

# 新疆落叶果树种质资源评价挖掘与创新利用

陈学森, 毛志泉, 王楠, 张宗营, 尹承苗

(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:** 新疆是落叶果树的起源演化中心和品质育种的基因库之一。近几年来, 在新疆野苹果及库尔勒香梨等新疆落叶果树种质资源评价挖掘与创新利用方面取得了诸多重要进展, 主要结果如下: (1) 研究明确了新疆野苹果是栽培苹果的祖先种, 其评价挖掘和创新利用取得了重要成果; (2) 东、西方梨杂种起源的新疆库尔勒香梨, 优质、耐贮的特性遗传能力很强, 已成为梨品质育种的重要亲本资源; (3) 伊犁野杏遗传多样性最丰富, 而南疆栽培杏是相对独立的孟德尔群体, 通过优系选育与推广应用, 打破了库车、喀什、和田 3 个南疆杏自然群体的封闭状态, 为 20 余万  $\text{hm}^2$  的南疆杏良种化提供了支撑; (4) 新疆野樱桃李是李属的重要资源, 通过迁地种植, 实现了新疆野生樱桃李资源的品种化。

**关键词:** 伊犁野果林; 新疆落叶果树; 评价挖掘与创新利用

## Progress on Evaluation, Mining and Utilization of Germplasm Resource of Deciduous Fruit Trees in Xinjiang

CHEN Xue-sen, MAO Zhi-quan, WANG Nan, ZHANG Zong-ying, YIN Cheng-miao

(College of Horticulture Science and Engineering, Shandong Agricultural University/

State Key Laboratory of Crop Biology, Tai'an 271018)

**Abstract:** Xinjiang is one of the origin and diversity center of deciduous fruit trees and the gene bank for quality breeding. In recent years, important progresses have been made in the evaluation, mining and innovative utilization of germplasm resources of wild fruit forests and deciduous fruit trees in Xinjiang, such as *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem. (wild apple) and korle pear. The significant achievements are listed as follows: (1) Studies have clarified that *Malus sieversii* is the ancestral species of cultivated apples, and its evaluation, mining and innovative utilization have achieved important results, (2) The Xinjiang korle pear, which originated from the hybrids of Eastern and Western pears, has strong heritability of high quality and storability, and is an important parent resource for pear quality breeding, (3) Yili wild apricots and southern Xinjiang cultivated apricots have played an important role in domestication of cultivated apricots. The hybridization and breeding of superior lines broke down the genetic isolation among the three natural apricot groups in Kuqa, Kashgar and Hotan, providing support for the good seeding of more than 200,000 hectares of southern Xinjiang apricots, (4) Xinjiang Wild Cherry Plum is one of most important species in genus *Prunus* L.. The ex-situ planting of wild cherry plum resources resulted in breeding for the plum varieties.

**Key words:** Yili wild fruit forest; deciduous fruit trees in Xinjiang; evaluation, mining and innovative utilization

收稿日期: 2021-03-03 修回日期: 2021-04-06 网络出版日期: 2021-05-13

URL: <http://doi.org/10.13430/j.cnki.jpgr.20210303002>

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 projects:** Key Projects of the National Natural Science Foundation of China (31730080), The Project of Shandong Taishan Scholars Climbing (tspd20161005)

从野生资源中寻找抗逆、品质和产量种质(基因),扩大遗传基础,是小麦、水稻、玉米及苹果等作物的共同需求<sup>[1-2]</sup>。因此,进一步加强种质资源的评价挖掘与创新利用具有重要意义。新疆伊犁野果林有新疆野苹果、伊犁野杏、野櫻桃李和野核桃等多种野生落叶果树资源及南疆杏和库尔勒香梨,种质资源极为丰富。近几年来,围绕新疆野苹果、杏和库尔勒香梨等资源评价挖掘和创新利用,采用“理论与技术创新并重及良种良法配套”的科研思路,在育种理论创新、育种方法突破、优新品种创制及配套技术研发等方面取得了重要进展,推动了我国落叶果树产业品种结构优化调整和产业升级<sup>[3-5]</sup>。

## 1 伊犁野果林及新疆野苹果、伊犁野杏、野生櫻桃李和野核桃

中亚天山野果林东起中国新疆伊犁地区,向西至哈萨克斯坦的阿拉木图州、吉尔吉斯斯坦的伊塞克湖州以及乌兹别克斯坦东部的费尔干纳州。位于中国新疆伊犁地区的天山野果林,亦称伊犁野果林,其建群种或优势种为新疆野苹果,是第三纪古温带阔叶林的残遗群落,历史悠久。新疆伊犁地区园艺科学研究所林培钧等<sup>[6]</sup>和张艳敏等<sup>[7]</sup>调查研究发现,伊犁野果林有野生种子植物 60 科 233 属 423 种,其中新疆野苹果、伊犁野杏、野櫻桃李和野核桃分别有 84 个、44 个、21 个和 14 个野生类型,种质资源极为丰富。

### 1.1 新疆野苹果

苹果是我国落叶果树的第一大树种,面积产量均占全世界的 50% 以上,是增加农民收入的支柱产业,但一直面临育种周期长及品种单一等瓶颈问题。新疆野苹果(*M. sieversii*)是伊犁野果林的建群种,也是世界栽培苹果的祖先种;经过 60 年(1959-2018 年)的跟踪调查,新疆野苹果资源的遗传多样性遭到严重破坏,生存现状受到严重威胁,濒临灭绝;研究发现,农田开垦、过度放牧、繁育体系正被破坏、乱砍乱伐、苹果小吉丁虫的传播与蔓延及生态系统的退化是导致新疆野苹果资源濒临灭绝的主要原因,加强资源的保护利用研究迫在眉睫<sup>[5,8]</sup>。为此,围绕新疆野苹果资源的评价挖掘与创新利用,进行了大量研究并取得了重要成果<sup>[9]</sup>。

**1.1.1 新疆野苹果是世界栽培苹果的祖先种,遗传多样性丰富,进一步挖掘利用潜力巨大** 研究发现,在新疆野苹果和西洋栽培苹果 2 个种漫长的进化历程中,QTL *gwa\_w1* 位点和多个

miRNA172 小 RNA 对果实增大起到了关键作用,进一步明确了新疆野苹果是世界栽培苹果的祖先种<sup>[10-11]</sup>;新疆野苹果果实形状有扁圆形、近圆形、圆形和圆锥形等,果皮颜色有绿、黄、橘黄、粉红、红和深红等,具有栽培苹果的典型特征,在分子和表型(果实多酚、糖酸及挥发性化合物组分及含量)2 个层面表现出丰富的遗传多样性<sup>[12-15]</sup>;近几年的研究表明,新疆野苹果果实酚类化合物和有机酸含量极显著地高于栽培品种,特有香气成分多。因此,从新疆红肉苹果杂种后代中能够选育出酚类化合物含量高、糖酸比适当、鲜食品质优良、香味独特的高类黄酮(红肉)苹果新品种,利用保存的潜力巨大<sup>[16-17]</sup>;探讨了核心种质构建及离体器官超低温保存技术,结果表明,以 20% 的取样比例,采用欧氏距离,利用最短距离法进行逐步聚类,结合优先取样法构建的核心种质最有代表性,是构建新疆野苹果核心种质的最佳方法;新疆野苹果茎尖在含有 5% 二甲基亚砜(DMSO)的 0.4 mol/L 蔗糖培养基上预培养 3 d,60% 玻璃化溶液(PVS<sub>2</sub>)中室温装载 30 min,PVS<sub>2</sub> 0 °C 下处理 40 min,经液氮保存至少 24 h 后,转入继代培养基上再培养,成活率和再生率分别为 93.3% 和 86.7%<sup>[18-21]</sup>。上述研究为建立新疆野苹果资源的原生境保护、异地建圃保存、离体器官建库保存及利用保存等多层次的保护保存技术体系提供了支撑。

**1.1.2 杂种分离群体构建** 研究发现,新疆野苹果 88% 的株系及其红肉变型(*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana* (Hand.-Mazz.) Langenf.)为绵肉型,在果实发育的中后期就已软化变绵,这与金帅等不耐贮的苹果品种贮藏后软化变绵明显不同,其中新疆红肉苹果属 ACS1-1/-1 纯合的乙烯敏感型。因此,要实现新疆野苹果及其红肉变型的“利用保存”,培育出能产业应用的新品种,质地品质的改良是关键<sup>[7,22]</sup>。

研究发现,尽管苹果果实属于呼吸跃变型,但不同的品种之间存在显著差异,其中晚熟、耐贮的红富士属 ACS1-2/-2 纯合的乙烯迟钝型<sup>[23]</sup>;通过持续多代的芽变选种,红富士的果实着色、风味品质及生长结果习性等性状得到了有效改良,推动了我国苹果产业的高速发展。不仅使中国成为世界上最大的苹果生产和消费国(面积和产量均占世界的 50% 以上),而且为新疆野苹果及其红肉变型质地品质的改良提供了关键亲本<sup>[24-28]</sup>。研究发现,新疆红肉苹果 MYB10 转录因子不受组织器官、发育时

期及环境等因素的影响,没有时空特异性,具有组成型表达特性。为此,相关科研团队构建了新疆野苹果红肉变型与红富士苹果品种杂种一代和二代分离群体<sup>[29-30]</sup>。

**1.1.3 品质形成机理研究与育种技术创新** 对优质品种进行亲本溯源分析发现,复杂的遗传背景和丰富的遗传多样性是品质育种亲本选择的关键;为此,以美红等高类黄酮苹果等新品种的育种为实施案例,提出了“果树多种源品质育种法”,实现了红肉、脆肉和高类黄酮等多个品质性状的有效聚合<sup>[31]</sup>;研究发现,在新疆红肉苹果与红富士 F<sub>1</sub> 分离群体中,有稳定遗传的红肉-脆肉、红肉-绵肉、白肉-脆肉和白肉-绵肉 4 种类型,其中绵肉株系在果实发育的中后期就已软化变绵,而脆肉株系采后始终保持硬脆多汁的特性;利用 MsMYB10 的 R6/R1 基因型分子标记研究发现,叶片为红色的杂种实生幼苗均为红肉株系。据此,相关团队发明了一选亲本、一早播种、二选 F<sub>1</sub> 红肉脆肉优株、二早杂交、三选 F<sub>2</sub> 红肉脆肉株系、一促花芽分化缩童期的“三选两早一促苹果育种法”,育种年限缩短 5 年<sup>[32]</sup>;揭示了苹果高类黄酮形成的分子机制,苹果 MYB12 能够与 bHLH3/33 互作调控黄烷醇的合成,而 MYB22 直接与 FLS 启动子结合促进黄酮醇合成,提出了全红肉表型、分子标记及基因表达量检测三结合的高效筛选方法,创制出高类黄酮苹果优异种质 CSR6R6,创建了苹果优质高效育种技术体系<sup>[33-35]</sup>。

从高类黄酮苹果优异种质 CSR6R6 叶片诱导出红色愈伤组织,创建了离体培养研究平台。利用该平台,探讨了激素、低温、紫外线和干旱信号调控苹果花青苷合成的分子机理,为苹果区划及品质性状的栽培调控提供了科学依据。相关成果“利用组织培养法生产苹果类黄酮”获得发明专利<sup>[36-40]</sup>。

**1.1.4 创新利用成果** 利用发明专利技术及新疆野苹果红肉变型与红富士苹果品种杂种一代和二代分离群体,杂交育成了幸红、福红、美红和满红 4 个高类黄酮(红肉)苹果新品种,填补了我国红肉苹果品种的空白;针对我国苹果部分主产区干旱瘠薄且重茬严重,在苹果重茬障碍绿色防控技术、良种良法三位一体的中国式宽行高干省力高效栽培技术以及长柔毛野豌豆与自然生草多年交互生长的果园生草新模式方面进行了探讨,促进了新品种大面积推广应用,为果园机械化提供了保障,实现了节本增效;针对加工型苹果新品种满红,研发了高类黄酮

苹果酒加工新设备、新工艺和新产品,延长了产业链,实现了良种良法配套<sup>[3]</sup>。

## 1.2 伊犁野杏

分布于我国新疆伊犁河谷的伊犁野杏,多达 1333 hm<sup>2</sup>,是伊犁野果林的重要组成部分。在杏的生态地理群分类系统中,伊犁野杏属于准噶尔-伊犁生态地理群。利用分子系统学的原理和技术进行研究发现,在伊犁野杏、中亚南疆杏、欧洲和华北等 4 个普通杏生态群中,以伊犁野杏的遗传多样性最为丰富,多态位点数 A 和平均多态位点百分比 P 分别为 94.1 和 43.6%,其次为中亚南疆杏(A=89.1, P=41.3%),而华北生态群(A=85.7, P=39.4%)和欧洲生态群(A=85.1, P=39.4%)遗传多样性最低;进一步对华北杏、中亚南疆杏和伊犁野杏 3 个生态地理群的 520 余份中国杏种质资源部分生物学性状进行了田间试验和野外考察,结果发现,中国杏三大生态地理群品种或类型总体上表现为自交不亲和,中亚南疆杏油杏品种的频度高达 76.6%,而其他 2 个生态地理群皆为毛杏;伊犁野杏、中亚南疆杏和华北杏平均单果质量分别为 8.2 g、23.2 g 和 51.4 g,甜仁比率分别为 0.9%、93.1% 和 44.4%。

上述研究结果表明,伊犁野杏遗传多样性最丰富,自交不亲和,果个小,果面有毛,苦仁,在进化上较原始;而南疆杏自交不亲和,果较大,多为果面无毛的甜仁油杏,较进化<sup>[41-45]</sup>。

## 1.3 野生櫻桃李

新疆野櫻桃李(*Prunus cerasifera* Ehrh)是隶属于蔷薇科、李亚科、李属的一个种,也是李属的重要资源,在全球主要分布在中亚、天山、苏联高加索与土库曼山地、伊朗、小亚细亚及巴尔干半岛,在中国仅分布于新疆伊犁谷地以北博罗霍洛山南麓的霍城县大西沟和小西沟,十分珍贵,在《中国珍稀濒危保护植物名录》中,已被列为国家Ⅱ级重点保护物种。因此,进一步加强相关研究对野櫻桃李资源的保护利用具有重要意义<sup>[6,46]</sup>。

研究发现,在伊犁霍城县大西沟的新疆野生櫻桃李 45 个株系中,含有自交不亲和雌蕊决定子 S-RNase 新基因 4 个,在 GenBank 的登录号分别为 EF638726、EF641276、EF661873 和 EF661874;果实形状主要为圆形,少数为椭圆形、卵圆形、卵形和宽卵形,果实颜色主要有黄色、红色、紫红色和黑色等 4 种类型;Fe 元素含量、挥发性化合物组分含量及多酚组成和含量上均存在广泛的遗传变异,遗传多样性丰富;但单果质量变异较小,变异系数仅为



9.1%<sup>[47-49]</sup>。

2004 年以实生苗为试材,在青岛胶州进行新疆野櫻桃李迁地种植试验,进一步对新疆野生櫻桃李自然分布区伊犁霍城和迁地种植基地青岛胶州的气温与降雨量及其与新疆野生櫻桃李单果重变异的关系进行研究,发现在野生櫻桃李果实成熟的 8 月份,青岛胶州与伊犁霍城的气温差异不明显,而青岛胶州 8 月份的降雨量为 179.6 mm,是伊犁霍城 13.3 mm 的 13.5 倍。因此,在伊犁霍城水、温不匹配,从而单果重的变异系数仅为 9.1%,而青岛胶州水、温匹配合理,单果重变异系数高达 70.1%,有利于优异种质挖掘,并从种植圃的 2.8 万份野生櫻桃李自然杂交实生苗中选育出森果佳人和森果红露 2 个新品种,2011 年通过了山东省农作物品种审定委员会审定,实现了新疆野生櫻桃李资源的品种化,为利用保存提供了支撑<sup>[50-52]</sup>。

#### 1.4 野核桃

野核桃是伊犁野果林的重要组成部分,主要分布在巩留县南部,当地称为核桃沟。林培钧等<sup>[6]</sup>对野核桃 14 种植株和果实形态特征进行观察、记载和描述。进一步研究发现,新疆野核桃在单果质量、单果仁质量、出仁率、核壳厚度、核桃仁蛋白质、脂肪、可溶性糖、脂肪酸和矿物元素含量以及 SSR 和 SRAP 分子标记均表现出比较丰富的遗传多样性,进一步挖掘利用的潜力很大<sup>[53-56]</sup>。

## 2 新疆库尔勒香梨

### 2.1 中国梨产业的高效发展需要优质、耐贮、晚熟梨新品种的撬动

梨是我国落叶果树的第二大树种,面积和产量均占世界的 60% 以上,但砀山酥梨等主栽品种“晚熟而不优质”一直是制约我国梨产业高效发展的瓶颈问题。不仅果农和经销商的盈利空间有限,而且严重挫伤了消费者的消费积极性。因此,中国梨产业的高效发展需要优质、耐贮、极晚熟新品种的撬动。优质就是肉质酥脆甘甜、无石细胞,这是基础、是核心;耐贮性是把“果品”变为“商品”的重要特性,是实现高效发展的重要保障。利用优质、耐贮、晚熟梨品种来满足 14 亿人口的中国高端市场周年供应需求,是最经济有效的技术途径,是中国特色<sup>[57]</sup>。

### 2.2 新疆库尔勒香梨挖掘利用及山农酥梨新品种创制

研究发现,库尔勒香梨是东、西方梨的杂种,也是新疆梨 (*Pyrus sinkiangensis* T. T. Yu) 的代表性品

种之一,具有肉质细、耐贮藏的显著优点,不足之处是果个小、果心大,需要进一步改良。对中国近几年以新疆库尔勒香梨为亲本育成的玉露香、新梨 10 号、红香酥和山农酥梨品种特性进行研究发现,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。以遗传背景复杂、含有库尔勒香梨血缘的新梨 7 号为母本,以砀山酥梨为父本,杂交育成了优质、耐贮、抗氧化、极晚熟梨新品种山农酥,已经成为更新换代品种,解决了我国梨产业主栽品种砀山酥梨等“晚熟而不优质”的问题,受到市场和消费者的普遍欢迎,促进了我国梨产业优质高效发展<sup>[58-61]</sup>。

## 3 南疆杏

杏是南疆农民增收的支柱产业之一。研究发现,受多年实生繁殖及沙漠隔绝等因素的影响,库车、喀什、和田 3 个南疆杏生态亚群是相对独立的孟德尔群体,良莠不齐,这不利于南疆杏产业的高效发展。为此,开展良种选育与嫁接繁殖,先后初选出优良品系 160 余个,优选出色买提 1 号等 9 个优质甜仁油杏品种(系),并在南疆进行广泛的推广应用,打破了 3 个自然群体的封闭状态,为 20 余万  $\text{hm}^2$  的南疆杏良种化提供了支撑<sup>[62]</sup>。

研究发现,南疆杏果肉酯类、醇类、醛类、酮类及杂环类等各类挥发性化合物种类数和含量、果实果糖、葡萄糖与蔗糖以及苹果酸与柠檬酸含量的变异系数均在 20% 以上,表现出丰富的遗传多样性;南疆杏与华北杏杏仁油脂肪酸组成较为接近,油酸及亚油酸等主要脂肪酸组分的变异系数均在 10% 以下,比较稳定,变异性明显低于果肉风味物质。因此,在保持杏仁营养品质基本不变的前提下,进一步从南疆杏自然实生群体中选育果肉风味品质优良的新品种的潜力很大<sup>[63-64]</sup>。

进一步研究发现,从 27 个新疆杏品种中鉴定出 19 个不同的 *S-RNase* 基因中,有 4 个为 GenBank 上登陆的已知杏属 *S-RNase* 基因,15 个为新的 *S-RNase* 基因,并确定了 27 个新疆杏品种的 *S-RNase* 基因型,为杏栽培授粉树配置提供了依据。郑惠文等<sup>[65]</sup>研究明确了新疆杏果皮和果肉中糖和酸的组成与含量特征,揭示果实发育过程中糖、酸的动态变化规律,为杏风味品质调控和育种提供了科学依据。

## 4 结束语

种质资源的评价挖掘与创新利用是现代农业的重要特征,新疆是落叶果树的起源演化中心和品质育种的基因库。因此,针对目前的研究现状,今后应在如下 2 个方面下功夫:(1)新疆野苹果等资源的评价挖掘与创新利用已经取得了重要成果,推动了我国苹果产业品种结构优化调整和产业升级;但新疆野核桃、野山楂、野生樱桃李和伊犁野杏等资源的评价挖掘和创新利用尚显不足,有待进一步加强<sup>[7]</sup>;(2)东、西方梨杂种起源的新疆库尔勒香梨,优质、耐贮的特性遗传能力很强,以含有库尔勒香梨血缘的新梨 7 号为亲本杂交育成的山农酥梨新品种,优质、耐贮、抗氧化,综合品质性状优良。因此,一方面应进一步有效利用现代分子生物学技术,以新疆库尔勒香梨和山农酥梨新品种为试材,从转录、翻译及修饰等多个层面进一步探讨品质性状遗传和发育机理,为梨品质育种提供理论支撑;另一方面,进一步加强库尔勒香梨亲本利用研究,为我国地方梨品种资源的改良提升提供种质(基因)支持。

### 参考文献

- [1] 李振声,陈淑阳,刘冠革,李容玲.小麦与偃麦草远缘杂交的研究.科学通报,1962(4):40-42  
Li Z S, Chen S Y, Liu G G, Li R L. Study on the distant hybridization of wheat and elytrigia. Chinese Science Bulletin, 1962(4):40-42
- [2] 袁隆平.水稻的雄性不孕性.科学通报,1962(4):185-188  
Yuan L P. Male sterility of rice. Chinese Science Bulletin, 1962(4):185-188
- [3] 陈学森,毛志泉,王楠,张宗营,王志刚,徐月华,姜生辉,东明学,李建明.‘红富士’与新疆红肉苹果的评价挖掘与创新利用——培育幸福美满,助力健康中国,服务乡村振兴.中国果树,2020(4):1-4  
Chen X S, Mao Z Q, Wang N, Zhang Z Y, Wang Z G, Xu Y H, Jiang S H, Dong M X, Li J M. Evaluation, mining and innovative utilization of ‘Red Fuji’ and Xinjiang red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). China Fruits, 2020(4):1-4
- [4] 陈学森,毛志泉,王楠,张宗营,王志刚,姜召涛,徐月华,东明学,李建明.我国果树产业新旧动能转换之我见Ⅳ:服务乡村振兴,果树资源与育种研究必须坚持理论与技术创新并重及良种良法配套.中国果树,2019(6):1-5  
Chen X S, Mao Z Q, Wang N, Zhang Z Y, Wang Z G, Jiang Z T, Xu Y H, Dong M X, Li J M. To serve the rural revitalization, fruit tree breeding must attach equal importance to both theoretical and technological innovation, and provide a complete set of good varieties and methods. China Fruits, 2019(6):1-5
- [5] 陈学森,李秀根,毛志泉,王楠,张宗营,马锋旺,丛佩华,张玉刚,郭黄萍,王志刚,姜召涛,徐月华.新种质创造支撑果品产业升级——红肉苹果和‘库尔勒香梨’种质资源利用以及‘红富士’芽变选种案例分析.果树学报,2021,38(1):128-141  
Chen X S, Li X G, Mao Z Q, Wang N, Zhang Z Y, Ma F W, Cong P H, Zhang Y G, Guo H P, Wang Z G, Jiang Z T, Xu Y H. Fruit industry upgrading supported by new germplasm creation: Case study on the utilization of germplasm resources of red-fleshed apple and ‘Kuerlexiangli’ pear and the sports selection of ‘Red Fuji’. Journal of Fruit Science, 2021, 38(1):128-141
- [6] 林培钧,崔乃然.天山野果林资源——伊犁野果林综合研究.北京:中国林业出版社,2000:6-140  
Lin P J, Cui N R. Tianshan wild fruit forest resources in Tianshan Mountains——Comprehensive research on Yili wild fruit forests in Xinjiang. Beijing: China Forestry Press, 2000:6-140
- [7] 张艳敏,冯涛,张春雨,何天明,张小燕,吴传金,刘遵春,王艳玲,束怀瑞,陈学森.新疆野苹果研究进展.园艺学报,2009,36(3):447-452  
Zhang Y M, Feng T, Zhang C Y, He T M, Zhang X Y, Wu C J, Liu Z C, Wang Y L, Shu H R, Chen X S. Advances in research of the *Malus sieversii* (Lebed.) Roem. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(3):447-452
- [8] 冯涛,张红,陈学森,张艳敏,何天明,冯建荣,许正.新疆野苹果果实形态与矿质元素含量多样性以及特异性状单株.植物遗传资源学报,2006,7(3):270-276  
Feng T, Zhang H, Chen X S, Zhang Y M, He T M, Feng J R, Xu Z. Genetic diversity of fruit morphological traits and content of mineral element in *Malus sieversii* (Ldb.) Roem. and its elite seedlings. Journal of Plant Genetic Resources, 2006, 7(3):270-276
- [9] 陈学森,王楠,张宗营,毛志泉,王志刚,徐月华,姜生辉,房鸿程,王意程,东明学,李建明,隋秀奇.我国高类黄酮(红皮与红肉)苹果育种取得突破性进展.中国果树,2020(2):6-9  
Chen X S, Wang N, Zhang Z Y, Mao Z Q, Wang Z G, Xu Y H, Jiang S H, Fang H C, Wang Y C, Dong M X, Li J M, Sui X Q. Breakthrough in the breeding of high flavonoid (red-skin and red-fleshed) apple in China. China Fruits, 2020(2):6-9
- [10] Duan N B, Bai Y, Sun H H, Wang N, Ma Y M, Li M J, Wang X, Jiao C, Legall N, Mao L Y, Wan S B, Wang K, He T M, Feng S Q, Zhang Z Z, Mao Z Q, Shen X, Chen X L, Jiang Y M, Wu S J, Yin C M, Ge S F, Yang L, Jiang S H, Xu H F, Liu J X, Wang D Y, Qu C Z, Wang Y C, Zuo W F, Xiang L, Liu C, Zhang D Y, Gao Y, Xu Y M, Xu K N, Chao T, Fazio G, Shu H R, Zhong G Y, Cheng L L, Fei Z J, Chen X S. Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement. Nature Communications, 2017, 8:249
- [11] 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
- [12] 闫鹏,韩立群,梅闯,刁永强,许正,张学超,马凯,艾沙江·买买提,王继勋.新疆野苹果(*Malus sieversii*)植物学性状遗传多样性及相关性分析.植物遗传资源学报,2016,17(4):683-689  
Yan P, Han L Q, Mei C, Diao Y Q, Xu Z, Zhang X Q, Ma K, Mamat A, Wang J X. Genetic diversity and correlation

- analysis of botanical characters in Xinjiang wild apple (*Malus sieversii*). Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(4): 683-689
- [13] 冯涛, 陈学森, 张艳敏, 张春雨, 张小燕, 吴传金. 新疆野苹果叶片抗氧化能力及多酚组分的研究. 中国农业科学, 2008, 41(8): 2386-2391  
Feng T, Chen X S, Zhang Y M, Zhang C Y, Zhang X Y, Wu C J. Antioxidation and phenolic constituents in Xinjiang wild apple [*Malus sieversii* (Lebed.) Roem.] leaf. Scientia Agricultura Sinica, 2008, 41(8): 2386-2391
- [14] Chen X S, Feng T, Zhang Y M, He T M, Feng J R, Zhang C Y. Genetic diversity of volatile components in Xinjiang wild apple (*Malus sieversii*). Journal of Genetic and Genomics, 2007, 4(2): 171-179
- [15] 高源, 王大江, 王昆, 丛佩华, 李连文, 朴继成. 新疆野苹果叶绿体 DNA 变异与遗传进化分析. 植物遗传资源学报, 2020, 21(3): 579-587  
Gao Y, Wang D J, Wang K, Cong P H, Li L W, Piao J C. Chloroplast DNA variation and genetic evolution of *Malus sieversii* (Ledeb.) M. Roem. Journal of Plant Genetic Resources, 2020, 21(3): 579-587
- [16] 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
- [17] 王立霞, 冀晓昊, 安萌萌, 张宗营, 王艳廷, 王传增, 吴玉森, 吴树敬, 陈学森. 几个功能型苹果优株果实风味品质的评价. 果树学报, 2014, 31(5): 753-759  
Wang L X, Ji X H, An M M, Zhang Z Y, Wang Y T, Wang C Z, Wu Y S, Wu S J, Chen X S. Evaluation on apple fruit flavor quality of several functional superior apple strains. Journal of Fruit Science, 2014, 31(5): 753-759
- [18] 张春雨, 陈学森, 张艳敏, 苑兆和, 刘遵春, 王延龄, 林群. 采用分子标记构建新疆野苹果核心种质的方法. 中国农业科学, 2009, 42(2): 597-604  
Zhang C Y, Chen X S, Zhang Y M, Yuan Z H, Liu Z C, Wang Y L, Lin Q. A method for constructing core collection of *Malus sieversii* using molecular markers. Scientia Agricultura Sinica, 2009, 42(2): 597-604
- [19] 刘遵春, 张春雨, 张艳敏, 张小燕, 吴传金, 王海波, 石俊, 陈学森. 利用数量性状构建新疆野苹果核心种质的方法. 中国农业科学, 2010, 43(2): 358-370  
Liu Z C, Zhang C Y, Zhang Y M, Zhang X Y, Wu C J, Wang H B, Shi J, Chen X S. Study on method of constructing core collection of *Malus sieversii* based on quantitative traits. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(2): 358-370
- [20] 刘遵春, 刘大亮, 崔美, 李敏, 焦其庆, 高利平, 陈学森. 整合农艺性状和分子标记数据构建新疆野苹果核心种质. 园艺学报, 2012, 39(6): 1045-1054  
Liu Z C, Liu D L, Cui M, Li M, Jiao Q Q, Gao L P, Chen X S. Combining agronomic traits and molecular marker data for constructing *Malus sieversii* core collection. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(6): 1045-1054
- [21] 吴传金, 陈学森, 曾继吾, 易干军, 刘崇琪, 张大海. 新疆野苹果 (*Malus sieversii*) 超低温保存及其植株再生. 植物遗传资源学报, 2008, 9(2): 243-247  
Wu C J, Chen X S, Zeng J W, Yi G J, Liu C Q, Zhang D H. Cryopreservation of in vitro shoot tips of *Malus sieversii* by vitrification and its regeneration. Journal of Plant Genetic Resources, 2008, 9(2): 243-247
- [22] 高利平, 冀晓昊, 张艳敏, 宋君, 李敏, 刘大亮, 张芮, 陈学森. 新疆红肉苹果杂交后代绵 / 脆肉株系果实质地差异相关酶活性的初步研究. 园艺学报, 2013, 40(6): 1153-1161  
Gao L P, Ji X H, Zhang Y M, Song J, Li M, Liu D L, Zhang R, Chen X S. The preliminary study on the enzymes activity related to fruit texture of the fruit of soft/crisp strains from the cross progenies of 'Fuji' and *Malus sieversii*. Acta Horticulturae Sinica, 2013, 40(6): 1153-1161
- [23] Zhang Z Y, Wang N, Jiang S H, Xu H F, Wang Y C, Wang C Z, Li M, Liu J X, Qu C Z, Liu W, Wu S J, Chen X L, Chen X S. Analysis of the xyloglucan endotransglucosylase/hydrolase gene family during apple fruit ripening and softening. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2017, 65(2): 429-434
- [24] 陈学森, 毛志泉, 王志刚, 王楠, 张宗营, 姜生辉, 姜召涛, 徐月华, 东明学, 李建明, 隋秀奇. 持续多代芽变选种及其芽变机理揭开 '红富士' 在我国苹果产业独占鳌头的谜底. 中国果树, 2020(3): 1-5  
Chen X S, Mao Z Q, Wang Z G, Wang N, Zhang Z Y, Jiang S H, Jiang Z T, Xu Y H, Dong M X, Li J M, Sui X Q. Continuous multi generational sports selection and its mechanism reveals the mystery of 'Red Fuji' in China's apple industry. China Fruits, 2020(3): 1-5
- [25] 刘晓静, 冯宝春, 冯守千, 王海波, 石俊, 王娜, 陈为一, 陈学森. '国光' 苹果及其红色芽变花青苷合成与相关酶活性的研究. 园艺学报, 2009, 36(9): 1249-1254  
Liu X J, Feng B C, Feng S Q, Wang H B, Shi J, Wang N, Chen W Y, Chen X S. Studies on anthocyanin biosynthesis and activities of related enzymes of 'Ralls' and its bud mutation. Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(9): 1249-1254
- [26] Xu Y T, Feng S Q, Jiao Q Q, Liu C Q, Zhang W W, Chen W Y, Chen X S. Comparison of *MdMYB1* sequences and expression of anthocyanin biosynthetic and regulatory genes between *Malus domestica* Borkh. cultivar 'Ralls' and its blushed sport. Euphytica, 2012, 185(2): 157-170
- [27] Jiang S H, Sun Q G, Chen M, Wang N, Xu H F, Fang H C, Wang Y C, Zhang Z Y, Chen X S. Methylation and transcriptome analyses of apple fruit somatic mutations reveal the difference of red phenotype. BMC Genomics, 2019, 20: 117
- [28] Jiang S H, Wang N, Chen M, Zhang R, Sun Q, Xu H F, Zhang Z Y, Wang Y C, Sui X, Wang S, Fang H C, Zuo W, Su M Y, Zhang J, Zhang J, Chen X S. Methylation of *MdMYB1* locus mediate by RdDM pathway regulates anthocyanin biosynthesis in apple. Plant Biotechnology Journal, 2020, 18(8): 1736-1748
- [29] 王延玲, 张艳敏, 冯守千, 田长平, 王海波, 刘遵春, 宋杨, 陈学森. 新疆红肉苹果转录因子 MsMYB10 基因的克隆、序列分析及原核表达. 中国农业科学, 2010, 43(13): 2735-2743  
Wang Y L, Zhang Y M, Feng S Q, Tian C P, Wang H B, Liu Z C, Song Y, Chen X S. Cloning, sequence analysis and expression in *E. coli* of MsMYB10 gene from *Malus sieversii* f. *neidzwetzkyana*. Scientia Agricultura Sinica, 2010, 43(13): 2735-2743



- [30] 刘遵春, 苗卫东, 刘大亮, 陈学森. 新疆野苹果分离群体的构建和评价. 果树学报, 2012, 29(5): 722-728  
Liu Z C, Miao W D, Liu D L, Chen X S. Construction and evaluation of the segregation population in *Malus sieversii*. Journal of Fruit Science, 2012, 29(5): 722-728
- [31] 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
- [32] 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  $F_1$  population between *Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana* and apple varieties and evaluation on fruit characters of functional apple excellent strains. Scientia Agricultura Sinica, 2014, 47(11): 2193-2204
- [33] Wang N, Xu H F, Jiang S H, Zhang Z Y, Liu J X, Qiu H R, Qu C Z, Wang Y C, Wu S J, Chen X S. MYB12 and MYB22 play essential roles in proanthocyanidin and flavonol synthesis in red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). The Plant Journal, 2017, 90(2): 276-292
- [34] Xu H F, Wang N, Liu J X, Qu C Z, Wang Y C, Jiang S H, Lu N L, Wang D Y, Zhang Z Y, Chen X S. The molecular mechanism underlying anthocyanin metabolism in apple using the *MdMYB16* and *MdbHLH33* genes. Plant Molecular Biology, 2017, 94: 149-165
- [35] 许海峰, 王楠, 姜生辉, 王意程, 刘静轩, 曲常志, 王得云, 左卫芳, 张静, 冀晓昊, 张宗营, 毛志泉, 陈学森. 新疆红肉苹果杂种一代4个株系类黄酮含量及其合成相关基因表达分析. 中国农业科学, 2016, 49(16): 3174-3187  
Xu H F, Wang N, Jiang S H, Wang Y C, Liu J X, Qu C Z, Wang D Y, Zuo W F, Zhang J, Ji X H, Zhang Z Y, Mao Z Q, Chen X S. Content and analysis of biosynthesis-related genes of flavonoid among four strains of *Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*  $F_1$  population. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(16): 3174-3187
- [36] Ji X H, Wang Y T, Zhang R, Wu S J, An M M, Li M, Wang C Z, Chen X L, Zhang Y M, Chen X S. Effect of auxin, cytokinin and nitrogen on anthocyanin biosynthesis in callus cultures of red-fleshed apple (*Malus sieversii* f. *niedzwetzkyana*). Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2015, 120(1): 325-337
- [37] 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(1): 59
- [38] 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(3): 205-218
- [39] Fang H C, Dong Y H, Yue X X, Hu J F, Jiang S H, Xu H F, Wang Y C, Su M Y, Zhang J, Zhang Z Y, Wang N, Chen X S. The B-Box zinc finger protein MdBBX20 integrates anthocyanin accumulation in response to ultraviolet radiation and low temperature. Plant, Cell & Environment, 2019, 42(7): 2090-2104
- [40] Wang N, Liu W J, Wang Y C, Zhang Z Y, Chen X S. HEAT SHOCK FACTOR A8a modulates flavonoid synthesis and drought tolerance. Plant Physiology, 2020, 184(3): 1273-1290
- [41] 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
- [42] 李明, 胡霞, 苗兴军, 许正, 赵忠. 基于 SRAP 标记的伊犁河谷野生杏群体遗传多样性研究. 园艺学报, 2016, 43(10): 1980-1988  
Li M, Hu X, Miao X J, Xu Z, Zhao Z. Genetic diversity analysis of wild apricot (*Prunus armeniaca*) populations in the Ili valley as revealed by SRAP markers. Acta Horticulturae Sinica, 2016, 43(10): 1980-1988
- [43] 苑兆和, 陈学森, 张春雨, 何天明, 冯建荣, 冯涛. 普通杏群体遗传结构的荧光 AFLP 分析. 园艺学报, 2008, 35(3): 319-328  
Yuan Z H, Chen X S, Zhang C Y, He T M, Feng J R, Feng T. Population genetic structure in apricot (*Armeniaca* M.) revealed by fluorescent-AFLP markers. Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(3): 319-328
- [44] 包文泉, 乌云塔娜, 王淋, 赵罕, 杜红岩. 野生杏和栽培杏的遗传多样性和遗传结构分析. 植物遗传资源学报, 2017, 18(2): 201-209  
Bao W Q, Wuyun T N, Wang L, Zhao H, Du H Y. Genetic diversity and population structure of the wild apricot and cultivation apricot. Journal of Plant Genetic Resources, 2017, 18(2): 201-209
- [45] 何天明, 陈学森, 张大海, 徐麟, 刘宁, 高疆生, 许正. 中国普通杏种质资源若干生物学性状的频度分布. 园艺学报, 2007, 34(1): 17-22  
He T M, Chen X S, Zhang D H, Xu L, Liu N, Gao J S, Xu Z. Frequency distribution of several biological characters in different apricot eco-geographical groups native to China. Acta Horticulturae Sinica, 2007, 34(1): 17-22
- [46] 魏潇, 章秋平, 刘威生. 中国李种质资源研究进展. 园艺学报, 2020, 47(6): 1203-1212  
Wei X, Zhang Q P, Liu W S. Research progress on plum germplasm resources in China. Acta Horticulturae Sinica, 2020, 47(6): 1203-1212
- [47] 刘崇琪, 陈晓流, 张艳敏, 林群, 王金政, 张红, 张春雨, 陈学森. 新疆野生櫻桃李 *S-RNase* 基因分离与鉴定的初步研究. 园艺学报, 2009, 36(3): 333-340  
Liu C Q, Chen X L, Zhang Y M, Lin Q, Wang J Z, Zhang H, Zhang C Y, Chen X S. Primary study on identification of *S-RNase* genes in wild myrobalan plum (*Prunus cerasifera* Ehrh.). Acta Horticulturae Sinica, 2009, 36(3): 333-340
- [48] 刘崇琪, 陈学森, 王金政, 陈晓流, 王海波, 田长平, 吴传金. 新疆野生櫻桃李果实部分表型性状的遗传多样性分析. 园艺学报, 2008, 35(9): 1261-1268  
Liu C Q, Chen X S, Wang J Z, Chen X L, Wang H B, Tian C P, Wu C J. Studies on genetic diversity of phenotypic traits in wild

- myrobalan plum (*Prunus cerasifera* Ehrh.). Acta Horticulturae Sinica, 2008, 35(9): 1261-1268
- [49] 张静茹, 孙海龙, 陆致成, 李海飞, 李静, 王昆. 野生樱桃李 (*Prunus cerasifera*) 果实多酚多样性分析. 果树学报, 2017, 34(5): 567-575
- Zhang J R, Sun H L, Lu Z C, Li H F, Li J, Wang K. Diversity analysis of phenolic in wild myrobalan plums (*Prunus cerasifera*). Journal of Fruit Science, 2017, 34(5): 567-575
- [50] 冀晓昊, 张芮, 毛志泉, 匡林光, 鹿明芳, 王燕, 张艳敏, 陈学森. 野生樱桃李实生后代果实性状变异分析及优异种质挖掘. 园艺学报, 2012, 39(8): 1551-1558
- Ji X H, Zhang R, Mao Z Q, Kuang L G, Lu M F, Wang Y, Zhang Y M, Chen X S. The analysis of characteristic variations of the seedlings of Xinjiang wild myrobalan plum and excavation of the excellent germplasm resources. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(8): 1551-1558
- [51] 张芮, 毛志泉, 冀晓昊, 匡林光, 鹿明芳, 王燕, 陈学森. 樱桃李鲜食新品种‘森果佳人’. 园艺学报, 2012, 39(5): 999-1000
- Zhang R, Mao Z Q, Ji X H, Kuang L G, Lu M F, Wang Y, Chen X S. A new myrobalan plum cultivar ‘Senguo Jiaren’. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(5): 999-1000
- [52] 冀晓昊, 毛志泉, 张芮, 匡林光, 王燕, 张艳敏, 陈学森. 樱桃李新品种‘森果红露’. 园艺学报, 2012, 39(4): 797-798
- Ji X H, Mao Z Q, Zhang R, Kuang L G, Wang Y, Zhang Y M, Chen X S. A new myrobalan plum cultivar ‘Senguo Honglu’. Acta Horticulturae Sinica, 2012, 39(4): 797-798
- [53] 邓凤彬, 罗立新, 虎海防, 欧阳叶青, 袁雨婷, 张锐. 新疆野核桃坚果表型性状多样性分析. 果树学报, 2018, 35(3): 275-284
- Deng F B, Luo L X, Hu H F, Ouyang Y Q, Yuan Y T, Zhang R. Analysis of phenotypic diversity of nuts in wild walnut (*Juglans cathayensis* Dode) in Xinjiang. Journal of Fruit Science, 2018, 35(3): 275-284
- [54] 周红, 张萍, 李彦荣. 新疆野核桃坚果营养成分测定及分析. 果树学报, 2019, 36(5): 621-628
- Zhou H, Zhang P, Li Y R. Analysis of nutritive components of different types of Xinjiang wild walnuts. Journal of Fruit Science, 2019, 36(5): 621-628
- [55] 刘晓丽, 陈学森, 张美勇, 陈晓流, 何天明, 张立杰, 张春雨. 普通核桃 (*Juglans regia*) 3 个群体遗传结构的 SSR 分析. 果树学报, 2008, 25(4): 526-530
- Liu X L, Chen X S, Zhang M Y, Chen X L, He T M, Zhang L J, Zhang C Y. Population genetic structure analysis of *Juglans regia* using SSR markers. Journal of Fruit Science, 2008, 25(4): 526-530
- [56] 张捷, 李勤霞, 张萍, 余甜. 基于 SRAP 分子标记新疆野核桃的遗传多样性分析. 植物遗传资源学报, 2016, 17(2): 239-245
- Zhang J, Li Q X, Zhang P, Yu T. A study on genetic diversity of Xinjiang wild walnut based on SRAP molecular markers. Journal of Plant Genetic Resources, 2016, 17(2): 239-245
- [57] 陈学森, 王楠, 张宗营, 毛志泉, 王志刚, 姜召涛, 单玉佐. 我国果树产业新旧动能转换之我见 II: 以优质、晚熟、耐贮品种为主的品种结构助力我国苹果和梨产业高效发展. 中国果树, 2019(3): 1-4
- Chen X S, Wang N, Zhang Z Y, Mao Z Q, Wang Z G, Jiang Z T, Shan Y Z. Variety structure with high-quality, late-maturing and to rage-tolerant varieties as the main driving force for the efficient development of apple and pear industry in China. China Fruit, 2019(3): 1-4
- [58] 陈学森, 王楠, 张宗营, 冯守千, 陈晓流, 毛志泉. 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. 植物遗传资源学报, 2019, 20(4): 791-800
- Chen X S, Wang N, Zhang Z Y, Feng S Q, Chen X L, Mao Z Q. 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. Journal of Plant Genetic Resources, 2019, 20(4): 791-800
- [59] 冯守千, 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(2): 2685-2686
- Feng S Q, 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(2): 2685-2686
- [60] 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
- [61] 郭黄萍, 郝国伟, 张晓伟, 杨盛. ‘玉露香梨’的性状表现与栽培贮藏保鲜技术. 落叶果树, 2011(5): 41-43
- Guo H P, Hao G W, Zhang X W, Yang S. Character performance of ‘Yuluxiang pear’ and its cultivation and storage technology. Deciduous Fruits, 2011(5): 41-43
- [62] Yuan Z H, Chen X S, He T M, Feng J R, Feng T, Zhang C Y. Population genetic structure in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars revealed by fluorescent-AFLP markers in southern Xinjiang, China. Journal of Genetics and Genomics, 2007, 34(11): 1037-1047
- [63] 孙家正, 张大海, 张艳敏, 史作安, 林群, 田长平, 王娜, 陈学森. 新疆栽培杏风味物质组成及其遗传多样性. 园艺学报, 2010, 37(1): 17-22
- Sun J Z, Zhang D H, Zhang Y M, Shi Z A, Lin Q, Tian C P, Wang N, Chen X S. Genetic diversity and constituents of flavor in southern Xinjiang apricot cultivars. Acta Horticulturae Sinica, 2010, 37(1): 17-22
- [64] 孙家正, 张大海, 张艳敏, 焦娟, 王娜, 田长平, 陈学森. 新疆栽培杏品种杏仁油脂脂肪酸组成及其遗传多样性. 园艺学报, 2011, 38(2): 251-256
- Sun J Z, Zhang D H, Zhang Y M, Jiao J, Wang N, Tian C P, Chen X S. Genetic diversity and constituents of fatty acid in almond oil in southern Xinjiang apricot cultivars. Acta Horticulturae Sinica, 2011, 38(2): 251-256
- [65] 郑惠文, 张秋云, 李文慧, 章世奎, 席万鹏. 新疆杏果实发育过程中可溶性糖和有机酸的变化. 中国农业科学, 2016, 49(20): 3981-3992
- Zheng H W, Zhang Q Y, Li W H, Zhang S K, Xi W P. Changes in soluble sugars and organic acids of Xinjiang apricot during fruit development and ripening. Scientia Agricultura Sinica, 2016, 49(20): 3981-3992