**2025年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**一、项目名称：**黄土高原降雨径流调控与高效利用关键技术产品及应用

二、**提名者：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**提名意见：**该项目针对制约黄土高原农业生产的干旱频发和水资源短缺难题，历时17年，系统开展了黄土高原降雨径流调控与高效利用关键技术及应用研究，取得了重大创新与突破。阐明了现阶段黄土高原主要作物适水时空格局，明确了降雨径流调控利用的潜力；揭示了小流域坡沟坝地复合系统降雨径流转化机制及其伴生效应；明晰了典型主粮作物和经济林果水分利用策略，构建了主粮作物和经果林降雨径流多界面联合调控技术；研发出“拦提蓄补”四位一体绿色智慧集雨补灌技术与产品。2项技术入选农业农村部重大引领性技术，2项技术入选农业农村部农业主推技术，进行了大面积推广应用，取得显著的经济、生态和社会效益。

项目成果技术创新性突出，技术经济指标先进，在推动农业水土工程和水土保持等相关学科发展及行业科技进步等方面有重大贡献，符合陕西省科学技术进步奖提名条件。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、**项目简介：**

干旱频发、水资源短缺是全球旱区农业和生态环境建设所面临的瓶颈性难题，以我国黄土高原最具有代表性。黄土高原占黄河流域面积的80%以上，是我国主要旱作农业区，农业用水主要依靠自然降水，但该区降雨量少且时空分布不均，集中降雨期产生大量地表径流，是产生水土流失的主要源动力，如果加以利用又将能够成为农业抗旱的重要水源。因此，以降雨径流科学调控实现高效利用保障农业生产与生态协同提升就成为该区亟需破解的国家需求。为充分挖潜利用该区降雨径流，项目组历时10余年，在厘清区域降雨径流调控利用潜力和小流域坡沟系统降雨径流转化机制基础上，研发出系列降雨径流高效利用关键技术与产品，主要创新成果如下：

（1）**明确了黄土高原不同类型区降雨径流调控与利用潜力。**建立同步考虑作物光谱和物候特征的种植结构识别方法，构建了黄土高原主要作物种植结构空间分布高精度数据集，总体精度达0.82以上；创建了农田适水度评价新指标，研发了高分辨率农田水平衡过程模拟模型，明晰了黄土高原主要作物适水时空格局，发现适水度低值区主要分布在黄土丘陵沟壑区；耦合考虑空间分布的长系列作物蒸散发数据集，建立黄土高原降雨径流拦蓄利用适配模型，明确降雨径流拦蓄最佳窗口期（8-10月）和潜在发展面积（5460万亩），采用水分生产函数对7种作物增产潜力预测，粮食平均增产36.7%、经济作物增产67.6%，为其规模化发展提供理论依据。

（2）**揭示了小流域坡沟坝地复合系统降雨径流转化机制及其伴生效应**。开发了能反映小流域地表径流侵蚀及土壤水运动过程的流域模型，给出暴雨径流及土壤水分运动相似的几何、运动及动力相似比尺，构建了小流域降雨径流侵蚀调控过程模拟体系，发现坡沟水流运动过程损失坡面径流约22.7%-49.2%；提出氘同位素示踪和染色示踪联合解析坡沟系统降雨径流过程方法，发现峁坡和沟道边坡贡献沟道土壤水分来源的67.1%；通过典型小流域坡沟系统多年多地多点土壤水碳定位观测，沟道土壤含水量和土壤有机碳含量分别较坡面平均高39.3%和19.4%；得出坡面降雨径流调控重点在上部，小流域在上游，为小流域坡沟系统降雨径流高效利用提供了理论基础。

（3）**构建了黄土高原主粮作物和****经济林果降雨径流多界面联合调控技术**。采用稳定同位素示踪和土壤水及蒸腾高频连续定位观测方法，明晰了主粮作物（小麦、玉米和马铃薯）和经济林果（苹果和红枣）水分利用来源与利用策略；以有效降低非生产性耗水和奢侈性蒸腾耗水为目标，研发出适用于旱作小麦、玉米、马铃薯等粮食作物降雨径流多界面联合调控技术（根-土界面“有机物深施-土壤扩蓄-促根提水”；土-气界面“微地形集雨-耕层蓄水-地表覆盖抑蒸”；气-植界面“调密降蒸-优化株行距-降低水分竞争”），以及适用于苹果、红枣等经济林果的降雨径流多界面联合调控技术（根-土界面“深层引流-根域入渗-补水增碳”；土-气界面“绿肥还田-水分协同-促渗固碳”；气-植界面“侧枝调控-降耗增效”），根区土壤有效水含量平均提高7.3%和10.1%。

（4）**研发出“拦提蓄补”四位一体绿色智慧集雨补灌技术与产品**。建立基于跨流域迁移学习的无资料地区降雨径流预测新方法，构建基于改进粒子群算法的光伏提水系统碳-经济协同优化模型，提出系统参数优化配置方案；研制出高分子复合织物一体成型大容量防蒸发蓄水池及沉砂装置，创制出绿色自适应陶瓷灌水器及生产装备、智慧集雨补灌控制平台等新产品新装备。以上述产品装备为核心，集成构建出“拦提蓄补”四位一体绿色智慧集雨补灌技术，实现了“秋雨春用、丰雨旱用”，大幅度提高了粮食和经济林果产量及水分利用效率。

在*Science Bulletin*、*Water Resources Research*、中国科学：地球科学等期刊发表论文117篇，其中SCI收录95篇；授权国家发明专利23件、实用新型和软著27件，制定农业农村部行业和陕西省地方标准7项。入选农业农村部重大引领性技术2项、主推技术2项，首批“一带一路”科技减贫先进适用技术1项，被写入陕西省委一号文件和“十四五”农业节水行动方案。项目成果综合效益显著，应用前景广阔。

**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. 验收意见**

2010年，以田均良研究员为组长的专家组对主持完成的国家科技支撑计划课题“坡面降雨径流调控及高效利用技术（2006BAD09B01）”进行了会议验收，认为该课题研发了具有自主知识产权的固化剂等调控材料，建立坡面径流调控优化模型，研制并推广应用场窖一体化等多种蓄水装置；构建了适用于黄土高原多区域和作物的调控模式，其中“水平梯田苹果+水窖+节水灌溉模式”已在安塞等地推广应用，综合效益显著。

2021年，以康绍忠院士为组长的专家组对主持完成的国家重点研发计划课题“陕北黄土高原特色经济林节水增效技术研究与集成应用”进行了会议验收，认为课题揭示了黄土高原苹果和红枣等经济林果水分利用策略，创新了不同界面适水降耗增效调控技术，研发出微孔陶瓷根灌技术及系列产品，形成了针对不同经营主体的技术模式，并进行了大面积应用，综合效益显著。

**2. 国内外同行评价**

美国工程院院士、得州农工大学杰出教授（Distinguished Professor）Vijay P. Singh在世界水土保持学会会刊International Soil and Water Conservation Research发表论文，20次引用项目完成人发表在Catena（2011, 87: 357-367）、Journal of Hydrology（2013, 476: 28-41）和Geoderma（2016, 261: 1-10）的研究成果，肯定了项目坡沟系统土壤水分时空分布格局研究成果的先进性和系统性。

中国科学院生态环境研究中心傅伯杰院士在Catena上发表论文，认为项目关于植被水分利用策略受生长环境调控（Agricultural and Forest Meteorology, 2023, 336: 109484）的研究结果，为优化田间管理措施提供了理论依据。瑞士联邦森林研究所Arthur Gessler教授在Global Change Biology发表论文将项目关于经济林果土壤水分利用策略（Hydrology Earth System Science, 2023, 27: 123-137）的研究结果作为长期灌溉促进根系扩展，致使灌溉地与对照地土壤水分差异减小的关键证据。

中科院西北生态环境资源研究院冯起院士和阿根廷国家科学院院士、国际生态协会（INTECOL）杰出贡献奖获得者Jobbagy Esteban教授，在Plant Physiology and Biochemistry和Agricultural and Forest Meteorology发表论文认为项目组关于经济林果根-土界面深层土壤水缺失显著影响果树生长的研究结果（Journal of hydrology, 2023, 617: 129161），为“深层土壤水是旱地生态系统树木生存的保命水”这一结论提供了强有力的证据。European Journal of Soil Science期刊副编辑、英国土壤科学学会杰出贡献奖获得者Daniel Evans教授在英国土壤学会会刊European Journal of Soil Science发表论文，认为项目组关于土-气界面调控研究是雨水集蓄利用的重要进展，并为新的调控技术研发奠定了基础。

**五、应用情况（发明奖和进步奖填写)**

自项目实施以来，项目组以“同步缓解干旱缺水与水土流失并存瓶颈性难题”为目标，以“充分挖潜降雨径流”为核心的降雨径流调控与高效利用关键技术，可以有效削弱水土流失的主要原动力，同时实现了降雨径流资源高效利用，显著提升主粮作物、经济林果水分利用效率、降水利用率和产量，并在黄土高原大面积推广应用，为我国旱作农业绿色高质量发展提供了有力的理论指导和科技支撑，也有效提高了我国旱作农业的经济效益和技术水平。

**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 | 发明专利 | 一种灌溉用水集雨器 | 中国 | ZL202210957591.6 | 2024年8月16日 | 7294602 | 西北农林科技大学 | 高晓东、宁少雄、蔡耀辉、赵西宁 |
| 2 | 发明专利 | 一种河流径流量的研究方法 | 中国 | ZL 201811355723.8 | 2022年10月11日 | 5506860 | 西北农林科技大学 | 高学睿、闫程晟、吴普特、赵西宁、王玉宝、鲁仕宝、孙淼、焦梦妍、王爱、王纪超、安婷莉、韩昕雪琦 |
| 3 | 发明专利 | 一种秸秆木质陶瓷根灌管及其制备方法与应用 | 中国 | ZL 202010769091.0 | 2022年3月15日 | 4997390 | 西北农林科技大学 | 蔡耀辉、吴普特、张林、朱德兰、赵西宁、葛茂生、高晓东、丁艳宏、周伟、聂一品 |
| 4 | 发明专利 | 果园降水集蓄促渗保墒增碳方法、系统及其果园智能补灌系统 | 中国 | ZL 202210354681.6 | 2023年3月24日 | 5816770 | 西北农林科技大学 | 宋小林、赵西宁、马锋旺、高晓东、蔡耀辉、石雨峰、张宇飞、倪文乐、李昌见、邹养军 |
| 5 | 发明专利 | 一种柔性环保橡塑水窖及其制备方法 | 中国 | ZL 200510096014.9 | 2009年8月5日 | 532634 | 西北农林科技大学;青岛华海环保工业有限公司、中国科学院水利部水土保持研究所、国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心 | 高建恩、张芳海、朱德兰、郭建伟、李少斌、丁蕊、肖克飚 |
| 6 | 发明专利 | 用于山地果园的集雨补灌促渗排涝综合系统及其实施方法 | 中国 | ZL 202210575889.0 | 2023年9月15日 | 6326886 | 西北农林科技大学;河南科技大学 | 蔡耀辉、代智光、赵西宁、高晓东、杨世伟、宋小林、李昌见、高学睿、刘珂瑶 |
| 7 | 行业标准 | 旱作农业 术语与定义 | 中国 | NY/T 4177-2022 | 2022年11月11日 | 中华人民共和国农业农村部 | 全国农业技术推广服务中心、中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所、西北农林科技大学、甘肃省耕地质量建设保护总站 | 吴勇、张赓、陈广锋、沈欣、周阳、何文清、赵西宁、龚道枝、刘少君、崔增团、赵建明、刘永忠、李昊儒、高丽丽 |
| 8 | 地方标准 | 黄土高原苹果园光伏提水集雨微灌技术规范 | 中国 | DB61/T 1791-2023 | 2023年12月22日 | 陕西省质量监督局 | 西北农林科技大学、陕西省耕地质量与农业环境保护工作站、西安市质量与标准化研究院、兰州大学、陕西崇仁水利工程有限公司、杨凌现代农业产业标准化研究推广服务中心 | 赵西宁、高晓东、蔡耀辉、徐文华、王迁、宋小林、张宝庆、杨世伟、李昌见、高学睿、任利宇、文明宜、于流洋、王绍飞、杨敏、范兴科、文立红 |
| 9 | 地方标准 | 半干旱区苹果园间作豆菜技术规范 | 中国 | DB61/T 1360-2020 | 2020年12月28日 | 陕西省质量监督局 | 西北农林科技大学、陕西省杂交油菜研究中心、西安市质量与标准化研究院、延安市果业中心、全国农技推广服务中心、杨凌现代农业产业标准化研究推广服务中心 | 赵西宁、杨建利、宋小林、高晓东、吴普特、王迁、王春丽、吴勇、路树国、贺春祥、刘光东、凌强、霍高鹏、李会科、蔡耀辉、周永明、高建恩 |
| 10 | 地方标准 | 黄土丘陵沟壑区沟道土地整治及控制工程技术规范 | 中国 | DB61/T 1746-2023 | 2023年11月14日 | 陕西省质量监督局 | 西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所、中国科学院地理科学与资源研究所、陕西省土地工程建设集团有限责任公司、延安市治沟造地领导小组办公室、水利部水土保持生态工程技术研究中心（杨凌）、国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心、杨凌职业技术学院、西安市质量与标准化研究院、杨凌现代农业产业标准化研究推广服务中心 | 高建恩、樊恒辉、刘国彬、刘彦随、田堪良、韩剑桥、罗林涛、卜崇峰、赵西宁、刘刚、张根广、高哲、张星辰、李兴华、窦少辉、强敏敏、龙韶博、张强、李军、王光东、贺春雄、王迁、周永明 |

**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** |
| 赵西宁 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 负责项目总体技术方案设计与组织实施，对项目创新成果1-4均做出重要贡献 |
| 高晓东 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 项目重要执行人，在项目创新成果2和3中做出重要贡献，参与完成创新成果1和4研究 |
| 吴普特 | 3 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果2和3中做出重要贡献，参与完成创新成果1和4研究 |
| 高建恩 | 4 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果2中做出重要贡献 |
| 吴 勇 | 5 | 高级农艺师 | 全国农业技术推广服务中心/全国农业技术推广服务中心 | 参与项目创新成果3和4研究，在技术成果应用推广中做出重要贡献 |
| 蔡耀辉 | 6 | 副研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果4中做出重要贡献，参与完成创新成果1研究 |
| 孙世坤 | 7 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果1和4中做出重要贡献 |
| 高学睿 | 8 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果1中做出重要贡献 |
| 任小龙 | 9 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 在项目创新成果3中做出重要贡献 |
| 刘恩科 | 10 | 研究员 | 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所/中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 | 在项目创新成果3中做出重要贡献 |
| 任利宇 | 11 | 高级工程师 | 陕西崇仁水利工程有限公司/陕西崇仁水利工程有限公司 | 在项目创新成果4中做出重要贡献，参与技术成果应用推广 |
| 战国隆 | 12 | 正高级工程师 | 大禹节水集团股份有限公司/大禹节水集团股份有限公司 | 在项目创新成果4中做出重要贡献，参与技术成果应用推广 |
| 高 哲 | 13 | 讲师 | 陕西农林职业技术大学/陕西农林职业技术大学 | 参与完成项目创新成果2研究 |
| 刘忠雄 | 14 | 高级农艺师 | 榆林市农业技术服务中心/榆林市农业技术服务中心 | 在技术成果应用推广中做出重要贡献 |
| 路树国 | 15 | 高级农艺师 | 延安市果业中心/延安市果业中心 | 在技术成果应用推广中做出重要贡献 |

**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** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 项目主持单位，统筹组织管理项目实施，为项目实施提供了必要的科研信息咨询、人员保障、资金、试验基地、仪器设备和设施，田间示范应用等必要条件，为项目的申报、验收、成果材料撰写等多方面提供支持和保障，是项目创新成果1-4的主要完成单位 |
| 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所 | 2 | 参与完成项目创新成果3的研究 |
| 陕西崇仁水利工程有限公司 | 3 | 参与完成项目创新成果4的研究，参与技术成果应用推广 |
| 大禹节水集团股份有限公司 | 4 | 参与完成项目创新成果4的研究，参与技术成果应用推广 |
| 全国农业技术推广服务中心 | 5 | 参与项目创新成果3和4研究，在技术成果应用推广中做出重要贡献 |
| 陕西农林职业技术大学 | 6 | 参与完成项目创新成果2研究 |
| 榆林市农业技术服务中心 | 7 | 在技术成果应用推广中做出重要贡献 |
| 延安市果业中心 | 8 | 在技术成果应用推广中做出重要贡献 |

**九、完成人合作关系情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **完成人合作关系情况汇总表表** | | | | | | |
| **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** | **证明材料** |
| 1 | 共同制定标准 | 赵西宁/1  高晓东/2  吴普特/3  高建恩/4  吴勇/5  蔡耀辉/6  路树国/15 | 2006 | 2020 | 陕西省地方标准：半干旱区苹果园间作豆菜技术规范 | 标准 |
| 2 | 共同制定标准 | 赵西宁/1  高晓东/2  蔡耀辉/6  高学睿/8  任利宇/11 | 2013 | 2023 | 陕西省地方标准：黄土高原苹果园光伏提水集雨微灌技术规范 | 标准 |
| 3 | 共同制定标准 | 赵西宁/1  高建恩/4  高哲/13 | 2015 | 2023 | 陕西省地方标准：黄土丘陵沟壑区沟道土地整治及控制工程技术规范 | 标准 |
| 4 | 共同发表论文 | 赵西宁/1  吴普特/3  孙世坤/7 | 2013 | 2023 | 论文：Evaluation of agricultural water demand under future climate change scenarios in the Loess Plateau of Northern Shaanxi, China | 论文 |
| 5 | 共同发表论文 | 赵西宁/1  高晓东/2  蔡耀辉/6  任小龙/9 | 2013 | 2023 | 论文：A shift from isohydric to anisohydric water-use strategy as a result of increasing drought stress for young apple trees in a semiarid agroforestry system | 论文 |
| 6 | 共同申报专利 | 孙世坤/7  战国隆/12 | 2016 | 2023 | 发明专利：一种基于强化学习算法的微灌单元管网布置优化设计方法 | 专利 |
| 7 | 共同发表论文 | 任小龙/9  刘恩科/10 | 2013 | 2023 | 论文：Continuous ridge-furrow film mulching enhances maize root growth and crop yield by improving soil aggregates characteristics in a semiarid area of China: An eight-year field experiment | 论文 |
| 8 | 共同完成科技成果 | 任利宇/11  刘忠雄/14 | 2015 | 2023 | 陕西省科技成果：旱作农业“四位一体”补灌关键技术及应用 | 科技成果 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  赵西宁为项目第一完成人，提出项目总体思路与方案，主持项目实施和总结。  赵西宁、高晓东、吴普特、高建恩、吴勇、蔡耀辉、路树国等完成人针对黄土高原半干旱区苹果园无效土壤蒸发大并且降雨径流资源难以利用的问题，开展合作研究，通过多年多地试验和数据分析，明晰了苹果园果树与大豆、油菜等绿肥作物种间水分关系主要以协同为主，进而提出了半干旱区苹果园间作豆菜的技术参数，并共同制定陕西省地方标准，给出了具体技术实施细节。  赵西宁、高晓东、蔡耀辉、高学睿、任利宇等完成人针对黄土高原山地苹果园春旱严重而秋季降雨径流水资源丰富的特征，开展合作研究，在厘清黄土高原小流域坡沟系统降雨径流过程基础上，通过多年多地试验和数据分析，明确了山地苹果园光伏提水进行集雨补灌的技术参数，并共同制定了陕西省地方标准，给出了山地果园光伏提水集雨补灌的技术实施细节。  赵西宁、高建恩、高哲等完成人针对黄土高原坡沟系统水土流失问题，开展合作研究，通过多年多地试验和数据分析，明确了黄土丘陵沟壑区沟道土地整治的技术参数，并共同制定了陕西省地方标准，给出沟道土地整治和控制工程的技术实施细节。  赵西宁、吴普特、孙世坤等完成人针对未来气候变化背景下陕北黄土高原农业用水变化不清晰的问题，开展合作研究，通过模型模拟的手段，明确了3种未来气候变化情景下陕北黄土高原的农业用水需求，共同发表了学术论文。  赵西宁、高晓东、蔡耀辉、任小龙等完成人针对黄土高原果农复合系统中深根系果树水分利用策略不明晰问题，开展合作研究，通过长期定位观测和数据分析，明确了复合系统果树水分利用策略及其对干旱响应机制，共同发表了学术论文。  孙世坤、战国隆等完成人针对补灌单元灌溉水利用效率不高的问题，开展合作研究，基于强化学习算法，发明出一种补灌单元管网布置优化设计方法，共同申报了发明专利。  任小龙、刘恩科等完成人针对农田土-气界面微地形调控作物生长及产量效应不清的问题，开展合作研究，通过多年定位试验和数据分析，揭示了土-气界面垄沟覆膜增产的机理，共同发表了学术论文。  任利宇、刘忠雄等完成人针对黄土高原秋季降雨径流资源难以有效利用问题，合作开展旱作农业集雨补灌关键技术研究，共同完成科技成果。 | | | | | | |

**2025年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**一、项目名称：**奶山羊全混合日粮饲养关键技术研发与应用

二、**提名者：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**提名意见：**奶山羊产业是陕西省的优势特色产业，但奶山羊养殖长期存在泌乳效率低下、饲草料资源缺乏、饲喂模式落后等问题。为攻关上述制约奶山羊产业发展的技术瓶颈，西北农林科技大学联合陕西省畜牧技术推广总站、陕西农林职业技术大学、陕西康达尔农牧科技有限公司、富平县畜牧发展中心、陕西康构草业科技有限公司组建了研发与推广团队。依托陕西省饲料饲草产业技术体系、农业农村部饲料和饲料添加剂有效性评价机构、陕西省“四主体一联合”饲料工程技术研究中心等平台，在陕西省重点研发计划项目（2020NY-029；2017TSCXL-NY-04-01）、陕西省农业科技创新驱动资金计划项目（NYKJ-2019-YL15）等项目的资助下，结合奶山羊营养需要量和饲料原料数据库不完善、饲喂模式落后，甚至“有啥喂啥”的养殖现状，项目组开发了奶山羊日粮淀粉高效利用技术，构建了奶山羊关键生理阶段营养需要量和精准营养调控技术，创建了奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系等关键技术，最终形成了一套适宜不同生产阶段、不同养殖规模的奶山羊全混合日粮饲养关键技术。该项目成果在大面积示范推广中显著提高了奶山羊的泌乳效率和饲料利用率，有效缓解了饲草料资源缺乏现状，大幅提升了奶山羊养殖的标准化、规范化水平，降低了甲烷、粪污的排放污染。提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

1. **项目简介：**

发展奶山羊产业对保障粮食安全和健康中国的国家战略均具有重要意义。奶山羊是我省的优势特色产业，但我省乃至我国奶山羊养殖长期存在泌乳效率低下、饲草料资源缺乏、饲喂模式落后等产业难题。针对上述瓶颈问题，在陕西省重点研发计划项目（2020NY-029；2017TSCXL-NY-04-01）和陕西省农业科技创新驱动资金计划项目（NYKJ-2019-YL15）等项目的资助下，项目组研发出一套以营养高效和机体健康为核心的奶山羊全混合日粮饲养关键技术，并进行了大面积示范推广，攻克了制约奶山羊产业发展的关键技术难题，为我省乃至我国奶山羊产业高质量发展提供了强有力的技术支撑。本项目取得以下创新性成果：

**1****. 开发了日粮淀粉高效利用技术，为改善奶山羊泌乳效率提供了技术支撑。**研发了调控淀粉消化位点和速率的原料加工和日粮配制措施，并形成了以亮氨酸和苯丙氨酸为核心的小肠淀粉消化率调控策略，显著提高了奶山羊的饲料转化率和泌乳效率。

**2. 构建了关键生理阶段营养需要量和精准营养调控技术，为奶山羊全生命周期高效健康养殖提供了技术方案。**结合不同生理阶段消化道和机体代谢特征，项目组确定了基于动态营养供应的奶山羊关键生理阶段需要量，以保障消化道健康和养分高效利用为目标形成了覆盖胎儿期、幼龄期、青年期、围产期、泌乳期的奶山羊全生命周期精准营养调控技术方案，显著提高了生产性能，有效降低了营养代谢性疾病发生率，并大幅减少了甲烷和粪污排放污染，实现奶山羊精准营养与健康养殖。

**3. 创建了全混合日粮中央厨房生产与配送体系，为奶山羊的日粮供应提供了整体解决方案。**以营养均衡和高效利用为核心目标，项目组研发了奶山羊饲料原料数据库和精准日粮配方，规范了全混合日粮加工技术，开发了全混合日粮裹包和保存期延长技术，创建了中央厨房生产与配送体系，有效缓解了饲草料资源短缺和营养不平衡问题，大幅提升了奶山羊养殖的标准化、规范化水平，保障了奶山羊生产潜力的高效发挥。

项目实施期间，在全国10个省市推广“奶山羊全混合日粮饲养关键技术”。据不完全统计，项目技术覆盖100万余只奶山羊，增加鲜奶2.3万吨，增加经济效益1.4亿元，提高饲料转化率4%以上，减少甲烷排放16%以上，节约饲料费、医药费和排泄物处理费1.3亿元，累计增加经济效益2.7亿元。本项目显著提升奶山羊产业的社会、经济和生态效益，助推我省乃至我国奶山羊产业高效、健康高质量发展。

项目实施期间，授权国家发明专利3件、实用新型专利7件、软件著作权4件，发布国家标准2项、农业行业标准1项、陕西省地方标准2项、团体标准1项、企业标准28项，培养博士、硕士研究生36名，发表学术论文49篇，培训奶山羊全混合日粮配方设计、日粮制作与饲喂技术人员410余名。

1. **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. 项目验收意见**

2021年9月4日，杨凌示范区现代农业和乡村发展局组织有关专家对西北农林科技大学承担的陕西省农业科技创新驱动资金计划项目“奶山羊高效健康养殖和综合配套技术集成示范（项目编号：NYKJ-2019-YL15）”进行了验收。专家组在听取汇报、审阅资料、质询和讨论后，认为该项目制定了奶山羊小肠代谢蛋白质、物理有效中性洗涤纤维等关键营养素适宜需要量建议标准；研发了奶山羊甲烷、氮素、磷素减排机理和调控措施；优化完善了奶山羊日粮碳水化合物平衡指数体系；探索了奶山羊高效养殖关键技术。该项目在千阳县种羊场等 4700头奶山羊饲养中推广了四项奶山羊高效饲养轻量化技术，新增直接经济效益约2000万元。

2022年6月1日，陕西省科技厅组织有关专家对西北农林科技大学承担的陕西省科技计划项目“基于动态营养供应的奶山羊围产期精准饲养技术研究（项目编号：2020NY-029）”进行了验收。验收委员会审阅了项目组提交的有关资料，经讨论，认为该项目通过研究围产期奶山羊营养代谢规律，形成了精准饲喂技术。

2023年6月2日，陕西省科技厅组织有关专家对西北农林科技大学承担的陕西省科技计划项目“饲料养分高效利用的营养代谢与调控机制（项目编号：2017TSCXL-NY-NY-0401）”进行了验收。验收委员会在认真听取课题主持人的汇报、审阅有关材料的基础上，经过质询和充分讨论后，认为项目系统研究了奶畜日粮结构、粗饲料种类、饲料加工方法和多种甲烷抑制剂组合对甲烷排放和碳水化合物利用效率的影响，提出了脉冲式添加甲烷抑制剂的技术措施；形成了以亮氨酸和苯丙氨酸为核心的奶畜小肠淀粉高效利用调控技术；集成了饲料养分高效利用调控技术。

**2. 科技查新报告**

2022年5月13日，教育部科技查新工作站（N04）对“饲料养分高效利用的营养代谢与调控机制”进行了科技查新，查新点为“亮氨酸和苯丙氨酸调控小肠胰腺消化酶分泌促进淀粉消化吸收的分子机制”，查新结论为（报告编号：202236000N040027）“国内外未见与本课题查新点内容相同的文献报道”。

**3. 重要学术刊物的学术性评价意见**

本项目形成的“奶山羊饲养关键技术”推动了奶山羊产业的高质量发展，同时促进了奶山羊营养基础研究的大幅进步。本项目研究成果的科学价值和对生产的指导意义得到国内外同行的认可。国内权威奶畜营养研究团队浙江大学刘建新教授团队、中国农业大学李胜利教授团队、中国农业科学院北京畜牧兽医研究所王加启研究员团队、扬州大学王洪荣教授团队、山东农业大学王中华教授团队的硕博士研究生学位论文对本项目碳水化合物高效利用的相关成果进行了多次引证。本项目实施过程中以英文形式发表的论文或相关国际会议的报告得到国际动物营养学同行的广泛讨论。国际知名反刍动物营养学家Daivid L. Harmon（University of Kentucky）和 Kendall C. Swanson 教授（North Dakota State University）团队联合发表题为“ Nutritional and physiological constraints contributing to limitations in small intestinal starch digestion and glucose absorption in ruminants”的综述，对本项目发表的系列文章进行点评，充分肯定了本项目在奶山羊小肠淀粉高效利用方面的成绩。全球微生物学领域的顶级期刊Microbiome对本项目在奶山羊亚急性瘤胃酸中毒机制解析的相关研究进行了深度点评，认为该研究成果为动物消化道健康领域的研究提供了新的思路和方向。

1. **应用情况**

依托陕西省饲料饲草产业技术体系、陕西省饲料产业技术创新战略联盟和陕西省饲料工程技术研究中心，项目组主要在优势饲料企业（如，陕西康构草业科技有限公司、西安禾丰饲料科技有限公司、陕西华秦农牧科技有限公司、陕西康达尔农牧科技有限公司、杨凌迪高维尔生物科技有限公司等）以及不同规模奶山羊养殖场（如，陕西关中奶山羊专业合作社、陕西和氏高寒川牧业有限公司、陕西澳尼克奶山羊育种有限公司、千阳县种羊场、富平县海燕奶山羊养殖专业合作社等）推广本项目的技术成果。同时，据不完全统计，2017年至2024年在全国10余个省市推广上述技术，辐射奶山羊超过100万只，其中泌乳奶山羊50万只以上，成果的实施提高饲料转化率4%以上，减少甲烷排放16%以上，增加鲜奶2.3万吨，增加经济效益1.4亿元，节约饲料费、医药费和排泄物处理费1.2亿元，累计增加经济效益2.7亿元。同时，项目研发成果的推广应用有效降低了奶山羊养殖的甲烷和粪污排泄污染，创造了较高的环保价值。

**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 | 发明专利 | 一种奶山羊专用泌乳期能量重分配的饲料添加剂 | 中国 | ZL201610952171.3 | 2019年07月26日 | 3471506 | 西北农林  科技大学 | 曹阳春、姚军虎、李宗军、王腊梅、蔡传江、王砀砀、赵聪聪、张涛、乔雨、郑辰、尹清艳 |
| 2 | 发明专利 | 一种增强羔羊抗氧化和免疫功能的方法 | 中国 | ZL201810581999.1 | 2021年3月16日 | 4298388 | 西北农林  科技大学 | 曹阳春、姚军虎、王腊梅、魏筱诗、赵会会、何家俊、尹清艳、蔡传江、徐秀容 |
| 3 | 标准规范 | 饲料中总砷的测定 | 中国 | GB/T 13079-2022 | 2022年12月30日 | 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会 | 四川威尔检测技术股份有限公司；陕西省畜牧技术推广总站；陕西秦云农产品检验检测有限公司 | 李宏、张凤枰、马川、杨海燕、晁娟娟、刘均、高勤叶、宋涛、皇甫凯 |
| 4 | 发明专利 | 一种养殖场用饲料前发酵系统 | 中国 | ZL202211560554.8 | 2024年12月03日 | 7575407 | 陕西康达尔农牧科技有限公司；西北农林科技大学 | 刘洋；刘玉瑞；孙瑞涛；姚军虎；杨小军；雷新建；任周正；武胜儒；刘云鹏 |
| 5 | 标准规范 | 反刍动物全混合日粮中碳水化合物平衡指数（CBI）的测定 | 中国 | DB61/T1262-2019 | 2019年08月23日 | 陕西省  市场监督管理局 | 西北农林科技大学、杨凌现代农业产业标准化推广服务中心 | 曹阳春、姚军虎、蔡传江、徐秀容、龚月生、雷新建、杨静 |
| 6 | 标准规范 | 反刍动物全混合日粮中瘤胃降解淀粉（RDS）的测定——尼龙袋法 | 中国 | T/YLSL2-2020 | 2020年01月01日 | 杨凌饲料工业协会 | 西北农林  科技大学 | 曹阳春、姚军虎、蔡传江、徐秀容、龚月生、王建国、雷新建 |
| 7 | 标准规范 | 奶山羊全混合日粮生产技术规程 | 中国 | Q/KGCY-001-2023 | 2023年09月18日 | 陕西康构草业科技有限公司 | 西北农林科技大学、陕西省畜牧产业试验示范中心、富平县畜牧产业发展中心、白水县畜牧产业发展中心、蒲城县畜牧产业发展中心、陕西康构草业科技有限公司 | 姚军虎、雷新建、肖红年、贾永宏、李芳娥、王平、魏安民、聂林文、吴强、李延华、梁军青、贾军虎、宋永喜、刘冬、令幸幸、陈辉、张勇、唐永峰、杨椰子、刘煜 |
| 8 | 专著 | 家畜饲养学 | 中国 | 229869 | 2020年11月 | 中国农业出版社 | 西北农林  科技大学 | 姚军虎、谯仕彦等 |
| 9 | 计算机软件著作权 | 饲料加工生产工艺智能控制系统 | 中国 | 2019SR0222806 | 2018年11月06日 | 软著登字第3643563号 | 陕西康达尔农牧科技有限公司 |  |
| 10 | 论文 | Multi-omics revealed the long-term effect of ruminal keystone bacteria and the microbial metabolome on lactation performance in adult dairy goats | 中国 | https://doi.org/10.1186/s40168-023-01652-5 | 2023年09月29日 | Microbiome | 西北农林  科技大学 | 王砀砀、陈鲁豫、唐光福、于君健、陈捷、李宗军、曹阳春、雷新建、邓露、武圣儒、Le Luo Guan、姚军虎 |

**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** |
| 雷新建 | 1 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 项目主持人，提出项目总体思路，全面负责方案设计和实施。研究了奶山羊关键生理阶段的营养需要量和养分高效利用的调控措施，创建了全混合日粮中央厨房生产与配送体系。对本项目主要科技创新点的第1、2、3点均有重要贡献。 |
| 姚军虎 | 2 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目实施总体指导，参与研究了日粮淀粉高效利用技术、关键生理阶段营养需要量和精准营养调控技术，指导了全混合日粮中央厨房生产与配送体系的示范推广，对本项目主要科技创新点的第1、2、3点均有重要贡献。 |
| 晁娟娟 | 3 | 畜牧师 | 陕西省畜牧技术推广总站 | 负责部分项目的实施，规范了饲料中总砷的测定，参与了全混合日粮中央厨房生产与配送体系的示范推广。对所列主要科技创新点3有重要贡献。 |
| 曹阳春 | 4 | 副院长/教授 | 西北农林科技大学 | 负责项目部分方案设计、实施，规范了日粮碳水合物指数和瘤胃可降解淀粉的测定方法，参与研究了碳水化合物高效利用的营养调控措施，并开展了全混合日粮饲养技术的推广应用。对本项目主要科技创新点的第1、2、3点有重要贡献。 |
| 李宇 | 5 | 讲师 | 陕西农林职业技术大学 | 负责项目部分内容的实施和推广应用，参与构建奶山羊全混合日粮生产和配送体系，对本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献。 |
| 王砀砀 | 6 | 助理研究员 | 西北农林科技大学 | 负责项目部分方案设计、实施和成果总结，筛选了决定奶山羊生长速度和泌乳性能的关键微生物，建立了奶山羊饲料原料数据库，参与了全混合日粮中央厨房生产与配送体系的示范推广。对本项目主要科技创新点的第2、3点有重要贡献。 |
| 刘洋 | 7 | 总经理 | 陕西康达尔农牧科技有限公司 | 负责项目部分内容的实施和推广应用，参与研究了饲料养分高效利用技术和全混合日粮生产技术，对本项目主要科技创新点的第1、3点有重要贡献。 |
| 吴强 | 8 | 畜牧师 | 富平县畜牧发展中心 | 负责项目部分内容的实施和推广应用，参与开发全混合日粮中央厨房生产与配送体系，在本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献。 |
| 刘煜 | 9 | 高级工程师 | 陕西康构草业科技有限公司 | 负责项目部分内容的实施和推广应用，参与构建奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系，对本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献 |
| 李延华 | 10 | 高级兽医师 | 富平县畜牧发展中心 | 负责部分项目的实施，参与开发奶山羊关键生理阶段营养需要量和精准营养调控技术以及全混合日粮中央厨房生产与配送体系，对本项目主要科技创新点的第2、3的推广应用有重要贡献。 |

**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** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 西北农林科技大学为本项目第一完成单位，负责项目整体设计、实施和总结，为项目的顺利实施和推广应用必要的经费、科研人员、仪器设备等。依托陕西省饲料饲草产业技术体系、陕西省“四主体一联合”饲料工程技术研究中心等平台，与陕西省畜牧技术推广总站、陕西农林职业技术大学、陕西康达尔农牧科技有限公司、富平县畜牧发展中心和陕西康构草业科技有限公司共同完成“奶山羊全混合日粮饲养技术”的研发和推广应用。西北农林科技大学对本项目主要科技创新点的第1、2、3点均有重大贡献。 |
| 陕西省畜牧技术推广总站 | 2 | 协助西北农林科技大学完成全混合日粮中央厨房生产与配送体系的研发和推广应用。陕西省畜牧技术推广总站对本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献。 |
| 陕西农林职业技术大学 | 3 | 参与项目的实施和推广应用，开展了部分试验协助西北农林科技大学完成全混合日粮中央厨房和配送体系的研发和构建，同时协助本项目形成的“奶山羊全混合日粮饲养关键技术”进行示范推广。陕西农林职业技术大学对本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献。 |
| 陕西康达尔农牧科技有限公司 | 4 | 协助西北农林科技大学完成奶山羊饲料养分高效利用技术以及全混合日粮中央厨房生产与配送体系的研发和推广应用。陕西康达尔农牧科技有限公司对本项目主要科技创新点的第1、3点有重要贡献。 |
| 富平县畜牧发展中心 | 5 | 协助西北农林科技大学完成奶山羊关键生理阶段需要量和精准调控技术研发以及混合日粮中央厨房生产与配送体系的推广应用，并组织多次技术培训和技术推广。富平县畜牧发展中心对本项目主要科技创新点的第2、3点有重要贡献。 |
| 陕西康构草业科技有限公司 | 6 | 为本项目的顺利实施提供了试验场地和设备，协助西北农林科技大学优化全混合日粮生产工艺和技术流程，协助构建全混合日粮中央厨房和配送体系，在陕西省中小规模奶山羊养殖户开展应用推广，并及时反馈应用数据。陕西康构草业科技有限公司对本项目主要科技创新点的第3点有重要贡献。 |

**九、完成人合作关系情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **完成人合作关系情况汇总表表** | | | | | | |
| **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** | **证明材料** |
| 1 | 论文合著 | 雷新建/1  姚军虎/2  曹阳春/4  王砀砀/6 | 2014 | 2024 | Multi-omics revealed the long-term effect of ruminal keystone bacteria and the microbial metabolome on lactation performance in adult dairy goats | 主要知识产权和标准规范目录10 |
| 2 | 产业合作 | 雷新建/1  姚军虎/2  晁娟娟3  刘煜/9 | 2020 | 2024 | 推广应用项目形成的奶山羊全混合日粮饲养关键技术 | 合作协议 |
| 3 | 产业合作 | 雷新建/1  姚军虎/2  曹阳春/4  李宇/5  王砀砀/6  吴强/8  刘煜/9  李延华/10 | 2018 | 2024 | 推广应用项目形成的奶山羊全混合日粮饲养关键技术 | 合作协议 |
| 4 | 共同知识  产权 | 雷新建/1  姚军虎/2  刘洋/7 | 2017 | 2024 | 一种养殖场用饲料前发酵系统 | 主要知识产权和标准规范目录2 |
| 5 | 共同参与制定标准规范 | 雷新建/1  姚军虎/2  刘煜/6  吴强/8  李延华/10 | 2018 | 2024 | 奶山羊全混合日粮生产技术规程 | 主要知识产权和标准规范目录7 |
| 6 | 共同立项 | 雷新建/1  姚军虎/2  曹阳春/4  王砀砀/6  李延华10 | 2019 | 2024 | 奶山羊高效健康养殖与综合配套技术集成示范 | 陕西省农业科技创新驱动  资金计划项目验收证书  （杨农验[2021]第15号） |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  本项目由西北农林科技大学与陕西省畜牧技术推广总站、陕西农林职业技术大学、陕西康达尔农牧科技有限公司、富平县畜牧发展中心和陕西康构草业科技有限公司等单位共同完成。各参与单位分工明确、优势互补、联合攻关，针对奶山羊养殖长期存在产奶效率低下、饲草料资源短缺、饲喂模式落后等问题进行了深入合作，开发了奶山羊全混合日粮饲养关键技术，并进行大面积推广应用。第一完成人雷新建、第二完成人姚军虎、第四完成人曹阳春和第六完成人王砀砀是西北农林科技大学动物科技学院动物营养与健康养殖科技创新团队的核心成员，进行核心技术开发及试验研究工作，有共同立项、共同知识产权、示范推广、论文合著若干。第三完成人晁娟娟所在的陕西省畜牧技术推广总站为本项目产学研合作方，与第一完成人在奶山羊全混合日粮饲养技术的的研发和示范推广进行产业合作。第五完成人李宇为西北农林科技大学动物科技学院研究生，在攻读学位期间参与了该项目的执行，博士毕业后在陕西农林职业技术大学工作，继续与第一完成人在奶山羊全混合日粮饲养技术的示范推广进行产业合作。第七完成人刘洋所在的陕西康达尔农牧科技有限公司为该项目产学研合作方，与第一完成人针对饲料养分高效利用技术的研发开展合作研究，与第一完成人在奶山羊全混合日粮饲养技术的示范推广进行产业合作。第八完成人吴强和第十完成人李延华所在的富平县畜牧发展中心为该项目产学研合作方，与第一完成人在奶山羊关键生理阶段精准营养调控与健康养殖技术以及全混合日粮饲养技术的示范推广进行产业合作，与第一完成人共同参与制定标准规范。第九完成人刘煜所在的陕西康构草业科技有限公司为该项目产学研合作方，与第一完成人在奶山羊全混合日粮饲养技术的示范推广方面进行产业合作。 | | | | | | |