

新中国果树科学研究70年——苹果

王金政², 毛志泉³, 丛佩华⁴, 吕德国⁶, 马锋旺⁵, 任小林⁵, 束怀瑞³,
李保华⁷, 郭玉蓉⁹, 郝玉金³, 姜远茂³, 张新忠¹, 杨欣⁸,
曹克强⁸, 赵政阳⁵, 韩振海^{1*}, 霍学喜⁵, 魏钦平¹⁰

(¹中国农业大学, 北京 100193; ²山东省农业科学院果树研究所, 山东泰安 271000; ³山东农业大学, 山东泰安 271018;
⁴中国农业科学院果树研究所, 辽宁兴城 125100; ⁵西北农林科技大学, 陕西杨凌 712100; ⁶沈阳农业大学, 沈阳 110866;
⁷青岛农业大学, 山东青岛 266109; ⁸河北农业大学, 河北保定 071001; ⁹陕西师范大学, 西安 710062;
¹⁰北京市林业果树科学研究院, 北京 100093)

摘要: 笔者在概述中国苹果资源、规模、区划、研发体系、人才队伍、条件建设、国际交流、流通商贸的基础上, 从种质资源、遗传育种、分子生物学、果园土壤管理、肥水管理、果实发育与花果管理、病虫害防治、果园机械、贮藏加工、耕作栽培制度、市场与经济等11个方面阐述了新中国成立70年来我国苹果科学研究的成就, 并展望了中国成为世界苹果研究强国的前景。

关键词: 苹果; 新中国; 70年; 科学研究; 回顾; 展望

中图分类号: S661.1

文献标志码: A

文章编号: 1009-9980(2019)10-1255-09

Fruit scientific research in New China in the past 70 years: Apple

WANG Jinzheng², MAO Zhiquan³, CONG Peihua⁴, LÜ Deguo⁶, MA Fengwang⁵, REN Xiaolin⁵, SHU Huairui³, LI Baohua⁷, GUO Yurong⁹, HAO Yujin³, JIANG Yuanmao³, ZHANG Xinzhong¹, YANG Xin⁸, CAO Keqiang⁸, ZHAO Zhengyang⁵, HAN Zhenhai^{1*}, HUO Xuexi⁵, WEI Qinqing¹⁰

(¹China Agricultural University, Beijing 100193, China; ²Shandong Institute of Pomology, Shandong Academy of Agricultural Sciences, Tai'an 271000, Shandong, China; ³Shandong Agricultural University, Tai'an 271018, Shandong, China; ⁴Institute of Pomology of CAAS, Xingcheng 125100, Liaoning, China; ⁵Northwest A & F University, Yangling 712100, Shaanxi, China; ⁶Shenyang Agricultural University, Shenyang 110866, Liaoning, China; ⁷Qingdao Agricultural University, Qingdao 266109, Shandong, China; ⁸Hebei Agricultural University, Baoding 071001, Hebei, China; ⁹Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, Shaanxi, China; ¹⁰Beijing Academy of Forestry and Pomology Sciences, Beijing 100093, China)

Abstract: This review summarizes apple germplasm resources, industry scale and regionalization, research and development system, research teams, research platform construction, international exchanges, and market and economy of apple. On the top of that, this article also makes a review of our country's progresses in the past 70 years in researches of germplasm resources, genetics and breeding, molecular biology, soil management, water and fertilizer managements, flower and fruit development and management, disease and pest control, orchard machinery, cropping system, market and economy of apple industry. The prospect of a world leading apple industry in China is previewed.

Key words: Apple; New China; 70 years; Scientific research; Review; Prospect

收稿日期: 2019-08-16 接受日期: 2019-09-12

基金项目: 国家苹果产业技术体系(CARS-27)

该文所有作者及其单位排名不分先后, 按作者姓氏笔画排序。

*通信作者 Author for correspondence. Tel: 010-62732467, E-mail: rschan@cau.edu.cn

1 概 况

我国是世界苹果原生中心之一,在35个苹果种中,原生于我国的有24个。1913年,烟台开启了我国(大)苹果栽培的历史。中华人民共和国成立后,苹果规模栽培和系统科学研究在我国真正兴起;“改革开放”至今,现代苹果栽培及苹果科学研究在我国得到了空前发展。我国苹果种植面积232.38万 hm^2 、产量4388.23万 $\text{t}^{[1]}$,分别占世界的48%、54%,规模世界第一;已形成了环渤海湾、黄土高原两个优势产区和黄河故道重要产区以及西南冷凉区、新疆等特色产区,优势产区明晰;建立了以国家现代苹果产业技术体系为代表的国家、省市、县级的研发与技术支持体系,研发体系健全;全国从事苹果技术研发的技术人员数以百计,且涌现出以束怀瑞院士为代表的国内外著名专家,人才队伍强大;具有国家苹果工程技术中心、苗木质检中心及部省级重点实验室和工程技术中心等,条件建设优良;年均引进派出人员约30人次,举办或参与相关专题会议5~7次,并标志性地于2016年在陕西召开了“第一届世界苹果大会”,国际交流活跃;基本形成了线上线下互通、商贸公司-交易企业-集贸市场-个体销售结合的流通渠道,并在郑州交易所建立了首个生鲜农产品的苹果期货,市场经济繁荣。苹果科学技术研究上,在种质资源、分子生物学、遗传育种、耕作制度和栽培管理、采后处理和加工、物流经济与市场等方面的研究皆取得了明显成效。

2 苹果种质资源研究

1949—1979年,我国果树研究单位或个人保存一些苹果品种,作为苹果育种材料圃。1979年6月,中国农业科学院在重庆召开了“果树科研规划会议”,制订了果树种质保存统一规划,决定建立国家果树种质资源圃,确立了“广泛收集、妥善保存、深入研究、积极创新、充分利用”的种质资源工作方针,标志着中国果树种质资源工作元年开始。

资源收集方面,开展了多次国家级的具有规模性、专业性的包括苹果资源在内的考察与收集。除了规模化考察外,各有关单位同时进行了小范围、仅针对苹果资源的野外考察工作。这些工作的开展,基本摸清了苹果资源家底。

1989年,建成了包含19种果树的16个国家果树种质资源圃。苹果资源圃包括国家果树种质兴城苹果圃(辽宁)、国家果树种质公主岭寒地果树圃(吉林)、国家果树种质新疆名特优果树及砧木圃(伦台)、国家果树种质云南特有果树及砧木圃(昆明);其中兴城苹果圃只保存苹果资源,其他3个资源圃是综合保存圃。此外,吉林长白山楂海棠(2005年)和新疆新源野苹果林(2008年)被国家列为野生植物原生境保护点;2012年增设了新疆伊犁野苹果资源圃,重点保护新疆野苹果。至2018年底,全国资源圃保存苹果资源约2600份。

1990年出版了《果树种质资源描述符—记载项目与评价方法》,规范了我国果树种质资源的描述。此后,以资源圃为主的我国相关单位主要开展了农艺性状和品质性状鉴定评价工作,出版了《果树种质资源目录》及基于评价数据的《中国果树志 苹果卷》,其中描述了660份苹果资源。近年来,我国科研人员在资源评价鉴定方面,不仅研究了苹果资源对生物和非生物胁迫的应答机制,而且在生化和分子层面进行了遗传多样性、分子身份证构建和遗传演化研究,同时采用组学手段更为精细地分析了苹果的驯化过程和生理过程的调控机制。

在资源共享利用方面,2003年后,科技部资助的国家科技基础条件平台建设-国家标本资源共享平台和国家基础条件平台汇集了植物、动物、岩矿化石和极地标本数字化信息的在线共享。截止2018年底,有198个参加单位组成(<http://www.nsii.org.cn/2017/home.php>),用户可以在此平台上查询苹果资源描述信息,实现了资源的信息共享。“十二五”期间,兴城苹果圃向国内80余家单位和个人提供苹果接穗、叶片、果实等资源材料3248份次。

虽然我国尚存在苹果野生资源种下类型少、国外野生资源与地方品种收集力度不够、对苹果种质资源遗传多样性评价深度不够、重要资源的遗传背景不清而限制了种质创新及共享等问题,但在苹果种质资源收集保存和鉴定研究等方面成就显著。

3 苹果遗传育种研究

1950—1980年,我国就当时苹果主栽或特色品种(含砧木)的产量和品质、抗病抗逆、耐贮藏等性状的表观遗传开展了较系统的研究,并初步搞清了研

究性状的遗传规律^[2]。2000年后,苹果分子遗传学研究开始起步。由塞威士苹果演化而来的栽培苹果为次级多倍体,证据之一是三倍体品种可育,而其有性后代中2x单株占32.6%;苹果全基因组测序更直接证实了此论点。苹果全基因组SNP高达720万个^[3],丰富的体细胞变异因无性繁殖得到保持,反转录转座子疑是芽变诱因,如转座子二次插入与短枝型关联;MdMYB1上游插入的4 kb gypsy转座子激活MdMYB1基因表达,控制果皮红色^[4]。MapQTL、GWAS和BSA-seq等广泛用于基因定位、连锁关系分析和遗传效应估算,不仅能在DNA碱基序列水平上解析果实酸度、硬度、果面红色与褪绿等性状的遗传变异,且可依亲本及杂种的基因型预测性状表型值^[5]。苹果芽休眠和童性是典型的表观遗传现象,连续茎段继代培养可使砧木成龄期组培苗返童^[6]。不可否认的是,对苹果主要性状的遗传规律尚不清楚;为加速育种进程,实现定向设计育种,亟待加强苹果主要经济性状的分子遗传学研究。

1950年代,我国即已开展有计划的杂交育种工作,育成影响较大的新品种有陕西省果树所选育的‘秦冠’、沈阳农业大学选育的‘寒富’、河北省昌黎果树所选育的‘胜利’等品种及山西省果树所选育的‘SH系’、吉林省园艺所选育的‘GM256’等砧木。2004年,全国苹果育种协作组成立,推动了我国的苹果育种工作。从事苹果育种研究的单位主要包括中国农业科学院果树所、中国农业大学、中国农业科学院郑州果树所、西北农林科技大学、辽宁省熊岳果树所、青岛农业大学、山东省果树研究所等近20个。2016以来,我国各育种单位共保存769个组合的苹果杂种实生苗共计37.16万株。70年来,我国已选育近400个苹果品种;其中近10年选育登记的苹果新品种110余个(包括砧木品种14个)^[7]。

我国苹果砧木育种起步于1950年代。1973年成立的矮化苹果协作网,在对M系、MM系等引进苹果矮化砧繁殖、适应性和砧穗组合进行研究的同时,也开启了我国苹果砧木较大规模的育种,并相继培育出S系、SH系、SX系、CX3、GM256等十数个苹果砧木品种;尤其是SH系中的部分系号、GM256已在生产上得到较大面积的推广应用。近30年来,又选育出‘中砧1号’‘青砧1-3号’‘辽砧106’‘Y1’‘Y3’‘GM2000’等砧木新品种。对砧木矮化和抗性机制

的研究发现,M9作矮化自根砧时根系的IPT基因固有表达量低,ZT合成能力弱;M9作矮化中间砧时韧皮部PIN基因表达量低,致使IAA极性下运不畅,根系IAA供应不足,导致根系ZT合成受到抑制^[8]。应用反向遗传学筛选方法,以赤霉素信号途径抑制蛋白DELLA蛋白MhGAI1为靶蛋白,筛选出一个矮化突变体dwarfl(即青砧2号)^[9]。‘中砧1号’铁高效之因是铁转运蛋白IRT1基因启动子区域因存在TA-TA-box插入而提高了IRT1的转录水平^[10]。此外,中国农业大学研发出分别基于根系构型、Dot-blot-microarray基因表达标记进行杂种初选的辅助育种技术^[11],可缩短砧木育种周期、提高育种效率。但总体上看,我国苹果育种研究核心竞争力仍不足,国内选育的品种在生产上规模化应用的屈指可数,主栽苹果品种多引自国外。因此,我国需着力加强核心种质构建、亲本科学配置、健全评价体系、深入开展品种区试等苹果育种研究。

4 苹果分子生物学研究

1970年代,我国研发建立了苹果茎尖培养、花粉培养等离体培养技术,此后获得一些主栽品种和砧木的再生植株,为苹果分子生物学研究奠定了基础。1990—2010年间,我国在苹果上开展了RFLP、SSR、AFLP、RAPD、SSR等多种类型分子标记的大量研究,并在近10年已发展到以高通量SNP标记为主;目前已利用SNP标记对苹果多种抗逆性和品质性状开展了遗传定位分析,鉴定出很多重要基因。1992年我国初步建立了苹果转基因体系,并于1994年获得具有特定功能的转基因苹果苗;通过转基因方法,已对影响苹果生长发育、抗逆性及品质性状的许多关键基因进行了功能鉴定,并对相关的分子调控机制进行了深入解析。继国际苹果基因组测序文章首次于2010年发表后,2016年、2019年我国相继发表了两篇苹果基因组重测序论文,通过基因组重测序详细解析了苹果的驯化历程,并鉴定出多个与苹果发育和抗逆相关的基因^[4,12]。此外,转录组、蛋白质组、代谢组等多种组学目前也已应用于苹果性状的分子生物学生物研究中。近50年来,苹果分子生物学领域我国已从跟踪性研究逐步发展到原创性研究、并处于世界先进水平。但在分子标记辅助育种、基因编辑、多组学多层级调控网络构建等方面,仍需进一步加强。

5 苹果园土壤管理研究

我国苹果园土壤条件较差,尤以有机质含量低、土壤结构不良为甚。针对每种土壤类型,均进行了相应的改良研究,以满足丰产优质对土壤条件的基本要求,达到以下目标:①结构合理(最理想的是团粒结构);②有机质含量逐年提高;③各种矿质元素含量丰富而均衡;④土壤的水、肥、气、热条件优越、协调;⑤土壤微生物数量多,种群丰富而协调,以有益细菌占据优势;⑥蚯蚓、蠕虫等土居原生动物多。实践中出现了不同的土壤管理制度,计有清耕制、间作制、免耕制、覆盖制、生草制等。

1950—1980年代,稀植大冠栽培体系,土壤管理以深翻改土为核心,幼龄果园普遍间作;这一时期多采用清耕制,采取的技术措施多是来自于果农多年的经验,尤以烟台地区果农经验为主,如深翻、客土等技术,皆收到了良好的效果。1970年代期间,虽进行过果园绿肥的系统研究,但未能推广普及。

1980—2000年代,新建园地面覆盖、起垄栽培增多,特别在干旱半干旱地区取得了良好的效果;各地正式开展了覆草、覆膜栽培技术及其作用机制的研究。但为追求高产,此期化肥用量迅速增多;除草剂开始在果园里应用,至今仍时被采用。

2000年代起、尤其近10年来,生草制为代表的土壤管理日渐普遍。2012年,国家现代苹果产业技术体系发布了《渤海湾苹果产区果园起垄生草土壤管理制度技术规范》,提倡“行内清耕或覆盖、行间自然生草(+人工补种)+人工刈割管理”的土壤管理模式^[13]。

根据我国果园土壤的实际情况和总结研究成果,山东农业大学提出我国苹果园土壤改良与培肥的基本原则是“增施有机物、以‘稳’为核心,以局部改良为主、逐渐实现全园改良,养好中上层、通透下层,提倡生物措施、实现土壤肥力稳步提升”。但在矮化集约栽培的体系下,有些传统的技术措施应有所改变,如深翻改土就不宜再于栽树后逐年进行、而应是建园前集中完成,且借助机械,高效便利;客土也不宜大面积开展,毕竟是“拆东墙补西墙”的事。

连作障碍是苹果园一直存在的问题,对无更多可用农田、近1/3果园面临更新的我国苹果业意义更重大。我国苹果连作障碍的主要诱因为土壤微生物群落结构变劣,如镰孢菌等有害真菌数量增多,其次

为有害化感物质^[14]。据此,提出选择适宜砧木、大量施入有机肥、土壤杀菌等减轻连作障碍技术,尤其是以“冬前开沟、清除残根、穴施菌肥、葱树混作”为核心的苹果连作障碍防控技术体系,在我国苹果产区示范应用,取得良好效果。

6 苹果肥水管理研究

我国苹果营养与施肥研究大致可划分为三个阶段。第一阶段,1950—1980年代前,我国果树工作者开展了氮等大量元素和B、Fe、Zn等微量元素的缺乏症研究、氮素等大量元素吸收利用规律研究,并进行了大量田间施肥试验。1980—2000年左右为第二阶段,是我国苹果营养与施肥研究迅速发展的阶段,中国农业大学、山东农业大学和中国果树所等单位深入开展了N、B、Ca、Fe、Zn等吸收、分配、利用和再利用规律研究,提出苹果氮素营养三阶段,为养分管理提供理论基础;研制出果树标准叶样和果树营养诊断法,建立了我国苹果叶分析矿质元素含量标准值,促进了叶分析等诊断方法的应用;将碳素营养与氮素营养结合,提出“以碳定氮、以氮促碳”的地上地下结合管理理念,推动丰产栽培技术进步。本世纪以来,研究进入面广、深入的第三阶段,主要是运用现代生物技术手段深入研究氮、铁等吸收利用以及氮与品质的关系等分子机制,并应用氮素的系统研究结果,提出氮肥“总量控制、分期调控”和磷钾肥“衡量监控”及中微量元素“因缺补缺”的高效施用技术;同时,包膜肥、袋控肥、配方肥等苹果肥日益丰富,水肥一体化、机械化施肥等新技术研究方兴未艾。

苹果园水分管理上,理论研究方面,探明了苹果砧木及砧穗组合的抗旱性和水分利用效率的差异,苹果分根交替、定位灌溉和调亏灌溉的水分运输机制,不同树龄的水分时空需求规律及水肥耦合的调控机制等。节水灌溉技术方面,针对不同区域气候特点、土壤类型等,研发出在丘陵山地和旱塬区苹果园应用以‘穴贮肥水’、‘行内覆盖保墒和行间覆草集贮雨水’等节水栽培技术;灌溉苹果园以农艺和工程节水相结合,采用‘起垄覆盖和小沟交替灌溉’、‘起垄覆盖园艺地布、布下铺设灌溉管的适时交替灌溉’的水分高效利用调控技术;近年来,果园‘水肥一体化技术’正在蓬勃兴起,并在不同苹果产区均有试验示范。

该方面,今后应加强与现代信息技术相结合的精

准施肥技术研究、因地制宜的水肥一体化体系研究。

7 苹果果实发育与花果管理研究

果实发育是产量和品质形成的生物学基础。苹果果实是假果,可食用部分和果核分别来自花托和心皮,其发育起始于二者的原基确定。花托形成始自花芽分化;近年来,“成花素”FT在花芽分化中的功能和机制日渐明确,利用FT促进成花的分子育种技术也逐渐发展起来。心皮形成则符合“ABC模型”理论,苹果ABC基因MdPI突变可以造成果实心皮(果核)发育异常并单性结实。

种子激素是果实发育、成熟和品质形成的关键内因。果实发育的大小取决于细胞数目和体积,果肉细胞在发育早期的横向和纵向分裂决定果实形状。研究表明,在果实膨大期,生长素和赤霉素等内源激素通过调控库源关系,促进光合产物向果实中分配和运输。

转色期是果实发育成熟(Maturation)和后熟(Ripening)的转折点,前者决定果实大小、形状、营养物质积累等,后者决定糖酸转化、果肉软化、香气物质释放等,直接决定果实风味、香气、质地等内在品质。近年来,我国在果实大小、成熟、色泽、糖酸等苹果果实品质研究方面取得了重要进展,初步阐述了部分性状的遗传驯化基础及其形成的分子机制,正在系统解析乙烯等内在因素和光照、温度、水肥等环境因子调控果实品质的信号途径和网络。

对于苹果花果管理的研究,花期授粉方面,1950—1960年代,针对苹果坐果率低、产量低而不稳,山东、辽宁率先进行蜜蜂授粉、人工授粉试验;1970年代初,研究制定了蜜蜂授粉技术方案并在鲁、晋、辽、冀、秦等省区推广应用。1980—1990年代,人工授粉成为山东烟台、威海产区的常规技术,并在全国苹果产区示范推广。1987年,中国农业科学院生物防治研究室引进日本角额壁蜂,在山东威海、烟台的试验可提高苹果坐果率30%以上;此后,在山东苹果产区普遍推广应用。2008年后,王贵平等提出不同产区壁蜂授粉技术规范,并在黄土高原、黄河故道及黑龙江苹果产区推广应用。专用授粉品种上,2003年以来,山东从引进国外的海棠资源中筛选出红玛瑙、金峰等一批专用授粉品种,并研制了应用技术规程,已经在全国各重点产区推广应用。疏花疏果方面,1970—1980年代,分别研究提出枝

果比和叶果比法、干截面积留果法、“间距疏果”法以确定苹果适宜负载量;2010年后,又分别研究提出矮化(中间)砧果园以干截面积确定负载量的指标、“花前疏花序”技术,已经在山东产区推广应用。鉴于疏花疏果用工多、效率低、成本高,1960—1970年代中国农业大学提出了西维因、萘乙酸、二硝基苯酚等疏除剂对金冠、红星、国光等品种的适宜浓度和喷施时期。2000年后,山西果树所、山东果树所和中国农业大学研发石硫合剂、萘乙酸、植物油及一些商品性疏除剂,并在山西、环渤海湾、华北、黄土高原产区示范推广。

1981年我国从日本引进套袋技术,20世纪末开始在苹果重点产区推广应用。2005年,农业部设立“苹果套袋关键技术示范补贴”专项,在苹果主产区6个省13个县实施,加速了套袋技术的推广和普及,成为苹果生产的常规管理措施。但套袋苹果品质下降,苦痘病、黑点病发生加剧,生产成本大幅度增加。2012年后,山东果树所研发了免套袋苹果优质生产综合防控技术,结合地面覆盖和生物防治,在山东主产区示范、推广。

1970—1980年代,针对苹果普遍早采质量下降的问题,各地进行了适宜采收期试验,根据果实生育期和多项生理指标,建立了‘新红星’‘乔纳金’‘嘎拉’‘富士’等主要品种适宜采收期的标准体系,为提高果品质量提供了技术支撑。但目前我国苹果生产上果实早采现象依然比较普遍,严重影响果品质量,亟需进一步规范采收标准。

8 苹果病虫害防治研究

70年来苹果树腐烂病曾几度在全国大流行,造成严重的死树和毁园。陈策等^[15]研究发现,苹果树腐烂病菌具有潜伏侵染现象,树皮充水度低、钾含量低,腐烂病发生严重,提出了以强壮树势和病斑刮治为主的防控措施。2000年以来,随着矮砧密植栽培模式的推广,苹果病毒病逐渐加重。国家苹果产业技术体系建立后,对腐烂病、轮纹病、炭疽叶枯病的研究,明确了苹果主要病害的病原菌和致病类型^[16]。2009年我国首次发现并命名了对‘嘎拉’‘乔纳金’及元帅系苹果高度感染的炭疽叶枯病。侵染规律方面,发现腐烂病菌在冬季低温条件下可侵染树体伤口,提出了推迟冬剪及对剪锯口涂药保护的预防措施;明确了腐烂病菌在树体内可以上下传导,

导致病害经常复发。套袋技术的普及,减少了用药次数,但枝干轮纹病在我国呈蔓延之势;就此研发出了基于生防菌的涂干剂,从幼树开始每年涂一次可以有效保护树体免受病菌侵染。对炭疽叶枯病,筛选出了吡唑醚菌酯、波尔多液等残效期长的有效药剂;研发出针对苹果再植病的生物菌剂,在栽树时处理土壤可以有效防控病菌的感染。鉴于苹果病毒病和苹果枝枯病的危害日重,今后需对此开展更深入的发生规律和防控的研究。

在苹果害虫的研究与防控方面,1950年代,查明了我国苹果园内害虫和天敌的种类及其在各苹果产区的分布,于1960年出版了《中国果树害虫志》。1960—1980年代,基本探明了桃小食心虫、山楂叶螨、苹果绵蚜等苹果害虫的生活史、生物学习性及发生发展的生态条件,研究提出主要害虫监测预报方法和防控技术,有效的控制了各种害虫的危害;开展了基于果园生态系统的综合防治研究,提出了苹果园害虫管理的综合防控方案。1980年代以来,以性诱剂为主的测报技术广泛用于苹果主要害虫的监测预报,提高了害虫测报与防治的精准度;以灭幼脲等昆虫激素为基础结构的仿生农药,在苹果害虫的防控中得到广泛应用,减少了化学农药使用量,明显改善果园生态环境。苹果套袋栽培有效控制了桃小食心虫的危害,化学杀虫剂的使用量减少50%以上。近年来,物联网、人工智能、物理诱杀、远程监测、模式识别等技术的应用,提高了苹果害虫监测预报和综合防治的精准度和自动化水平。目前,危险性害虫的检疫难度加大、扩散速度加快,苹果蠹蛾、橘小实蝇等害虫有进一步蔓延趋势;随劳动力成本的提高,苹果免套袋栽培势在必行,这为苹果害虫的防控提出了新的挑战。

9 苹果园机械研究

中国苹果园机械的发展历史较短,1950年代才推广使用手动喷雾器,1960年代中期开始发展动力喷雾机。1970年起,在引进国外机械的同时,陆续研制果树苗圃、果园除草、剪枝、喷雾以及果品收获、分级清选等机械。改革开放后,由于苹果长期以农户分散栽培管理为主,机械化程度普遍偏低。2007年国家现代苹果产业技术体系建立后,开始配套研发针对苹果苗木、植保、生草、采收等关键环节的机械装备。“十二五”期间,在国家公益性行业科研专项

支持下,研发了3GC系类悬挂式果园割草机、3WF系列悬挂式和牵引式风送喷雾机、3GP系列轮式轻便型果园作业平台、振动式和复合振摆式起苗机等。截止2015年底,我国果业平均综合机械化率达到26.58%;其中,机械植保率和机械转运率分别达到45.29%、54.23%,但机械施肥、修剪、采收率仍很低。2016年,根据苹果省力化栽培和减施化学肥药需要,重点研发了牵引式栽树机,开沟施肥回填一体机,偏置、调幅、避障割草机,塔型和静电弥雾机,山地果园作业平台,苗木平茬机和移栽机等新机型。苹果园环境监测、机械疏花、果树切根、航空植保、水肥智能控制、防寒防灾等技术装备得到应用。至2018年底,矮密集约栽培苹果示范园的果园机械应用率超过85%。我国苹果园机械研究遵循农机农艺融合的原则,向着绿色环保、全程化、自动化和智能化方向发展^[17]。

10 苹果贮藏加工研究

我国苹果贮藏保鲜研究,大体经历了3个阶段。1950—1960年代中期,主要进行了苹果果实呼吸特性、采后愈伤特性与生理病害特性的理论研究;挖掘整理窖藏、沟藏和冻藏等民间苹果贮藏技术。1960年代中期至1990年代,主要进行主栽品种采摘成熟度、低氧和高二氧化碳对果实成熟衰老的影响以及虎皮病产生机制等理论研究;1974年成立全国苹果贮藏研究协作组组建的土窑洞、慢冷冻、塑料薄膜、涂料、硅橡胶和气调贮藏等六个专题小组开发了相应的贮藏技术^[18],其中1968年建成的我国第一座果品机械冷库、1979年建成的我国第一座苹果气调冷库,标志着我国苹果贮藏业进入发展新时期。1990年至今,主要在苹果成熟衰老关键基因研究,特别是乙烯合成、果肉褐变及虎皮病相关基因调控等理论研究上成绩显著;技术上,普通冷藏得到快速发展,并开发了临界冰点冷藏技术、双相变动气调技术、1-MCP处理技术、低乙烯贮藏技术等。目前,全国苹果总贮量约占苹果总产量的30%;其中,机械冷藏量约62%,气调贮藏约9%,简易贮藏约29%。该领域需进一步探明苹果成熟衰老调控分子机制,为培育耐贮品种奠定基础;研发绿色、节能的贮藏技术,推广苹果贮藏管理规程。

苹果加工产品上,1950—1980年代,我国主要开发的是罐头、蜜饯等;1990年代至今,“多元化、营

养化、绿色化、智能化”已经成为苹果加工的发展方向,研制出新型果汁产品、发酵产品及功能产品等;浓缩苹果汁是目前最大的苹果加工品,最高年份占全球70%。加工技术上,由热杀菌、糖渍、烘干等技术向精准化、新技术应用发展,榨前分离、膜分离及非热杀菌等技术应用到果汁、果酒加工中,冷冻干燥、微波干燥及脉动燃烧喷雾干燥等技术应用到脱水产品加工中;加工技术装备已由最初的国外引进,发展到对国际先进技术与设备的消化吸收和再创新,整体上接近发达国家。此外,也已涉足苹果加工副产物中多酚、果胶及膳食纤维等功能成分的研究。目前致力于构建逐渐与国际接轨的苹果安全标准体系、追溯预警体系、全链条过程控制体系及安全大数据云平台。

11 苹果耕作栽培制度研究

果树耕作栽培制度是果园建立和果树配套栽培技术形成的前提。70年来,我国苹果栽培制度历经乔砧稀植、乔砧密植、矮砧密植的3次变革,相应的栽培技术也发生了很大变化。

1950—1960年,我国苹果生产处于起步阶段,栽培技术以学习模仿日本等国经验为主,普遍采用“乔砧稀植”方式。以辽南、胶东为代表的主产区,在“稀植、大冠”树形培养与修剪等方面做了大量试验示范,取得了较好效果。黄河故道、黄土高原、华北平原等发展区也多借鉴应用这种模式。在当时果树“上山、下滩”的特定历史条件下,该栽培制度有利于提高果树抗瘠薄能力,缓解与粮棉争地的矛盾,对推动苹果发展有积极作用。但树冠成形慢,修剪技术复杂,产量低、效益差,制约了生产水平的提高。

1960年代以后、尤其是1980年代,苹果“早果、丰产”栽培开始受到关注;特别是随着“新红星”等短枝型品种的引进推广及陆续出现了一批丰产典型,环割、环剥等“控冠促花”技术的普遍应用,逐渐形成了“适度密植、人工促控、低干矮冠、早果丰产”的乔砧密植栽培技术体系。“乔砧密植”栽培的广泛应用,对推动我国苹果大发展、尤其是西部旱区苹果栽植面积的扩大起到了重要作用。但随树龄增大,控冠难度加大,其弊端逐渐显露。尤其是红富士苹果的大面积推广,乔化密植的诸多问题越发突显。近年推行的乔化密植园的“间伐、改形”技术,实际上就是对乔化密植栽培方式的技术革新。

乔砧密植向矮化密植栽培转变上,1973年成立的全国矮化苹果砧协作网,重点对M系、MM系矮化砧的繁殖、适应性和砧穗组合进行研究,并开展了矮砧密植栽培的试验示范。此后,多个科教单位在苹果矮砧的引进与选育、矮砧苗木繁育、矮砧密植栽培技术等方面开展了大量的试验研究与示范推广工作,自上世纪80年代末开始陆续建立了一批示范园和示范基地。但因对矮砧密植栽培缺乏系统认识,且矮砧苗木繁育体系不健全,矮砧密植栽培一直处于缓慢发展阶段。近年来,各地对矮砧密植栽培技术研究逐步深入,矮砧密植栽培推广明显加快,应用面积逐年增长。但我国苹果产区生态环境差异较大,针对不同立地条件,建立相配套的矮砧密植栽培技术体系是亟待解决的重要课题。

12 苹果市场与经济研究

伴随着建国以来农业体制变革,中国苹果产业经济研究经过两个不同阶段,即1949—1978年间农业计划经济阶段和1978年以来的改革开放阶段,其中主要成果形成于改革开放阶段。

鉴于农业产权制度的特殊性、小规模苹果户经营的基本格局、苹果市场化改革的状况、产业转型升级障碍等特殊国情,并借鉴规范研究与实证研究、定性研究与定量研究相结合的思路及经济学与管理学融合的研究方法等国内外成果,在苹果市场与经济研究上取得了五方面新进展。一是以组织行为理论、制度经济理论为指导,围绕“苹果户+合作社+涉果企业”及苹果供应链、价值链、产业链模式创新,形成契合中国苹果户小规模经营情境的产业组织理论和经营管理模式。二是以结构经济理论为指导,围绕鲜食苹果及加工品种结构、进出口品种结构优化,形成适合市场需求变化趋势的产业结构理论。三是以经济地理理论、区域经济理论为指导,采用投入-产出方法、结构方程模型等,研究优势、特色产区的苹果布局优化方案。四是以技术经济理论为指导,采用TFP模型、DEA模式等,围绕苹果矮砧密植高效栽培、老果园及低效果园改造等技术模式,探讨研究与开发、实验与示范、培训与推广对苹果产业进步的贡献,形成苹果产业技术经济评价理论与方法。五是以消费经济理论为指导,采用计量经济模型、弹性方法,研究国内外苹果及加工产品市场演进规律、需求变化特征、市场细分及目标市场定位,形成中国

苹果市场理论和治理模式。

总体而言,我国的苹果市场与经济研究具有三个特色,一是遵循苹果管理体制、产业运行机制创新、支持政策整合思路,研究构建市场在苹果产业资源配置中发挥决定性的机制。二是贯彻绿色发展理念,构建资源节约型苹果产业体系,推动产业转型升级,聚焦研究科技助力苹果产业综合竞争力提升的路径,持续增加苹果户收入的模式,以及助力精准扶贫精准脱贫的有效举措。三是围绕苹果产业组织创新、结构调整、布局优化、技术进步、市场规划、政策整合,系统设计和统筹推进苹果产业经济与政策研究工作。

该领域尚需关注:一是农地产权制度改革滞后,农地流转市场缺乏有效性,成为制约苹果户适度规模经营的瓶颈;二是苹果产业运行成本持续上升,制约苹果产业综合竞争力的提高;三是苹果品种创制、栽培模式创新、病虫害绿色防控、化肥减量及替代等技术研发、推广亟待强化;四是果园微环境、果园投入物、苹果分拣与分级、贮藏与物流、苹果及其加工品的技术规划建设滞后、质量标准良莠不齐;五是地方政府过度干预,导致苹果产业布局失衡和市场波动风险。

13 结 语

新中国成立70年来,我国的苹果事业可以概括为,研究成果斐然,产业发展兴旺;在苹果科学研究、产业规模方面,我国都已成为名副其实的世界大国。随着已暂露头角的分子定向育种、智慧果园技术的突破性进展,中国特色现代耕作栽培体系的建立,苹果市场经济的完善成熟,不久的将来,我国应该、也必定成为苹果科学研究和产业技术的世界强国。

参考文献 References:

- [1] 中国农业年鉴编辑委员会. 中国农业年鉴(2017)[M]. 北京: 中国农业出版社, 2017.
The Editorial Committee of China Agricultural Statistical Yearbook. China Agriculture Yearbook (2017) [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2017.
- [2] 邓秀新, 王力荣, 李绍华, 张绍铃, 张志宏, 丛佩华, 易干军, 陈学森, 陈厚彬, 钟彩虹. 果树育种40年回顾与展望[J]. 果树学报, 2019, 36(4): 514-520.
DENG Xiuxin, WANG Lirong, LI Shaohua, ZHANG Shaoling, ZHANG Zhihong, CONG Peihua, YI Ganjun, CHEN Xuesen, CHEN Houbin, ZHONG Caihong. Retrospection and prospect of fruit breeding for last four decades in China[J]. Journal of Fruit Science, 2019, 36(4): 514-520.
- [3] DUAN N, BAI Y, SUN H, WANG N, MA Y, LI M, WANG X, JIAO C, LEGALL N, MAO L, WAN S, WANG K, HE T, FENG S, ZHANG Z, MAO Z, SHEN X, CHEN X, JIANG Y, WU S, YIN C, GE S, YANG L, JIANG S, XU H, LIU J, WANG D, QU C, WANG Y, ZUO W, XIANG L, LIU C, ZHANG D, GAO Y, XU Y, XU K, CHAO T, FAZIO G, SHU H, ZHONG G Y, CHENG L, FEI Z, CHEN X. Genome re-sequencing reveals the history of apple and supports a two-stage model for fruit enlargement[J]. Nature Communications, 2017, 8(1): 249.
- [4] ZHANG L, HU J, HAN X, LI J, GAO Y, RICHARDS C M, ZHANG C, TIAN Y, LIU G, GUL H, WANG D, TIAN Y, YANG C, MENG M, YUAN G, KANG G, WU Y, WANG K, ZHANG H, WANG D, CONG P. A high-quality apple genome assembly reveals the association of a retrotransposon and red fruit colour[J]. Nature communications, 2019, 10(1): 1494.
- [5] JIA D, SHEN F, WANG Y, WU T, XU X, ZHANG X, HAN Z. Apple fruit acidity is genetically diversified by natural variations in three hierarchical epistatic genes: MdSAUR37, MdPP2CH and MdALMTII[J]. Plant Journal, 2018, 95: 427-443.
- [6] XIAO Z, JI N, ZHANG X, ZHANG Y, WANG Y, WU T, XU X, HAN Z. The loss of juvenility elicits adventitious rooting recalcitrance in apple rootstocks[J]. Plant Cell, Tissue and Organ Culture, 2014, 119: 51-63.
- [7] 丛佩华, 张彩霞, 韩晓蕾, 田义, 张利义, 李武兴. 我国苹果育种研究现状及展望[J]. 中国果树, 2018(6): 1-5.
CONG Peihua, ZHANG Caixia, HAN Xiaolei, TIAN Yi, ZHANG Liyi, LI Wuxing. Current research situation and prospect of apple breeding in China[J]. China Fruits, 2018(6): 1-5.
- [8] LI H, ZHANG H, YU C, MA L, WANG Y, ZHANG X, HAN Z. Possible roles of auxin and zeatin for initiating the dwarfing effect of M9 used as apple rootstock or interstock[J]. Acta Physiologiae Plantarum, 2012, 34(1): 235-244.
- [9] WANG S, LIU Z, SUN C, SHI Q, YAO Y, YOU C, HAO Y. Functional characterization of the apple MhGAI1 gene through ectopic expression and grafting experiments in tomatoes[J]. Journal of Plant Physiology, 2011, 169(3): 303-310.
- [10] ZHANG M, LV Y, WANG Y, ROSE J K C, SHEN F, HAN Z, ZHANG X, XU X, WU T, HAN Z. TATA box insertion provides a selection mechanism underpinning adaptations to Fe deficiency [J]. Plant Physiology, 2017, 173(1): 715-727.
- [11] ZHU M, WANG R, KONG P, ZHANG X, WANG Y, WU T, JIA W, HAN Z. Development of a dot blot macroarray and its use in gene expression marker-assisted selection for iron deficiency tolerant apple rootstocks[J]. Euphytica, 2015, 202(3): 469-477.
- [12] LI X, KUI L, ZHANG J, XIE Y, WANG L, YAN Y, WANG N, XU J, LI C, WANG W, VAN N S, DONG Y, MA F, GUAN Q. Improved hybrid de novo genome assembly of domesticated apple (*Malus × domestica*)[J]. GigaScience, 2016, 5(1): 35.
- [13] 国家苹果产业技术体系. 渤海湾苹果产区果园起垄生草土壤管理制度技术规范[J]. 落叶果树, 2012, 44(5): 5-6.
National Technology System of Apple Industry. Technical speci-

- fication for soil management system for ridges and grasses in orchard is in the apple-producing areas of Bohai Bay[J]. *Deciduous Fruits*, 2012, 44(5): 5-6.
- [14] 尹承苗,王玫,王嘉艳,陈学森,沈向,张民,毛志泉. 苹果连作障碍研究进展[J]. *园艺学报*, 2017, 44(11): 2215-2230.
- YIN Chengmiao, WANG Mei, WANG Jiayan, CHEN Xuesen, SHEN Xiang, ZHANG Min, MAO Zhiquan. The research advance on apple replant disease[J]. *Acta Horticulturae Sinica*, 2017, 44(11): 2215-2230.
- [15] 陈策. 苹果树腐烂病发生规律和防治研究[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.
- CHEN Ce. Study on the occurrence and control of apple rot disease[M]. Beijing: China Agricultural Science and Technology Press, 2009.
- [16] 王树桐,王亚南,曹克强. 近年我国重要苹果病害发生概况及研究进展[J]. *植物保护*, 2018, 44(5): 13-25.
- WANG Shutong, WANG Yanan, CAO Keqiang. Occurrence of and research progress in important apple diseases in China in recent years[J]. *Plant Protection*, 2018, 44(5): 13-25.
- [17] 杨欣. 现代果园机械化管理关键技术与装备[C]//中国园艺学会果树专业委员会. 2018年果树产业振兴暨果树优质高效生产新技术交流会资料汇编, 辽宁大连, 2018: 44-61.
- YANG Xin. Key technology and equipment for modern orchard mechanization management[C]// Fruit Tree Committee in Chinese Society for Horticultural Science. Compilation of the 2018 Fruit Tree Industry Revitalization and Fruit Tree Quality and Efficient Production New Technology Exchange Conference, Dalian, Liaoning, 2018: 44-61.
- [18] 焦新之. 苹果贮藏研究协作会议[J]. *植物生理学通讯*, 1979(2): 22.
- JIAO Xinzhi. Apple storage research collaboration conference [J]. *Plant Physiology Journal*, 1979(2): 22.

“第二届全国梨产业发展研讨会”在河南商丘召开

2019年9月21—22日,由全国梨产业协作组、中国农业科学院郑州果树研究所联合主办,宁陵县人民政府、商丘国家农业科技园区管理委员会共同承办的“第二届全国梨产业发展研讨会”在河南省商丘市顺利召开。

农业农村部科技教育司原副司长、巡视员、宁波大学中国乡村政策与实践研究院院长刘艳,农业农村部全国农业技术推广服务中心园艺处处长李莉,国家梨产业技术体系首席科学家、全国梨产业协作组组长、南京农业大学梨工程技术研究中心主任张绍铃,中国农业科学院果树研究所所长曹永生,浙江大学校长助理陈昆松,河南省科技厅副厅长夏培臣,中国农业科学院郑州果树研究所党委书记赵玉林,河南省科技厅农村处副处长王备战,中国农业科学院郑州果树研究所副所长王力荣,商丘市人民政府副市长倪玉民,商丘市科技局局长张建民,宁陵县委书记李振兴,宁陵县政府副县长赵向群及全国梨产业协作组成员和从事梨产业的相关高校、科研院所、地方主管部门、技术人员、企业、种植大户等260余人参加会议。会议分3个部分:开幕式、研讨会、基地参观。



会议开幕式由宁陵县政府县长马同和主持。李振兴书记、倪玉民副市长、赵玉林书记、夏培臣副厅长、李莉处长依次致

辞。随后,张绍铃教授介绍了本次会议筹办的背景和基本情况、我国梨产业的科技与产业发展水平,以及梨产业在扶贫攻坚与乡村振兴工作中的重要作用,并对会议议程进行简要说明。

9月21日至22日上午为交流研讨会。会议邀请了来自农业农村部、中国农业科学院果树研究所、浙江大学、中国农业科学院郑州果树研究所、中国农业大学、华中农业大学、南京农业大学、青岛农业大学、安徽农业大学、湖北省农业科学院、浙江省农业科学院、河北省农林科学院、辽宁省果树研究所、优果联品牌管理有限公司、亚果会等单位的26位领导、专家和企业代表做了专题报告。报告内容极其丰富,既有宏观的产业发展战略指导,又有梨产业链各环节最新研究进展报告和发展趋势解析,也有品牌创建、经营管理的先进经验交流和经典案例分析,对后续梨的科学研究、生产和经营等具有重要的启发和指导意义。

22日下午,全体参会人员实地考察了宁陵万顷梨园和中国农业科学院郑州果树研究所宁陵酥梨试验站,并参加了在宁陵酥梨试验站举办的果园农机、农资地头展。

全国梨产业协作组是一个非盈利性的民间产业服务团体,其依托单位为南京农业大学,主体为国家梨产业技术体系专家,目前已吸纳协作组成员近1000人。自2017年成立以来,协作组秉承着“热衷梨产业、服务梨产业、献身梨产业”的宗旨和文化精神,努力发挥连接政府、科研单位、基层技术人员、企业及种植户的桥梁和纽带作用,已组织举办了两届“全国梨产业发展研讨会”,为梨产业的管理者、研究者、生产者、销售者提供了面对面交流的良好平台,促进了产业链各环节、各相关单位之间的交流协作和最新科技成果与生产实际的高效对接,加快了新成果在生产中的转化和应用,对我国梨产业的健康可持续发展起到了重要的推动作用。

(谢智华 南京农业大学梨工程技术研究中心,南京 210095)