遗传资源学报, 2014, 15(4): 728-733
An M M, Liu C, He T M, Zhang Y M, Ji X H, Wang Y T, Li M, Wang C Z, Chen X S. Genetic structure analyses based on fluorescent-AFLP markers of wild populations of *Pyrus ussuriensis* Maxim. in Heilongjiang province. Journal of Plant Genetic Resources, 2014, 15(4): 728-733
- [17] He T M, Chen X S, Xu Z, Gao J S, Lin P J, Liu W, Liang Q, Wu Y. Using SSR markers to determine the population genetic structure of wild apricot (*Prunus armeniaca* L.) in the Ily Valley of West China. Genetic Resources and Crop Evolution, 2007, 54: 563-572
- [18] Zhang C Y, Chen X S, He T M, Liu X L, Feng T, Yuan Z H. Genetic structure of *Malus sieversii* population from Xinjiang, China, revealed by SSR markers. Journal of Genetics and Genomics, 2007, 34(10): 947-955

- [19] 张春雨,陈学森,苑兆和,张红,张小燕,刘崇棋,吴传金. 新疆野苹果群体遗传结构和遗传多样性的 SRAP 分析. 园艺学报, 2009, 36(1): 7-14
Zhang C Y, Chen X S, Yuan Z H, Zhang H, Zhang X Y, Liu C Q, Wu C X. SRAP Markers for population genetic structure and genetic diversity in *Malus sieversii* from Xinjiang China. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(1): 7-14
- [20] 安萌萌,王艳廷,宋杨,冀晓昊,刘畅,王楠,吴玉森,刘文,曹玉芬,冯守千,陈学森. 野生秋子梨 (*Pyrus ussuriensis* Maxim) 果实性状的遗传多样性. 中国农业科学, 2014, 47(15): 3034-3043
An M M, Wang Y T, Song Y, Ji X H, Liu C, Wang N, Wu Y S, Liu W, Cao Y F, Feng S Q, Chen X S. Genetic diversity of fruit phenotypic traits of wild *Pyrus ussuriensis* Maxim. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(15): 3034-3043
- [21] 李秀根,阎志红,杨健. 优质抗病晚熟红皮梨新品种——红香酥. 园艺学报, 1999, 26(5): 347
Li X G, Yan Z H, Yang J. A high-quality, disease-resistant and late mature red Chinese pear variety Hongxiangsu. Acta Horticulturae Sinica, 1999, 26(5): 347
- [22] 李秀根,王力荣,过国南,陈汉杰. 新西兰梨生产技术与遗传育种研究概况. 中国果树, 2015(2): 83-84.
Li X G, Wang L R, Guo G N, Chen H J. Overview of New Zealand pear production technology and genetic breeding research. China Fruits, 2015(2): 83-84
- [23] 李俊才,刘成,王家珍,蔡忠民,沙守峰. 红色梨新品种——红月梨的选育. 果树学报, 2011, 28(6): 1122-1123
Li J C, Liu C, Wang J Z, Cai Z M, Sha S F. Breeding of new red pear cultivar Hongyue. Journal of Fruit Science, 2011, 28(6): 1122-1123
- [24] 蒲富慎. 梨的一些性状的遗传. 遗传, 1979(1): 25-28
Pu F S. Inheritance of some pear characters. Hereditas, 1979(1): 25-28
- [25] 王宇霖,魏闻东,李秀根. 梨杂种后代亲本性状遗传倾向的研究. 果树科学, 1991, 8(2): 75-81
Wang Y L, Wei W D, Li X G. Studies on the trends of inheritance of commercial characteristics of crossed Chinese pear parents in their progenies. Journal of Fruit Science, 1991, 8(2): 75-81
- [26] 李俊才,伊凯,刘成,隋洪涛,王家珍. 梨果实部分性状遗传倾向研究. 果树学报, 2002, 19(2): 87-93
Li J C, Yi K, Liu C, Sui H T, Wang J Z. Studies on the trend of inheritance of some characters of pear fruit. Journal of Fruit Science, 2002, 19(2): 87-93
- [27] Dondini L, Pieranoni L, Ancarani V, D'angelo M, Cho K H, Shin I S, Musacchi S, Kang S J, Sansavini S. The inheritance of the red colour character in European pear (*Pyrus communis*) and its map position in the mutated cultivar 'MaxRed Bartlett'. Plant Breeding, 2008, 127(5): 524-526
- [28] 薛华柏. 东方梨红皮/绿皮性状区间定位及分子标记开发. 南京: 南京农业大学, 2016
Xue H B. Interval mapping and molecular marker developing of red/green skin trait in oriental pear. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2016
- [29] Yan C C, Yin M, Zhang N, Jin Q, Fang Z, Lin Y, Cai Y P. Stone cell distribution and lignin structure in various pear varieties. Scientia Horticulturae, 2014, 174: 142-150
- [30] Zhang J Y, Cheng X, Jin Q, Su X Q, Li M L, Yan C C, Jiao X Y, Li D H, Lin Y, Cai Y P. Comparison of the transcriptomic analysis between two Chinese white pear (*Pyrus bretschneideri* Rehd.) genotypes of different stone cells contents. PLoS ONE, 2017, 12(10): e0187114
- [31] Fischer T C, Gosch C, Pfeiffer J, Halbwirth H, Halle C, Stich K, Forkmann G. Flavonoid genes of pear (*Pyrus communis*). Trees, 2007, 21: 521-529
- [32] Li Y Y, Mao K, Zhao C, Zhao X Y, Zhang H L, Shu H R, Hao Y J. MdCOP1 ubiquitin E3 ligases interact with MdMYB1 to regulate light-induced anthocyanin biosynthesis and red fruit coloration in apple. Plant Physiology, 2012, 160(2): 1011-1022
- [33] An X H, Tian Y, Chen K Q, Liu X J, Liu D D, Xie X B, Cheng C G, Cong P H, Hao Y J. MdMYB9 and MdMYB11 are involved in the regulation of the JA-induced biosynthesis of anthocyanin and proanthocyanidin in apples. Plant and Cell Physiology, 2015, 56: 650-662
- [34] Wang N, Jiang S H, Zhang Z Y, Fang H C, Xu H F, Wang Y C, Chen X S. *Malus sieversii*: the origin, flavonoid synthesis mechanism, and breeding of red-skinned and red-fleshed apples. Horticulture Research, 2018, 5: 70
- [35] Wang N, Qu C Z, Jiang S H, Chen Z J, Xu H F, Fang H C, Su M Y, Zhang J, Wang Y C, Liu W J, Zhang Z Y, Lu N L, Chen X S. The proanthocyanidin-specific transcription factor MdMYBPA1 initiates anthocyanin synthesis under low-temperature conditions in red-fleshed apples. The Plant Journal, 2018, 96: 39-55
- [36] Wang Y C, Wang N, Xu H F, Jiang S H, Fang H C, Su M Y, Zhang Z Y, Zhang T L, Chen X S. Auxin regulates anthocyanin biosynthesis through the Aux/IAA-ARF signaling pathway in apple. Horticulture Research, 2018, 5: 59
- [37] Zhang J, Xu H F, Wang N, Jiang S H, Fang H C, Zhang Z Y, Yang G X, Wang Y C, Su M Y, Xu L, Chen X S. The ethylene response factor MdeRF1B regulates anthocyanin and proanthocyanidin biosynthesis in apple. Plant Molecular Biology, 2018, 98: 205-218
- [38] Wu J, Zhao C, Yang Y N, Le W Q, Khan M A, Zhang S L, Gu C, Huang W J. Identification of differentially expressed genes related to coloration in red/green mutant pear (*Pyrus communis* L.). Tree Genetics & Genomes, 2013, 9: 75-83
- [39] Yang Y N, Yao G F, Zheng D, Zhang S L, Wang C, Zhang M Y, Wu J. Expression differences of anthocyanin biosynthesis genes reveal regulation patterns for red pear coloration. Plant Cell Reports, 2015, 34(2): 189-198
- [40] Zhai R, Wang Z M, Zhang S W, Meng G, Song L Y, Wang Z G, Li P M, Ma F W, Xu L F. Two MYB transcription factors regulate flavonoid biosynthesis in pear fruit (*Pyrus bretschneideri* Rehd.). Journal of Experimental Botany, 2016, 67(5): 1275-1284
- [41] Yao G F, Ming M L, Allan A C, Gu C, Li L L, Wu X, Wang R Z, Chang Y J, Qi K J, Zhang S L, Wu J. Map-based cloning of the pear gene MYB114 identifies an interaction with other transcription factors to coordinately regulate fruit anthocyanin biosynthesis. The Plant Journal, 2017, 92: 437-451
- [42] Feng S Q, Wang Y L, Fu D L, Chen X S. Anthocyanin biosynthesis in pears is regulated by a R2R3-MYB transcription factor PyMYB10. Planta, 2010, 232: 245-255
- [43] Wang Z, Meng D, Wang A, Li T, Jiang S, Cong P, Li T. The methylation of the PcMYB10 promoter is associated with green-skinned sport in Max Red Bartlett pear. Plant Physiology, 2013,

- 162(2): 885-896
- [44] Qian M, Sun Y, Allan A C, Teng Y, Zhang D. The red sport of 'Zaosu' pear and its red-striped pigmentation pattern are associated with demethylation of the PyMYB10 promoter. *Phytochemistry*, 2014, 107: 16-23
- [45] 魏闻东, 田鹏, 苏艳丽. 红梨新品种 '红酥脆'. *园艺学报*, 2008, 35(10): 1551
Wei W D, Tian P, Su Y L. A new red pear cultivar 'Hongsucui'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(10): 1551
- [46] 李红旭, 王发林, 马春晖, 李隐生. 极早熟梨新品种——甘梨早 6 的选育. *果树学报*, 2008, 25(5): 776-777
Li H X, Wang F L, Ma C H, Li Y S. A new extra early high quality pear cultivar-Ganlizao 6. *Journal of Fruit Science*, 2008, 25(5): 776-777
- [47] 王发林, 李红旭, 马春晖, 李隐生. 早熟优质梨新品种 '甘梨早 8'. *园艺学报*, 2008, 35(12): 1849
Wang F L, Li H X, Ma C H, Li Y S. A new early-ripening and high-quality pear cultivar 'Ganlizao8'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2008, 35(12): 1849
- [48] 魏闻东, 田鹏, 苏艳丽. 红梨新品种 '满天红'. *园艺学报*, 2009, 36(2): 303
Wei W D, Tian P, Su Y L. A new red pear cultivar 'Mantianhong'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2009, 36(2): 303
- [49] 施泽彬, 孙田林, 戴美松. 梨新品种——'初夏绿'的选育. *果树学报*, 2009, 26(6): 920-921
Shi Z B, Sun T L, Dai M S. Breeding report of a new pear cultivar 'Chuxialü'. *Journal of Fruit Science*, 2009, 26(6): 920-921
- [50] 袁德义, 谭晓风, 赵思东, 段经华, 张琳, 邹锋. 砂梨新品种 '华丰'. *园艺学报*, 2009, 36(10): 1547-1548
Yuan D Y, Tan X F, Zhao S D, Duan J H, Zhang L, Zou F. A new pyruspyrifolia cultivar 'Huafeng'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2009, 36(10): 1547-1548
- [51] 魏闻东, 李桂荣, 田鹏, 张传来, 苏艳丽. 红梨新品种 '美人酥'. *园艺学报*, 2010, 37(7): 1187-1188
Wei W D, Li G R, Tian P, Zhang C L, Su Y L. A new red pear cultivar 'Meirensu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(7): 1187-1188
- [52] 张茂君, 丁丽华, 王强, 闫兴凯, 邢国杰. 抗寒优质梨新品种 '寒露梨'. *园艺学报*, 2010, 37(9): 1535-1536
Zhang M J, Ding L H, Wang Q, Yan X K, Xing G J. A new cold resistant high quality pear cultivar 'Hanluli'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(9): 1535-1536
- [53] 张茂君, 丁丽华, 王强, 闫兴凯, 邢国杰. 梨新品种 '寒酥梨'. *园艺学报*, 2010, 37(8): 1363-1364
Zhang M J, Ding L H, Wang Q, Yan X K, Xing G J. A new pear cultivar 'Hansuli'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(8): 1363-1364
- [54] 秦仲麒, 刘先琴, 李先明, 涂俊凡, 杨夫臣. 梨新品种 '玉绿'. *园艺学报*, 2010, 37(1): 151-152
Qin Z Q, Liu X Q, Li X M, Tu J F, Yang F C. A new asian pear cultivar 'Yulü'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(1): 151-152
- [55] 李晓, 韩彦肖, 王景涛, 李勇, 刘国胜, 王迎涛. 优质中晚熟梨新品种 '冀玉'. *园艺学报*, 2010, 37(9): 1533-1534
Li X, Han Y X, Wang J T, Li Y, Liu G S, Wang Y T. A new high quality mid-late maturing pear cultivar 'Jiyu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(9): 1533-1534
- [56] 衡伟, 朱立武, 孙俊, 叶振风, 张学堂, 王钦孔, 毛吉明, 杜发礼. 早熟梨新品种 '早伏酥'. *园艺学报*, 2010, 37(3): 499-500
Heng W, Zhu L W, Sun J, Ye Z F, Zhang X T, Wang Q K, Mao J M, Du F L. A new early maturing pear cultivar 'Zaofusu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(3): 499-500
- [57] 李俊才, 刘成, 王家珍, 隋洪涛, 蔡忠民. 早熟梨新品种 '早金酥'. *园艺学报*, 2010, 37(1): 153-154
Li J C, Liu C, Wang J Z, Sui H T, Cai Z M. A new early pear cultivar 'Zaojinsu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2010, 37(1): 153-154
- [58] 姜淑苓, 贾敬贤, 马力, 欧春青, 方成泉, 王斐, 王志刚, 宣利利. 梨新品种——早金香的选育. *果树学报*, 2011, 28(1): 184-185
Jiang S L, Jia J X, Ma L, Ou C Q, Fang C Q, Wang F, Wang Z G, Xuan L L. Zaojinxiang, a new pear cultivar. *Journal of Fruit Science*, 2011, 28(1): 184-185
- [59] 郭黄萍, 郝国伟, 李夏鸣, 张晓伟, 王璐, 杨盛. 晚熟耐贮藏梨新品种 '玉酥梨'. *园艺学报*, 2011, 38(2): 391-392
Guo H P, Hao G W, Li X M, Zhang X W, Wang L, Yang S. A new late ripening pear cultivar 'Yusuli' Tolerate to Storage. *Acta Horticulturae Sinica*, 2011, 38(2): 391-392
- [60] 郭黄萍, 郝国伟, 张晓伟, 杨盛. 梨新品种 '晋早酥'. *园艺学报*, 2013, 40(10): 2083-2084
Guo H P, Hao G W, Zhang X W, Yang S. A new pear cultivar 'Jinzaosu'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(10): 2083-2084
- [61] 李晓刚, 蔺经, 盛宝龙, 杨青松, 王中华, 李慧, 王宏, 常有宏. 梨新品种——'苏翠 2 号'的选育. *果树学报*, 2013, 30(6): 1086-1088
Li X G, Lin J, Sheng B L, Yang Q S, Wang Z H, Li H, Wang H, Chang Y H. Breeding report of a new pear cultivar——'Sucui 2'. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(6): 1086-1088
- [62] 魏闻东, 田鹏, 苏艳丽, 陈澔良. 优质红色梨新品种——'红香蜜'的选育. *果树学报*, 2013, 30(1): 173-174
Wei W D, Tian P, Su Y L, Cheng S L. Breeding report on new red skin pear variety with good quality——'Hongxiangmi'. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(1): 173-174
- [63] 秦仲麒, 李先明, 涂俊凡, 杨夫臣, 朱红艳, 伍涛, 刘先琴. 早熟梨新品种 '玉香'. *园艺学报*, 2013, 40(12): 2527-2528
Qin Z Q, Li X M, Tu J F, Yang F C, Zhu H Y, Wu T, Liu X Q. A new early maturing pear cultivar 'Yuxiang'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(12): 2527-2528
- [64] 戴美松, 孙田林, 王月志, 张树军, 施泽彬. 早熟砂梨新品种——'翠玉'的选育. *果树学报*, 2013, 30(1): 175-176
Dai M S, Sun T L, Wang Y Z, Zhang S J, Shi Z B. Breeding report of a new early maturing pear cultivar——'Cuiyu'. *Journal of Fruit Science*, 2013, 30(1): 175-176
- [65] 蔺经, 盛宝龙, 李晓刚, 杨青松, 王中华, 李慧, 王宏, 常有宏. 早熟砂梨新品种 '苏翠 1 号'. *园艺学报*, 2013, 40(9): 1849-1850
Lin J, Sheng B L, Li X G, Yang Q S, Wang Z H, Li H, Wang H, Chang Y H. A new pyrus pyrifolia cultivar 'Sucui 1'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(9): 1849-1850
- [66] 陈学森, 魏景利, 毛志泉, 张艳敏, 吴树敬, 冯守千. 中熟梨新品种 '山农脆'. *园艺学报*, 2013, 40(7): 1409-1410
Chen X S, Wei J L, Mao Z Q, Zhang Y M, Wu S J, Feng S Q. A middle ripening pear cultivar 'Shannongcui'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2013, 40(7): 1409-1410
- [67] 王斐, 方成泉, 姜淑苓, 林盛华, 欧春青, 李连文, 马力. 大果优质三倍体梨新品种 '华幸'. *园艺学报*, 2014, 41(11): 2355-2356
Wang F, Fang C Q, Jiang S L, Lin S H, Ou C Q, Li L W, Ma

- L. A New Triploid Pear Cultivar 'Huaxing'. *Acta Horticulturae Sinica*, 2014, 41 (11): 2355-2356
- [68] 李秀根, 杨健, 王龙, 王苏珂, 薛华柏. 早熟大果型梨新品种——‘中梨4号’的选育. *果树学报*, 2014, 31 (4): 742-744
Li X G, Yang J, Wang L, Wang S K, Xue H B. A new early ripening and big-fruit pear cultivar——‘Zhongli 4’. *Journal of Fruit Science*, 2014, 31 (4): 742-744
- [69] 杨健, 王龙, 王苏珂, 薛华柏, 李秀根. 极早熟梨新品种——‘早酥蜜’的选育. *果树学报*, 2015, 32 (6): 1283-1285
Yang J, Wang L, Wang S K, Xue H B, Li X G. A new extra early ripening and high quality pear cultivar——‘Zaosumi’. *Journal of Fruit Science*, 2015, 32 (6): 1283-1285
- [70] 张茂君, 王强, 李红莲, 丁丽华, 闫兴凯, 邢国杰. 梨新品种‘寒雅梨’. *园艺学报*, 2015, 42 (9): 1851-1852
Zhang M J, Wang Q, Li H L, Ding L H, Yan X K, Xing G J. A new pear cultivar ‘Hanyali’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, 42 (9): 1851-1852
- [71] 陈启亮, 胡红菊, 田瑞, 杨晓平, 张靖国, 范净. 早熟砂梨新品种‘金蜜’. *园艺学报*, 2015, 41 (11): 2315-2316
Chen Q L, Hu H J, Tian R, Yang X P, Zhang J G, Fan J. A new precocious sand pear cultivar ‘Jinmi’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2015, 41 (11): 2315-2316
- [72] 姜淑苓, 欧春青, 王斐, 马力, 李连文, 郝宁宁, 贾敬贤. 矮化红色梨新品种‘中矮红梨’. *园艺学报*, 2016, 43 (7): 1419-1420
Jiang S L, Ou C Q, Wang F, Ma L, Li L W, Hao N N, Jia J X. A new dwarf red pear cultivar ‘Zhongaihongli’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43 (7): 1419-1420
- [73] 李秀根, 杨健, 王龙, 王苏珂, 薛华柏, 苏艳丽. 红皮梨新品种‘红宝石’的选育. *果树学报*, 2016, 33 (12): 1588-1591
Li X G, Yang J, Wang L, Wang S K, Xue H B, Su Y L. Breeding of a new red pear cultivar ‘Hongbaoshi’. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33 (12): 1588-1591
- [74] 李俊才, 王家珍, 宣景宏, 蔡忠民, 刘成, 沙守峰, 李宏军, 姜晓艳. 红色梨新品种‘红日梨’的选育. *果树学报*, 2016, 33 (8): 1023-1026
Li J C, Wang J Z, Xuan Ji H, Cai Z M, Liu C, Sha S F, Li H J, Jiang X Y. Breeding report of a new red pear cultivar ‘Hongrili’. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33 (8): 1023-1026
- [75] 齐开杰, 吴俊, 陶书田, 吴巨友, 张虎平, 张绍铃. 红色砂梨新品种——‘宁霞’的选育. *果树学报*, 2016, 33 (1): 117-119
Qi K J, Wu J, Tao S T, Wu J Y, Zhang H P, Zhang S L. A new red pear cultivar (*Pyrus pyrifolia*) ‘Ningxia’. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33 (1): 117-119
- [76] 王永博, 王迎涛, 王亚茹, 李晓, 韩彦肖, 李勇. 梨新品种‘冀酥’的选育. *果树学报*, 2016, 33 (4): 500-503
Wang Y B, Wang Y T, Wang Y R, Li X, Han Y X, Li Y. Breeding report of a new pear cultivar ‘Jisu’. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33 (4): 500-503
- [77] 杨健, 李秀根, 王龙, 王苏珂, 薛华柏, 苏艳丽. 中熟梨新品种‘中梨2号’的选育. *果树学报*, 2016, 33 (11): 1453-1455
Yang J, Li X G, Wang L, Wang S K, Xue H B, Su Y L. A new mid-maturing pear cultivar ‘Zhongli 2’. *Journal of Fruit Science*, 2016, 33 (11): 1453-1455
- [78] 冯守千, 王得云, 王楠, 姜生辉, 许海峰, 刘静轩, 陈晓流, 吴树敬, 毛志泉, 陈学森. 晚熟梨新品种‘山农酥’. *园艺学报*, 2016, 43 (S2): 2685-2686
Feng S Q, Wang D Y, Wang N, Jiang S H, Xu H F, Liu J X, Chen X L, Wu S J, Mao Z Q, Chen X S. A new late ripening pear cultivar ‘Shannongsu’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43 (S2): 2685-2686
- [79] 冯守千, 王楠, 姜生辉, 许海峰, 王得云, 刘静轩, 陈晓流, 吴树敬, 毛志泉, 陈学森. 晚熟梨新品种‘新慈香’. *园艺学报*, 2016, 43 (S2): 2683-2684
Feng S Q, Wang N, Jiang S H, Xu H F, Wang D Y, Liu J X, Chen X L, Wu S J, Mao Z Q, Chen X S. A new late ripening pear cultivar ‘Xincixiang’. *Acta Horticulturae Sinica*, 2016, 43 (S2): 2683-2684
- [80] 位杰, 蒋媛, 林彩霞. 梨新品种‘新梨10号’的选育. *果树学报*, 2017, 34 (5): 639-642
Wei J, Jiang Y, Lin C X. Breeding of a new pear cultivar ‘Xinli No.10’. *Journal of Fruit Science*, 2017, 34 (5): 639-642
- [81] 王亚茹, 王迎涛, 王永博, 杨红涛, 李晓, 李勇, 刘国胜, 韩彦肖, 徐财旺. 梨新品种‘冀翠’的选育. *果树学报*, 2018, 35 (1): 128-130
Wang Y R, Wang Y T, Wang Y B, Yang H T, Li X, Li Y, Liu G S, Han Y X, Xu C W. Breeding report of a new pear cultivar ‘Jicui’. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35 (1): 128-130
- [82] 高丽娟, 李龙飞, 张海娥, 徐金涛, 刘金利, 李蕾, 郝宝锋. 晚熟梨新品种‘晚玉梨’的选育. *果树学报*, 2018, 35 (2): 257-260
Gao L J, Li L F, Zhang H E, Xu J T, Liu J L, Li L, Hao B F. Breeding report of a new late-mature pear cultivar ‘Wanyuli’. *Journal of Fruit Science*, 2018, 35 (2): 257-260
- [83] 陈学森, 郭文武, 徐娟, 丛佩华, 王力荣, 刘崇怀, 李秀根, 吴树敬, 姚玉新, 陈晓流. 主要果树果实品质遗传改良与提升实践. *中国农业科学*, 2015, 48 (17): 3524-3540
Chen X S, Guo W W, Xu J, Cong P H, Wang L R, Liu C H, Li X G, Wu S J, Yao Y X, Chen X L. Genetic improvement and promotion of fruit quality of main fruit trees. *Scientia Agricultura Sinica*, 2015, 48 (17): 3524-3540
- [84] 郭黄萍, 李晓梅, 张建功, 优质中熟红梨新品种‘玉露香’(暂定名). *山西果树*, 2001 (1): 2
Guo H P, Li X M, Zhang J G. A new high quality mid-late maturing red pear cultivar ‘Yuluxiang’ (Temporary name). *Shanxi Fruit*, 2001 (1): 2
- [85] 陈学森, 韩明玉, 苏桂林, 刘凤之, 过国南, 姜远茂, 毛志泉, 彭福田, 束怀瑞. 当今世界苹果产业发展趋势及我国苹果高效发展意见. *果树学报*, 2010, 27 (4): 323-327
Chen X S, Han M Y, Su G L, Liu F Z, Guo G N, Jiang Y M, Mao Z Q, Peng F T, Shu H R. Discussion on today's world apple industry trends and the suggestions unsustainable and efficient development of apple industry in China. *Journal of Fruit Science*, 2010, 27 (4): 323-327
- [86] 陈学森, 毛志泉, 姜远茂, 王楠, 张宗营, 王志刚, 于国合, 邹养军, 姜召涛, 王恩琪, 东明学, 徐月华, 马均, 李建明, 隋秀奇. 中国苹果产业节本增效关键技术II: 现代宽行高干省力高效栽培模式创建技术. *中国果树*, 2017 (2) 1-5
Chen X S, Mao Z Q, Jiang Y M, Wang N, Zhang Z Y, Wang Z G, Yu G H, Zou Y J, Jiang Z T, Wang E Q, Dong M X, Xu Y H, Ma J, Li J M, Sui X Q. The high efficient cultivation technology of wide row and high trunk. *China Fruit*, 2017 (2) 1-5
- [87] 陈学森, 王志刚. 创建水果产业振兴齐鲁样板. *落叶果树*, 2018, 50 (6): 5-7
Chen X S, Wang Z G. Creating the fruit industry for revitalizing the model of Qilu. *Deciduous Fruits*, 2018, 50 (6): 5-7