**2018年国家科学技术奖提名公示内容**

**一、项目名称**

减量施药技术与高工效植保装备研发应用

**二、提名者及提名意见**

**提名者：中国农学会**

**提名意见：**

我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合国家科学技术奖励工作办公室的填写要求。

该项目针对国内植保施药技术理论与机具缺乏、农药用量大、施药成本高、劳动强度和作业难度大等难题，系统研究并创立了农药雾化，沉积与飘失新理论，解决了农药喷雾分析计算理论缺乏难题；通过发明系列精准喷雾施药技术，解决了农药利用率低、损失大的技术难题；创制的15种高效施药机具和3种关键工作部件解决了主要粮食作物和经济作物全程植保机械化作业技术难题，实现了主要粮食作物，特别是高秆作物、水田、丘陵地区及果园全程植保机械化，作业效率提高50倍以上；构建了从基础理论、技术与机具研制、专业化服务组织建设到技术与机具推广、农民培训的主要作物全程机械化植保化学防治技术新体系，推广应用效益显著。项目获得了一批发明专利，研究系统深入，成果整体达到国际先进水平，雾滴谱的测量装置及其图像处理方法、篱架作物施药机械仿形喷雾技术与机具等属国际首创。在全国19个省市累计应用推广14.53亿亩次、建立示范基地980个、专业服务组织2.9万个，培训农民310万人次，生产销售各类机型52万台套。

提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

**三、项目简介**

农药在重大病虫草害防控、保证国家粮食安全中发挥着不可替代的作用。我国农药施用量居世界首位，但农药利用率比发达国家低 15-25个百分点，且植保机械与施药技术基础理论缺乏、施药成本高，同时作业效率低、劳动强度大。针对上述问题，项目组经过十多年系统研究，在农药雾化、沉积、飘失基础研究与分析计算方法，精准喷雾施药技术，高效植保装备研发，减量高效精准施药技术新体系等方面进行了发明创新，取得了显著成果。

1、 发明了农药雾滴雾化、运动、沉积与分布的分析计算方法，解决了农药施用定量分析计算的理论缺乏难题。用365nm紫外荧光高速成像，经632.8nm激光双脉冲照射，电子扫描显微作物分析叶片微观结构及纳米示踪农药颗粒在叶片上沉积过程，发明了农药喷雾全程成像分析计算方法与系统，实现了对农药雾化、沉积和飘失的定量分析计算。

2、 发明了系列精准喷雾施药技术，解决了农药利用率低、损失大的技术难题。根据发明的计算方法，通过控制雾滴运动，发明挡板导流防飘喷雾技术减少农药用量20%，高地隙宽幅均匀喷杆喷雾技术将农药利用率提高了20%；低电压荷电技术将农药利用率提高了50%；低空低量航空植保新技术将农药利用率提高了35%；果园智能喷雾技术将农药利用率提高了38%；循环喷雾技术将农药回收利用率提高了60%。

3、 创制了系列新型高效植保装备，解决了主要粮食作物和经济作物全程植保机械化作业技术难题。依据发明的系列精准喷雾施药技术，研制了适应我国不同地域主要作物各生长期的高效施药装备，包括自走式高地隙宽幅喷杆喷雾机、挡板导流防飘喷雾机、多旋翼低空低量无人航空植保机、果园智能喷雾机、循环喷雾机等6类15种机具和3种关键工作部件，其中13种机具获得了农业部农业机械推广鉴定证书。实现了主要粮食作物，特别是高秆作物、水田、丘陵地区及果园全程植保机械化，作业效率提高50倍以上。

4、 制订了施药技术规范与标准，构建了减量高效精准施药技术新体系。项目制订了施药技术规范9项，标准5项；通过产学研推用五方的协同研究、技术集成及推广应用，建立了我国减量高效精准施药技术从基础理论到技术与装备的创新体系，从专业化统防统治服务组织建设再到技术与精准高效装备的大面积推广应用与服务体系。在全国19个省市累计推广14.53亿亩次，建立示范基地980个，生产销售各类机型52万台套，累计新增纯收益223.8亿元。

本项目获知识产权42项，其中发明专利16项，实用新型24 项，软件著作2项，发表论文114篇，其中SCI/EI 收录58篇，出版《高效施药技术与机具》等专著13部，制订国家标准5项，施药技术规范9项，获中华农业科技奖一等奖1项，教育部科学技术进步一等奖1项。

中国农学会组织罗锡文院士、陈文福院士、吴孔明院士、束怀瑞院士、李正明院士等专家对项目进行了科学评价，成果整体达到国际先进水平。

**四、客观评价**

1. 创制的精准施药技术与装备通过科技成果鉴定

省部级科技成果鉴定结果：水田风送低量喷杆喷雾机（国内领先）、果园自动对靶喷雾机研究（国际先进）、低空低量遥控无人施药机（国际先进）、履带式风送喷雾机（国内先进）、循环喷雾高效施药技术与机具研发（国际先进水平）、3WJD-25A静电喷雾机（国际先进水平）。

2. 13种新产品被农业部列为主推机具，获得推广鉴定证书

新产品推广鉴定证书：3WP-450高地隙自走式喷杆喷雾机；3WP-400G自走式高秆作物喷杆喷雾机；3WX-280H自走式旱田作物喷杆喷雾机；3WP-650喷杆式喷雾机；3WPG-600型高地隙水旱两用喷杆喷雾机；3WP-500G型高地隙自走式喷杆喷雾机；3WFG-400X型自走式风送果林喷雾机等。

3. 得到国际本领域知名专家高度评价

（1） ISO植保机械与施药技术国际标准委员会秘书长A.Herbst博士对农药雾化沉积计算方法做出评价：“该研究将推动施药技术领域的技术革新，为设计新型雾化装置与高效施药机具及其应用提供理论支持”；对自动对靶探测技术研究结果做出高度评价：“此技术具有非常高的科学价值，对于减少农药用量具有重要应用价值”。

（2）英国化学农药应用生物学家学会（AAB）主席Simon Cooper教授对项目发表的研究内容做出高度评价：“研发的施药技术理论达到世界先进水平”。

（3）美国康奈尔大学国际知名施药技术专家Landers教授对关于“风送式可控雾滴静电喷雾”成果的做出高度评价：“此研究内容为新型高效静电喷雾技术研发开辟了一种全新的途径与方法，具有非常好的应用前景”。

4. 科学技术成果评价结论：成果整体达到国际先进水平

（1）科技部认定的社会第三方评价机构组织由罗锡文院士、陈温福院士、吴孔明院士领衔的咨询评价专家组对“新型植保施药技术与机具研发及应用”项目进行了评价：“该项成果针对适合我国国情的高效施药技术与机械贫乏，农药利用率低，安全性差，施药成本高、劳动强度和作业难度大等问题，系统开展了高效精准施药喷雾理论与技术研究，获得发明专利4项、实用新型专利9项、国家软件著作权2项，研制成功多种新型高效精准施药新机械和关键工作部件；雾滴谱的测量装置及其图像处理方法、篱架作物施药机械仿形喷雾技术等属国际首创，成果总体达到国际先进水平。”

（2）中国农学会组织由罗锡文院士、束怀瑞院士、吴孔明院士、李正明院士领衔的咨询评价专家组对“高效减量精准施药技术与机具研发应用”项目进行了评价：“该成果按照高产、优质、高效、生态、安全发展现代农业的要求，对高效精准施药喷雾理论与技术进行了系统研究，研制出一批新型植保机械与关键部件，形成了适应于我国几种作物的新型植保机械化技术，对促进我国植保机械和施药技术升级换代具有重要的理论和应用意义。整体水平达到国际先进，其中农药雾滴在水稻叶片不同表面微结构上的临界脱落直径模型、篱架作物施药机械仿形喷雾技术、融合绿色传感与红外传感对靶喷雾技术等属国际首创。”

5.科技查新报告证实本项目成果具有原创性与新颖性

经国家一级科技查新工作站科技查新证实：国内外所检文献范围内，课题组发明的农药精准施用计算方法，创制的精准施药技术与高效施药机具均未见有相关报道。

6.科学技术奖励体现了本项目的创造性

（1）“高效施药技术与机具研究开发”2006年获得教育部科技进步一等奖。

（2）“高效减量精准施药技术与机具研发应用”2013年获得农业部中华农业科技奖一等奖。

7.新产品通过国家权威机构检验，得到国家级星火计划支持

（1）检验报告：3WSF-200水田风送低量喷杆喷雾机；3WGZ-250果园自动对靶喷雾机；3WXH-1000循环喷雾机；3WLJ-700C型自适应仿形喷雾机； 3WFG-400X型自走式风送果林喷雾机；3WFQ-2000L型牵引式风送远程喷雾机；3WX-800HS型自走式水旱两用喷杆喷雾机；3WP-400G自走式高秆作物喷杆喷雾机；3WP-500G型高地隙自走式喷杆喷雾机等。

（2）高效施药机械果园自动对靶喷雾机中试国家星火计划项目证书。

8.成果被大量推广应用，受到用户好评

山东、河北、河南、湖北、湖南等19个省市植保站评价概要：产品性能稳定、技术成熟易操作，降低了农药使用量，减少了流失，提高了药效，降低成本，减少环境污染。对于提高农药利用率与农产品安全方面有极大的推动作用。

9.成果被本领域知名期刊封面收录

“果园自动对靶喷雾机”2005年被《农业工程学报》选为杂志封面，2011年被国际英文刊物《International Journal of Agricultural and Biological Engineering》选为杂志封面。

10.成果被权威媒体报道和推广

（1）“果园自动对靶风送喷雾机使用技术”被CCTV农广天地作为主推技术，制作成CD（农业教育声像出版社出版，ISRC：CNA350602410）在全国书店销售；并于2004-2005年间在农业频道多次播出；2004年6月《农民日报》对“果园自动对靶喷雾机”进行专访并报道。

http://www.farmer.com.cn/wlb/nmrb/nb7/200406160178.htm

（2）2014年6月，低空低量多旋翼施药机被列为“十二五”国家重大科技成就在中国国际展览中心（北京）展出，受到中央领导肯定。

http://www.aqsiq.gov.cn/zjxw/dfzjxw/dfftpxw/201406/t20140609\_414777.htm

**五、推广应用情况**

本项目创制的针对我国旱地、水田、果树等农作物病虫草害防治的新型精准施药装备，已在中农丰茂植保机械有限公司、[山东华盛中天机械集团有限公司](http://www.baidu.com/link?url=UAsjJKzMMTvb4NOe-hbM9hnjTE8WZUMPO8I7zEvybWrPYj9P5PFwVBQy9gQz8nz6)等公司实现产业化、大规模生产，销售各类机型52多万台套。应用推广面积14.53亿亩次，累计新增经济效益223.8亿元。

**主要应用单位情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 应用单位名称 | 应用技术 | 应用的起止时间 | 应用单位联系人/电话 | 应用情况 |
| 北京市植保站 | 大型喷杆喷雾机，挡板导流式喷杆喷雾机，自走式高架喷杆喷雾机，无人机 | 2003-  2015 | 贾峰勇13366663692 | 推广面积105.6万亩次，专业服务组织35个，培训农民2万多人次，推广各类机型1.5万多台套。 |
| 天津市植保植检站 | 大中型喷杆喷雾机，水田风送低量喷杆喷雾机，多旋翼无人植保机 | 2004-  2015 | 杨爱滨13821773520 | 推广面积15.4万亩次，专业服务组织16个，培训农民500多人次，推广各类机型500多台套。 |
| 河南省植保植检站 | 自走式旱地喷杆喷雾机，高秆式高架喷杆喷雾机，挡板导流式喷杆喷雾机，水田风送低量喷杆喷雾机，无人机等 | 2004-  2015 | 楚桂芬 13803892722 | 推广面积26111万亩次，专业服务组织4366个，培训农民4万多人次，推广各类机型3.4万多台套。 |
| 湖北省植保总站 | 水田风送低量喷杆喷雾机，大中型喷杆喷雾机，自走式高地隙喷杆喷雾机，果园精准喷雾机，无人机等 | 2003-  2015 | 张凯雄18971159711 | 推广面积8.67万亩次，专业服务组织16个，培训农民1万多人次，推广各类机型300多台套。 |
| 湖南省植保植检站 | 水田风送低量喷杆喷雾机，大中型喷杆喷雾机，自走式高地隙喷杆喷雾机，果园对靶喷雾机，喷杆喷雾机，无人机 | 2005-  2015 | 尹惠平13873124923 | 推广5550万亩次，专业服务组织1002个，培训农民150万多人次，推广各类机型1万多台套。 |
| 吉林省农技推广总站 | 水田风送低量喷杆喷雾机，自走式宽幅高架喷雾机，果园自动对靶喷雾机，低空低量航空喷雾机 | 2006-  2015 | 任文艺13943098408 | 推广面积12140.4万亩次，专业服务组织1363个，培训农民11万多人次，推广各类机型2.3万多台套。 |
| 江苏省植保站 | 大中型喷杆喷雾机，果园风送式喷雾机，果园自动对靶喷雾机，无人机 | 2009-  2015 | 张绍明13601587188 | 推广面积9056.4万亩次，专业服务组织3012个，培训农民19万多人次，推广各类机型11万多台套。 |
| 辽宁省植保站 | 自走式高架喷杆喷雾机，水田风送低量喷杆喷雾机、防飘喷杆喷雾机，无人机 | 2004-  2015 | 张贵锋13066568199 | 推广面积230.8万亩次，专业服务组织55个，培训农民3万多人次，推广各类机型2000多台套。 |
| 宁夏农技推广总站 | 水田风送低量喷杆喷雾机，自走式宽幅高架喷雾机，果园自动对靶喷雾机，低量喷杆喷雾机，无人机 | 2006-  2015 | 杨明进13895019211 | 推广面积4379.34万亩次，专业服务组织432个，培训农民2千多人次，推广各类机型1万多台套。 |
| 山东省植保总站 | 自走式高架喷杆喷雾机，悬挂喷杆喷雾机、果园风送喷雾机，挡板导流式喷杆喷雾机，无人机 | 2003-  2015 | 嵇俭  13606418875 | 推广面积3698万亩次，专业服务组织4478个，培训农民35万多人次，推广各类机型7万多台套。 |
| 陕西省植保总站 | 自走式宽幅高架喷雾机，防飘喷雾机，果园自动对靶喷雾机，低空低量航空喷雾机 | 2005-  2015 | 张战利13991184573 | 推广面积10160万亩次，专业服务组织800个，培训农民9万多人次，推广各类机型3万多台套。 |
| 新疆自治区植保站 | 自走式旱地喷杆喷雾机，悬挂/牵引喷杆喷雾机，果园自动对靶喷雾机，循环喷雾机，低量风送喷杆喷雾机、无人机 | 2006-  2015 | 伊利亚尔13579993336 | 推广面积11267万亩次，专业服务组织1159个，培训农民2万多人次，推广各类机型4万多台套。 |
| 浙江省植保检疫局 | 水田风送低量喷杆喷雾机，大中型喷杆喷雾机，自走式高地隙喷杆喷雾机，无人机 | 2010-  2015 | 陈军昂18698553218 | 推广面积9783万亩次，专业服务组织2150个，培训农民30万多人次，推广各类机型7万多台套。 |
| 安徽省植保总站 | 水田风送低量喷杆喷雾机，大型喷杆喷雾机，自走式高地隙与高架喷杆喷雾机，无人机 | 2006-2015 | 王明勇  0551-5561039 | 推广面积7135万亩次，专业服务组织1984个，培训农民3万多人次，推广各类机型1500多台套。 |

**六、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 发明专利有效状态 |
| 发明专利 | 一种雾滴谱的测量装置及其图像处理方法 | 中国 | ZL200510086231.X | 2010年01月06日 | 586925 | 中国农业大学 | 何雄奎，曾爱军，薛峰 | 有效专利 |
| 发明专利 | 带有栅格型防飘罩盖的喷雾装置 | 中国 | ZL 2008 1 0116353.2 | 2010年12月29日 | 721669 | 中国农业大学 | 宋坚利，何雄奎 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种农药精量施用装置及方法 | 中国 | ZL 201210460210.X | 2013年03月20日 |  | 北京农业信息技术研究中心 | 王秀,张睿,马伟,邹伟,邓巍 | 有效专利 |
| 发明专利 | 风送式栅格循环喷雾系统 | 中国 | ZL 2010 1 0578830.4 | 2013年06月19日 | 1222125 | 中国农业大学 | 宋坚利，何雄奎，曾爱军，刘亚佳，张京 | 有效专利 |
| 发明专利 | (2s,8z)-2-丁酰氧基-8-十七烯的应用 | 中国 | ZL 2010 1 0203853.7 | 2013年03月13日 | 1150661 | 中国农业大学 | 何雄奎，刘亚佳，曾爱军，宋坚利 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种喷雾药液润湿性的测试卡及其制备方法 | 中国 | ZL 2009 1 0236943.3 | 2012年07月04日 | 985576 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 袁会珠，李永平，杨代斌，张琳娜 | 有效专利 |
| 计算机软件著作权 | 树冠识别系统V1.0 | 中国 | 2005SRBJ1141 | 2005年07月10日 | BJ2839 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 有效专利 |
| 计算机软件著作权 | 雾滴测量系统V1.0 | 中国 | 2005SRBJ1142 | 2005年07月10日 | BJ2840 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 有效专利 |
| 实用新型专利 | 自走式风送果林喷雾机 | 中国 | ZL 2012 2 0106546.1 | 2012年11月07日 | 2489060 | 中农丰茂植保机械有限公司 | 郭永旺，杨建国，张贵峰，方宝林 | 有效专利 |
| 实用新型专利 | 用于多旋翼超低量无人施药机的喷洒系统 | 中国 | ZL 2012 2 0331216.2 | 2013年01月09日 | 2634909 | 山东华盛农业药械股份有限公司 | 刘明玉，王浩，刘忠亮，张义，李凤军 | 有效专利 |

**七、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 职务/职称 | 工作单位/完成单位 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 何雄奎 | 1 | 主任/教授 | 中国农业大学/中国农业大学 | 本项目负责人，对发明点一、二、三、四都有创造性贡献。发明点一主要进行农药雾滴雾化、沉积、飘失系统理论研究；发明点二主要进行高效减量精准施药技术研究；发明点三主要进行挡板导流防飘喷雾机、果园智能喷雾机、水田风送低量喷杆喷雾机研制；发明点四主要进行全程植保机械化作业体系建立及示范推广。获发明专利授权5项（其中第一发明人2项)，实用新型专利19项，软件著作权2项，是5项国家标准和9项施药技术规范的主要起草人，发表论文102篇（SCI/EI收录52篇)，出版专著10部。 |
| 王秀 | 2 | 主任/研究员 | 北京农业智能装备技术研究中心/北京农业智能装备技术研究中心 | 项目主要完成人，对本项目发明点一、二、三、四都有创造性贡献。发明点一主要进行喷雾装置研究，发明点二主要进行减量施药技术的喷雾装置进行研究，发明点三主要进行果园精准喷雾装置研究，发明点四主要推广精准喷雾装置及机具。是7想发明专利的第一完成人，参与制定标准4项。 |
| 郭永旺 | 3 | 研究员 | 全国农业技术推广服务中心/全国农业技术推广服务中心 | 项目主要完成人，对本项目发明点二、三有创造性贡献。发明点二主要进行高效减量精准施药技术改进研究；发明点三主要进行新型高效植保机具的改进研究；推广应用方面负责发明点二、三新技术、新机具示范、推广应用，以及全国示范基地建设、农民培训、专业化统防统治队伍建设。是2项实用新型专利的主要完成人，出版专著6部。 |
| 宋坚利 | 4 | 副教授 | 中国农业大学/中国农业大学 | 项目主要完成人，对发明点一、二、三、四都有创造性贡献。发明点一主要进行雾化、沉积分析计算系统研究；发明点二主要进行循环喷雾、自适应仿形喷雾、低电压静电喷雾技术研究；发明点三主要进行循环喷雾机、自适应仿形喷雾机研制；发明点四主要参与全程植保机械化作业体系建立及示范。获发明专利4项（其中第一发明人2项)，实用新型专利9项。 |
| 严荷荣 | 5 | 研究员 | 中国农业机械化科学研究院/中国农业机械化科学研究院 | 项目主要完成人，对本项目发明点三、四有创造性贡献。发明点三主要进行旱地宽幅喷杆喷雾机、自走式高架旱地喷杆喷雾机、自走式水旱两用喷杆喷雾机研究；发明点四主要进行主要粮食和经济作物全程植保机械化作业体系建立及示范推广。 |
| 刘亚佳 | 6 | 副教授 | 中国农业大学/中国农业大学 | 项目主要完成人，对本项目发明点三、四有创造性贡献。发明点三主要进行旱地宽幅喷杆喷雾机、自走式高架旱地喷杆喷雾机、自走式水旱两用喷杆喷雾机研究；发明点四主要进行主要粮食和经济作物全程植保机械化作业体系建立及示范推广。 |
| 闫晓静 | 7 | 副研究员 | 中国农业科学院植物保护研究所/中国农业科学院植物保护研究所 | 项目主要完成人，对发明点一、四都有创造性贡献。发明点一主要进行雾化、沉积分析计算系统研究；发明点四主要进行标准和规范的制订，参与药械和施药技术的示范推广、应用和全国示范基地建设、农民培训、专业化统防统治队伍建设。获发明专利3项（其中第一发明人2项)，实用新型专利3项。 |
| 赵今凯 | 8 | 董事长/高级经济师 | 中农丰茂植保机械有限公司/中农丰茂植保机械有限公司 | 项目主要完成人，对本项目发明点三、四有创造性贡献。发明点三主要进行旱地宽幅喷杆喷雾机、自走式高架旱地喷杆喷雾机、自走式水旱两用喷杆喷雾机研究；发明点四主要进行主要粮食和经济作物全程植保机械化作业体系建立及示范推广。 |
| 李凤军 | 9 | 副总/会计师 | 山东华盛中天机械集团股份有限公司/山东华盛中天机械集团股份有限公司 | 项目主要完成人，对本项目发明点二、三、四都有创造性贡献。发明点二主要进行多旋翼无人机航空喷雾平台技术研究；发明点三主要进行高地隙自走式喷杆喷雾机、循环喷雾机、“厂”型棚架自适应喷雾机试制、生产；发明点四主要进行主要粮食和经济作物全程植保机械化作业体系建立及示范推广。是 7个实用新型专利的主要完成人。 |
| 马伟 | 10 | 助理研究员 | 北京农业智能装备技术研究中心/北京农业智能装备技术研究中心 | 项目主要完成人，对本项目发明点二、三都有创造性贡献。发明点二主要进行减量施药装置的研发与应用，发明点三主要进行减量施药机具的研究与推广。是6项发明专利的主要完成人。 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 单位名称 | 创新推广贡献 |
| 1 | 中国农业大学 | 项目主要完成单位，对本项目各创新点有创造性贡献，负责项目整体各项工作的组织实施，发明点一 主要进行了农药雾化沉积和飘失的基础研究，确立了定量计算方法，发明点二 主要研发了系列精准施药技术，提供了农药利用率；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |
| 2 | 北京农业智能装备技术研究中心 | 项目主要完成单位，对本项目创新点一、二、三、四都有创造性贡献。负责减量施药技术的原理和装置的研发，开发了系列多功能变量施药机具及其配套检测方法，并在各地进行推广运用。完成国家授权发明专利7项，制定4项标准，4种机具通过检验鉴定。 |
| 3 | 全国农业技术推广服务中心 | 项目主要完成单位，对本项目创新点三、四有创造性贡献；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |
| 4 | 中国农业机械化科学研究院 | 项目主要完成单位，对本项目创新点三、四有创造性贡献；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |
| 5 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 项目主要完成单位，对本项目创新点一、三有创造性贡献，发明点一 主要研发雾滴粒径、密度探测装置，确定作物冠层雾滴分布；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |
| 6 | 中农丰茂植保机械有限公司 | 项目主要完成单位，对本项目创新点三、四有创造性贡献；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |
| 7 | 山东华盛中天机械集团股份有限公司 | 项目主要完成单位，对本项目创新点三、四有创造性贡献；发明点三 主要联合创制了多种高效施药装备；发明点四 构建了减量高效精准施药技术新体系，提供了技术、知识支撑。 |

**九、完成人合作关系说明**

中国农业大学作为第一完成单位，何雄奎作为第一完成人、宋坚利作为第四完成人、刘亚佳作为第六完成人，北京农业智能装备技术研究中心作为第二完成单位，王秀作为第二完成人，马伟作为第十完成人，全国农业技术推广服务中心作为第三完成单位，郭永旺作为第三完成人，中国农业机械化科学研究院作为第四完成单位，严荷荣作为第五完成人，中国农业科学院植物保护研究所作为第五完成单位，闫晓静作为第七完成人，中农丰茂植保机械有限公司作为第六完成单位，赵今凯作为第八完成人，山东华盛中天机械集团股份有限公司作为第七完成单位，李凤军作为第九完成人，参加的“减量施药技术与高工效植保装备研发应用”项目申报2018年度国家技术进步奖二等奖。

中国农业大学2001年开始主持国家科技攻关与支撑计划：“高效施药技术与机具开发研究”（2001BA504B05）；国家自然科学基金项目：“施药时雾滴或粉粒沉积和飘失规律”（30100113）、“农药雾滴在典型作物冠层沉积行为及高效利用”（30971940）；“863”计划项目：农作物靶标光谱探测技术（2007AA10Z208）、“篱架型作物高效施药技术研究与装备创制”（2008AA100904）；国家科技成果转化资金项目：“高效施药机具果园自动对靶喷雾机中试”（04EFN217100387）；国际科技合作专项：“典型大田作物农药减量高效施药技术研究”（2010DFA34570）。中国农业科学院植物保护研究所、全国农业技术推广服务中心、中农丰茂植保机械有限公司、山东华盛中天机械集团股份有限公司作为协作单位共同进行高效精准施药装备的创制与推广应用工作。

中国农业大学作为主持单位主要负责农药雾滴雾化、运动、沉积与分布基础理论方面的研究，全面主持新型精准施药技术与机具、防飘喷雾技术与机具等的研发，组织示范点建立、应用推广所有工作。

北京农业智能装备技术研究中心作为协作单位主要负责减量施药技术的原理和装置的研发，开发了系列多功能变量施药机具及其配套检测方法，并在各地进行推广运用。

全国农业技术推广服务中心作为协作单位主要负责新型高效精准施药机具示范基地的建设，专业化服务组织建立，农民培训等推广应用工作。

中国农业机械化科学研究院作为协作单位主要负责减量施药技术的研发与运用，在“高效施药机具果园自动对靶喷雾机中试”（04EFN217100387）作为共同研发单位，全程参与了果园自动对靶喷雾机的研发与推广。

中国农业科学院植物保护研究所作为协作单位主要负责新型高效精准施药机具试验示范，施药效果评价、农药利用率分析，并参与专业化服务组织建立，农民培训等推广应用工作。

中农丰茂植保机械有限公司作为协作单位在“高效施药机具果园自动对靶喷雾机中试”（04EFN217100387）中负责果园自动对靶风送喷雾机的中试与产品熟化生产。与中国农业大学合作进行宽幅喷杆喷雾机、自走式水旱两用幅喷杆喷雾机、自走式高地隙喷杆喷雾机等机具的研制与生产销售工作。

山东华盛中天机械集团股份有限公司作为协作单位在“篱架型作物高效施药技术研究与装备创制”（2008AA100904）中主要负责篱壁式循环喷雾机、棚架式自适应仿形喷雾机的样机加工与后期生产销售等工作。与中国农业大学合作进行宽幅喷杆喷雾机、挡板导流防飘喷杆喷雾机、防滴稳压阀、静电喷头、多旋翼低空低量航空喷雾机、自走式水旱两用喷杆喷雾机、自走式高地隙喷杆喷雾机、自走式高地隙防飘喷雾机的研制加工与生产销售。