**2023年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**一、项目名称：果园精准施肥智能装备关键技术研究与应用**

二、**提名者：渭南市人民政府 一等奖**

**提名意见**

由陕西美好家园农业公司、中国农业科学院、西北农林科技大学、陕西省果业研究发展中心、西安交通大学、中化集团农业公司、陕西果业集团等共同完成的“果园精准施肥智能装备关键技术研究与应用”成果，主要针对我省苹果、猕猴桃等优势果品主产区肥水条件较差，过量施用化肥和依靠人工作业，导致的肥料利用率低，土壤肥力破坏严重，劳动力严重不足等问题，聚焦果园肥水时空调控、用肥精准决策和机械化精准施肥等关键技术，通过8年的科技创新和示范推广，实现了干旱区果园施肥机械化、智能化和集约化的目标。成果技术经济指标与同行业研究相比优势明显，总体技术整体达到国际先进水平，应用前景广阔。

该成果准确，技术路线科学合理，创新点突出，“产学研用”互为支撑，农机农艺有机融合，在实施过程中取得非常显著效益。

在公示期间无异议，同意申报，提名该项目为陕西省科学技术进步奖“二等奖及以上”等级。

三、**项目简介：**

果业是陕西省千万吨产量、千亿级产值、千万人从业的特大产业，是深化果业强省战略的首位主导产业，栽培面积931.7万亩产量1242.46万吨。然而，以苹果和猕猴桃为典型代表的果园施肥水平较低等问题一直是制约我省果业高质量发展的关键因素，为此，项目组在构建多源融合高通量果实表型精准数字化系统的基础上，集成现代化精准施肥技术，配套智能化设施装备，历时8年研究创制、示范推广，有效提升肥料效能，取得显著社会经济生态效益。主要技术内容及创新点如下：

1.突破了“四根据和三预估”的产量驱动肥效提升关键技术。基于数字化技术感知果园养分状况，根据养分盈缺筛选肥料种类、肥料剂型及智能装备参数，通过冬剪后花芽量、盛花期花量、疏果后留果量自动估算果园产量（附件4），构建基于产量模型估算驱动的水肥配方决策系统。基于果树多阶段水肥需求特性，国际首创多位多点可变粒径叶面喷肥和土壤采样水分测定耦合滴灌技术及装备（附件1和附件2），开创叶-根互作协同施肥创新方法，省时省工省肥，肥料利用效率最高提至75%。

2.创新了果树长势特征重构与精准调控技术。基于点云三维重建理论，突破果树微观重构技术，研发深度传感数字化装备；采用多源传感器融合技术，实现了人工智能“果脸”识别；基于大数据分析，建立果树养分感知功能-结构数字化框架，采用LoRaWAN技术解决施肥点和施肥量精准量化的难题。

3.创制了基于云平台目标产量模型的自适应变量施肥机。突破农田北斗差分坐标养分追溯和无线多载数据分发技术，实现云平台实现产量数据和施肥量耦合；研制多尘多噪田间机载计算机作业控制终端，开发机器视觉辅助标记的处方图作业系统，解决施肥机关键部件国产化率难题；研究果树非结构化生物遮挡条件下施肥机位置信号、处方图施肥量信号等无线传输信号和植物交互影响机理；探究开沟土壤扰动、肥料多位散布和土壤原位养分与果树根系互作关系，采用对穴施肥实现果树可持续多年壮根。。

4.制定了果园精准施肥机器农艺深度融合作业规程和创新推广机制。制定了果园数字化数据采集及建模技术地方标准，实现基于产量驱动和精准控制的机械化施肥；基于学术顶级期刊、产业顶级期刊和政府平台集中宣介，精选科研专家、学院教授、专门研究人才、专业培训教师、专职管理人员和基层田秀才，强强联合组建“六位一体”团队，实现了“五位一体”推广机制的重大创新；采取“四位一体”联合推广模式，产学研推训管结合，农机农艺融合，推广力度大。

**四、客观评价：（包括该项目科技成果鉴定意见、国内外对本项目研究成果的引用情况）**

1、国际首创叶-根互作协同施肥创新方法，实现多位多点可变粒径叶面喷肥，获得美国发明专利。率先突破土壤采样和对穴施肥把握现代智慧农业中智能感知系统、人工智能与大数据分析、作物管理数字化等最新发展趋势，将三维重建技术深度融合到苹果精准化管理中。项目研究成果在国内外引起较大反响。

2、该项目取得的发明专利、地方标准、以及有影响力SCI、EI收录研究性论文，充分说明项目成员具备较高理论研究和实践水平。

3、研究成果“基于三维点云的果实表型高通量无损监测与精准数字化”，解决果类作物表型高通量数字化问题，获2020年度陕西高等学校科学技术奖励二等奖；“Research on Extraction of Fruit scan from raw Point Clouds”，解决了从原始点云中准确抽取果实形态问题，获“2012年全国农业工程博士生学术论坛报告特等奖”。

4、研究了基于LoRaWAN协议的视觉特征苹果养分感知技术，研制具有自主知识产权的条播式智能施肥机、土壤采样水分测定复合装置和果园施肥机器人等新技术和新装备，获发明授权。

5、技术成果在渭南、咸阳、宝鸡、铜川及延安等地市推广，累计推广应用面积45.3万亩，产量和优果率提高，施肥用工量减少，节本增效明显。

6、2022年6月28日，陕西省园艺学会评价认为项目选题新颖，数据详实，技术先进，实用性强，“产学研用”结合紧密，农机农艺有机融合，节本增效，经济、社会及生态效益显著，总体达到国际先进水平。

**五、应用情况**

2018年-2020年累计在全省推广45.3万亩，平均亩产量提高15.6%，优果率提升5%，减少施肥用工量50%，带动苹果示范园区节本增效25%以上；培训果农1万人次以上，培育精准施肥技术能手2000人，辐射带动5万余名群众掌握先进技能。项目团队出版专著一部、授权知识产权25项，发表论文13篇，高效利用各类自然资源，保护生态环境，增进绿色发展。

**六、主要知识产权和标准规范目录（发明奖和进步奖填写，限10条)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家****(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** |
| 1 | 国际发明专利 | 一种定量液滴生成装置及方法 | 美国 | US | 2018-3-6 | US9907301B2 | 北京农业信息技术研究中心 | 王秀，马伟 |
| 2 | 发明专利 | 土壤采样、水分测定复合装置 | 中国 | ZL 2012 1 0429507.X | 2014-11-19 | 第1521058号 | 北京农业信息技术研究中心 | 马伟\*\*王秀\*\*邹伟、等 |
| 3 | 发明专利 | 一种播种施肥喷药对穴方法 | 中国 | ZL 201810842868.4 | 2018-7-27 | 第3804253号 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 马伟，王秀等 |
| 4 | 发明专利 | 一种果园产量自动化测量装置 | 中国 | ZL 201910242351.6 | 2019-03-28 | 第4346486号 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 王秀 马伟 |
| 5 | 发明专利 | 促进堆肥腐熟的脱落酸添加剂\其使用方法和应用 | 中国 | ZL 2012 1 0451431.0 | 2013-11-06 | 第1299954号 | 陕西省苹果研究发展中心 | 杨新文\*候满伟、张居尚等 |
| 6 | 学术专著 | 智慧果园变量喷药理论与实践 | 中国 | 978-7-521907315 | 2020-8-1 | ISBN: 978-7-5219-0731-5 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 王秀 马伟 |
| 7 | 学术论文 | Automatic Terrain Debris Recognition Network Based on 3D Remote Sensing Data | 中国 | DOI ：10.32604/cmc.2020.011262 | 2020-12-31 | 第579–596页 | 西北农林科技大学 | Han, X., Yang, H\* Shen, Q., Yang, J. et a |
| 8 | 学术论文 | Texture organisation and mapping on Citrus sinensis, point cloud | 中国 | DOI：10.1007/s11042-016-3998-6 | 2017-11-27 | 第14711-14732页 | 西北农林科技大学 | Yang H J(杨会君)Chang J, Geng N, et al |
| 9 | 学术论文 | Effect ofLow-frequency alternating-current electric field parameter on laminar and turbulent flames of CH4/air mixture | 中国 | DOI：10.1016/j.fuel.2021.121755 | 2022 | 317:121755 | 西安交通大学 | 高忠权 |
| 10 | 地方标准 | 智慧农业 果实三维数字化数据采集及建模技术规范 | 中国 | DB6111/T 175-2021 | 2021-11-01 | DB6111/T 175-2021， |  | 杨会君张田龙等 |

**六、代表性论文专著目录(自然奖填写，不超过8条，其中，代表性论文不超过5篇，代表性专著不超过3部，按重要程度排序)**

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政/技术职称** | **工作单位/完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 马伟 | 1 | 首席科学家/正高级工程师 | 陕西美好家园农业科技发展股份有限公司 | 负责项目整体协调 |
| 王秀 | 2 | 副主任/研究员 | 北京市农林科学院智能装备技术研究中心 | 负责制定试验示范和推广应用总体方案，牵总负责智能装备创制、调试和应用。 |
| 杨新文 | 3 | 主任/助理研究员 | 陕西省果业研究发展中心 | 协调组建项目组，制定项目实施方案，制定技术试验推广计划，对接建立示范园；组织项目不同阶段考核、验收、总结等工作。 |
| 杨会君 | 4 | 硕导/副教授 | 西北农林科技大学 | 提出将三维反演和点云技术引入田间果实高通量精准数字化，提升数据采集质量，优化病理状态检测过程。 |
| 张田龙 | 5 | 总经理 | 陕西美好家园农业科技发展股份有限公司 | 项目主持人，主要负责组建技术团队，选定示范基地，制定实施方案，开展试验示范，制定智慧农业果实三维数字化地方规范 |
| 刘爽 | 6 | 副所长/副研究员 | 中国农业科学院都市农业研究所 | 协助项目负责人落实关键技术与配套措施；以项目示范园为样本，负责专项技术示范及推广活动。 |
| 高忠权 | 7 | 副主任/教授 | 西安交通大学 | 负责粪污处理和有机肥有效利用，技术方案校对，试验示范数据记录汇总等工作。 |
| 安欢乐 | 8 | 技术总监/农艺师 | 中化现代农业（陕西）有限公司 | 对本项目技术创造性贡献：负责技术方案的起草修改，关键技术集成、示范和培训，试验数据收集整理，宣传和报道工作 |
| 梁建军 | 9 | 总经理/高级农艺师 | 陕西果业科技集团有限公司 | 负责技术方案的起草修改，关键技术集成、示范和培训，试验数据收集整理 |
| 赵淑芹 | 10 | 技术服务部主任/高级农艺师 | 陕西美好家园农业科技发展股份有限公司 | 负责技术方案起草，论证和制定，关键技术集成、示范和应用，试验数据收集整理，关键技术指导和培训 |

**八、主要完成单位情况及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 陕西美好家园农业科技发展股份有限公司 | 1 | 负责项目团队组建、协调、联络和管理，项目规划初步设计和实施方案起草和论证，负责示范基地的择定和管理，负责精准施肥关键技术试验、示范、推广等。填补陕西省精准施肥过程中智能装备使用率低，技术落后的空白，开创精准施肥智能装备关键技术新时代。 |
| 中国农业科学院都市农业研究所 | 2 | 主要负责开发水肥精准物联网系统平台，提出多源传感水肥精准控制方法，创制果园变量施肥机并开展示范应用。 |
| 西北农林科技大学 | 3 | 负责实验过程和数据采集收集和整理分析，为园区管理标准化和可持续发展提供理论依据。推动该行业快速高质量发展。 |
| 西安交通大学 | 4 | 负责果园智能施肥机动力低耗大功率关键技术及装备研究 |
| 陕西省果业研究发展中心 | 5 | 负责试验设计、示范点选定和日常管理，多点筛选、推广和区试，组织示范观摩，开展节能高产测定和评比活动；建立高产样板园并定期开展良法良机指导培训，撰写效益分析报告 |
| 北京市农林科学院智能装备技术研究中心 | 6 | 负责水肥精准物联网系统平台辅助研发，对多源传感水肥精准控制系统提升，协助创制果园变量施肥机。 |
| 中化现代农业（陕西）有限公司 | 7 | 负责果园精准施肥方案，参与肥效提升研究，开展田间规模化示范 |
| 陕西果业科技集团有限公司 | 8 | 负责果园精准施肥方案，参与产量提升研究，开展田间规模化示范 |

**九、完成人合作关系情况**

|  |
| --- |
| **完成人合作关系情况表** |
| **序号** | **合作方式** | **合作者/项目排名** | **合作时间** | **合作成果** | **证明材料** |
| **1** | 技术合作 | 马 伟/1 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利、软著、专著、论文  | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442相关专利包括：ZL200710175567.2 ZL201510020447.X等  |
| **2** | 技术合作 | 王 秀/2 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利、软著、专著、论文 | 陕西省科学技术成果9612022Y2442相关专利包括：ZL200710175567.2 ZL201510020447.X等 |
| **3** | 技术合作 | 杨新文/3 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442相关专利包括：ZL201210451431.0等 |
| **4** | 技术合作 | 杨会君/4 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利、软著、论文、标准 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442相关软著包括：2018SR330346等 |
| **5** | 技术合作 | 高忠权/5 | 2013年至今 | 科技成果登记、论文 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442等 |
| **6** | 技术合作 | 张田龙/6 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利、软著、标准 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442相关专利包括：ZL202121250471.X等 |
| **7** | 技术合作 | 刘 爽/7 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442 |
| **8** | 技术合作 | 赵淑芹/8 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利、标准 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442等 |
| **9** | 技术合作 | 白海霞/9 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442等 |
| **10** | 推广合作 | 安欢乐/10 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442等 |
| **11** | 推广合作 | 梁建军/11 | 2013年至今 | 科技成果登记、专利 | 陕西省科学技术成果登记号9612022Y2442等 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**本项目于2013年1月开始实施，经过8年研究创制、已取得陕西省科学技术成果登记，登记号：9612022Y2442 ，创新性成果登记5项；授权发明专利20项、实用新型21项、软件著作权9项，发布实施地方标准4项，出版专著1部，在核心期刊发表论文13篇，5人获聘省级苹果专业特聘教师。通过试验示范、推广应用，效益显著。近三年在全省累计推广应用面积45.3万亩，平均亩产量提高15.6%，优果率提升5%，减少施肥用工量50%，带动苹果示范园区节本增效25%以上。本项目完成人在研发自主知识产权，集成精准施肥技术，创新技术推广模式，培训指导、信息宣传和推广应用等“产学研用”结合，农机农艺有机融合过程中， 各个方面既各负其责，又各有侧重，相互联系，分工合作开展各项工作，在项目进行的不同时期肩负不同工作任务。  作为项目主持人，马伟全面负责项目工作，规划、协调、指导和落实项目方案，马伟、王秀负责项目研制智能化技术及装备，杨新文、白海霞负责试验数据的对比分析和技术集成；杨会君、高忠权、刘爽负责数字化物联网技术研制和应用及机电动力研发，张田龙、赵淑珍负责项目实施中各项技术的集成研究和试验示范；安欢乐、梁建军等人负责宣传、培训和推广工作。马伟、王秀、杨新文、杨会君、高忠权、张田龙、刘爽、赵淑芹、白海霞、安欢乐、梁建军等人的合作方式是共同研制苹果精准施肥智能化技术及装备、技术集成、试验示范和应用推广，并进行成果登记。与马伟、王秀的合作方式是共同出版《图解温室智能作业装备创制》专著、智能装备示范应用，证明材料是专著及生产照片。与杨新文、白海霞的合作方式是政策指导、获取苹果生产各个环节分析数据和技术集成；证明材料是座谈和生产照片。与杨会君、高忠权、刘爽、张田龙的合作方式是试验数据采集，证明材料是座谈和生产照片。与赵淑芹 、安欢乐、梁建军等人的合作方式是共同参与制定标准规范，合作成果是“盆栽苹果培育技术规范”，证明材料是地方标准。 |