**申报2018年度陕西省科学技术奖励项目公示内容**

1. **项目名称**

苹果采后质量控制关键技术创制及产业化集成应用

1. **项目简介**

苹果是我国第一大水果，年产量近4000万吨，居世界首位。陕西是我国苹果的主产区，年产量达1100.78万吨，具全国之首，总产值360亿元/年，在陕西农业中具有重要地位。然而，苹果贮藏后期品质下降快、腐烂增加、商品质量差、货架期短等成为阻碍产业发展和企业增效的突出问题。在国家科技部、基金委和陕西省等项目支持下，针对苹果采后存在的突出问题，开展系统研究，从科学规律发现、关键技术创新和全产业链质量控制技术集成应用方面取得如下创新成果。

1. 深入研究果实风味物质糖、酸代谢调控和抗性应答的关键基因及其调控路径，揭示了活性氧、液泡膜蛋白在苹果衰老过程的调控作用，阐明了乙烯受体抑制剂1-MCP与低氧气调环境调控果实衰老和糖、酸风味物质的分子机制。确定了1-MCP的最佳使用浓度、处理方法及配套技术，利用1-MCP靶向操控与精准控温的协同作用，创建了苹果1-MCP+“三期”精准控温贮藏保鲜技术新体系。革新了苹果传统贮藏技术，解决了苹果贮藏后期品质下降快，货架期短，运营成本高等阻碍产业发展的关键技术难题，使苹果保鲜期和货架期延长1-2倍，成本降低了10%。

2. 建立了果实采后重要病原菌的分子数据库，解析了苹果主要病原菌（*Penicillium expansum*，*Botrytis cinerea*）致病和产毒的分子基础、关键基因及其调控机制，利用外源物质对病原菌致病基因的靶向调控，研发了1-MCP、臭氧和苧酸甲酯等苹果防病新技术，化学农药用量降低60%左右，采后损失降低10个百分点以上。创建了双透射波段LED窄带光源与光电传感器检测相结合的苹果霉心病无损检测技术，研制出国内首型便捷式霉心病无损检测仪及在线无损检测苹果霉心病的分检装置，使苹果霉心病检测率达到85-90%。建立了苹果果实品质的近红外判别模型及快速无损检测分级技术，攻克了长期缺乏苹果质量精准检测技术和设备的瓶颈，确立了苹果采后质量安全防控检测技术体系，使苹果产品质量安全达到国际认证标准。

3. 率先在我国创建了苹果优质高产规范化栽培示范基地与物联网苹果全程质量安全控制体系相结合的产业发展新模式，研发了物联网苹果全程质量安全检测技术体系和跟踪溯源管理平台，实现了苹果产业化配套技术的集成应用和全产业链信息一体化管理。创建的“华圣”牌优质苹果远销加拿大、欧盟、东南亚、墨西哥等30多个国家，以及国内40个省/地级市的2000余家超市，成为家乐福、沃尔玛、麦德龙等高端连锁超市的优质苹果。该成果在陕西、甘肃等苹果产区推广应用，采后增值50-100%，带动了苹果产业健康发展，促进了企业增效和农民脱贫致富。

项目组共获得国家授权专利14项，其中发明专利4项，实用新型专利7项，外观设计专利3项；登记计算机软件著作权2项；发表科研论文40篇，其中SCI期刊24篇，EI收录3篇；制定企业标准6项。近三年经济效益47.89亿元，新增利润9.69亿元，社会、经济和生态效益都非常显著。

**三、客观评价**

**1. 科技查新报告**

科技查新结果表明该项目中涉及的下述研究成果在国内外公开文献中未见相关报道，包括：

（1）通过外源因子对苹果采后果实的抗性应答和糖、有机酸代谢的分子调控机制的系统研究，揭示了活性氧、液泡膜蛋白对苹果衰老过程的调节机制和1-MCP、低氧气调、苧酸甲酯处理保持苹果果实品质的分子调控机制。

（2）实现了苹果霉心病生物拮抗防控、虎皮病1-MCP防控、包装线臭氧杀菌及农残降解等优质苹果全程品质控制技术集成应用的技术体系，建立了苹果霉心病和苹果品质无损分级数据库，实现苹果主要病害商品化的无损在线预测、无损判别和品质分级，全面提升了苹果产品品质，提高了其市场竞争力，研发出了便携式和在线式霉心病无损检测仪。

（3）提出了"果实低温驯化期、精准温控保鲜期、阶段升温复醒出库后货架品质维持期"的"三期"全程温度智能化精准控制的保鲜新模式，构建了苹果冰温快速预冷、无缝化冷链贮运销保鲜、精准温控与生理调控联用（含1-MCP+冰温保鲜）、精准温控与低氧气调联用、精准温控与生物保鲜联用的新型精准保鲜技术体系，创建了“华圣”牌苹果全产业链冷链流通新模式。

**2. 第三方机构评价**

陕西省技术转移中心组织专家对该项目整体成果进行了综合评价，专家组通过听取汇报、审阅资料、咨询答疑和讨论后认为“**该成果系统性强、创新性突出，引领示范作用明显，总体上达到国际先进水平，在果实品质调控和病原菌致病机制研究方面达到国际领先水平。**”

**3. 成果的国内外影响**

（1）项目实施过程中主持的国家基金委重点项目“果实采后贮藏过程中品质保持的生物化学基础”、科技部973计划课题“果实采后品质保持与调控机制”等项国家和省部级课题均顺利通过了项目验收。其中，田世平主持的973计划课题“果实采后品质保持与调控机制” 对产业技术升级起到了良好的指导作用，被验收专家组评价为优秀，并被推荐为国家“十二五”科技创新成就展的参展成果。

（2）项目组关于青霉菌棒曲霉毒素生物合成的分子基础和调控机制的研究成果以封面文章发表在植物病理学领域的权威期刊Molecular Plant-Microbe Interactions上，被国家自然科学基金委作为优秀成果在Science Foundation in China 期刊上专题报道，并被中国科学报和科学网报道。

（3）陕西日报在2016年11月20日在头版以“国内首型便携式苹果霉心病无损检测仪在杨凌研制成功”为题报道了项目组在霉心病无损检测技术与设备方面的研究成果，报道指出“该型设备的成功研发结束了我国苹果霉心病检测设备长期依赖国外进口的历史，具备完全自主知识产权”。西安晚报也以“不开刀就能准确检测到病果”为题对该项创新性成果进行了报道。

（4）陕西华圣（企业）集团有限公司成为我国优质苹果销售和出口的企业标兵。公司产品先后荣获“中国名牌农产品”、“陕西省名牌产品”、“2015中国十大苹果品牌”等荣誉，并通过“食品安全全球标准”、“HACCP”、“质量管理体系”、“绿色食品证书”、“出口食品企业备案证明”等系列认证。

**四、主要论文专著目录（限20条）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 论文专著名称 | 刊名 | 作者 | 年卷页码（xx年xx卷xx页） |
| 1 | Post-transcriptional regulation of fruit ripening and disease resistance in tomato by the vacuolar protease SlVPE3 | Genome Biology | Wang WH, Cai JH, Wang PW, Tian SP, Qin GZ | 2017.18：47 |
| 2 | A tomato vacuolar invertase inhibitor mediates sucrose metabolism and influences fruit ripening | Plant Physiology | Qin GZ, Zhu Z, Wang WH, Cai JH, Chen Y, Li L, Tian SP | 2016.172:1596-1611 |
| 3 | Aquaporin8 regulates cellular development and reactive oxygen species production, a critical component of virulence in Botrytis cinerea | New Phytologist | An B, Li BQ, Li H, Zhang ZQ, Qin GZ, Tian SP | 2016.209: 1668-1680 |
| 4 | Molecular basis of 1-methylcyclopropene regulating organic acid metabolism in apple fruit during storage | Postharvest Biology and Technology | Liu RL, Wang YY, Qin GZ, Tian SP | 2016.117:57-63 |
| 5 | Characterization of genes encoding key enzymes involved in sugar metabolism of apple fruit in controlled atmosphere storage | Food Chemistry | Zhu Z, Liu RL, Li BQ, Tian SP | 2013.141:3323-3328 |
| 6 | Genomic characterization reveals insights into patulin biosynthesis and pathogenicity in Penicillium species | Molecular Plant-Microbe Interactions | Li BQ, Zong YY, Du ZL, Shang YJ, Chen Y, Zhang ZQ, Qin GZ, Zhao WM, Tian SP | 2015.28(6):635-647 |
| 7 | Ambient pH stress inhibits spore germination of Penicillium expansum by impairing protein synthesis and folding: a proteomic-based study | Journal of Proteome Research | Li BQ, Lai TF, Qin GZ, Tian SP | 2010.9:298-307 |
| 8 | Reactive oxygen species involved in regulating fruit senescence and fungal pathogenicity | Plant Molecular Biology | Tian SP, Qin GZ, Li BQ | 2013.82:593-602 |
| 9 | Effects of carbon, nitrogen and ambient pH on patulin production and related gene expression in Penicillium expansum | International Journal of Food Microbiology, | Zong YY, Li BQ, Tian SP | 2015.206:102-108 |
| 10 | Biodegradation mechanisms of patulin in Candida guilliermondii: an iTRAQ-based proteomic analysis | Toxins | Chen Y, Peng HM, Li BQ, Long MY, Tian SP | 2017.9: E48 |
| 11 | Mechanism of Penicillium expansum in response to exogenous nitric oxide based on proteomics analysis | Journal of Proteomics | Lai TF, Chen Y, Li BQ, Qin GZ, Tian SP | 2014.103:47-56 |
| 12 | Mechanism of H2O2-induced oxidative stress regulating viability and biocontrol ability of Rhodotorulaglutinis | International Journal of Food Microbiology | Chen J, Li BQ, Qin GZ, Tian SP | 2015.193:152-158 |
| 13 | Identification and functional characterization of a tonoplastdicarboxylate transporter in tomato (Solanumlycopersicum) | Frontiers in Plant Science | Liu RL, Li BQ, Qin GZ, Tian SP | 2017.8: 186 |
| 14 | Oxidative stress acts on special membrane proteins toreduce theviability of Pseudomonas syringaepv. tomato | Journal of Proteome Research | Cao BH, Liu J, Qin GZ, Tian SP | 2012.11:4927-4938 |
| 15 | Oxidative damage involves in the inhibitory effect of nitric oxide on spore germination of Penicillium expansum | Current Microbiology | Lai TT, Li BQ, Qin GZ, Tian SP | 2011.62:229-234 |
| 16 | 采后不同时期1-MCP处理对苹果果实质地的影响 | 食品科学 | 李江阔, 林洋, 张鹏, 李博强, 田世平 | 2013.34(20):277-281 |
| 17 | 1-甲基环丙烯处理时期对苹果贮藏效果的影响 | 农业机械学报 | 李江阔, 林洋, 张鹏, 李博强, 田世平 | 2013.44(8):190-194 |
| 18 | 基于透射光谱的苹果霉心病多因子无损检测 | 食品科学 | 苏东, 张海辉, 陈克涛, 胡瑾, 张佐经,雷雨 | 2016.37(8):207-211 |
| 19 | 1-MCP结合纳他霉素对富士苹果贮后货架品质和芳香物质的影响 | 食品科学 | 张鹏, 李鑫, 李江阔, 周斌 | 2016.37(20):234-240 |
| 20 | 基于电子鼻判别苹果货架期的研究 | 食品工业科技 | 张鹏,李江阔,陈绍慧 | 2015.36(5):272-276 |

**五、主要知识产权目录（限10条）**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 知识产权类别 | 知识产权具体名称 | 授权号 | 权利人 | 发明人 |
| 1 | 发明专利 | 一种苹果霉心病多因子无损检测判别模型及其建立方法 | ZL201510309815.2 | 西北农林科技大学 | 张海辉、苏东、陈克涛、胡瑾、张佐经、雷雨 |
| 2 | 发明专利 | 基于单片机的BP神经网络苹果霉心病判别模型及其建立方法 | ZL201510447612.X | 西北农林科技大学 | 张海辉、陈克涛、苏东、任传奇、张佐经、胡瑾 |
| 3 | 发明专利 | 自动检测苹果霉心病的设备 | ZL201510309737.6 | 西北农林科技大学 | 张海辉、陈克涛、任传奇、苏东、张佐经、胡瑾、陶彦蓉 |
| 4 | 发明专利 | 苹果霉心病检测仪 | ZL201510309736.1 | 西北农林科技大学 | 张海辉、陈克涛、任传奇、苏东、胡瑾、张佐经、雷雨 |
| 5 | 实用新型专利 | 用于在线无损检测苹果霉心病设备的分选装置 | Zl201620483410.0 | 西北农林科技大学 | 吴婷婷、张佐经、张海辉、吴辰星、张军华、冯自鹏、白小凯、李磊 |
| 6 | 实用新型专利 | 高浓度臭氧水喷淋装置 | ZL201320340302.4 | 陕西华圣企业(集团)股份有限公司果业公司 | 赵彦华、张林、张长庆 |
| 7 | 实用新型专利 | 一种延长水果货架期的高温驯化装置 | ZL201720197930.X | 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津） | 于晋泽、阎瑞香、张娜 |
| 8 | 实用新型专利 | 可移动风管式混流变频果蔬预冷机 | ZL201520365803.7 | 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津） | 于晋泽、王平、王刚荣、董成虎、陈存坤 |
| 9 | 计算机软件著作权 | 果园农事操作信息管理软件 V 1.0 | 2015SR086949 | 西北农林科技大学 |  |
| 10 | 计算机软件著作权 | 基于电阻抗测试分析苹果品质软件系统V 1.0 | 2017SR533956 | 西北农林科技大学 |  |

**六、推广应用情况**

项目成果的示范将科学种植、果园管理、分级销售等现代理念灌输到渭北高原的黄土地，在陕北苹果优生区“六县一区”签订订单基地10余万亩，获得出口备案基地4万余亩，带动果区的公司及合作社50家之多。通过开展苹果采后质量控制关键技术创制及产业化集成应用，显著提升了华圣果业等公司苹果采后的商品质量，降低了生产成本10-15%。近3年以来，应用企业新增销售收入47.89亿元，新增利润9.69亿元，辐射带动陕西和其他苹果产区的果农增收，促进农民脱贫致富，社会经济效益显著。

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政职务/技术职称** | **工作单位/完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 田世平 | 1 | 无/研究员 | 中国科学院植物研究所 | 项目总负责人，3项任务来源项目的主持人。对创新点1、2、3均做出贡献，主要包括解析果实衰老、糖酸风味物质代谢和病原菌致病力调控的分子机制，创建了苹果1-MCP+“三期”精准控温保鲜技术新体系及苹果防病保鲜关键技术，指导企业进行苹果产业化配套技术的集成应用。以通讯作者发表论文33篇（SCI 期刊22篇）。 |
| 李江阔 | 2 | 无/副研究员 | 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津） | 项目主要完成人，1项任务来源项目的主持人。对创新点1和3均做出贡献，主要包括研发苹果1-MCP与“三期”精准控温保鲜技术的配合应用技术，构建了苹果精准温控（冰温）与生理调控联用、精准温控（冰温）与低氧气调联用、精准温控（冰温）与生物保鲜剂联用的新型精准保鲜技术体系，发表相关论文4篇。 |
| 张海辉 | 3 | 副院长/教授 | 西北农林科技大学 | 项目主要完成人，1项任务来源项目的主持人。对“创新点”第2、3点做出贡献，主要包括创制了苹果霉心病无损检测技术和我国首型无损检测设备；研发了果园农事操作信息记录与管理传输技术和终端设备；在华圣果业陕西千阳基地等进行相关技术和设备的推广示范；发表EI论文1篇，授权发明专利4件，登记软件著作权2项。 |
| 王颖 | 4 | 无/农艺师 | 陕西华圣企业（集团）股份有限公司果业公司 | 项目主要完成人，2项任务来源项目主要参与人。主要对创新点3做出贡献，负责苹果采后精准贮藏、分选及产品质量可追溯等方面关键技术在华圣果业及陕西苹果主产区的推广应用；负责华圣果业基地GAP良好农业操作规范体系的建立，制订企业标准3项。 |
| 李博强 | 5 | 无/副研究员 | 中国科学院植物研究所 | 项目主要完成人，2项任务来源项目主要参与人。对创新点2和3做出贡献，主要包括解析了扩展青霉等主要病原真菌致病力和真菌毒素合成的分子基础和调控机制，研发了苹果采后病害的新型防控技术，并指导企业推广应用。发表科研论文24篇，其中SCI 期刊17篇。 |
| 张鹏 | 6 | 无/助理研究员 | 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津） | 项目主要完成人，1项任务来源项目主要参与人。对创新点2和3做出贡献，主要包括苹果品质无损分级技术和贮后货架寿命无损预测技术的研发和推广应用，共发表相关论文4篇。 |
| 任小林 | 7 | 无/教授 | 西北农林科技大学 | 项目主要完成人，1项任务来源项目的主持人。对创新点3做出贡献，在项目成果的推广应用方面开展了大量工作，包括对企业的技术指导和基层培训等,完成技术培训86场次，受培训的企业技术骨干和果农达10000余人次，发放培训资料2800多份。发表研究论文1篇。 |
| 马丽红 | 8 | 项目经理/农艺师 | 陕西华圣企业（集团）股份有限公司果业公司 | 项目主要完成人，3项任务来源项目主要参与人。主要对创新点3做出贡献，负责苹果采后商品化处理关键技术和质量可追溯系统等在华圣果业及陕西苹果主产区的推广应用。 |
| 于晋泽 | 9 | 无/副研究员 | 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津） | 项目主要完成人。对创新点1做出贡献，主要参与苹果精准温控保鲜技术的研发，负责相关温控装备及远程智能化控制系系的研制；获得授权的实用新型专利2项。 |
| 秦国政 | 10 | 重点实验室副主任/研究员 | 中国科学院植物研究所 | 项目主要完成人，1项任务来源项目主要参与人。对创新点1做出贡献，解析了果实糖、酸等风味物质调控的分子机制，揭示了果实液泡加工酶SlVPE3和液泡转化酶抑制子（VIF）在果实品质调控中的重要作用。发表科研论文20篇，其中SCI 期刊17篇。 |
| 赵娟 | 11 | 无/讲师 | 西北农林科技大学 | 项目主要完成人，对创新点2做出贡献，协助研发苹果采后品质无损检测技术，完成了基于电阻抗测试技术的苹果品质检测分析软件研发，登记计算机软件著作权1项。 |

**八、完成人合作关系情况**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者/项目排名 | 合作起始时间 | 合作完成时间 | 合作成果 |
| 1 | 论文合著 | 田世平/1、李博强/5、秦国政/10 | 2008 | 2016 | 在国内外期刊合作发表研究论文15篇 |
| 2 | 论文合著 | 田世平/1、李江阔/2、张鹏/6 | 2010 | 2016 | 在国内期刊合作发表研究论文2篇:“1-甲基环丙烯处理时期对苹果贮藏效果的影响”、“采后不同时期1-MCP处理对苹果果实质地的影响” |
| 3 | 博士后合作导师 | 田世平/1、李江阔/2 | 2010 | 2016 | 博士后出站，出站报告“1-MCP 对果品采后品质调控效应及精准贮藏技术研究” |
| 4 | 共同立项 | 田世平/1、李博强/5、 | 2012 | 2015 | 国家高技术研究发展计划（863）课题“果蔬产后生物污染物消减与脱除技术” |
| 5 | 共同立项 | 田世平/1、李博强/5、秦国政/10 | 2011 | 2015 | 国家自然科学基金重点项目“果实采后贮藏过程中品质保持的生物化学基础” |
| 6 | 产业合作 | 田世平/1、李江阔/2、张海辉/3、王颖/4、任小林/7、马丽红/8、于晋泽/9、赵娟/11 | 2010 | 2016 | 围绕苹果采后质量控制关键技术创制及产业化集成应用开展产学研合作，田世平、李江阔、张海辉、任小林、于晋泽、赵娟被陕西华圣企业（集团）有限公司聘为技术顾问，指导企业进行成果的应用，王颖和马丽红作为陕西华圣企业（集团）有限公司下属果业公司的技术人员，与上述研究人员合作开展项目成果的产业化推广应用。 |
| 完成人合作关系说明  本项目共有11个完成人，就职于3家科研单位和1家企业，具体如下：田世平/1、李博强/5、秦国政/10（中国科学院植物研究所），王颖/4，马丽红/8（陕西华圣企业（集团）股份有限公司）、张海辉/3、任小林/7、赵娟/11（西北农林科技大学），李江阔/2、张鹏/6、于晋泽/9（国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津））。上述研究单位和企业多年来在苹果采后质量控制关键技术创制及产业化集成应用方面开展了广泛合作。具体合作关系如下：  田世平/1、李博强/5、秦国政/10合作关系：李博强（2003.9-2006.6）、秦国政（2000.9-2004.6）是田世平培养的博士生，毕业后留在田世平课题组作为研究骨干，先后参加了田世平主持的国家863计划“果蔬产后生物污染物消减与脱除技术”、国家自然科学基金重点项目“果实采后贮藏过程中品质保持的生物化学基础”等项目的研究工作，在本项目中三人合作发表研究论文15篇。  田世平/1、李江阔/2、张鹏/6合作关系：李江阔从2010年到2016年在田世平课题组做博士后，主要与华圣果业合作进行973项目课题成果的落地工作，研发苹果采后商品化处理技术及产业化应用。张鹏2011年到国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）工作后参与本项目中苹果采后无损检测等技术研发。合作期间，田世平、李江阔、张鹏合作发表研究论文2篇。于晋泽2013年到国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）工作后参与到本项目研究，负责精准控温控制技术和设备的研发。  田世平/1、李江阔/2、张海辉/3、王颖/4、任小林/7、马丽红/8、于晋泽/9、赵娟/11合作关系：围绕苹果采后质量控制关键技术创制及产业化集成应用共同开展产学研合作，田世平、李江阔、张海辉、任小林、于晋泽、赵娟先后被陕西华圣企业（集团）有限公司聘为技术顾问，指导企业进行成果的产业化应用。王颖和马丽红作为陕西华圣企业（集团）有限公司下属果业公司的技术人员，与上述研究人员合作开展项目成果的产业化推广应用。 | | | | | |

**九、主要完成单位情况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 陕西华圣企业（集团）股份有限公司 | 1 | 全面负责项目的总体规划和组织实施等工作，是3项任务来源项目承担单位，在关键技术创制及成果推广应用等方面的贡献包括以下几个方面：  1. 与中国科学院植物研究所、西北农林科技大学、国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）开展产学研合作，为项目关键技术的创制提供试验材料、生产基地、大型贮运设备、分选设备等关键平台。  2.创建了苹果优质高产规范化栽培示范基地与苹果采后商品化精准贮藏保鲜相结合的产业发展新模式，建立了苹果全产业链质量控制技术体系及信息一体化管理平台，包括苹果生产基地建设、采后贮藏与商品化处理、出库后品质与质量检测、冷链物流配送与销售等，制订企业标准6项，并进行苹果采后商品化处理系列配套技术的集成应用。  3. 作为苹果产业的龙头企业和项目成果的核心示范基地在陕西洛川、宜川、扶风、礼泉等苹果产区的果业公司和专业合作社开展推广应用工作，并辐射到甘肃等其他苹果产区，促进了企业与果农的互利共赢，带动了产区果农增收和脱贫致富。 |
| 中国科学院植物研究所 | 2 | 项目主要参加单位，3项任务来源项目承担单位。项目实施过程中，在研究平台、研究生招生、后勤保障等方面予以重要支持。对项目科技创新和推广应用情况的贡献包括：  1. 探明了调控果实衰老、抗性和品质的关键基因，阐明了1-MCP和低氧气调环境调控苹果果实糖、酸风味物质的分子机制，利用1-MCP靶向操控与精准控温的协同作用创建了苹果1-MCP+“三期”精准控温贮藏保鲜技术新体系，解决了苹果贮藏后期品质下降快，货架期短等关键技术难题。  2. 解析了苹果采后主要病原菌致病和产毒的分子基础、关键基因及其调控机制，利用外源物质对病原菌致病基因的靶向调控，研发了1-MCP和苧酸甲酯等苹果防病新技术，显著降低了化学农药用量，减少了苹果采后损失。  3. 指导华圣果业等企业开展苹果采后质量控制关键技术的产业化应用，推动了苹果产业的技术升级，提高苹果的商品质量和市场销价。  4. 以通讯作者发表研究论文35篇（SCI论文24篇），丰富了果实采后生物学理论，提升了我国在该领域研究的国际影响力。 |
| 西北农林科技大学 | 3 | 项目主要参加单位，2项任务来源项目承担单位，项目实施过程中，在研究平台、研究生招生、试验土地等方面予以重要支持。对项目科技创新和推广应用情况的贡献包括：  1. 创建了双透射波段LED窄带光源与光电传感器检测相结合的苹果霉心病无损检测技术，并研制出国内首台快速实用的苹果霉心病检测设备，检测准确率达到85-90%。  2. 研发了基于无线传感网的果园环境监测技术、基于RFID的果园农事操作自动记录技和果品品质快速无损检测分级技术，以及物联网苹果全程质量安全检测技术体系和终端设备，建立了苹果全程质量安全管控平台。  3. 在陕西、甘肃、山西和山东、河南和河北等地与当地果业行政管理部门配合，对苹果贮藏企业开展技术培训和现场指导，接受培训的企业技术人员和果农超过1万人次。  4. 获得授权的国家发明专利4项，登记软件著作权2项，发表研究论文3篇。 |
| 国家农产品保鲜工程技术研究中心(天津) | 4 | 项目主要参加单位， 1项任务来源项目承担单位。项目实施过程中，在研究平台、研究生招生、冷库设备等方面予以重要支持。对项目科技创新和推广应用情况的贡献包括：  1.建立了"果实低温驯化期、精准温控保鲜期、阶段升温复醒出库后货架品质维持期的"三期"全程温度智能化精准控制的保鲜新模式，构建了苹果精准温控与生理调控联用、精准温控与低氧气调联用的新型精准保鲜技术体系。  2. 建立了苹果品质无损分级数据库，实现了苹果主要病害商品化的无损判别、品质无损分级和贮后货架寿命无损预测。  3. 指导华圣果业等企业开展上述技术的产业化应用，提高了苹果采后品质。  4. 发表研究论文4篇，其中EI论文2篇，获授权实用新型专利2项。 |

**十、完成单位合作关系说明**

|  |
| --- |
| 完成单位合作关系说明 |
| 陕西华圣企业（集团）股份有限公司作为第一完成单位全面组织和协调项目的开展，与中国科学院植物研究所、西北农林科技大学、国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）等3家科研机构和高校开展密切的产学研合作。项目中各单位的具体任务分工和合作关系如下：  1. 陕西华圣企业（集团）股份有限公司承担了3项本项目任务来源项目，其下属果业公司为项目关键技术的创制提供实验试材、生产基地、大型贮运设备、分选设备等条件和平台，是项目成果的核心示范基地，并在陕西洛川、宜川、扶风、礼泉等苹果产区的果业公司和专业合作社进行项目成果的产业化推广应用。  2. 中国科学院植物研究所承担了3项本项目任务来源项目。在阐明了果实衰老与品质调控、病原菌致病和产毒分子机制的基础上，创建了苹果1-MCP+“三期”精准控温贮藏保鲜技术新体系和采后病害防控新技术，并从2011年起以华圣果业公司为平台开展产业化示范应用。  3. 国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）承担了1项本项目任务来源项目。建立了苹果精准温控与生理调控联用、精准温控与低氧气调联用的新型精准保鲜技术体系以及苹果品质无损分级和贮后货架寿命无损预测技术。国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）李江阔博士从2010年到2016年在田世平课题组做博士后，博士后研究期间将1-MCP处理与“三期”精准控温贮藏保鲜技术相结合解决了苹果气调成本高、贮藏后期品质下降等问题。  4. 陕西华圣企业（集团）股份有限公司和中国科学院植物研究所共同参与了国家农产品保鲜工程技术研究中心（天津）主持的十二五国家科技支撑计划子课题“肉类及北方水果绿色防腐保鲜技术集成与应用”，共同负责生理调控保鲜剂在苹果上的应用与示范推广。  5. 西北农林科技大学承担了2项本项目任务来源项目。项目实施过程中，西北农林科技大学作为陕西本地高校从项目实施以来一直与陕西华圣企业（集团）股份有限公司密切合作。西北农林大学张海辉课题组研发的霉心病无损检测技术和设备在首先在华圣的千阳基地进行推广应用。国家现代农业苹果产业技术体系“苹果采后处理与产地贮存岗位”科学家任小林教授长期为华圣果业进行技术指导，并协同华圣果业向周边苹果产区推广项目的成果。 |