



2011—2012

*Report on Advances in
Horticultural Science*

中国科学技术协会 主编
中国园艺学会 编著

中国
园艺学
学科
发展
报告

中国科学技术出版社





2011-2012

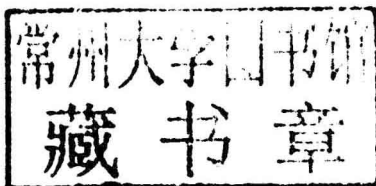
园 艺 学

学科发展报告

REPORT ON ADVANCES IN HORTICULTURAL SCIENCE

中国科学技术协会 主编

中国园艺学会 编著



中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

2011—2012 园艺学学科发展报告/中国科学技术协会主编;
中国园艺学会编著. —北京:中国科学技术出版社,2012. 4
(中国科协学科发展研究系列报告)
ISBN 978-7-5046-6031-2

I. ①2… II. ①中… ②中… III. ①园艺-技术发展-
研究报告-中国-2011—2012 IV. ①S6-12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 042597 号

选题策划 许 英
责任编辑 赵 晖 左常辰
封面设计 中文天地
责任校对 刘洪岩
责任印制 王 沛

出 版 中国科学技术出版社
发 行 科学普及出版社发行部
地 址 北京市海淀区中关村南大街 16 号
邮 编 100081
发行电话 010-62173865
传 真 010-62179148
网 址 <http://www.cspbooks.com.cn>

开 本 787mm×1092mm 1/16
字 数 252 千字
印 张 10.5
印 数 1—2500 册
版 次 2012 年 4 月第 1 版
印 次 2012 年 4 月第 1 次印刷
印 刷 北京凯鑫彩色印刷有限公司

书 号 ISBN 978-7-5046-6031-2/S·553
定 价 32.00 元

(凡购买本社图书,如有缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换)
本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

2011 – 2012
园艺学学科发展报告
REPORT ON ADVANCES IN HORTICULTURAL SCIENCE

首席科学家 方智远

专 家 组

组 长 杜永臣

副组长 (按姓氏笔画排序)

孙日飞 张启翔 韩振海

成 员 (按姓氏笔画排序)

于贤昌	王 忆	王晓武	王海平	王跃进
包满珠	吕英民	刘广树	刘凤之	刘孟军
孙日飞	李天红	李宝聚	李雯琪	许 勇
张启翔	张学杰	张 彦	张新忠	陈昆松
林顺权	周志钦	赵梁军	祝 旅	高东升
高俊平	郭文武	葛 红	董 丽	韩振海
潘东明	潘会堂			

学 术 秘 书 张 彦

序

科学技术作为人类智慧的结晶,不仅推动经济社会发展,而且不断丰富和发展科学文化,形成了以科学精神为精髓的人类社会的共同信念、价值标准和行为规范。学科的构建、调整和发展,也与其内在的学科文化的形成、整合、体制化过程密切相关。优秀的学科文化是学科成熟的标志,影响着学科发展的趋势和学科前沿的演进,是学科核心竞争力的重要内容。中国科协自2006年以来,坚持持续推进学科建设,力求在总结学科发展成果、研究学科发展规律、预测学科发展趋势的基础上,探究学科发展的文化特征,以此强化推动新兴学科萌芽、促进优势学科发展的内在动力,推进学科交叉、融合与渗透,培育学科新的生长点,提升原始创新能力。

截至2010年,有87个全国学会参与了学科发展系列研究,编写出版了学科发展系列报告131卷,并且每年定期发布。各相关学科的研究成果、趋势分析及其中蕴涵的鲜明学术风格、学科文化,越来越显现出重要的社会影响力和学术价值,受到科技界、学术团体和政府部门的高度重视以及国外主要学术机构和团体的关注,并成为科技政策和规划制定学术研究课题立项、技术创新与应用以及跨学科研究的重要参考资料和国内外知名图书馆的馆藏资料。

2011年,中国科协继续组织中国空间科学学会等23个全国学会分别对空间科学、地理学(人文-经济地理学)、昆虫学、生态学、环境科学技术、资源科学、仪器科学与技术、标准化科学技术、计算机科学与技术、测绘科学与技术、有色金属冶金工程技术、材料腐蚀、水产学、园艺学、作物学、中医药学、生物医学工程、针灸学、公共卫生与预防医学、技术经济学、图书馆学、色彩学、国土经济学等学科进行学科发展研究,完成23卷学科发展系列报告以及1卷学科发展综合报告,共计近800万字。

参与本次研究发布的,既有历史长久的基础学科,也有新兴的交叉学科和紧密结合经济社会建设的应用技术学科。学科发展系列报告的内容既有学术理论探索创新的最新总结,也有产学研结合的突出成果;既有基础领域的研究进展,也有应用领域的开发进展,内容丰富,分析透彻,研究深入,成果显著。

参与本次学科发展研究和报告编写的诸多专家学者,在完成繁重的科研项目、教学任务的同时,投入大量精力,汇集资料,潜心研究,群策群力,精雕细琢,体现出高度的使命感、责任感和无私奉献的精神。在本次学科发展报告付梓之际,我衷心地感谢所有为学科发展研究和报告编写奉献智慧的专家学者及工作人员,正是你们辛勤的工作才有呈现给读者的丰硕研究成果。同时我也期待,随着时间的久远,这些研究成果愈来愈能够显露出时代的价值,成为我国科技发展和学科建设中的重要参考依据。

A stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to Shi Yong, the author of the preface.

2012年3月

前言

园艺作物包含果树、蔬菜、观赏植物三大类经济作物群。发展园艺作物生产,在我国国民经济建设和农业产业结构调整中作用巨大,不但是发展农村经济、富裕农民的有效途径,而且在改善民生和美化环境、保护生态平衡,即在精神文明建设方面发挥着不可或缺的作用。我国是世界水果、蔬菜、花卉第一生产大国。虽然我国园艺作物的栽培面积比粮食、棉花、油料等大田作物少得多,但蔬菜作物的产值却仅次于粮食居第二位,加上水果、花卉等,园艺产品的产值已超过了粮食作物,而且我国园艺产品和其他农产品相比,在国际市场上有着较明显的竞争优势。

本报告是在《2007—2008 园艺学学科发展报告》的基础上,根据果树学、蔬菜学、观赏园艺学三个分支学科近两年在遗传资源、遗传育种、优质高产栽培技术以及产后处理等方面取得的新进展和新成果,编写而成。中国园艺学会根据中国科学技术协会相关文件的要求,于2011年5月30日成立“园艺学科发展研究课题组”,由中国工程院方智远院士任首席科学家,同时成立专家组。会议讨论和确定了《园艺学科发展报告》的框架,落实了果树、蔬菜、观赏园艺三个分支学科发展报告撰写工作的牵头人,并明确了报告撰写的进度要求。此后,各分支学科随即开始收集国内外相关资料,进行分支学科的专题研究,着手撰写分支学科的专题研究报告。2011年12月,中国园艺学会组织召开专家研讨会,对《2011—2012 园艺学学科发展报告》初稿进行了充分的讨论,提出修改意见,据此,确定了《2011—2012 园艺学学科发展报告》的最后文稿。

本报告面向社会公众和管理部门的读者,分综合报告和专题报告两部分,论述了近两年来国内外国艺学研究的发展动态,中国园艺学研究取得的新进展和新成果,今后园艺学研究发展方向和关键技术,提出了学科发展趋势,便于读者概要了解中国园艺学在促进经济发展、社会稳定和丰富人民物质和文化生活等方面的重要作用。现代园艺学是一门具有广泛应用功能和强大生命力的学科,扩大园艺学科在学术界及社会中的影响力,更有利于增强从事园艺学研究科技人员的历史和社会责任感,促进园艺学更好、更快地发展。

本报告是在中国科学技术协会的指导下,经过众多专家、学者参与调研和撰写,既有分工,又有合作,经集思广益后最终完成的。在此衷心感谢中国科学技术协会领导的关心和支持,感谢中国园艺学会常务理事会以及所有参与调研和撰写的专家、学者,感谢中国园艺学会办公室的工作人员所付出的辛勤劳动!

尽管课题组同志作出了很大努力,但由于时间紧,任务重,同时亦受篇幅以及搜集、占有资料和工作人员水平所限,对一些重大问题的研究、探讨的深度和广度有待进一步提高。对本报告中的不足之处,敬请读者不吝指正。

中国园艺学会
2012年1月

目 录

序	韩启德
前言	中国园艺学会

综合报告

园艺学学科近年研究现状与发展趋势.....	(3)
一、引言	(3)
二、国内外研究现状与主要进展	(3)
三、国内外研究进展比较.....	(26)
四、发展趋势.....	(35)
参考文献	(40)

专题报告

果树学学科发展研究	(43)
蔬菜学学科发展研究	(76)
观赏园艺学学科发展研究.....	(108)

ABSTRACTS IN ENGLISH

Comprehensive Report

Research Status and Development Trends on Horticultural Science	(151)
---	-------

Reports on Special Topics

Research on Development of Fruit Science	(153)
Research on Development of Vegetable Science	(154)
Research on Development of Ornamental Plant Science	(155)

综合报告

园艺学学科近年研究现状与发展趋势

一、引言

园艺作物包含果树、蔬菜、观赏植物三大类经济作物群。园艺学属于应用基础和应用性研究学科,是以农业生物学为理论基础,研究园艺作物生长发育和遗传规律的一门学科,也是研究园艺作物起源与分类、种质资源、遗传育种、栽培、病虫害防治及采后处理、贮藏加工等应用技术与原理的综合性学科。

我国是世界园艺大国,蔬菜、果树和花卉的种植面积和产量均居世界首位。2010年蔬菜播种面积、果园面积、花卉种植面积合计5亿亩(1亩=667公顷,下同)。全国市场园艺产品数量充足,种类多样,品质提高。园艺产业整体水平不断提升,为农民增收,提高人民生活水平,发挥了越来越重要的作用。

近两年来,我国园艺学研究更加受到国家和各级政府的重视。园艺作物应用基础研究和应用型研究列入“973”项目、“863”项目等国家支撑项目,10个园艺作物列入现代农业产业体系。为确保蔬菜等园艺产品质量安全,提高产业素质和效率,继2009年农业部开始启动园艺作物标准园建设项目以来,2011年农业部又建设了600个园艺作物标准园,其中,果树75个、蔬菜500个[包括食用菌和西(甜)瓜];新批准了13个与园艺作物相关的农业部重点实验室和20个野外科学工作站。国家新近实施的以上这些重大举措,为加速园艺学研究和产业开发,提供了广阔的平台。

虽然我国园艺产业和园艺学研究有了长足的发展,但依然存在不少问题,主要表现在:园艺产品数量充足但质量和单位面积产量还需提高;小生产方式不能适应大生产、大市场发展的需要;园艺学研究课题分散,原始创新不足等问题。特别在新品种培育和推广方面,部分主要花卉、果树生产的新品种质量,国外品种占有优势。我国园艺作物种植业面临与跨国公司的激烈竞争。在今后一段时期内,我国园艺学研究的主要目标是“加强园艺科技创新,提升园艺产业化水平”。

2009—2011年园艺学科有7项园艺科技成果获国家科技进步奖二等奖。

二、国内外研究现状与主要进展

(一)果树学

近年来,随着国家对各项科研工作投入的增加以及在资源、人才及成果等方面的不断积累,我国果树学科从种质资源、遗传育种、栽培生理、品质发育、生物与非生物逆境、生物技术等方面取得了显著进展。2010年,果树学有两项科技成果获得国家科技成果奖二等奖:①“枣林高效生态调控关键技术的研究与示范”;②“枇杷系列品种选育与区域化栽培

关键技术研究应用”。15 个果树新品种通过审定,大大丰富了我国果树栽培品种,提高了果实的品质,从而满足国内外市场对水果种类和品质的需求。

1. 果树种质资源

人们对各种种质资源,尤其是一些野生的植物种质资源越来越重视,在进行种质资源调查、收集与保存的同时,人们也开始利用关系数据库构建技术、ASP 软件开发技术和 WEB 信息发布技术,实现了基于网络的各种植物种质资源数据的数字化存储和网络化查询与发布,建立了新疆植物种质资源数据库系统,实现新疆及周边国家包括农作物、林木、药用植物及野生植物等植物种质资源的数字化整理、存储和查询,对于新疆植物种质资源的保护与研究具有十分重要的意义。

桃树:到 2008 年年底,中国在南京、北京、郑州三座城市中共保存桃树种质资源 1300 余份,涉及桃树的 6 个种质,对保存的桃树种质资源性状进行了系统的观察与鉴定,建立了性状评价数据库,并从形态学、孢粉学、同工酶和 DNA 标记等方面研究了桃亚属种间、桃种群间和桃品种群间的亲缘关系。

葡萄:按照《中国葡萄志》描述的原产于中国的 38 个葡萄野生种和 1 个栽培种,按照葡萄种质资源描述谱记载及评价标准的要求,对 18 个形态性状进行描述分级,用代码进行数量化,采用 SPSS 10.0 统计软件中的 Hierarchical Cluster Analysis 性状进行聚类分析,根据形态特征的相似程度,将我国葡萄野生种和欧亚种划分为 8 个组,其中组 3 内又分为 5 个亚组。不同研究者的分组结果差异较大,与没有使用规范的描述标准有关。研究最后建议尽快制定适宜中国野生葡萄的描述标准,并在收集保存的基础上,对中国野生葡萄进行规范描述,以便进行合理分组。

对起源于中国的野葡萄 12 个种 23 个株系、欧美杂种 6 个品种、河岸葡萄 3 份、15 个欧洲葡萄品种共 47 份材料,采用 RAPD 技术对葡萄属植物种质资源遗传多样性进行研究。结果表明,供试材料可分为 6 类,欧洲葡萄、欧美葡萄杂种、河岸葡萄与中国野葡萄亲缘关系较远,在中国野葡萄中,山葡萄与其他种亲缘关系较远,刺葡萄次之。

草莓:全世界草莓属植物约 20 个种,中国约有 11 个。研究认为:染色体数目、花器官特征、匍匐茎分枝类型、小叶数目、叶柄、花序和匍匐茎上绒毛的着生方式均可作为重要的分类鉴定性状。

枇杷:国家果树种质福州枇杷圃收集了丰富的枇杷种质资源,应用 Q 型聚类分析方法对 199 份普通枇杷种质资源进行分类,并对 86 个性状进行 R 型聚类分析和主成分分析。对保存在国家果树种质福州枇杷圃不同来源地的 172 份枇杷种质资源进行了果实内在品质和种子性状鉴定评价,结果枇杷的剥皮难易、果肉颜色、心皮质地、种子形状、种皮颜色、种皮开裂、种子斑点、种子基套大小、果肉化渣程度、果肉石细胞、果肉质、汁液、风味等 13 个性状均存在丰富的多样性;果肉颜色与果肉化渣程度和汁液呈显著负相关,与心皮质地、种皮开裂、种皮颜色呈正相关;果肉化渣程度与风味、汁液呈显著正相关,与果肉质呈显著负相关,与果肉石细胞呈负相关,不同来源地果实性状存在较大差异。

2. 果树遗传育种

苹果:苹果砧木的育种是一个重要研究领域,对苹果的生产与果园管理起到重要的作

用。辽宁省果树研究所选育出的苹果矮化砧木 77-34, 矮化性能与 M7 相近, 属于半矮化砧木。与品种嫁接, 有很好的亲和力。77-34 有较好的生根性能, 比 M26 有更强的抗旱能力, 适应性良好(杨世增, 2009)。

桃树:近年我国桃育种研究成绩显著, 选育出桃和油桃新品种 8 个, 分别为‘锦霞’、‘美锦’、‘金辉’、‘沪油桃 004’、‘满天红’、‘仙岛明珠’、‘锦园’、‘艳霞’。此外, 中泰合作开展桃浅休眠育种, 设计杂交组合 68 个, 已筛选出一批优良株苗。

李树:我国在开展李育种方面起步较晚, 不过也取得了一定的成绩。新疆奎屯农科所通过实生选种选出‘新李 1 号’, 吉林省果树所选出‘长春彩叶李’, 黑龙江省农科院选育的‘牡红甜李’和‘牡丰李’, 以及西北农林科技大学的‘秦红李’和‘红喜梅’等栽培品种。

猕猴桃:猕猴桃‘金铃’, 是经过大籽猕猴桃 *Actinidia macrosperma* 群体实生驯化选育, 选育出的遗传性状稳定、观赏效果极佳的新品种。其特点是果实浑圆美观、色泽橘黄艳丽, 以观果为主, 集观果、观花、观叶为一体的新品种, 该品种丰产性强、抗逆性和适应性较广。

3. 果树良种繁育

近年来, 嫁接与组培结合创立了微嫁接技术, 已被广泛应用于柑橘、苹果、葡萄、龙眼等多种果树的研究与生产中。朱大洪(2009)采用微体嫁接技术培育核桃, 成活率达 90%, 比大苗砧嫁接方法高 1 倍, 苗木健壮, 长势很好。

采用塑料大棚、覆盖地膜升温及激素处理, 促进枣树硬枝插穗愈伤组织形成和生根, 成活率高。利用幼嫩新梢扦插, 能在短时间内培育大量优质苗木, 繁育速度快, 成活率高, 容易操作, 是解决生产大量急需优质苗木的一条新途径。张道辉等(2011)研制了半日光间歇弥雾果树育苗系统, 用于甜樱桃矮化砧木吉塞拉 6 号嫩梢扦插育苗, 生根率 93.66% 以上。小金海棠是一种优良的苹果矮化砧木, 王甲威(2011)以其实生苗新梢为材料, 进行嫩枝扦插试验, 通过自动弥雾, 遮阳网控制育苗大棚的湿度及温度, 取得了较好的生根效果。蓝莓的硬枝扦插宜在 2 月份剪取硬度大、成熟良好的 1 年生营养枝条为插条, 长 3~5 个节, 垂直插入浇透水的基质中, 露 1 个顶芽。基质以腐苔藓最佳, 以草炭与河沙或珍珠岩 1:1 混合基质效果较好。插后定期浇水保持湿润, 当顶部叶片转绿时, 说明插条已生根。绿枝扦插在果实刚进入成熟期、二次枝侧芽尚未萌发时剪取插条, 长 4~6 片叶。用 ABT2 号生根粉 500~1000mg/L 速蘸处理后垂直插入腐苔藓基质中, 然后喷 600 倍多菌灵杀菌, 遮阳和保持温、湿度, 两个月后插条即可生根(李丽敏, 2010)。该方法将组织培养方法和日光温室微型扦插相结合, 扩繁成本低、速度快、成活率高、幼苗健壮, 是可以实现工厂化快繁的技术方法。

马冬菁等(2009)以红肉苹果的茎尖和带腋芽的茎段为外植体, 通过组织培养试验筛选出最佳的灭菌时间、基础培养基、增殖培养基和生根培养基, 建立红肉苹果的高效植株再生体系, 为红肉苹果的快速离体扩繁和工厂化育苗奠定了良好的基础。苏娟(2010)通过对酿酒葡萄“爱格丽”快繁体系建立、组培苗初代培养中出现的褐变现象和继代培养中的玻璃化问题、组培苗移栽驯化等问题的研究, 探索了工厂化育苗的流程, 初步建立了工厂化育苗的流程和葡萄组织培养炼苗、移栽和定植技术路线图。孙国利等(2009)通过添加不同浓度的 6-苄基氨基腺嘌呤、3-吡啶丁酸、赤霉素(GA3)进行杂种樱桃组织培

养和快速繁殖技术的研究。杨柳等(2010)以香蕉茎尖诱导的组培苗为材料,利用间歇浸没式生物反应器(TIBS)进行组培快繁可使香蕉组织培养一代增殖 14 倍以上,比传统方法提高 2~3 倍。

4. 果树营养与发育

童期长是导致果树定向育种周期过长的一个关键因素,通过对早实枳成花调控的研究印证了前人关于 $CiFT$ 和 $CsTFL$ 功能的研究结果,同时还发现了 $PtFLC$ 的选择性剪切可能跟枳壳阶段性发育有关。

氮素是一切植物生长必需的大量营养元素之一,在柑橘及苹果上的研究也表明施氮能增加每树果数及每树的产量。葡萄产量则主要决定于花期土壤中氮的有效性。苹果与梨的产量与叶片中氮的含量密切相关,在叶片全氮为 1.70%~2.75% 范围内产量与叶片氮成正相关,果实中的可溶性固形物与叶片氮的浓度负相关,施氮可延迟苹果果实着色。

在燕山山区,采集了 20 个苹果园的富士和国光两个品种共计 120 份叶样,对叶片中的矿质元素含量进行了分析。结果除 Mg 外,不同果园苹果叶片中其他营养元素含量差异较大。与国内外标准相比,燕山山区矿质元素含量标准值表现出 N 水平高,P、K、Mg 和 Zn 水平低的特点,Ca、Fe、Mn 和 Cu 含量标准值与国内外其他标准基本一致。刘坤等以‘红灯’和‘拉宾斯’甜樱桃品种为试材,研究日光温室甜樱桃采后叶片矿质营养变化。结果表明:不同品种叶片的矿质营养,除镁、锰等元素在叶片老化过程中变化不一致以外,其他元素含量的变化趋势基本一致,钙、锰、锌含量的升高及钾、镁、铁含量的下降是导致叶片老化的原因之一。

通过对北京昌平区 34 个成龄苹果园土壤养分、pH 值和果实矿质元素含量的调查和多元统计分析,土壤有机质与土壤各种养分均呈正相关,土壤养分与果实矿质元素含量的相关性非常弱,单因子相关分析不能揭示土壤养分与果实矿质元素间的关系;典型相关分析表明土壤有机质和 pH 值对果实矿质元素含量具有重要影响。提高果园土壤有效钾含量、调节 pH 值是土壤管理的关键技术。

土层温度、土壤质地和结构、土壤的理化性质等对果树有多方面的影响(王芳,2011)。苹果树全生育期施用沼肥,能有效提高树体营养水平,促进苹果树提前萌芽、开花结果,产量增加显著,果实可溶性固形物、硬度、商品果率和苹果全红果率明显提高,品质大幅度改善。同时也可显著提高树体抗性,防治和减轻病虫害,增加优质果率。对苹果、梨、枣、葡萄等叶面喷施微肥可增产 20% 以上,一、二级果可提高 40% 左右(于洪伟,2011)。

5. 果品采后生理

刘晓辉等(2010)对 23 种果品采后生理指标和主要营养成分进行了测定分析得到,呼吸跃变型果实中浆果类呼吸强度高、生理变化快而仁果类和核果类处于中间状态,瓜果类的呼吸强度中等,生理变化缓慢,非跃变型果实中浆果类呼吸强度高,而仁果和瓜果反之。邢震等(2009)研究表明钙处理能够不同程度的抑制桃果实的呼吸强度、减缓乙烯释放速率,减少可溶性固形物和可滴定酸含量的下降,从而延缓了桃果实品质的下降。陆福军等(2009)对臭氧在果品保鲜中的应用进行了研究,得到臭氧处理能抑制果实储藏期间呼吸强度,延缓淀粉和糖的变化,延长储藏时间。刘战丽等(2009)研究表明高氧(21%~

100%)处理能有效抑制果实无氧呼吸代谢、组织酶促褐变以及风味损失。李玉梅等(2009)研究发现对新红星苹果进行涂膜处理可以有效延缓贮藏期间果实内水分的散失、果肉硬度和可溶性固形物的下降,较好的保持果实的口感与风味。钱龙等(2010)研究发现在常温下经过乙烯脱除剂处理的杏果实贮藏前期的呼吸作用、乙烯释放速率、维生素C含量的下降速率明显降低。冯志宏等(2010)研究了温度和包装对青脆李保鲜效果的影响,得到采用0.03mm厚的PE薄膜包装在0~1℃条件下贮藏70天,果实完好、翠绿、新鲜、风味浓郁。

6. 果品功能营养成分

近年来,我国科研工作者进行了一些研究,闰国华等(2008)研究表明樱桃中的花色苷有使动脉松弛的效应,可能减少心血管疾病的发生,同时还有降低血脂的功能。赵晓(2009)对枣的功能性成分进行了研究,枣中具有特色的功能成分cAMP具有舒张平滑肌、扩张血管、改善肝功能、激活蛋白等功能,对心肌梗死、冠心病等疾病具有显著疗效。

7. 果品加工工艺

马立志等(2009)改进了木瓜果汁饮料的生产工艺提高了果汁饮料的口感,并延长了货架期。田晓菊等(2011)优化了沙枣果酒的加工工艺,得到沙枣果酒的主发酵最佳工艺条件为:SO₂添加量为80mg/L,主发酵温度在22.5℃,初始糖度18%,酵母接种量为0.25%。

8. 果树逆境与抗病抗逆

干旱胁迫阻止苹果对氮和磷的吸收和并致使苹果叶片相对含水量下降,造成光合作用和蒸腾作用下降,最终表现为生长减缓(张杰等,2010)。随着胁迫进程的加剧,山梨醇和葡萄糖浓度提高,并保持在较高的水平。干旱胁迫引起苹果砧木叶片的脯氨酸、可溶性糖和淀粉等渗透调节物质含量均呈上升趋势(徐启贺等,2010)。随着胁迫程度的增加,葡萄叶片相对含水量和叶绿素含量都明显下降。徐彦等(2010)以苗龄为3个月的新源1号新疆野苹果水培苗为材料,应用PEG溶液处理模拟干旱胁迫,利用抑制性差减杂交(SSH)的方法构建了新疆野苹果根组织干旱胁迫诱导表达差减文库(正库)和抑制表达差减文库(反库)。

猕猴桃乙烯信号转导途径不仅参与调控果实后熟软化进程,还参与果实对采后非生物逆境胁迫的应答机制。殷学仁(2009)以猕猴桃(*Actinidia*)果实为试材,研究乙烯信号转导途径相关编码基因在猕猴桃果实生长发育和后熟软化进程中的表达模式,以及对乙烯(100μl/L)、1-MCP(0.5μl/L)、低温(0℃)、高温(35℃)、高CO₂(5%)和快速失水等采后处理的应答模式,结果表明低温可显著延缓猕猴桃果实后熟软化,且可诱导大部分乙烯信号转导基因的表达。这些乙烯信号转导元件对于低温的应答模式,与果实后熟软化无直接联系,更可能是相关基因的逆境应答。其中,AdEILs可能是调控果实低温应答的关键之一AdETR3、AdERF1/3/4/11/12/14可能是猕猴桃AdETRs和AdERFs参与采后逆境应答的重要成员。

低温胁迫抑制谷胱甘肽(GSH)过氧化物酶(GPX)、谷胱甘肽-S-转移酶(GST)的和谷胱甘肽还原酶(GR)活性,并降低GSH活性和叶绿体膜流动性。低温胁迫的加剧使得

细胞膜脂质过氧化,破坏细胞的抗氧化系统。平邑甜茶幼苗根系中的精氨酸酶、ODC 和 ADC 活性、腐胺含量以及一氧化氮生成速率逐渐升高(张龙,2009)。

适当浓度的 SNP 能显著缓解高温胁迫对蓝莓植株的伤害。 $0.5 \text{ mmol} \cdot \text{L}^{-1}$ SNP 的缓解效果最好(魏海蓉等,2010)。外源一氧化氮(NO)减缓了高温胁迫对蓝莓光合系统 II (PS II) 的抑制,蓝莓 PS II 最大光化学效率(F_v/F_m)、实际光化学效率($\Phi \text{PS II}$)、光化学猝灭系数(qp)和非光化学猝灭系数(NPQ)下降缓慢,使光合机构免受高温胁迫的伤害。叶片质膜透性和丙二醛含量降低,而超氧化物歧化酶和过氧化氢酶活性升高,从而促进了脯氨酸的积累。

盐胁迫和重金属胁迫下,平邑甜茶幼苗根系精氨酸酶、鸟氨酸脱羧酶(ODC)及精氨酸脱羧酶(ADC)活性都提高,随着处理浓度的升高 ODC 和 ADC 活性也逐渐升高,腐胺含量、一氧化氮生成速率和一氧化氮合酶活性也逐渐升高。多胺处理可以降低非盐胁迫下的 MDA 含量,同时抑制盐胁迫引起的 MDA 含量的升高,从而缓解盐胁迫引起的脂质过氧化。其中精胺的缓解脂质过氧化的效果最好(张龙,2009)。盐胁迫和镉胁迫引起的膜质过氧化的缓解效应,利用这些信号分子可能提高树体对逆境的忍耐力(张龙,2009; Fan,2011)。

利用苹果(邢东兴,2009)在红蜘蛛虫害、黄叶病害胁迫下的反射光谱特征对果树受害程度进行量化测评,建立对红蜘蛛虫害、黄叶病害级别进行测评的数学模型,这就可以及时、全面、准确地获取果区内苹果的生长态势与病虫害信息(即苹果是否发生了病虫害、病虫害发生的种类与发展的程度及其空间分布差异等信息),这种数据库建模既是保障对果树病虫害进行适时、有效、环保防治的一个前提条件,又是保障区域果业优质、高效生产与可持续发展的一个重要环节。

9. 果树分子生物学

(1) 果树基因组、转录组学、蛋白组学

2010 年 9 月中国农业科学院郑州果树所与深圳华大基因研究院签订合作协议,为桃分子的育种平台构建打下基础。

对半矮生型桃‘SD9238’新梢生长跃变期前后 4 个生长阶段差异表达基因进行 cDNA - AFLP 差显技术分析,选取其中 11 个差异条带生物信息学分析,结果表明,转录衍生片段(transtript derived fragment, TDF)的主要功能涉及木质素生物合成、蛋白质水解、转录调控及生长调节等,还有一些是未知功能基因(李钰婷等,2011)。在龙眼中,采用 cDNA - AFLP 技术对其正常和败育的种子进行了差异表达分析,在 11 条差异片段中有 3 个 TDFs 分别与 Ca^{2+} - ATP 酶、纤维素酶、质体 ATP/ADP 转运蛋白具有较高的相似性,其中 TDF2 和 TDF7 下调表达, TDF5 上调表达,这可能影响了龙眼种子发育过程中的许多重要代谢途径,从而引起龙眼种子败育(唐晰等,2011)。为了探讨番木瓜果实成熟机理,利用 cDNA - AFLP 技术对破色期和半黄期的番木瓜果实进行基因差异表达分析,获得了 50 个与果实成熟相关的差异基因片段,其中 28 个与 GenBank 数据库中的功能基因同源,分别参与了果实成熟过程中基因表达调控, DNA 与蛋白质合成及运输,蛋白质降解,能量代谢,营养物质代谢和逆境胁迫反应等过程。在差异片段序列基础上设计特异引物,采用 cDNA 末端快速扩增(RACE)技术成功克隆了 4 条差异基因 cDNA 全长,分别命