

2024 年度陕西省科学技术奖拟提名项目公示内容

项目一

一、项目名称：多站点多变量降尺度预估径流变异性

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：气候变化直接影响水文过程，特别是会极大改变洪水和干旱等极端水文事件的频率与等级，为此，亟需开展气候变化对水文变异性的影响评估。气候变化情景与水文模型结合是基本的评估方法，但对气候模式降尺度建立气候变化情景时，站点间和变量间的相关性往往被打乱，导致洪水等难以被准确模拟。针对此问题，该项目在国家自然科学基金和霍英东基金的支持下，建立了多站点多变量天气发生器，进而开发了多站点多变量降尺度技术，结合水文模型明确了气候变化对黄土高原河川径流变异性的影响规律，为气候变化下水资源管理提供了技术支持和理论依据。**提名该项目为自然科学奖二等奖。**

三、项目简介

气候变化水文预报多关注径流平均态，但径流变异性导致的极端事件往往产生更大影响。对气候模式降尺度建立气候变化情景，是进行径流变异性评估的重要环节。但降尺度技术多忽略了气象数据站点间和变量间相关性，导致分布式水文模型中相邻子流域的降雨径流不同步，致使洪水不能反映到流域出口，难以准确预估水文变异。为此，项目在评估气候变化水文效应基础上，开发了简单高效的两阶段天气发生器用于多站点多变量气候变化情景建立，进而结合分布式水文模型探明了气候变化影响黄土高原径流变异性 and 可用水资源的规律。项目在国家自然科学基金和霍英东基金等项目支持下完成，开发的天气发生器和降尺度技术可为水文预报研究提供有力的技术支持，探明的水文变异规律可为区域水资源管理提供重要的基础信息。

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）

开发的天气发生器和气候模式降尺度技术，已达到国际先进水平。已在国内外学术期刊发表论文 80 多篇。项目第一完成人入选国家级青年人才，获陕西省青年科技新星、陕西省青年科技奖、陕西高等学校科学技术研究优秀成果一等奖 (1/6) 和教育部自然科学二等奖 (2/7)。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Spatial distribution and temporal trends of extreme temperature and precipitation events on the Loess Plateau of China during 1961–2007	Quaternary International	Li Zhi, Zheng Fenli, Liu Wenzhao, Flanagan Dennis	2010, 226: 92-100	2020-10-15	郑粉莉	李志	李志, 郑粉莉, 刘文兆	142	Web of Science	是
2	A new framework for multi-site weather generator: a two-stage model combining a parametric method with a distribution-free shuffle	Climate Dynamics	Li Zhi	2014, 43: 657-669	2014-08	李志	李志	李志	26	Web of Science	是

	procedure										
3	A Two-Stage Multisite and Multivariate Weather Generator	Journal of Environmental Informatics	Li Zhi, Li Jingjing, Shi Xiaoping	2020, 35: 148-159	2020-06	李志	李志	李志, 李京京, 石小平	27	Web of Science	是
4	Vegetation dynamics and climate seasonality jointly control the interannual catchment water balance in the Loess Plateau under the Budyko framework	Hydrology and Earth System Sciences	Ning Tingting, Li Zhi, Liu Wenzhao	2017, 21: 1515-1526	2017-03-10	刘文兆	宁婷婷	宁婷婷, 李志, 刘文兆	74	Web of Science	是
5	Evaluating climate change impacts on streamflow variability based on a multisite multivariate GCM downscaling method in the Jing River of China	Hydrology and Earth System Sciences	Li Zhi, Jin Jiming	2017, 21: 5531-5546	2017-11-13	李志, 金继明	李志	李志, 金继明	21	Web of Science	是

6	侵蚀和干旱逆境下黄土高原水土资源时空过程及其调控	科学出版社	刘文兆	2015, ISBN : 9787030428288	2015-03			刘 文 兆			是
---	--------------------------	-------	-----	-------------------------------	---------	--	--	----------	--	--	---

六、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
李志	1	教授	西北农林科技大学	设计整个项目，对多站点多变量天气发生器和降尺度方法开发、气候变化对水文变异的影响评估做出重要贡献。获批2项国家自然科学基金支持本项目。获批陕西省青年科技奖和入选国家级青年人才计划。
宁婷婷	2	副研究员	中国科学院西北生态环境资源研究院/中国科学院水利部水土保持研究所	对气候变化影响水文变异性的机理与模型做出重要贡献。见代表性论文4。
刘文兆	3	研究员	中国科学院水利部水土保持研究所	对当前气候变化及其水文效应研究做出重要贡献。见代表性论文1、4和专著6。
金继明	4	教授	长江大学/西北农林科技大学	对未来气候下径流变异性预估做出重要贡献。见代表性论文5。

七、主要完成单位情况

单位名称	排名	主要贡献
西北农林科技大学	1	提出总体研究方案，获得项目支持，实施天气发生器和降尺度技术开发与水文变异性评估等主要技术环节。
中国科学院水利部水土保持研究所	2	对当前评估气候变化影响水文变异的机理与模拟做出重要贡献。

八、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	论文合著	李志/1、刘文兆/3	2004-今	代表性论文 1 和 4	代表性论文 1 和 4
2	论文合著	李志/1	2004-今	代表性论文 2 和 3	代表性论文 2 和 3
3	论文合著	李志/1、宁婷婷/2	2014-今	代表性论文 4	代表性论文 4
4	论文合著	李志/1、金继明/4	2014-今	代表性论文 5	代表性论文 5
5	专著合著	李志/1、刘文兆/3	2004-今	专著 6	专著 6

完成人合作关系说明（限 1000 字）

2004-2007 年，李志是刘文兆研究员的博士研究生，开展气候变化水文效应评估方面的研究，开发了单站点单变量的气候模式降尺度方法，评估了历史时期气候变化和未来气候变化对径流平均态的影响。2007 年后，李志在西北农林科技大学工作后，继续与刘文兆研究员共同开展相关研究，开始多站点多变量的气候模式降尺度方法开发，关注气候变化对水文变异性的影响。二者共同完成了代表性论文 1 和合作撰写了专著 6。

2014-2017 年，宁婷婷是刘文兆研究员的博士研究生，期间开展气候和植被变化对流域水平衡方面的研究，李志参与指导宁婷婷相关研究工作。2017 年，宁婷婷在中科院西北生态环境资源研究院工作，继续与李志和刘文兆开展合作研究。三者共同完成了代表性论文 4。

2014 年，金继明被聘为西北农林科技大学特聘教授，之后一直与李志开展合作研究，二者共同完成了代表性论文 5。

项目二

一、项目名称：旱区林木抗旱性与速生性的水力学高效评估方法及生理机制

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：在我国广袤的干旱、半干旱地区，水分是限制植物生存与生长的主要因子。然而，目前仍缺少高效准确的林木抗旱性、速生性的评估方法，林木抗旱和速生的生理机制依然是基础研究的薄弱一环，致使植被恢复与重建中树种选择、经营目标确定以及植被抚育管理等方面缺乏科学的理论指导，阻碍了此地区应用植被手段进行生态环境修复的进程，限制了林业可持续发展和“碳中和”目标的实现。

针对以上研究不足，该项目在两项国家自然科学基金面上项目的支持下，运用植物水力学研究手段，开展了长达十余年的持续研究，厘清了通过栓塞脆弱性测定技术评估林木抗旱性的准确性和局限性，提出了高效评估方法，同时阐明了林木抗旱的木质部结构基础，明晰了抗旱的水力学机制，确立了高效筛选速生林木品种的水力学指标，解析了林木速生性的水力学原理。项目成果具有理论与实践创新性。在理论层面，项目新方法、新指标、新机制、新理论的提出推动了我们对于树木抗旱和速生机制的认知，开拓了水力研究的思维。在实践层面，使得林业科研工作者可以通过在短时间内准确测定栓塞脆弱性，高效判定林木的抗旱性，在林木生长的苗期，通过测定水力效率高效确定其长期速生潜质。这些成果可为干旱、半干旱地区选育抗旱、速生林木品种，恢复植被，保护环境，维持生态平衡提供重要指导。

项目成果材料齐全、规范、无知识产权纠纷，人员排名无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，**特提名申报陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介：

在优良林木的选育实践中，抗旱性和速生性一直是备受学者们关注的性状。然而如何高效评价林木抗旱性和速生性，仍具挑战，同时林木抗旱和速生的生理机制依然是基础研究的薄弱环节。近年来，木质部管道输水过程的植物水力学研究已成为树木水分生理研究的热点和前沿领域。植物水力学特性包括栓塞脆弱性和水力效率两方面，分别与植物的抗旱能力和生长速率密切相关。本项目在两项国家自然科学基金面上项目的支撑下，运用植物水力学研究手段，针对三点科学问题（1. 如何通过测定栓塞脆弱性高效、准确地评估林木抗旱性？2. 在木质部

结构层面，林木具备哪些水力学抗旱机制？3. 速生林木品种的水力学高效选育指标和速生机制是什么？），开展了长达十余年的持续研究，取得的重要科学发现点如下：

1. 评估了目前主流栓塞脆弱性测定技术的准确性和局限性，明确了准确评估栓塞脆弱性的技术手段，为林业科研工作者开辟了高效、准确判定林木抗旱性的新途径

(1) 证明了离心机法建立的“r形”栓塞脆弱性曲线是错误的。率先结合树木的日常水分关系动态来检验栓塞脆弱性的准确性，有力证明“r形”栓塞脆弱性曲线是人为造成的栓塞假象。

(2) 阐明了离心机法产生“r形”栓塞脆弱性曲线的根本原因。通过巧妙的实验设计，证明了诱发开口导管栓塞假象的是导管中的微气泡而非杂质微粒，提出了“微气泡”假说。首次推导了离心过程中微气泡在“开口导管”中的膨胀过程及栓塞假象的诱发条件，明确了气泡稳定性的临界张力与气泡半径的关系，挑战了“粒子填充假说”，使植物水力学者对于栓塞假象形成了新认知。

(3) 提出了注气法错误评估栓塞脆弱性的新机理。创新性地提出了“加压气体干燥纹孔膜”和“溶解气体溢出”两种假说，有效阐明了注气法产生错误栓塞脆弱性曲线的原因，使得水力学者们开始重视注气法的可靠性问题。

(4) 明确了离心机法可以高效、准确地测定短导管树种的栓塞脆弱性，为林业科研工作者开辟了判定林木抗旱性的新途径。

2. 量化了旱区常见树种的栓塞脆弱性，阐明了树木抵抗栓塞的木质部结构特征，推动了我们对于树木抗旱机制的新认知

(1) 明确了影响林木抗旱性的关键木质部导管结构特征。创造性地构建了基于导管直径径级的栓塞脆弱性曲线，率先精确量化了导管直径与栓塞脆弱性之间的关系。利用新颖的实验设计，使用离心机与染色技术相结合的方法构建了基于导管直径径级的栓塞脆弱性曲线，证明了导管直径与栓塞脆弱性的正相关关系，使学者们对于导管直径—栓塞脆弱性关系的认识迈出了重要一步。

(2) 提出了“纤维桥”假说，解析了纤维管胞在木质部发挥水力功能中的重要作用。率先发现影响水分运输的效率与安全性的“纤维桥”结构。水分可经由“纤维桥”高效运输，同时导管被多个纤维管胞分隔，极大阻碍了栓塞在导管间的传播，因此“纤维桥”可能是比纹孔更为安全的水分输导结构。以上创新性发现揭示了林木抗旱的新机制，挑战了导管间水分运输必须经过纹孔的传统观点，使得

学者们开始审视纤维管胞等非导管组织在木质部水分传输中的作用。

(3) 明晰了决定栓塞脆弱性的关键纹孔膜结构特征。构建了导管直径与纹孔膜面积的函数关系,揭示了导管直径大的树种拥有更大纹孔膜表面积的规律,为“纹孔膜面积”假说提供了有力证据。通过电子显微镜实测纹孔膜上的孔洞大小,发现栓塞脆弱性小的树种减小了最大孔洞的发生概率和尺寸,并加大了纹孔膜的厚度,提高了人们对于导管—纹孔结构联系的认知水平。

3. 确立了高效筛选速生林木品种的水力学指标,为快速评价林木的速生潜质提供了新手段。同时建立了水力学特性与林木生长速率的关系模式,揭示了林木速生的水力学机制,丰富了林木速生的生理学理论

(1) 确立了小枝、根系和整株的水力效率可作为苗期筛选速生林木品种的水力学指标。创新性地指出小枝、根系和整株的水力效率与生长速率的密切关系可以逐年维持,而茎段水力效率并不能稳固地反映生长速率的差异。最终率先证明可在林木生长的苗期测定其小枝、根系和整株的水力效率,确定林木长期的速生潜质,极大缩短了选育周期。

(2) 揭示了林木速生的水力学机制。明晰了树木各部分水力效率的协调关系,发现木质部水分运输能力与叶片气孔结构特征相匹配,与叶片气体交换过程密切相关,同时发现林木生长速率与茎叶栓塞脆弱性分割程度相关,速生林木的气孔调节策略倾向于等水行为,慢生林木倾向于异水行为,从而解析了林木速生的生理学原理。

以上成果具有理论与实践创新性。在理论层面,项目新方法、新指标、新机制、新理论的提出推动了我们对于树木抗旱和速生机制的认知,开拓了水力研究的思维。在实践层面,使得林业科研工作者可以通过在短时间内准确测定栓塞脆弱性,高效判定林木的抗旱性,在林木生长的苗期,通过测定水力效率高效确定其长期速生潜质。这些成果可为干旱、半干旱地区选育抗旱、速生林木品种,恢复植被,保护环境,维持生态平衡提供重要指导。

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)

项目研究成果在 *Plant Cell and Environment*、*Forest Ecology and Management*、*Physiologia Plantarum*、*Trees*、《林业科学》、《植物生态学报》等国内外著名学术刊物发表论文 24 篇,其中 SCI 论文 13 篇(包括 5 篇 *Plant Cell and Environment*,

1 篇 *Forest Ecology and Management*, 4 篇 *Physiologia Plantarum* 等)。24 篇论文共计被引 576 次, 他引 530 次, 其中单篇最高他引 134 次。5 篇代表性论文他引 249 次(见附件: 收录引用查证报告)。研究成果得到了国内外同行的高度赞同和积极评价(见附件: 引用评价证明)。

(一) **重要发现一: 评估了目前主流栓塞脆弱性测定技术的准确性和局限性, 明确了准确评估栓塞脆弱性的技术手段, 为林业工作者开辟了准确判定林木抗旱性的新途径。**

(1) 美国加州州立大学 H. Jochen Schenk 博士、比利时根特大学 Kathy Steppe 教授以及德国乌尔姆大学 Steven Jansen 教授于 2015 年在 *Cell* 子刊 *Trends in Plant Science* 上发文, 引用并评价了**代表性论文 1** 的结果, 写到“在最近的一项实验中发现, 在离心机中缓慢旋转长导管植物的茎数小时可以产生栓塞。对这一发现的一种解释是: 已经存在于导管中的纳米气泡在离心力的作用下缓慢地向张力最高的茎段中心移动, 纳米气泡聚集在一起, 并扩大成为栓塞”。这表明我们提出的微气泡聚集成核引发栓塞的推断, 得到了认可, 并且引发了深层次的学术讨论。

(2) *Plant Cell and Environment* 副主编、哈佛大学教授 N. Michele Holbrook 于 *Plant Cell and Environment* 同期发表了**代表性论文 1** 的评论文章。她在文章的开篇写到: 该文对于理解水分在木质部张力下的稳定性及目前对于对该问题的争议有重要意义且提供了一个重要进展。在行文中, Holbrook 教授从文章的实验方法和研究结论等方面展开评述, 高度赞扬了该文所作的工作, 并藉此提出了当前水力学研究的建议。

(3) 澳大利亚西悉尼大学教授 Brendan Choat 于 2016 年在 *Plant Physiology* 上发文, 引用了**代表性论文 1** 的重要结论, 高度赞同了本文的发现。除此之外, 多项关于脆弱性曲线假象的研究引用了本文的“微气泡”假说, 这说明该假说得到了越来越多研究的支持。

(4) **代表性论文 1** 通过植物水分关系的研究, 探究了刺槐的日栓塞变化规律, 发现刺槐并没有经历其离心机脆弱性曲线预测的严重栓塞, 从而推断刺槐离心机脆弱性曲线是错误的。植物生理生态领域国际知名学者曹坤芳教授课题组于 2017 年在 *Functional Ecology* 上发文, 认同了这一重要结论。

(5) 2014 年在德国乌尔姆大学举行的国际植物水力学技术研讨会上, 汇集

了 57 位专家，其中包括来自全球 16 个国家的主要研究人员。会议关于栓塞脆弱性曲线建立方法的讨论结果由 Steven Jansen、Bernhard Schuldt 和 Brendan Choat 三位有影响力的学者整理发表在植物学顶刊 *New Phytologist* 的 Meetings 专栏。我们发表的代表性论文 1 为会议的讨论提供了重要素材。

(6) 活跃于 *Plant Physiology* 的剑桥大学学者 Uri Hochberg 博士充分肯定了代表性论文 2 对于气种假说的进一步验证，认为本研究提出的“溶解气体溢出”假说有效解释了注气法产生错误栓塞脆弱曲线的原因。

(7) 广西大学朱师丹教授、曹坤芳教授、中国科学院华南植物园叶清研究员发表在 *Tree Physiology* 上的文章充分肯定了代表性论文 2 提出的“溶解气体溢出”假说，认可了注气法存在的“开口导管”问题。

(8) Luciano Pereira 在 *Plant Cell and Environment* 的发文也积极引用与评价了代表性论文 2 对于“冒泡假象是造成栓塞高估的原因”的研究结果。

(9) 中国科学院西双版纳热带植物园陈亚军研究员、张教林研究员发表在 *New Phytologist* 的文章引用并认同代表性论文 2 对于“研究人员在使用注气法测定脆弱曲线时应考虑其可靠性问题”的观点。

(二) 重要发现二：量化了旱区常见树种的栓塞脆弱性，阐明了树木抵抗栓塞的木质部结构特征，推动了我们对于树木抗旱机制的新认知，获得了国内外知名专家教授团队的积极认可和高度肯定。

(1) 现任荷兰 Naturalis 生物多样性中心博物馆研究员的著名木质部解剖学家 Frederic Lens 曾于 2011 年在植物学顶刊 *New Phytologist* 上发文，引用了代表性论文 3 中的“宽导管更容易栓塞”的结论。该文作为高被引论文，扩大了我们的学术成果的影响力。

(2) 智利塔尔卡大学的 Alex Fajardo 教授是研究植物生长与气候关系的著名学者，他于 2018 年在 *Cell* 子刊 *Trends in Ecology & Evolution* 发表了观点性论文，他在文中提出了矮小树种相比于高大树种更有能力应对干旱和全球变暖的观点，因为它们适应能力更强，对干旱引起的栓塞具有更强的抵抗力。支持其观点的重要论据之一是矮小树种的导管更窄，栓塞脆弱性更小。此条论据引用了代表性论文 3 在种内水平得出的“宽导管栓塞脆弱性更大”的实验结果。这说明我们的研究为宏观生态学中的现象解释以及未来气候变化下的植被组成预测提供了

良好的实验性证据。

(3) 国际著名植物水力学专家 Hervé Cochard 教授于 2013 年发表在植物学顶刊 *Journal of Experimental Botany* 上的文章指出“对茎段进行染色以确认栓塞的存在或定位无导水功能的树轮的位置始终是一种很好的做法。比如, Cai 和 Tyree (2010) 结合了染色和离心技术, 以证明导管直径对栓塞脆弱性的影响”。这说明**代表性论文 3** 创造性使用染色和离心两种手段结合定位量化栓塞的技术, 得到了业内权威的认可, 体现了广泛影响力。

(4) 国际著名植物水力学专家 Mark E. Olson 教授于 2018 年在 PNAS 发文, 探究了树高与水力脆弱性的关系, 提出了“高树比矮树拥有更宽的导管, 致使其栓塞脆弱性更大”的观点, 从而揭示了同种内高树在干旱胁迫下更易遭受死亡威胁的原因。**代表性论文 3** 在种内水平得出的“宽导管栓塞脆弱性更大”的实验结果为其观点提供了有力佐证。

(5) 国际著名植物叶片水力学专家、美国加利福尼亚州大学洛杉矶分校教授 Lawren Sack 的团队于 2018 年在植物学顶刊 *New Phytologist* 上发表的文章引用了我们的结论, 其在叶片水平探究了叶脉导管直径与叶片栓塞脆弱性的关系, 发现叶脉和叶柄的窄导管比宽导管更能抵抗叶片水力导度的下降, 这说明**代表性论文 3** 在木质化枝条茎段上发现的“宽导管栓塞脆弱性更大”的实验现象可以推广演绎至叶片水平, 从而为植物水力连续体理论提供了有力支撑。

(6) 加拿大艾尔伯塔大学教授、植物水力学专家 Uwe G. Hacke 于 2017 年在生物类 TOP 期刊 *Plant Cell and Environment* 上发文, 写到“狭窄的管道也可以作为毗邻导管之间的水力桥梁, 可以提供更大的安全性以防止栓塞的传播(Cai et al. 2014)”, 对**代表性论文 4** 提出的“纤维桥”水分运输模式给予了高度认同。

(7) 美国哈佛大学教授、著名植物生理生态学专家 N. Michele Holbrook 课题组于 2014 年发表在 *Plant Physiology* 的文章引用了**代表性论文 4**, 写到“纤维除机械功能外, 作为水分储存的场所, 以及作为水分在导管间运动的通道, 影响木质部的功能, 值得更多的关注”, 这意味着学者们应该重新审视纤维细胞在木质部中的作用。

(8) 德国乌尔姆大学教授、木质部解剖学专家 Steven Jansen 于 2019 年在生物类 TOP 期刊 *Journal of Experimental Botany* 上发文, 写到“机械功能和水力

1	Water relations of <i>Robinia pseudoacacia</i> L.: do vessels cavitate and refill diurnally or are R-shaped curves invalid in Robinia?	Plant, Cell and Environment	Rui qing Wang; Ling ling Zhang; Shuo xin Zhang; Jing Cai; M. T. Tyree	2014 年 37 卷 2667-2678 页	2014-03-03	蔡靖; M. T. Tyree	王瑞庆	王瑞庆; 张玲玲; 张硕新; 蔡靖	71	SCI-Expanded	是
2	New possible mechanisms of embolism formation when measuring vulnerability curves by air injection in a pressure sleeve	Plant, Cell and Environment	Peng xian Yin; Jing Cai	2018 年 6 卷 1361-1368 页	2018-02-09	蔡靖	尹鹏先	蔡靖; 尹鹏先	7	SCI-Expanded	是
3	The impact of vessel size on vulnerability curves: data and models for within-species variability in saplings of aspen, <i>Populus tremuloides</i> Michx	Plant, Cell and Environment	Jing Cai; Melvin T. Tyree	2010 年 33 卷 1059-1069 页	2010-06-09	Melvin T. Tyree	蔡靖	蔡靖	134	SCI-Expanded	是

4	Recalcitrant vulnerability curves: methods of analysis and the concept of fibre bridges for enhanced cavitation resistance	Plant, Cell and Environment	Jing Cai; Shan Li; Hai xin Zhang; Shuo xin Zhang; M. T. Tyree	2014年 37卷 35-44页	2013-12-04	M. T. Tyree	蔡靖	蔡靖; 李娜; 张海昕; 张硕新	32	SCI-Expanded	是
5	Hydraulic efficiency at the whole tree level stably correlated with productivity over years in 9 poplar hybrids clones	Forest Ecology and Management	Han Zhao; Zaimin Jiang; Youjing Zhang; Bo Jiang; Jing Cai	2021年 496卷 119382页	2021-05-29	蔡靖	赵涵	赵涵; 姜在民; 张友静; 姜博; 蔡靖	5	SCI-Expanded	是

六、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
蔡靖	1	高级	西北农林科技大学	负责项目总体设计，方案制定，组织实施。创造性地构建了基于导管直径径级的栓塞脆弱性曲线，率先精确量化了导管直径与栓塞脆弱性之间的关系。提出了“纤维桥”假说，证明了“纤维桥”是比纹孔更为安全的水分输导结构，揭示了林木抗旱的新机

				制；明晰了影响栓塞脆弱性大小的关键纹孔膜结构特征；揭示了植物在干旱及复水过程中的水力学变化特征；厘清了栓塞脆弱性快速测定方法的准确性和局限性；提出了苗期筛选速生林木品种的水力学指标。对应代表作1~5，对重要科学发现一、二、三具有创新性贡献。
赵涵	2	中级	西北农林科技大学	评价了离心机法建立沙棘栓塞脆弱性曲线的可靠性，从木质部解剖结构，尤其是纹孔膜超微结构层面，阐释了沙棘的抗旱木质部结构特征，并利用电子显微镜证实了“纤维桥”结构的存在。揭示了杨树速生的水力学机制，提出了小枝、根系和整株的水力效率可作为在林木生长的苗期筛选速生品种的快速有效指标。对应代表作5，对重要科学发现一、二、三具有创新性贡献。
姜在民	3	高级	西北农林科技大学	探明了旱区抗旱树种木质部解剖结构与栓塞脆弱性的关系，揭示了抗旱树种木质部导管的解剖结构特征，营造了不同生长速率杨树无性系测定林。对应代表作4、5，对重要科学发现二、三具有创新性贡献。
尹鹏先	4	中级	西北农林科技大学	重点评估了注气法与离心机法建

			学	立的栓塞脆弱曲线的准确性，提出了“加压气体干燥纹孔膜”和“溶解气体溢出”两种假说，揭示了注气法中栓塞形成的新机理。对应代表作 2，对重要科学发现一具有重要贡献。
王瑞庆	5	副高级	西北农林科技大学	重点评估了离心机法建立的栓塞脆弱曲线的准确性，从植物水分关系角度有力证明“r 形”栓塞脆弱性曲线是人为造成的栓塞假象，阐明了离心机法产生“r 形”栓塞脆弱性曲线的根本原因，使用数学和物理建模手段首次推导了离心过程中微气泡在“开口导管”中的膨胀过程及栓塞假象的诱发条件，明确了气泡稳定性的临界张力与气泡半径的关系，使植物水力学者对于栓塞假象形成了新认知。对应代表作 1，对重要科学发现一具有重要贡献。
张硕新	6	高级	西北农林科技大学	从物理学角度对“r 形”栓塞脆弱性曲线的准确性进行了论证，揭示了离心过程中气泡在“开口导管”中的快速膨胀填充是离心机法错误评估长导管树种栓塞脆弱性的根本原因。发现了旱区树种发挥抗旱功能的关键木质部结构特征。对应代表作 1、3，对重要科学发现一、二具有贡献。

七、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	西北农林科技大学作为项目主要完成单位，负责支撑项目的立项申请申报和资金争取；对项目的实施给予试验条件、设施、经费、人力、物资等方面的保障和支持。同时，负责项目进展总体管理，包括计划制订、实施、总结等的跟踪督促、检查，保证了项目任务顺利实施和目标的全面实现。

八、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	共同立项	蔡靖/1, 姜在民/3, 张硕新/6	2012年	国家自然科学基金“限流耐旱树种木质部结构与耐旱性关系研究”的立项	立项申请书
2	共同立项	蔡靖/1, 姜在民/3	2015年	国家自然科学基金“杨树无性系水力学特性与其生物量、生长率相关性研究”的立项	立项申请书
3	论文合著	蔡靖/1, 王瑞庆/5, 张硕新/6	2014年	代表性论文 1	代表性论文 1 全文
4	论文合著	蔡靖/1, 尹鹏先/4	2018年	代表性论文 2	代表性论文 2 全文
5	论文合著	蔡靖/1, 张硕新/6	2013年	代表性论文 4	代表性论文 4 全文
6	论文合著	蔡靖/1, 赵涵/2, 姜在民/3	2021年	代表性论文 5	代表性论文 5 全文

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目涉及的 7 位完成人均来自西北农林科技大学。在项目实施、论文发表、登记成果等方面开展了紧密合作，为项目目标达成均做出了重要的贡献。在广泛征求意见的基础上，根据每个人实际贡献大小，确定了最终完成人员名单及排序。主要合作关系介绍如下：

- (1) 第一完成人蔡靖负责项目总体设计，制定研究方案，统筹项目实施。开展了林木水力学抗旱机制研究，率先精确量化了导管直径与栓塞脆弱性之间的关系，提出了“纤维桥”假说，发表代表论文 3、4。
- (2) 第一完成人蔡靖与第二完成人赵涵、第三完成人姜在民共同完成了杨树速生的水力学机制探究，提出了选育速生杨树品种的水力学指标，合作发表代表论文 5。
- (3) 第一完成人蔡靖与第三完成人姜在民、第六完成人张硕新合作，完成了国家自然科学基金面上项目“限流耐旱树种木质部结构与耐旱性关系研究”（31270646）的申请立项工作。
- (4) 第一完成人蔡靖与第三完成人姜在民合作完成了国家自然科学基金面上项目“杨树无性系水力学特性与其生物量、生长率相关性研究”（31570588）的申请立项工作。
- (5) 第一完成人蔡靖与第四完成人尹鹏先共同完成了注气法建立栓塞脆弱性曲线的可靠性检验，合作发表代表论文 2。
- (6) 第一完成人蔡靖与第五完成人王瑞庆、第六完成人张硕新共同完成了离心机法建立栓塞脆弱性曲线的可靠性检验，合作发表代表论文 1。
- (7) 第一完成人蔡靖与第六完成人张硕新共同研究了沙棘木质部结构特征，提出“纤维桥”假说，合作发表代表论文 4。

项目三

一、项目名称：花椒无融合生殖分子机制解析及优异种质创制

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：花椒是八大调味品之一，在我国饮食行业占有十分重要的地位。全国花椒面积 2500 余万亩，产值 400 个亿。陕西花椒种质面积 272 万亩年产量 6 万吨，占全国 1/6。花椒已成为当地农民增收和乡村振兴的主导产业。该项目针对花椒产业发展中存在的良种缺、品质差、产量低、皮刺多、采收难等关键科学问题和技术难点。历经 18 年，破译了花椒基因组，揭示了花椒无融合生殖机制及种质资源间遗传进化关系，选育出优良品种，创建了花椒优质丰产关键技术，提高了花椒栽培技术水平。在陕西凤县、韩城建有 2 个试验示范站（全国 8 个），选育新品种 7 个，发表研究论文 254 篇，出版著作 4 部，项目技术成果已在陕西及周边省区示范和技术推广，新增产值近十亿元，其中近三年累计新增销售额 29 亿元，新增利润 22 亿元。带动了近万名群众脱贫增收，产生了良好的社会和经济效益，该项目成果创新性突出，转化推广效益显著，在推动行业科技进步有重大贡献。

我单位认真阅读了项目提名书及附加材料，确认真实有效。该项目公示期间无异议。**提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。**

三、项目简介

花椒是八大调味品之一，我国栽植面积 2500 余万亩，年产值 400 多亿元，已成为山区农民脱贫致富的主导产业。但由于优良品种匮乏、品质良莠不齐、产量低而不稳、皮刺多、采收难，严重制约了花椒产业的快速发展。该项目在国家重点研发计划、国家自然科学基金等项目的支持下，以花椒育种为核心，围绕花椒遗传进化关系、无融合生殖以及果实品质调控机理等关键育种问题进行系统研究，历经多年协同攻关，取得了一系列创新性成果，推动了花椒种质创新为花椒产业的良性健康发展提供了新思路。取得的科学发现点如下：

(1) 首次破译了花椒基因组，发布了国际上首个染色体级别的花椒基因组。采用二代+三代的测序策略，同时结合 Hi-C 染色体构象捕获技术，首次组装了花椒 (*Zanthoxylum bungeanum*) 染色体级别的参考基因组，其基因组大小 4.23 Gb，其中 contig 和 scaffold N50 分别为 410.07 kb 和 74.18 Mb，基因组杂合率为 2.87%

(图 1), 花椒有 136 条染色体。该成果是国际上首个公布的花椒染色体级别的参考基因组, 并对花椒基因进行了完整的注释, 为进一步挖掘编码重要性状的基因及其功能研究奠定了坚实的基础。基于基因组测序, 揭示了花椒基因组的进化历史和栽培花椒的起源与驯化路径, 阐明了品种间亲缘关系; 花椒全基因组测序研究, 揭示了花椒基因组的进化历史和栽培花椒的起源与驯化路径, 阐明了品种间亲缘关系, 将花椒以秦岭为界分为了“南椒”和“北椒”两类, 竹叶花椒单独为一类。

(2) 揭示了花椒无融合生殖类型及分子调控机制, 为明确花椒育种途径提供了理论依据。通过对花椒胚胎发生过程的细胞学和分子学研究, 证明了花椒无性胚胎是由珠心细胞(体细胞)发育而来, 从而确定了花椒无融合生殖类型为孢子体无融合生殖。同时筛选出一个 MADS-box 转录因子 *ZbAGL11*, 其 CDS 长度为 666bp 编码 333 个氨基酸, 是控制花椒无融合生殖的关键基因(图 1)。通过试验证明在拟南芥和玉米中过表达 *ZbAGL11* 能够产生无性胚胎产生无融合生殖表型。研究结果为揭示中国科协 2020 年发布的 10 大前沿科学问题之一“植物无融合生殖生物学基础”提供了实质性突破, 为固定农作物杂种优势提供了新途径。为创建花椒育种策略提供了理论依据。

(3) 揭示了花椒种质资源间遗传进化关系, 澄清了栽培青花椒在分类学上的争议, 选育出花椒优良品种 7 个。采用分子标记技术, 分析了花椒的遗传多样性和进化历史, 阐明了花椒种质资源的遗传背景和种源间的亲缘关系。以秦岭山脉为界, 将栽培花椒划分成“南椒”和“北椒”两大种群, 其中“南椒”又可分为 3 个类型, “北椒”可分为 2 个类型; 明确了栽培花椒起源于甘肃东南部的武都地区。栽培青花椒应为野生竹叶花椒(*Z. armatum*)驯化而来, 与植物分类学上的青花椒(*Z. schinifolium*)不是同种, 澄清了栽培青花椒在分类学上的争议。选育并审定‘凤选 1 号’、‘凤椒’和‘西农无刺’3 个花椒优良新品种。授权‘西农 1 号’、‘西农 2 号’、‘西农 3 号’、‘西农 5 号’新品种 4 个。

(4) 挖掘花椒果实品质调控关键基因, 解析花椒“色、香、味”的合成奥秘, 为花椒优质品种选育提供了依据。项目围绕花椒果实品质主要性状开展了一系列的工作, 鉴定得到合成和调控花椒果实色泽、香气以及麻味的关键基因, 为花椒果实品质调控提供了科学依据。项目结果显示, 胡椒酮是青花椒果实中的主要香

气物质，柠檬烯为红花椒的主要香气物质。另外，还鉴定了 5 个花椒香气合成的关键基因。另外，还证明了青花椒果实中的萜类物质合成主要依靠 MVA 通路和 MEP 通路，而红花椒则主要依靠 MEP 通路。此外，通过对有色成分的定性和定量分析明确了花青素半乳糖苷和花青素葡萄糖苷是红花椒中的主要红色物质，*ANS* 和 *UFGT* 是花青素合成的关键基因。基于功能组学及代谢组学，对花椒果实品质的主要性状（色、香、味）的调控机理及代谢物生物合成进行了全面解析。筛选并验证了花椒调控果实色泽的关键基因，揭示了花椒萜类合成酶（TPS）基因家族的进化起源、基因结构和基因功能，挖掘出控制香气成分的关键基因。绘制了花椒麻味物质合成的代谢通路，挖掘出了控制花麻味物质的关键酶。

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

项目执行期间，项目组牵头成立了国家林草局花椒工程技术研究中心和花椒产业国家创新联盟，发表研究论文 254 篇，其中 SCI 收录论文 62 篇，出版著作 4 部，制订国家及行业标准 2 项，培养研究生 50 余名。项目的技术成果已在陕西、甘肃、河南、云南等省区进行示范和技术推广，共建立试验示范站（基地）8 个，自成果应用来，全省新增产值近十亿元，其中近三年累计新增销售额 29 亿元，新增利润 22 亿元。培训技术人员和椒农 2 万余人次，技术辐射花椒主产区，有效地解决了花椒良种匮乏，栽培技术落后的难题，带动了近万名群众脱贫增收，产生了良好的社会和经济效益，推动了花椒产业的持续健康发展。该项目执行期间申报国家发明专利 2 项（附件 7），5 篇代表性论文总他人引用 69 次。相继被 *Plant Biotechnology Journal*、*Horticulture Research*、*Food & Function*、*Journal of Agricultural and Food Chemistry*、*Food Research International* 等多个国际顶级期刊及国际知名学者评述引用，获得了业内的广泛关注和积极评价。

（一）采用二代+三代的测序策略破译了花椒基因组，同时结合 Hi-C 染色体构象捕获技术，首次组装了花椒（*Zanthoxylum bungeanum*）染色体级别的参考基因组。以下是国内外学者及媒体对该成果的客观评价（佐证材料：附件 2.1 代表性引文 1）：

（1）西南大学食品科学学院阚建全教授团队发表在一区 TOP 期刊 *Food Research International* 上的论文对代表性论文 1 给予了高度评价，肯定了花椒基因组对于花椒遗传育种研究的重要意义，同时强调研究结果为花椒麻味物质的生

物合成机制提供了坚实的数据支撑,促进花椒优质品种的深入开发提供了有价值的信息。

(2) 中国科学院香料与饮料研究所胡丽松研究员团队发表在一区 TOP 期刊 *Plant Biotechnology Journal* 上的论文积极肯定并引用了代表性论文 1 的研究成果, 并指出“花椒高分辨率基因组的测定, 为研究花椒多样性和表型创新提供了基因组资源和新的见解, 对植物在严峻环境变化下的保护具有更广泛的意义”。

(二) 在无融合生殖机理研究方面, 挖掘出花椒无融合生殖的关键控制基因揭示了无融合生殖调控机理。突破性的建立了“胚胎胚乳无性诱导策略”并成功获得了无性繁殖的杂交玉米种子, 对加快我国农作物育种及打破杂交种引进“卡脖子”具有重要意义。以下是国内外学者及媒体对该成果的客观评价(佐证材料: 附件 2.2、附件 2.3 代表性引文 2、3):

(1) 2020 年 8 月中国科协发布的 10 大前沿科学问题中第 8 条就是“植物无融合生殖的生物学基础是什么?”, 其研究价值可见一斑。将无融合生殖引入到主要农作物中可以简化杂交种子的生产过程, 提高育种效率, 大幅度降低杂交种的制种风险和成本, 而且可以使大规模无性杂交种子商品化生产成为可能。从而大幅度拓宽杂种优势的利用范围, 对解决我国种业“卡脖子”问题, 保障国家粮食安全意义重大。

(2) 美国爱荷华州立大学 Wendel, Jonathan F. 教授团队在国际 TOP 期刊 *Plant Biotechnology Journal* 的论文高度赞扬了代表性论文 2 中对于花椒无融合生殖类型的鉴定、关键基因筛选及功能验证所取得的进展, 并肯定了研究无融合生殖机理对于农业育种的意义。华中农业大学柑橘院士邓秀新团队在一区 TOP 期刊 *Horticulture Research* 上的综述性文章充分的肯定了代表性论文 2 中获得的无融合生殖取得的突破性进展, 综述指出“在主要作物中引入无融合生殖将为农业带来许多好处, 包括永久固定优良基因型和简化杂交种子生产程序, 以及净化和再生无性繁殖的作物”。

(3) 中国科学院院士钱前评论说: “多年来, 经过多国科学家的努力, 无融合生殖的研究进展依然缓慢。破解无融合生殖的生物学机理, 为未来实现杂种优势固定奠定理论基础, 具有非常重要的科学意义和应用前景”。无融合生殖由母本直接产生后代的无性生殖方式。通过这种生殖方式可以固定杂种优势, 缩短育

种周期，对育种工作、种子生产等具有重大的意义。研究其无融合生殖类型以及无融合生殖的机理能够为作物育种带来全新的机遇。无融合生殖研究成果在国际顶尖期刊 *Horticulture Research* 上发表后被国内外学术论文多次引用，并被中国科协列为 2020 年“十大科学前沿”。先后被中国科学报、中国科学网、人民网、光明网、中国生物技术网、食品资讯网等众多媒体进行了报道。

（三）基于基因组及群体分子标记技术，阐明了花椒的遗传多样性和进化历史和种源间的亲缘关系。研究结果证明了以秦岭山脉为界南北花椒种群的差异性，证明了栽培青花椒应为野生竹叶花椒驯化而来，与植物分类学上的青花椒并非同种，澄清了栽培青花椒在分类学上的争议。该项目自 2017 年开展以来共选育并审定花椒优良品种 7 个，推动了花椒优良种质资源的推广与应用。以下是国内外学者及媒体对该成果的客观评价（佐证材料：附件 2.4 代表性引文 4）：

（1）四川农业大学龚伟教授团队在 TOP 期刊 *BMC Genomics* 上引用了代表性论文 1 中关于花椒属植物进化关系的成果，评述了该论文系统地研究了花椒和竹叶花椒的遗传多样性、品种间的亲缘关系及栽培起源，对花椒种质资源的高效利用和保护具有重要意义。进一步验证了花椒的进化起源关系，澄清了栽培青花椒在分类学上的争议。

（2）项目实施过程中审定的 7 个花椒优良品种进行了品质评估和产量评价（附件 5）。证明了 7 个花椒优良品种具有丰产性好，皮刺少，抗病虫能力强，较耐寒，麻味浓郁，品质上乘，适宜于陕西关中、凤县及以南地区种植推广，截止目前已经累计推广 100 万亩，产生经济效益 40 亿元。

（四）在解析花椒果实品质性状形成机理以及集成高光效整形修剪技术方面，为花椒精准育种和高效整形嫁接的实施提供了重要的数据支撑和现实路径，相关成果和技术体系均获得国内外业内专家的认可并给予了积极的肯定。以下是国内外学者及媒体对该成果的客观评价（佐证材料：附件 2.5、附件 2.6、附件 2.7、附件 2.8 代表性引文 5、6、7、8）：

（1）西北农林科技大学黄建教授团队、刘占德教授团队以及四川农业大学食品学院张志清教授团队前后在国际有影响力的顶级期刊 *Plant Physiology*、*Horticulture Research*、*Food Chemistry* 中多处引用了代表性论文 5 取得的成果，并评价“植物中功能性营养成分的合成机理研究和功能开发是确保植物资源充分利用的重要前提，在推动药食同源植物的医药开发以及保障民生方面具有非常重

要的意义”。

(2) 大连工业大学食品学院秦磊教授团队发表在 *Food Chemistry* 期刊上的论文积极肯定并引用了代表性论文 5 的研究成果，指出“花椒风味物质的研究关乎到百姓的餐桌问题，对于开发食品添加以及改善烹饪有着非常重要的意义”。

(3) 华中农业大学食品科技学院李春梅教授团队在国际知名期刊 *Food Research International* 上发表的论文对代表性论文 5 进行了引用和评价，指出“顶空固相微萃取-气相色谱-质谱联用技术(HS-SPME-GC-MS)技术评估花椒香气指标的可靠的，研究不同产地的花椒香气特征将对花椒种植生产销售产业结构的健康发展有着积极的推动作用”。

五、应用情况

项目执行期间，项目组牵头成立了国家林草局花椒工程技术研究中心和花椒产业国家创新联盟，发表研究论文 254 篇，其中 SCI 收录论文 62 篇，出版著作 4 部，制订国家及行业标准 2 项，培养研究生 50 余名。项目的技术成果已在陕西、甘肃、河南、云南等省区进行示范和技术推广，共建立试验示范站（基地）8 个，自成果应用来，全省新增产值近十亿元，其中近三年累计新增销售额 29 亿元，新增利润 22 亿元。培训技术人员和椒农 2 万余人次，技术辐射花椒主产区，有效地解决了花椒良种匮乏，栽培技术落后的难题，带动了近万名群众脱贫增收，产生了良好的社会和经济效益，推动了花椒产业的持续健康发展。

六、代表性论文专著目录

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间(年月日)
1	ZbAGL11, a class D MADS-box transcription factor of <i>Zanthoxylum bungeanum</i> , is involved in sporophytic apomixis	Horticulture Research	Xitong Fei, Qianqian Shi, Yichen Qi, Shujie Wang, Yu Lei, Haichao Hu, Yulin Liu, Tuxi Yang, Anzhi Wei	2021 年 8 卷 23 页	2021 年 2 月 1 日
2	Genomic analysis reveals the genetic diversity, population structure, evolutionary history and relationships of Chinese pepper	Horticulture Research	Shijing Feng, Zhenshan Liu, Yang Hu, Jieyun Tian, Tuxi Yang, Anzhi Wei	2020 年 7 卷 1-14 页	2020 年 10 月 1 日
3	<i>Zanthoxylum</i> -specific whole genome duplication and recent activity of transposable elements in the highly repetitive paleotetraploid <i>Z. bungeanum</i> genome	Horticulture Research	Shijing Feng, Zhenshan Liu, Jian Cheng, Zihe Li, Lu Tian, Min Liu, Tuxi Yang, Yulin Liu, Yonghong Liu, He Dai, Zujun Yang, Qing Zhang, Gang Wang, Jisen Zhang, Huifeng Jiang and Anzhi Wei	2021 年 8 卷 205 页	2021 年 9 月 18 日
4	Small RNA sequencing provides candidate miRNA-target pairs for revealing the mechanism of apomixis in <i>Zanthoxylum bungeanum</i>	BMC Plant Biology	Fei Xitong, Lei Yu, Qi Yichen, Wang Shujie, Hu Haichao, Wei Anzhi	2021 年 21 卷 13 页	2021 年 4 月 13 日
5	Transcriptome analysis and GC-MS profiling of key genes in fatty acid synthesis of <i>Zanthoxylum bungeanum</i> seeds	Industrial Crops and Products	Xitong Fei, Yao Ma, Haichao Hu, Anzhi Wei	2021 年 156 卷 112870 页	2020 年 8 月 24 日

七、主要完成人情况

姓名	排名	行政/技术支撑	工作单位/完成单位	对本项目技术创新性贡献
魏安智	1	教授	西北农林科技大学	总体负责制定项目方案和具体实施。对本项目创新科研成果 1, 2, 3, 4, 5 全部做出重要贡献。
费希同	2	副教授	西北农林科技大学	对本项目中代表性论文 1、4、5 做出了主要贡献
刘永红	3	副研究员	西北农林科技大学	参与代表性论文 3
冯世静	4	讲师	西北农林科技大学	对本项目中代表性论文 2、3 做出了主要贡献
杨途熙	5	教授	西北农林科技大学	参与代表性论文 1、2、3
刘玉林	6	副教授	西北农林科技大学	参与代表性论文 3

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	西北农林科技大学作为项目的主要完成依托单位，在项目的申报、实施、监管和总结等方面给予了帮助。同时，西北农林科技大学在项目实施过程中在试验场地、科研条件、仪器设备、经费、人力等方面提供了保障和支持，确保了项目任务的顺利实施和目标的全面实现。

九、完成人合作关系情况

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	论文合著	魏安智/1、费希同/2	2017 年-至今	代表性成果 1、3、4、5	附件 1
2	品种审定	魏安智/1、刘永红	2010 年-至	代表性成果 3	附件 5

		/3	今		
3	论文合著	魏安智/1、冯世静 /4	2005 年-至 今	代表性成果 2、3	附件 1
4	论文合著	魏安智/1、杨途熙 /5	2005 年-至 今	代表性成果 1、 2、3	附件 1
5	论文合著	魏安智/1、刘玉林 /6	2014 年-至 今	代表性成果 3	附件 1

完成人合作关系说明（限 1000）

项目完成人魏安智是本项目的负责人，长期致力于本项目合作研究，在项目设计、项目实施、论文发表、新品种选育等方面开展了紧密合作，为项目目标的达成做出了重要的贡献。

项目第 2 完成人费希同副教授曾于 2017 年攻读第 1 完成人魏安智教授的博士研究生，2021 年获得博士学位并于同年留校任职继续从事花椒生殖育种相关工作。

项目第 3 完成人刘永红副研究员 2001 年 9 月入职西北农林科技大学并加入到花椒种质资源于育种创新团队魏安智教授课题组，共同开展花椒育种、品质调控等相关工作。

项目第 4 完成人冯世静副教授 2012 年 9 月攻读第 1 完成人魏安智教授的博士研究生，于 2017 年 6 月毕业并获得博士学位，期间共同开展花椒基因组及亲缘关系等研究工作。

项目第 5 完成人杨途熙教授 2001 年 9 月入职西北农林科技大学并加入到花椒种质资源于育种创新团队魏安智教授课题组，共同开展花椒育种、品质调控等相关工作。

项目第 6 完成人刘玉林副教授于 2014 年 7 月博士毕业加入到西北农林科技大学花椒种质资源于育种创新团队魏安智教授课题组，共同开展项目的研究工作。

项目四

一、项目名称：黄土高原土壤水文过程及其生态效应

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：黄土高原土壤水文过程及其生态效应项目研究成果突出，创新性强，对黄土高原植被恢复与水管理具有重要理论意义和应用价值，**提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。**

三、项目简介：

黄土高原大部分位于干旱、半干旱气候区，生态环境脆弱，土壤侵蚀严重，植被恢复是保育水土资源的关键。植被类型、规模和结构对水土过程有显著影响，而水分供给决定了植被生态系统的健康和可持续性。黄土高原出现的土壤干燥化和人工植被退化等，是生态建设中面临的重大现实问题。土壤水和植被动态关系是解决水土资源协同管理的核心科学问题，也是服务黄土高原生态建设的重要内容。本项目从黄土高原土壤水分入手，以揭示土壤-植被系统水运动过程机理为关键科学问题，以阐明区域土壤水-植被格局和提出调控策略并服务于生态建设为目的，长期坚持第一手试验观测数据的获取，取得如下主要成果：

(1) 构建了黄土高原土壤水分监测网络，建立了大尺度深层土壤水动力参数预报新方法，提升了非均质土壤水分运动模拟精度，揭示了不同尺度土壤水分时空分异规律及主控因子。

(2) 提出了土壤水能(含水量和土壤水基质势能)和植物生理相统一的土壤干层评判新方法，揭示了土壤干燥化区域分异特征及形成机制。

(3) 发现了深层土壤水对树木的响应随林龄转换的特征，提出了评价人工林水文调节功能时应考虑林龄和深层土壤水动态变化的新观点，拓展了黄土高原植被与土壤水相互作用理论。

(4) 研制了黄土高原土壤水分植被承载力模型，适应黄土高原深厚土层水分限制条件下的土壤水文与植被相互作用的特点，提升了非均质土壤大尺度土壤水分植被承载力模拟结果的可靠性，确定了土壤水分平衡利用的适宜植被盖度，并应用于区域植被管理和土壤干层调控。

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)

国际著名土壤物理学家、德国 Jülich 农业圈研究所所长 Vereecken 教授和 Vadose Zone J 副主编、巴西圣保罗大学 van Lier 教授认为：深层土壤导水参数的突破对水文过程模拟和水资源管理具有重要价值。HYDRUS 软件开发者、加州大学河滨分校 Šimůnek 教授[“...the impact of soil vertical variability on the decay of saturated hydraulic conductivity induced by soil compaction in the deepest soil layers is expected”]和 van Lier 教授等肯定土壤导水参数准确预测的必要性,指出其比根系吸水参数对模拟土壤水分运动更为敏感[“...such success is more likely related to other model subsections, such as the soil hydraulic functions usually performed by discretization of the Richards equation ... , due to the relative insensitivity to RWU parameters (Bai et al., 2020...)”],还被巴西学者引用论证土壤水分特征曲线参数 α 和 n 的难预测性,体现了该工作的重要;加拿大土壤学会主席、圭尔夫大学 Biswas 教授等也多次利用土壤水分时空变异机制的成果解释地表非均质性对不同尺度土壤水时空变异的影响机制。

项目提出的土壤干层评价新方法被新西兰皇家科学院院士、Agr Water Manage 主编 Clothier 教授等用于人工杨树林土壤干燥化评价研究;国内多位学者也将其用于土壤干层水分动态研究,基于新指标体系认为干旱气候环境下“田间稳定持水量”与“萎蔫点”之间的土壤水分亏缺在旱区是正常的[“The water deficit between the stable field capacity and wilting point is regarded as the normal water deficit for dryland areas under a dry climate environment, and does not belong to the scope of soil desiccation (Jia et al., 2020a, 2020b)”];关于土壤干燥化的结果被丹麦、西班牙、波兰、法国等国家的学者作为深入认识土壤干旱影响土壤结构稳定性、土壤导水特性、土壤养分有效性、土壤斥水性、土壤微生物群落组成和土壤生态功能的重要依据。

关于黄土高原人工林与土壤水相互作用的成果在 J Hydrol (2017)发表后被 Nat Sustain、Global Change Biol 等 SCI 引用 503 次,入选 ESI 前 1%高被引论文和 1%热点论文。南京大学符淙斌院士与澳大利亚科学院院士新南威尔士大学 Pitman 教授在水文领域著名期刊 HESS 上 4 次引用该成果,认为该成果突破传统人工林耗水观点,对科学认识植被恢复的长期水文效应具有重要价值。牛津大学生态学家 Seddon 教授,将该成果作为两个中国案例之一,支撑利用自然策略应

对气候变化的依据；关于土壤干层形成机制及土壤水响应随林龄转换的发现直接支持了国际同行的工作，如德国、意大利等 9 个国家的学者发表在 *Global Change Biol* 的论文利用我们的工作分析植被恢复水文效应的动态变化机制，也支撑了加利福尼亚大学的学者发表在 *Nat Sustain* 期刊关于生态恢复对陆地水资源影响的结论。

关于土壤水分平衡利用的适宜植被盖度(土壤水分植被承载力)的成果在 *Agr Ecosyst Environ* (2019)发表后被 SCI 引用 119 次，入选 ESI 前 1%高被引论文。中国科学院生态环境研究中心傅伯杰院士联合英国约克大学 *Stringer* 教授在 *Nat Rev Earth Env* 期刊将黄土高原土壤水分植被承载力成果作为旱区生态可持续研究的典型案例之一，指出平衡植被生产力与水分利用是维持健康生态系统的关键和难点；该成果也被收录于傅伯杰院士和国际“未来地球计划”科学委员会主席、澳大利亚联邦科学与工业研究组织 *Smith* 教授主编的 *Dryland Social-Ecological Systems in Changing Environments* 专著中；美丽中国第三方评估总体技术组组长、中国地理学会会士方创琳研究员在 *Environ Impact Assess Rev* 期刊发表关于全球可持续发展目标承载能力的综述文章，将黄土高原土壤水分植被承载力成果作为全球 11 个引用率最高的成果之一进行了述评。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Hillslope scale temporal stability of soil water storage in diverse soil layers	Journal of Hydrology	贾小旭, 邵明安, 魏孝荣, 王云强	2013 年 498 卷 254-264 页	2013 年 8 月	邵明安	贾小旭	贾小旭, 邵明安,	79	Web of Science	是

2	Soil moisture decline due to afforestation across the Loess Plateau, China	Journal of Hydrology	贾小旭, 邵明安, 朱元骏, 罗毅	2017 年卷 546 113-122 页	2017 年 3 月	贾小旭, 邵明安	贾小旭	贾小旭, 邵明安, 朱元骏	424	Web of Science	是
3	Loess thickness variations across the Loess Plateau of China	Surveys in Geophysics	朱元骏, 贾小旭, 邵明安	2018 年卷 39 715-727 页	2018 年 1 月	贾小旭	朱元骏	朱元骏, 贾小旭	98	Web of Science	是
4	Spatial variations in soil-water carrying capacity of three typical revegetation species on the Loess Plateau, China	Agriculture, Ecosystems & Environment	贾小旭, 邵明安, 于冬雪, 张瑜, Andrew Binley	2019 年卷 273 25-35 页	2019 年 3 月	邵明安	贾小旭	贾小旭, 邵明安, 于冬雪, 张瑜	83	Web of Science	是
5	Traditional dry soil layer index method overestimates soil desiccation severity following conversion of cropland into forest and grassland on China's Loess Plateau	Agriculture, Ecosystems & Environment	贾小旭, 赵春雷, 王云强, 朱元骏, 魏孝荣, 邵明安	2020 年卷 291 106794 页	2020 年 4 月	赵春雷, 邵明安	贾小旭	贾小旭, 赵春雷, 王云强, 朱元骏, 魏孝	55	Web of Science	是

六、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
----	----	-------------	---------------	-------------

邵明安	1	研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	构建了黄土高原多尺度土壤水分监测网络,明确了不同尺度土壤水分时空分异规律及主控因子,提出了土壤干层评价新方法,研制了黄土高原土壤水分植被承载力模型,获得了典型林灌草植被水分平衡利用的适宜植被盖度。
贾小旭	2	研究员	中国科学院地理科学与资源研究所/ 中国科学院地理科学与资源研究所	建立了大尺度深层土壤水动力参数预报新方法,提出了土壤水能(含水量和土壤水基质势能)和植物生理相统一的土壤干层评判新指标,揭示了人工林与土壤水相互作用的动态变化机制,提出了评价人工林水文调节功能时应考虑林龄和深层土壤水动态变化的新观点,研制了黄土高原土壤水分植被承载力模型,提升了非均质土壤大尺度土壤水分植被承载力模拟结果的可靠性,确定了黄土高原土壤水分平衡利用的适宜植被盖度,并应用于区域植被管理和土壤干层调控。
魏孝荣	3	研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	通过长期定位观测,揭示了黄土高原坡面尺度土壤水分时空变异机制及影响因素,基于控制实验,探明了典型植物土壤水分的有效性特征,揭示了典型人工植被土壤干燥化形成机制与调控途径。
朱元骏	4	研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	通过区域调查和实地观测,结合黄土高原高精度地形数据和 GIS 空间分析方法,明确了典型黄土区的黄土厚度及其空间分异,绘制了高精度黄土厚度空间分布图,查明了黄土区深层土壤水力性质的垂直变异特征,为大尺度深层土壤水动力参数预测模型的建立提供了基础数据。
赵春雷	5	副研究员	中国科学院地理科学与资源研究所/ 中国科学院地理科学与资源研究所	通过盆栽控制实验,揭示了不同类型植被生理指标对干旱胁迫的响应特征,提出了基于植物水分生理的土壤干层动力学指标,从土壤水动力学的角度,统一了不同质地土壤干层的判定标准,并结合黄土高原区域尺度土壤水分分布特征,揭示了土壤干燥化的空间分异规律。

七、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	负责项目和人员管理、研究条件和平台提供,保障项目总体方案制定、技术内容分析、可行性研究、技术路线确定等。在多尺度土壤水分时空分异、人工林—土壤水作用机制、土壤水分植被承载力等方面有所贡献。

中国科学院地理科学与资源研究所	2	协助项目实施,在深层土壤水动力参数预报新方法、土壤干层评判动力学新指标和土壤水分植被承载力模型的成果方面有所贡献。

八、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	论文合著	贾小旭/2	2013年8月至2023年12月	(1) Hillslope scale temporal stability of soil water storage in diverse soil layers. (2) Soil moisture decline due to afforestation across the Loess Plateau, China. (3) Loess thickness variations across the Loess Plateau of China. (4) Spatial variations in soil-water carrying capacity of three typical revegetation species on the Loess Plateau, China. (5) Traditional dry soil layer index method overestimates soil desiccation severity following conversion of cropland into forest and grassland on China's Loess Plateau.	
2	论文合著	魏孝荣/3	2017年3月至2023年12月	(1) Hillslope scale temporal stability of soil water storage in diverse soil layers. (5) Traditional dry soil layer index method overestimates soil desiccation severity following conversion of cropland into forest and grassland on China's Loess Plateau.	
3	论文合著	朱元骏/4	2017年3月至2023年12月	(2) Soil moisture decline due to afforestation across the Loess Plateau, China. (3) Loess thickness variations across the Loess Plateau of China. (5) Traditional dry soil layer index method overestimates soil desiccation severity following	

				conversion of cropland into forest and grassland on China's Loess Plateau.	
4	论文合著	赵春雷/5	2020年4月至2023年12月	(5) Traditional dry soil layer index method overestimates soil desiccation severity following conversion of cropland into forest and grassland on China's Loess Plateau.	

完成人合作关系说明（限 1000 字）

邵明安统筹规划项目实施，贾小旭提出并完成项目的具体实施方案，魏孝荣、朱元骏和赵春雷协助项目实施。

邵明安、贾小旭和魏孝荣合作研究，通过对典型坡面土壤水分的长期定位观测，阐明了坡面尺度土壤水分时空变异特征及驱动机制，发现土壤水分时空变异的深度依赖型特征，发现坡面土壤水变化主要取决于径流过程对水分的空间再分配与植被耗水作用（第1篇代表性论文）。

邵明安、贾小旭和朱元骏合作研究，通过对黄土高原典型小流域不同林龄刺槐深层土壤水分定位观测，阐明了土壤-植被系统中水分运动机制，发现随树龄和干旱强度的增加，刺槐根系和枝条导水能力降低，叶片水分散失阻力增大，水分传输能力下降，而深层土壤水响应过程具有随林龄转换的特征，提出了考虑林龄和深层土壤水变化评价黄土高原人工林水文调节功能的新观点，为解决学术界关于黄土高原人工林耗水或蓄水的长期争议提供了新的认识和数据（第2篇代表性论文）。

贾小旭、朱元骏和邵明安合作研究，通过土芯钻探(深至205 m)和野外观测，利用ArcGIS邻域分析方法量化了地表至基岩高精度(100 m × 100 m)黄土厚度的空间分布，揭示了深厚黄土水力性质的垂直变异特征，建立了深层土壤水动力参数预报方法，为深入探究深层土壤水文过程提供了基础数据和方法（第3篇代表性论文）。

邵明安、贾小旭、赵春雷和魏孝荣、朱元骏合作研究，在阐明典型植物对干旱胁迫的生理响应基础上，确定了以光合速率为指标的土壤水分有效性下限阈值，创新性地将土壤水分能量(土壤水基质势)和植物光合作用指标相结合，提出了土壤水能和植物生理相统一的土壤干层判定新标准和评价新方法（第5篇代表性论文）。

邵明安和贾小旭合作研究，在广泛应用的Biome-BGC模型基础上拓展基于Richards动力学方程的土壤水动态模拟方法，融合黄土高原人工林与土壤水相互作用的水分胁迫新方法，嵌入土壤水动力学参数新方法，研制了区域尺度土壤水分植被承载力模型，适应黄土高原深厚土层水分限制条件下的土壤水文与植被相互作用的特点，获得了黄土高原土壤水分可持续利用的适宜植被盖度（第4篇代表性论文）。

项目五

一、项目名称：黄土区水蚀类型演变过程机制

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：我单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合陕西省自然科学奖申报材料填写要求。

该项目聚焦各类水蚀演变过程产生大量泥沙输入河道造成流域水沙关系不协调的科学问题，着眼于沟蚀演变过程难以量化、且水蚀类型演变过程机制尚不明确的科学问题，基于 30 多年科学探索和研究，以创建量化水蚀类型演变过程研究的新方法为突破口，以片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀演变过程为主线，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制，进而揭示了黄土区水蚀类型演变过程机制。以上成果发表论文 191 篇，其中 SCI 论文 62 篇，出版学术专著 7 部，参编专著 4 部。学术成果得到了高度评价，产生了积极的学术影响，加深了对土壤水蚀过程机理的认识，丰富了土壤水蚀基础理论，推动了土壤侵蚀学科的发展，为嵌套沟蚀的流域侵蚀预报模型研发提供了重要理论指导，也为水土流失防治、河流安全运行和生态文明建设提供了重要科学依据。

提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

三、项目简介：

水土流失是我国头号环境问题，其对粮食安全和生态安全造成严重威胁，我国每年因水土流失造成的经济损失相当于 GDP 总量的 3.5%。黄土高原是我国乃至世界土壤侵蚀最严重的地区之一，不但区域细沟和细沟间侵蚀严重、浅沟和切沟侵蚀异常严重，且各类水蚀类型（片蚀-细沟-浅沟-切沟）演变过程不仅导致土壤质量严重退化和地形破碎，也使侵蚀治理的难度加大和投资增加；尤其是各类水蚀演变过程造成的大量泥沙输入河道是导致流域水沙关系不协调的根源。因此，阐明水蚀类型演变过程机制，不但为流域水沙调控提供重要科学依据，也为黄河中游生态治理提供理论支持。

前人研究证实该区域水土流失类型可划分为雨滴溅蚀、片蚀、细沟、浅沟、

切沟侵蚀等类型，在空间上具有分带性或“链状”特征，但各水蚀类型之间水沙传递关系是什么、其又如何演变、以及哪一个阶段造成的侵蚀最为强烈和流域减沙重点治理部位在哪里等？一直是困扰土壤侵蚀理论深化和支撑生态治理的主要科学难题。

本项目在国家自然科学基金重大、重点和面上项目支持下，以创建量化水蚀类型演变过程研究的新方法为突破口，以片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀演变过程为主线，在 30 余年探索和研究的的基础上，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，解决了水蚀过程难以量化表征的问题，为推动侵蚀动力学研究提供了方法支持；揭示了片蚀和细沟侵蚀动力机制，明晰了壤中流与地表径流耦合作用影响片蚀和侵蚀过程机理，提出了细沟发育过程的数学表达式，量化了影响浅沟侵蚀的关键因子并阐明了坡面浅沟发育过程，进而揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理；提出了判定细沟、浅沟、切沟发生的地形临界模型，反演再现了水蚀类型演变过程并确定了其临界动力参数变化区间，构建了侵蚀沟演变模型，阐明了片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀链的水沙传递关系及关键影响因子，进而阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制。本研究加深了对水蚀过程机理和规律的认识，丰富和拓展了土壤侵蚀基础理论，支撑了流域水沙调控，服务于黄河中游生态治理。取得如下重要科学发现：

第一，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法，为推动侵蚀动力学研究提供了方法支持：创建了基于立体摄影测量技术的侵蚀沟形态及水流参数测定方法；构建了融合立体摄影测量与三维激光扫描技术的水蚀类型演变过程监测方法；建立了稀土元素示踪坡面片蚀和细沟侵蚀量估算的通用模型，突破了水蚀过程量化研究的技术瓶颈。

第二，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理：阐明了片蚀和细沟侵蚀动力机制，明晰了壤中流与地表径流耦合作用影响片蚀和侵蚀过程机理，突破了壤中流对坡面侵蚀的作用机制；定量表征了细沟发育各主导侵蚀过程及其对坡面侵蚀产沙的贡献，攻克了细沟发育各主导侵蚀过程的数学表达，深化了沟壁扩张侵蚀理论；揭示了坡面浅沟发育过程，破解了坡面纵向和侧向汇流耦合作用影响浅沟侵蚀过程的瓶颈，为包含浅沟的侵蚀预报模型研发提供了理论基础。

第三，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制：构建了判定细沟、

浅沟、切沟发生的地形临界模型，填补了切沟发生地形因子判别的空白；再现反演了水蚀类型演变过程并确定了其临界动力参数变化区间，构建了侵蚀沟演变动态模型；阐明了片蚀-细沟-浅沟-切沟侵蚀链的水沙传递关系及关键影响因子，提出了表征坡面侵蚀链水沙传递关系的判别式，突破了坡面侵蚀链水沙传递关系定量表达的瓶颈。

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）

项目执行期间，发表相关学术论文 191 篇，其中 SCI 论文 62 篇，出版学术专著 7 部，参编专著 4 部。研究成果受到国内外同行专家的广泛重视和认可，5 篇代表性论文/3 部代表性著作总他引 1296 次，单篇最高 SCI 他引 397 次，单篇最高专著他引 202 次。发表在 *Soil & Tillage Research* 的代表作 2 为 ESI 前 1% 高被引论文。

1) 对科学发现 1 创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法的客观评价

项目发表在 *Soil & Tillage Research* 上有关立体摄影测量法监测坡面沟道变化的研究论文（代表作 5）他引 42 次。国内外土壤侵蚀领域知名专家，英国利兹大学 Joseph Holden 教授、华中农业大学蔡崇法教授、中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所陈剑刚研究员的课题组，分别发表在 *Earth-Science Reviews* (Johnston et al., 2021)、*Geoderma* (Ni et al., 2023)、*Water Resources Research* (Wang et al., 2022) 上的论文引用，充分肯定了本科学发现对立体摄影测量技术在坡面沟道演变研究中的应用，并对研究中的“沟道内向下侵蚀速率降低直至低于横向侵蚀速率”的结论进行了印证。本项目出版的专著《黄土高原沟蚀演变过程与侵蚀产沙》（代表作 8）对高精度 GPS 和三维激光扫描 (LiDAR) 对沟蚀演变动态监测的可行性和精度进行了详细探讨，并利用这些新技术新方法对细沟、浅沟、切沟的形态演变过程进行了定量研究。土壤侵蚀领域世界著名专家美国农业部国家土壤侵蚀研究实验室前主任 Chihua Huang 高级研究员和国际知名专家美国农业部国家泥沙实验室前主任 Matt Römken 高级研究员，在对中美合作研究的官方评价中强调了本课题组所开展的 GPS、三维激光扫描、立体摄影测量等技术的对比研究，对于浅沟和沟道侵蚀的准确量化具有重要意义。中国

科学院力学研究所刘青泉研究员课题组发表在 2013 年中国力学大会上的论文（李妍敏等, 2013）引用了该成果，充分肯定了本项目的研究方法，并对细沟侵蚀演变过程这一研究发现进行了验证。华中农业大学郭忠录教授课题组发表在农业工程学报（郝好鑫等, 2017）、长江流域资源与环境（郝好鑫等, 2018）的论文也引用了该成果，指出本科学发现可为土壤侵蚀预报模型研发提供重要理论基础。

2) 对科学发现 2 坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理的客观评价

本项目发表在 *Soil & Tillage Research* (Shen et al., 2016) 上关于细沟与细沟间侵蚀的水力学机理的研究论文（代表作 2）被他人引用 325 次，为 ESI 前 1% 高被引论文。土壤侵蚀领域著名专家澳大利亚堪培拉大学 Peter Kinnell 教授发表在 *Journal of Hydrology* (Kinnell, 2020) 的特邀综述论文中评价了该成果，认为本科学发现中所采取的研究方法有效地模拟了不同下垫面条件下的坡面细沟和细沟间侵蚀过程，区分了雨滴打击和地表径流对坡面侵蚀的相对贡献；巴塞尔大学 Philip Greenwood 博士发表在 *Soil & Tillage Research* (Greenwood and Zhang, 2019) 的论文也评价了该成果，充分肯定了本研究中关于细沟侵蚀动力机制的研究发现。本项目发表在 *Journal of Hydrology* (Liu et al., 2019) 上关于雨滴打击和壤中流对坡面侵蚀耦合作用机理的研究论文（代表作 4）被他人引用 38 次。国内外土壤侵蚀领域知名专家，包括美国国家土壤侵蚀实验室 Dennis Flanagan 研究员、华中农业大学蔡崇法教授、中国科学院亚热带农业生态研究所陈洪松研究员的课题组分别在 *Journal of Hydrology* (Wang et al., 2020)、*Land Degradation & Development* (Wang et al., 2024)、*Journal of Hydrology: Regional Studies* (Ao et al., 2024) 发表论文，肯定并重点引用了该成果，认为本科学发现明确了雨滴打击和壤中流对坡面产流产沙各自的贡献，并揭示了二者对坡面侵蚀的耦合作用机制。本项目出版的专著《黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟》（代表作 6）对黄土坡面细沟间侵蚀与细沟侵蚀发生发展过程、侵蚀搬运机制、影响因素及其防治进行了详细阐述，被他人引用 202 次。国内土壤侵蚀领域知名专家中国科学院地理科学与资源研究所蔡强国研究员、中国科学院南京土壤研究所史学正研究员、西北农林科技大学吴发启教授的课题组等分别在应用基础与工程科学学报（盛贺伟等, 2017）、水土保持学报（刘柳松等, 2009）、农业工程学报（郑子成等, 2009）发表论文，肯定并重点引用了本研究中关于坡面侵蚀过程的一系列重要发现，如“细沟侵蚀主要有溯源侵蚀、沟底下切和沟壁扩张 3 种形式”、“在裸露休闲地，雨滴打

击作用是水流剥蚀作用的几倍至数十倍”、“黄土坡面细沟发育在降雨 13 min 内趋于稳定”等。

3) 对科学发现 3 不同水蚀类型演变过程及驱动机制的客观评价

本项目出版的专著《水蚀过程与预报模型》(代表作 7) 以翔实的资料和鲜明的观点论述了溅蚀、细沟间侵蚀与细沟侵蚀、坡面汇流汇沙与细沟侵蚀和浅沟侵蚀过程、梁坡与沟坡系统侵蚀产沙过程与动力学机理、坡面汇流汇沙与坡面侵蚀方式演变, 被他人引用 109 次。中国水利水电科学研究院王浩院士团队在水利学报(蔡静雅等, 2020) 发表论文证实了本研究的发现, 认为“水蚀类型演变的临界动力阈值确定”和“水蚀类型演变引起的产沙量受演变阶段制约”等科学论点具有重要价值。国内水土保持领域著名专家福建农林大学黄炎和教授课题组在森林与环境学报(黄炎和等, 2015) 发表的论文中充分肯定了本研究的发现“输沙率随着流速呈线性函数增加, 说明随着流量和坡度的增大, 坡面水流流速增大, 挟沙能力增强, 坡面侵蚀产沙量增大”。本项目发表在地理学报(郑粉莉和康绍忠, 1998) 上关于黄土坡面不同侵蚀带侵蚀产沙关系及其机理的研究论文(代表作 3) 他引 168 次。被黄河水利科学研究院教授级高级工程师姚文艺课题组发表在水利水电科技进展(姚文艺和肖培青, 2015)、农业工程学报(王玲玲等, 2015) 的论文引用, 充分肯定了本科学发现中对不同水蚀类型演变过程及驱动机制的研究结论。本项目发表在 *Pedosphere* (Zheng, 2006) 上有关水蚀类型演变影响的研究论文(代表作 1) 被他人引用 397 次, 被捷克共和国 Silva Tarouca 研究所的 Pavel Samonil 研究员发表在 *Geomorphology* (Samonil et al., 2023) 上的论文引用, 有关“森林砍伐会加剧土壤侵蚀”的结论在该文中加以印证, 也被中国科学院生态环境研究中心傅伯杰院士课题组发表在 *Water Resources Research* (Zhang et al., 2019)、*Hydrological Processes* (Wei et al., 2009) 上的论文和国内土壤学著名专家中国科学院南京土壤研究所张甘霖研究员课题组发表在 *Soil & Tillage Research* (Yang et al., 2009) 上的论文引用, 其中有关“植被破坏加剧了水蚀类型演变过程”的结论在相关研究结果印证。

五、代表性论文专著目录

(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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau	Pedosphere	Zheng, FL	2006 年 16 卷 4 期 420-427 页	2006 年 8 月 1 日	Zheng, FL	Zheng, FL	郑粉莉	397	《科学引文索引》扩展版数据库 (SCIE)、《CNKI 中国引文数据库》(CCD)	是
2	Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope	Soil & Tillage Research	Shen, HO; Zheng, FL; Wen, LL; Han, Y; Hu, W	2016 年 155 卷 429-436 页	2016 年 1 月 1 日	Zheng, FL	Shen, HO	沈海鸥, 郑粉莉, 温磊磊, 韩勇, 胡伟	325	《科学引文索引》扩展版数据库 (SCIE)、《CNKI 中国引文数据库》(CCD)	是
3	黄土坡面不同侵蚀带侵蚀产沙关系及其机理	地理学报	郑粉莉 康绍忠	1998 年 5 期 40-46 页	1998 年 9 月 23 日	郑粉莉	郑粉莉	郑粉莉, 康绍忠	168	《CNKI 中国引文数据库》(CCD)	是

4	Interactive effects of raindrop impact and groundwater seepage on soil erosion	Journal of Hydrology	Liu, G; Zheng, FL; Lu, J; Jia, Y F; Zhang, XC; Hu, FN; Zhang, JQ	2019年578期124066	2019年11月1日	Zheng, FL	Liu, G	刘刚, 郑粉莉, 卢嘉, 胡斐南, 张加琼	38	《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD)	是
5	A laboratory study of channel sidewall expansion in upland concentrated flows	Soil & Tillage Research	Qin, C; Zheng, FL; Wells, Robert R; Xu, XM; Wang, B; Zhong, KY	2018年178卷22-31页	2018年5月1日	Zheng, FL	Qin, C	覃超, 郑粉莉, 徐锡蒙, 王彬, 钟科元	42	《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD)	是
6	黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟	专著	郑粉莉 高学田	2000年, 陕西人民出版社	2000年5月1日		郑粉莉	郑粉莉, 高学田	202	《CNKI中国引文数据库》(CCD)	是
7	水蚀过程与预报模型	专著	郑粉莉 江忠善 高学田	2008年, 科学出版社	2008年1月1日		郑粉莉	郑粉莉, 江忠善, 高学田	109	《CNKI中国引文数据库》(CCD)	是
8	黄土高原沟蚀演变过程与侵蚀产沙	专著	郑粉莉, 肖培青	2009年, 科学出版社	2009年12月1日		郑粉莉	郑粉莉, 肖培青	15	《CNKI中国引文数据库》(CCD)	是
合 计									1296		
补充说明(视情填写):											

六、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
郑粉莉	1	教授	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，对主要科学发现内容中1-3项做出创造性贡献，揭示了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，阐明了不同水蚀类型演变过程及驱动机制，创建了量化水蚀类型演变过程研究的新方法。是代表作1、3、6、7、8的第一作者，代表作2、4、5的通讯作者。
刘刚	2	研究员	西北农林科技大学/中国科学院水利部水土保持研究所	与第一完成人共同完成了项目主要科学发现第1、2项内容，揭示了片蚀与细沟侵蚀动力学机制，构建了稀土元素示踪坡面片蚀和细沟侵蚀量估算的通用模型。是代表作4的第一作者。
沈海鸥	3	副教授	吉林农业大学/西北农林科技大学	与第一完成人共同完成了主要科学发现第2项内容，明晰了下垫面特征对细沟和细沟间侵蚀过程的影响，揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制。是代表作2的第一作者。
徐锡蒙	4	副研究员	中国科学院地理科学与资源研究所/西北农林科技大学	与第一完成人共同完成了主要科学发现第1、3项内容，构建了融合立体摄影测量与三维激光扫描技术的水蚀类型演变过程监测方法，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程。是代表作5的共同作者。
王彬	5	教授	北京林业大学/西北农林科技大学	与第一完成人共同完成了主要科学发现第1、3项内容，揭示了坡面片蚀与细沟侵蚀动力机制，创建了水蚀类型演变过程研究方法。是代表作5的共同作者。

七、主要完成单位情况

单位名称	排名	主要贡献
西北农林科技大学	1	西北农林科技大学作为项目主要完成单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的支撑条件，为本项目提供了相关的仪器设备和研究平台，保证了项目的顺利实施和完成。全面负责项目的设计、立项、分工、实施与成果鉴定。在本项目中，重点开展了坡面不同水蚀类型的侵蚀过程机理，不同水蚀类型演变过程及驱动机制和水蚀类型演变过程研究方法创建等方面工作。
中国科学院水利部水土保持研究所	2	中国科学院水利部水土保持研究所作为项目主要完成单位，协助开展了片蚀与细沟侵蚀动力机制、水蚀类型演变过程及驱动机制、稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型等方面工作。同时协助开展项目的设计、立项、实施与成果鉴定等工作，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的支撑条件，为该项目的顺利开展做出了重要贡献。

八、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	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	论文合著	郑粉莉/第1, 刘刚/第2	2014年7月1日	2019年11月1日	代表作4
2	论文合著	郑粉莉/第1, 沈海鸥/第3	2009年9月1日	2017年7月1日	代表作2
3	论文合著	郑粉莉/第1, 徐锡蒙/第4, 王彬/第5	2006年7月1日	2018年5月1日	代表作5

完成人合作关系说明（限1000字）

第1完成人郑粉莉教授与第2完成人属西北农林科技大学/中国科学院水利部水土保持研究所的同一课题组，共同开展项目的研究工作，完成了主要科学发现第1、2项内容，揭示了片蚀与细沟侵蚀动力学机制，构建了稀土元素示踪坡面片蚀和细沟侵蚀量估算的通用模型。共同撰写发表论文（代表作4）。

第3完成人沈海鸥博士，2009-2015年在西北农林科技大学攻读博士学位，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第2项内容，明晰了下垫面特征对细沟和细沟间侵蚀过程的影响，揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制。合作撰写发表论文（代表作2）。

第4完成人徐锡蒙副研究员，2012-2018年在西北农林科技大学攻读学士、博士学位期间，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第1、3项内容，构建了融合立体摄影测量与三维激光扫描技术的水蚀类型演变过程监测方法，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程。合作撰写发表论文（代表作5）。

第5完成人王彬博士，2006-2013年在西北农林科技大学攻读硕士、博士学位，第1完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第1、3项内容，揭示了坡面片蚀与细沟侵蚀动力机制，创建了水蚀类型演变过程研究方法。合作撰写发表论文（代表作5）。

项目六

一、项目名称：苹果果糖含量遗传调控及种质创新与利用

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：苹果是陕西农业的主导产业，提升果实品质是促进苹果产业高质量发展的关键问题。针对这一产业需求，该项目在国家自然科学基金等支持下，以影响苹果果实甜度的果糖为主题，系统研究了苹果果糖代谢、转运与含量遗传调控的调控机制，阐明了苹果果糖含量调控的主要途径及关键基因，研究结果一方面，从代谢上探明了山梨醇-果糖代谢在苹果果糖积累中的功能，证实利用 MdFRK2 可改变果实库强和糖组成；另一方面，从转运上明确了苹果糖转运蛋白 MdERDL6 和 MdTST1/2 在协同调控果糖高度积累中的功能，回答了为什么水果中能积累高浓度的果糖，为桃等其他果树果实含糖量候选基因鉴定提供了支撑。相关研究结果在《PNAS》、《Plant Biotechnology Journal》、《Plant Journal》、

《Horticulture Research》、《Journal of Experiment Botany》等国际植物科学领域主流期刊，其中发表于 PNAS 的论文是我国果树领域第一篇发表在 PNAS 的论文，在果实糖调控领域达到了国际领先水平。同时，该项目组收集评价了苹果资源的糖含量，筛选出了一批特异种质，引育了‘美味’、‘黄冠’、‘蜜脆’等苹果新品种，通过杂交创制了‘秦脆’等一批苹果优异新种质，为陕西苹果优质新品种奠定了理论与材料基础。

成果材料齐全、规范、无知识产权纠纷，人员排名无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。

提名该项目为陕西自然科学奖一等奖。

三、项目简介：

中国是世界苹果生产和消费第一大国，陕西是联合国粮农组织认定的世界苹果最佳优生区，是全球集中连片种植苹果最大区域。陕西苹果产业覆盖了 48 个县，拉动全省 200 万农户近 1000 万农业人口从业，苹果产业成为延安等革命老区最重要的支柱产业之一，在农民致富、农村稳定、农业发展等方面发挥着重要作用。2022 年 10 月 26 日，习近平总书记在延安考察苹果产业后指出：“大力发展苹果种植业可谓天时地利人和，这是最好的、最合适的产业，大有前途。”

提升果实品质是促进苹果产业高质量发展的关键问题。风味是果实品质的核心，糖酸含量及两者的比例决定了果实风味。糖酸积累受代谢、转运及激素信号

的高度调控，是一个典型的复杂性状。其中，果糖是甜度最高的糖，在苹果果实中约占总糖含量的 50%以上，对果实甜度起着决定性作用。探明苹果果糖积累及其平衡的调控机制，是果实品质提升和种质创新的基础和源泉。项目组一直从事苹果糖酸品质形成和调控研究，针对苹果品质提升中糖酸性状改良的重大需求，系统研究了苹果果糖代谢、转运与含量遗传调控的关系，丰富了苹果糖含量调控的理论体系，引育了‘美味’、‘黄冠’、‘蜜脆’等苹果新品种，创制了一批新种质，取得了一系列创新成果，主要有：

1. 收集了一批优质苹果种质资源，并对其糖酸含量进行了评价,审定了‘蜜脆’、‘美味’、‘黄冠’等苹果新品种,明确了苹果中果糖含量调控途径

从国内外收集了不同苹果品种和野生核心种质资源 200 余份，评价了不同资源果实糖酸含量，分析了果实发育过程中果糖含量积累特征，筛选出了高果糖含量苹果株系‘蜜脆’、‘美味’、‘富士’、‘黄冠’、新疆野苹果 P6 及低果糖含量苹果材料‘秦冠’、‘嘎啦’等，其中引进的‘黄冠’、‘美味’品质优、丰产性强，研发、集成了其高效栽培技术并通过了陕西省果树品种审定委员会审定，相关成果在 METABOLITES (2018)、J EXP BOT (2016) 等期刊发表。

系统研究了‘富士’、‘嘎啦’苹果果实生长发育过程中糖的积累及其代谢特征，发现山梨醇脱氢酶 (SDH)、果糖激酶 (FRK) 等与山梨醇的高效代谢密切相关，并促使果糖在果实成熟阶段大量积累。同时，通过分析叶片山梨醇合成受抑制的转基因苹果材料，发现苹果果实库强及糖积累受糖代谢酶 (FRK、SDH) 和运输蛋白 (TST) 的高度调控，证实了 Suc-Suc 循环和果糖代谢是控制苹果糖含量以及糖组成的关键步骤。相关研究在 Horticulture Res (2018)、J Exp Bot (2016)、Frontier in Plant Science (2014) 等期刊发表，为深入探索果实糖积累机制奠定了基础。

2. 证实了 *MdFRK2* 是控制苹果果糖含量和碳分配的关键基因

研究发现 *MdFRK2* 对果糖具有强的亲和力和催化活性，是果糖磷酸化的主导基因，在苹果等蔷薇科等植物中具有丰富的等位变异类型，*MdFRK2* 介导的果糖代谢在果实糖含量调控中起着重要作用。*MdFRK2* 参与了不同组织器官、环境条件下碳水化合物的分配，渗透势调控。过表达 *MdFRK2* 能促进干旱条件下根系生长，提高抗旱性；改变形成层中碳的分配，增加了纤维素合成，过表达使杨树等植物中纤维素含量提高了 22%-38%。同时，*MdFRK2* 表达受氮素供应水平

的调控，果实成熟期控氮能降低 MdFRK2 表达，促进果实果糖积累。相关结果发表在 Horticult Res (2018), Biotechnol Biofuels (2021), Sci Horticult (2019) 等期刊。

3. 鉴定了一个新的苹果己糖转运蛋白 MdHT2.2,证实了液泡膜糖外排转运蛋白 MdERDL6 通过调控 MdTST1/2 协同调控液泡中果糖的积累能力

苹果同化物质外体卸载过程中，负责山梨醇卸载的山梨醇转运蛋白活性受到己糖的竞争性抑制，高效的己糖吸收转运是果实的库强调控和可溶性糖积累的关键，而苹果己糖转运蛋白 MdHT2.2 是一个在苹果果实中高度表达、对果糖和葡萄糖有转运活性的己糖/H⁺同向转运蛋白，主要功能是将质外体空间中的己糖转运到果肉细胞中，维持果实高的糖卸载能力。研究还证实了在糖质外体卸载过程中己糖转运蛋白和代谢酶 CWINV 可相互作用，协同调控着果实中糖的含量，为蔗糖的质外体卸载途径中库强的调控提供了新见解。该研究结果发表于 Plant Biotech J (2020) 和 Plant Physiol Biochem (2020)。

从苹果中鉴定了与果实糖含量密切相关的液泡葡萄糖外排转运蛋白 MdERDL6-1 和糖内吸转运蛋白 MdTST1/2。MdERDL6-1 过表达不仅增加了葡萄糖 (Glc) 浓度，而且增加了果糖 (Fru) 和蔗糖 (Suc) 的浓度。研究发现，MdERDL6 可引起液泡中 Glc 外排，增加了胞质中 Glc 的瞬时浓度，引起胞质与液泡间 Glc 的化学浓度梯度，调控 TST1/2 表达，促进了 Glc、Fru 和 Suc 在液泡中的积累。该研究结果解释了为什么果实中的可溶性糖含量可积累到 10% 以上，提出了对由两类液泡糖转运蛋白的协同作用介导的液泡中糖积累的调节机制，为细胞质和液泡之间糖交换的调控机制提供了新见解，为桃等其他果树果实含糖量候选基因鉴定提供了很好的支撑，研究成果发表在 PNAS (2021)。

4. 以‘蜜脆’、P6等为亲本，开展苹果杂交，探明了果糖遗传变异规律，获得了果糖含量遗传调控基因SDH2等，创制了一批优质新种质

以高果糖的‘蜜脆’、‘富士’、新疆野苹果 P6 及低果糖的‘秦冠’为核心亲本，开展了杂交，获得杂交株系三万余株。对不同杂交后代果糖含量的分析确定，果糖含量是典型的数量性状。进一步构建了‘蜜脆’ × ‘秦冠’的高密度 SNP 遗传图谱，QTL 定位到了苹果果糖含量控制的基因山梨醇脱氢酶 MdSDH2，探明了其遗传变异控制果糖含量的机制，发掘了一种可用于果糖含量分子辅助育种的潜在标记 SNP (SDH2p-491 A/G)，为苹果甜味品质遗传改良提供了新基因资

源和分子标记，相关成果在 *Plant Journal* (2022) 发表。同时，筛选出‘秦脆’等高果糖的苹果杂交优系 25 个。

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）

项目研究结果系统阐明了苹果果糖含量调控的主要途径及关键基因。一方面，从代谢上探明了山梨醇—果糖代谢在果糖积累中的功能，证实利用 *MdFRK2* 可改变果实库强和糖组成；另一方面，从转运上明确了苹果糖转运蛋白 *MdERDL6* 和 *MdTST1/2* 在协同调控果糖高度积累中的功能，从而阐明了为什么水果中能积累高浓度的果糖，为果实糖含量调控提供了重要科学依据。相关研究结果发表在 *PNAS*, *Plant Biotech J* 和 *Hortic Res* 等期刊，已被 *Annul Rev Plant Biol*, *Nat Commun*, *Plant Cell*, *Plant Physiol* 和 *Hortic Res* 等国际植物科学领域主流期刊引用，其中高被引论文 2 篇，为桃等其他果树果实含糖量候选基因鉴定提供了支撑 (Yu 等 2021, *Nat Commun*)。其中，发表于 *PNAS* 的论文受到国内外同行广泛关注，被 *Fl OOOPrime* 和世界番茄育种协会推荐，为高被引论文；在密苏里大学哥伦比亚分校 David Braun 教授发表的植物糖运输进展综述文章中写到：“A breakthrough in our understanding was recently reported by Zhu et al. These results demonstrate that the coordination of sugar transport across the tonoplast by different families of sugar transporters is important for maintaining cellular sugar homeostasis.” (Braun, 2022, *Annul Rev Plant Biol*)；德国马普所 Ekkehard Neuhaus 教授说：“I followed with great interest your nice paper. Your work could explain why the sink tissues such as fruit flesh cells are capable of accumulating high levels of sugars”，相关研究多次受邀在国际苹果大会、全国果树分子育种学术研讨会、园艺青年学术研讨会、苹果分会学术研讨会等作学术报告。引用情况如下：

(1) 项目负责人长期从事苹果品质调控研究，2012 年至 2022 年 6 月在 *PNAS*, *Plant Biotech J*, *Plant J*, *Hortic Res* 和 *JXB* 等期刊共发表相关 SCI 论文 78 篇，其中他引 3122 次，H 指数 34，高被引论文 2 篇（代表性论文 1）。

(2) 引进并审定高果糖苹果优质品种‘蜜脆’、‘美味’、‘黄冠’在陕西广泛种植，推广面积 10 万多亩。同时，高果糖的‘蜜脆’已作为多个单位的高品质苹果育种的核心亲本，本项目组以‘蜜脆’为亲本，已杂交选育出了 10 个优

质新品种，其中‘秦脆’在 2023、2024 年连续两年被农业农村部列为主导品种，其优异的品质受到了果农和消费者的高度认可。

(3) 发表于 PNAS 的代表性论文 1 受到国内外同行广泛关注，被 F1000Prime 和世界番茄育种协会推荐，发表至今已被 *Annul Rev Plant Biol*, *Nat Commun*, *Plant Cell* 和 *Plant Physiol* 等期刊论文引用 69 次，其中他引为 61 次，为高被引论文。为桃等其他果树果实含糖量候选基因鉴定提供了支撑(Yu 等, 2021, *Nat Commun*)，受到了国际糖生物学领域知名专家 David Brown 等高度评价。发表于 PBJ 的代表性论文 2 发表至今已被 PNAS, *Plant Physiol* 和 *Hortic Res* 等期刊引用 41 次，两篇论文为从糖转运角度认知果实糖含量奠定了基础。

(4) 代表性论文 3 和 4 主要研究了山梨醇-果糖代谢调控糖含量的机制，相关研究发表后被 *Nature Plants*, *Plant Cell*, *NEW Phytol* 和 *Plant Physiol* 等期刊论文引用，他引分别为 15 和 52 次。国际知名果树品质调控研究专家 Lipavska Helen 在其发表的综述中说到，我们的研究探明了蔷薇科植物苹果中山梨醇在品质调控的重要性，为认知植物中山梨醇的作用奠定了基础 (Planta 2022)。

(5) 以代表性论文 5 为核心的论文主要研究了苹果糖代谢、转运调控网络，挖掘了关键基因，是果实糖含量调控研究的基础，相关研究发表后被 *Nature Plants*, PNAS, *Plant Cell* 和 *Plant Physiol* 等期刊论文引用，其中代表性论文 5 引用 78 次，其它三篇论文引用分别为 108, 112 和 292 次，根据 Webosci 统计，83%的与果实糖相关的论文引用了我们的相关文章，为近年来果实糖含量调控研究提供了基础。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx年xx卷 xx页)	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	MdERDL6-mediated glucose efflux to the cytosol promotes sugar accumulation in the vacuole through upregulating TSTs in apple and tomato.	PNAS	Lingcheng Zhu , Baiyun Li, Limin Wu, Huixia Li, Zhengyang Wang, Xiaoyu Wei, Baiquan Ma, Yanfeng Zhang, Fengwang Ma*, Yong-Ling Ruan*, Mingjun Li*	118 (1): e2022788118	2021,1	李明军, 马锋旺, 阮勇凌	祝令成	祝令成、 李白云、 李会霞、 王正阳、 魏晓钰、 马百全、 张彦锋、 马锋旺、 李明军	69	SCI 科学引文索引数据库	是
2	Heterologous expression of the apple hexose transporter MdHT2.2 altered sugar concentration with increasing cell wall invertase activity in tomato fruit.	Plant Biotechnology Journal	Zhengyang Wang, Xiaoyu Wei, Jingjing Yang, Huixia Li, Baiquan Ma, Kaikai Zhang, Yanfeng Zhang, Lailiang Cheng, Fengwang Ma*, Mingjun Li*.	18 (2) :540-552	2020.2	李明军, 马锋旺	王正阳	王正阳, 魏晓钰, 杨静静, 李会霞, 马百全, 张开开, 张彦锋, 马锋旺, 李明军	41	SCI 科学引文索引数据库	是

六、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
李明军	1	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	研究项目的设计者、组织者和主要实施者，长期从事苹果糖酸含量的调控研究，是代表性论文 1-5，3 个发明专利的第一拥有人。苹果新品种黄冠、美味的第 5 和第 10 选育人
马锋旺	2	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	苹果抗逆与品质改良团队总负责人，指导参与了研究项目的设计、组织和实施，是代表性论文 1-3 的并列通讯作者，其它论文的参与者；是‘美味’的第一选育人和‘黄冠’的第二选育人
祝令成	3	博士后	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	主要开展了糖转运蛋白在果糖含量调控中的研究工作，是代表性论文 1 的第一作者，代表性论文 4 的参与者
王正阳	4	副教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	主要开展了苹果果糖遗传调控的研究工作，是代表性论文 2-3 的第一作者
马百全	5	副教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	团队青年骨干，参与了项目的研究工作，是代表性论文 1-4 的参与者
杨静静	6	副教授	鲁东大学/西北农林科技大学	主要开展了苹果果糖代谢的研究工作，代表性论文 4 的第一作者

七、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	西北农林科技大学作为项目独立完成单位，负责支撑项目的立项申请申报和资金争取；对项目的实施给予试验条件、设施、经费、人力、物资等方面的保障和支持。同时，负责项目进展总体管理，包括计划制订、实施、总结等的跟踪督促、检查。在项目成果发表和登记过程中，发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保证了项目任务顺利实施和目标的全面实现。系统开展了苹果果糖含量遗传调控研究，探明了调控机制，筛选除了高果糖含量新种质，审定了‘美味’等新品种，助推了陕西苹果产业高质量发展。

八、完成人合作关系情况

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	共同论著	马锋旺/2	2012 年至今	以并列通信发表论文	论文、专利和品种

				5 篇，以共同作者参与发表论文 40 余篇，品种 2 个。	
2	共同论著	祝令成/3	2016 年至今	以第一作者在 PNAS 发表论文 1 篇，获批专利 1 项，参与发表论文 1 篇	论文、专利
3	共同论著	王正阳/4	2014 年至今	以第一作者在 PBJ、PJ 发表论文 1 篇，获批专利 2 项。	论文、专利
4	共同论著	马百全/5	2016 年至今	共同在 PNAS、PBJ 等期刊发表论文 5 篇	论文
5	共同论著	杨静静/6	2014 年至今	以第一作者在 HR 发表论文 3 篇	论文、专利

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目在西北农林科技大学完成，西北农林科技大学均是代表性论文的第一完成单位，发明专利的拥有单位。

项目第一完成人李明军是西北农林科技大学苹果抗逆与品质改良创新团队成员，主要从事苹果糖酸品质调控研究，团队负责人是马锋旺教授，他是第一完成人李明军研究生期间的导师，主要对第一完成人研究方向、科学和产业问题及项目实施进行指导，为项目的研究提供了试验材料、场地及仪器设备，联合指导了祝令成、王正阳、杨静静等博士研究生。近五年，马锋旺教授与李明军共同通信作者在 PNAS、PBJ 等发表高水平论文多篇，共同发表论文 80 余篇，系统阐明了苹果糖酸含量调控的生物学机制。

第三、第四、第五完成人是李明军教授的研究生，受李明军和马锋旺教授的共同指导，期间主要从事苹果果糖代谢和转运调控的相关研究，结果在国际顶级期刊 PNAS 等期刊发表，现祝令成入西北农林科技大学植物学博士后流动站，王正阳为西北农林科技大学林学院副教授，杨静静在鲁东大学园艺学院从事苹果研究。

第五完成人马百全副教授为团队成员，主要协助李明军教授管理实验室和指导研究生，开展苹果糖酸含量遗传调控研究。

项目七

一、项目名称：食品安全免疫层析关键技术创新及其作用机制探究

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：该项目以服务国家食品安全战略为出发点，聚焦人民群众关系的食品安全问题，围绕现阶段食品安全免疫层析快速检测中存在的物理化学信息探索导致的识别力不足、灵敏度提升与信号输出间协调机制不清晰、标记作用机制与路径研究不明导致的批量试错方案等问题，发现并阐明了基于“生物-纳米”界面的致病菌识别机制，系统构建了高亲和力识别元件资源库，揭示了生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制，解析了小分子免疫层析检测中高信号保留和高灵敏度输出之间的内在机理，系统总结了食品安全免疫层析快速检测共性关键理论创新及其作用机制，进一步丰富了多学科交叉下的食品安全理论体系，为高灵敏免疫层析在农业-食品产业中的应用提供了重要的理论支撑。在 Science 子刊 Science Advance、Biosensors and Bioelectronics、Journal of Agriculture and Food Chemistry、Food chemistry 等专业分析类和食品顶级期刊发表相关论文 46 篇，被多国学者在系列国内外高影响力期刊文章就研究创新性和理论重要性等方面进行了高度评价，符合陕西省科学技术奖的奖励条件。

提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。

三、项目简介：

本项目围绕现阶段食品安全免疫层析快速检测中缺乏物理化学信息探索导致的识别力不足、灵敏度提升与信号输出间协调机制不清晰、标记作用机制与路径研究不明导致的批量试错方案等问题，以分子生物学、材料科学、分析化学以及信息科学等四大领域前沿技术为支撑，通过多学科交叉理论，发现并阐明了基于“生物-纳米”界面的致病菌识别机制，系统构建了高亲和力识别元件资源库，揭示了生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制，解析了小分子免疫层析检测中高信号保留和高灵敏度输出之间的内在机理，系统总结了食品安全免疫层析快速检测共性关键理论创新及其作用机制，为其在食品安全研究领域的进一步应用提高了重要的理论支撑。取得的重要科学发现包括以下四个方面：一：基于食源性致病菌的表观物理、化学信息探索，解析了基于“生物-纳米”界面的致病菌识别机制，创制了基于非配对抗体识别机制的夹心免疫层析新理论和技术路径，突破了食源性致病菌免疫层析检测中对配对抗体的依赖（代表作 1 和 2）；二：基于分子生物学技术阐明了食品安全危害因子生物信息的复杂性，系统构建了高亲和力识

别元件资源库，解决了食品安全免疫层析检测中抗体资源匮乏、数据库丰度不足的难题，为食品安全危害因子特异性检测提供了重要科学依据（代表作 3）；三：首创并阐明了基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制，摆脱了免疫层析方法对有色纳米材料信号供体的依赖，从根本上解决了纳米材料易凝集、存在批次间差异等共性问题（代表作 4）；四：从“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”三个方面解析了免疫层析灵敏度提升的具体机制，阐明了如何协调小分子免疫层析检测中高信号保留和高灵敏度输出之间的内在机理，为食品安全危害因子的高准确度、高灵敏检测提供了解决方案（代表作 5）。

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）

鉴于本申报团队在食品安全免疫层析快速检测的重要科学发现，团队负责人王建龙教授获国务院政府特殊津贴，陕西省创新人才推进计划中青年科技创新领军人才（2019 年）、第十三届陕西青年科技奖（2020 年）；应邀担任食品顶级综述《Trends in Food Science & Technology》编委；担任国家食药同源产业科技创新联盟理事、陕西省食品安全专家委员会安全评估技术委员会专家、陕西省质量技术监督局计量检测专业委员会等；入选『Top 1%高被引中国作者』榜单。申报团队获得陕西高等学校科学技术奖一等奖 2 项（2019 年、2023 年），陕西省自然科学优秀学术论文三等奖（2020 年），并获批陕西省“科学家+工程师”队伍（食品安全免疫层析快速检测技术队伍）。

青岛大学生命科学学院刘爱骅教授在 *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 的综述论文对该工作进行了大篇幅报道，认为本科学发现中“缺乏片段结晶(Fc)末端的纳米体的理论设计可以作为夹心捕获抗体，避免葡萄球菌蛋白 A 与 Fc 的假结合”。海南大学食品科学与工程学院刘星教授在 *Journal of Hazardous Materials* 中将本科学发现中离子强度影响旁位和表位基团的电荷，从而抑制抗原-抗体反应的理论作为重要依据进行引用。本项目首创并阐明的基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制得到了国内外学者的高度认可，其中深圳大学张学记教授，国家食品安全风险评估中心技术总师吴永宁教授分别在 *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 和 *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 的综述论文中分别高度评价了基于生物化学免疫染色标记的系列理论机制，认为生物染料结晶紫与细菌细胞壁的肽聚糖结合实现免疫标记的作用路径可以“通过替换 t 线上的特异性抗体，对革兰氏阴性菌和革兰氏阳性菌的检测具有较高的通用性”。约

翰霍普金斯医学院肯尼迪克里格研究所 Zinia Mohanta 教授在 *Coordination Chemistry Reviews* 的综述论文上高度肯定了本科学发现中的灵敏度提升机制，认为“解决了多重免疫层析测定相关的挑战，如灵敏度和广泛的检测范围，并提高了准确性”。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Mechanical penetration of β -lactam-resistant Gram-negative bacteria by programmable nanowires	Science Advances	Lizhi Liu, Sheng Chen, Xu Zhang, Zhenjie Xue, Shengjie Cui, Xiaoting Hua, Baowei Yang, Huiling Yan, Cong Liu, Jing Wang, Zengfeng Zhang, Wei Yu, Fan Wu, Wujun Xu, Vesa-Pekka Lehto, Tianli Yue, Yan Liu, Yunsong Yu, Tie Wang*, Jianlong Wang*	2020 年 6 卷 eabb 9593 页	2020 年 07 月 03 日	王建龙, 王铁	刘立志	刘立志, 陈升, 张旭, 薛振杰, 崔胜杰, 华晓婷, 杨保伟, 闫慧玲, 刘聪, 王靖, 张增峰, 于伟, 吴凡, 徐武军, 岳田利, 刘艳, 俞云松, 王铁, 王建龙	26	Web of science 核心合集	是
2	Label-free strip sensor based on surface positively charged nitrogen-rich carbon nanoparticles for rapid	Biosensors and bioelectronics	Zonghan Wang, Xiaolin Yao, Rong Wang, Yanwei Ji, Tianli Yue, Jing Sun, Tao Li, Jianlong Wang*, Daohong	2019 年 132 卷 360-367 页	2019 年 03 月 15 日	王建龙, 张道宏	王宗汉	王宗汉, 姚晓琳, 汪蓉, 季艳伟, 岳田利, 孙菁, 李涛,	48	Web of science 核心合集	是

	detection of Salmonella enteritidis		Zhang*					王建龙, 张道宏		集	
3	Nanobodies Based on a Sandwich Immunoassay for the Detection of Staphylococcal Enterotoxin B Free from Interference by Protein A	Journal of agricultural and food chemistry	Yanwei Ji, Xiang Li, Yunlong Lu, Pengli Guo, Ganwei Zhang, Yanru Wang, Yi Zhang, Wenxin Zhu, Jiachuan Pan, Jianlong Wang*	2020年 68卷 5959-5968 页	2020年 05月 06日	王建龙	季艳伟	季艳伟, 李想, 路云龙, 郭鹏利, 张敢为, 王妍入, 张怡, 朱文新, 潘佳川, 王建龙	25	Web of science 核心合集	是
4	Applicability of biological dye tracer in strip biosensor for ultrasensitive detection of pathogenic bacteria	Food chemistry	Tong Bu, Qiong Huang, Lingzhi Yan, Wentao Zhang, Leina Dou, Lunjie Huang, Qingfeng Yan, Bingxin Zhao, Baowei Yang, Tao Li, Jianlong Wang, Daohong Zhang	2019年 274卷 816-821 页	2018年 09月 11日	张道宏	补彤	补彤, 黄琼, 闫灵芝, 张文涛, 窦磊娜, 黄伦杰, 杨庆峰, 赵兵欣, 杨保伟, 李涛, 王建龙, 张道宏	30	Web of science 核心合集	是
5	Nanozyme amplification mediated on-demand multiplex lateral flow immunoassay with dual-readout and broadened detection range	Biosensors and bioelectronics	Sijie Liu, Leina Dou, Xiaolin Yao, Wentao Zhang, Man Zhao, Xuechi Yin, Jing Sun, Daohong Zhang, Jianlong Wang*	2020年 169卷 1126-1130 页	2020年 09月 15日	王建龙, 张道宏	刘思杰	刘思杰, 窦磊娜, 姚晓琳, 张文涛, 赵曼, 殷雪驰, 孙菁, 张道宏, 王建龙	60	Web of science 核心合集	是

六、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
王建龙	1/6	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	项目总负责人，负责项目总体设计，制定研究方案，组织实施项目。主持开展了基于食源性致病菌的表观物理化学信息探索的“生物-纳米”界面的致病菌识别机制、基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径。对本申报项目所列举的科学发现一、二、三、四均有全面的贡献，是代表性论文1、2、3、5的通讯作者，代表性论文4的重要参与者。
张道宏	2/6	教授	鲁东大学/西北农林科技大学	参与项目的实施，主要负责“生物-纳米”界面的致病菌识别机制、基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，主要贡献体对应所列科学发展一、三和四，主要完成人，对应代表性论文2、4、5。
刘思杰	3/6	无	西北农林科技大学/西北农林科技大学	参与项目的实施，主要负责基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，主要贡献体对应所列科学发展三和四，主要完成人，对应代表性论文5。
王妍入	4/6	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	参与项目的实施，参与负责基于分子生物学技术阐明的食品安全危害因子生物信息的复杂性，以及理论指导下的高亲和力识别元件资源库构建，主要贡献体对应所列科学发展二，主要完成人，对应代表性论文3。
季艳伟	5/6	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	参与项目的实施，参与负责“生物-纳米”界面的致病菌识别机制探索、基于分子生物学技术阐明的食品安全危害因子生物信息的复杂性，以及理论指导下的高亲和力识别元件资源库构建，主要贡献体对应所列科学发展一、二，主要完成人，对应代表性论文2、3。
窦磊娜	6/6	副教授	西北农林科技大学/西	参与项目的实施，参与负责基于生物化学免

			北农林科技大学	疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，主要贡献体对应所列科学发展三、四，主要完成人，对应代表性论文 4、5。
--	--	--	---------	--

七、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	1/1	在项目整体运行和技术研发过程中，发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保证了项目任务顺利实施。主要支持项目组开展了致病微生物信息、“生物-纳米”界面识别新机制、生物化学免疫染色标记内在机制探索。

八、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	论文合著	王建龙/1	2017-2020	代表性论文 1	代表性论文 1
2	论文合著	王建龙/1 张道宏/2 季艳伟/5	2017-2019	代表性论文 2	代表性论文 2
3	论文合著	王建龙/1 王妍入/4 季艳伟/5	2018-2020	代表性论文 3	代表性论文 3
4	论文合著	王建龙/1 张道宏/2 窦磊娜/6	2016-2018	代表性论文 4	代表性论文 4
5	论文合著	王建龙/1 张道宏/2 刘思杰/3 窦磊娜/6	2018-2020	代表性论文 5	代表性论文 5
6	共同获奖	王建龙/1 张道宏/3	2013-2017	2019 陕西省高等学校科学技术一等奖	获奖证书
7	共同获奖	王建龙/1 张道宏/2 刘思杰/3 王妍入/4 季艳伟/5 窦磊娜/6	2018-2021	2023 陕西省高等学校科学技术一等奖	获奖证书
8	共同获奖	王建龙/1	2016-2018	2020 陕西省自然科学优秀学术论文三等奖	获奖证书

		张道宏/3 窦磊娜/6			
--	--	----------------	--	--	--

完成人合作关系说明（限 1000 字）

第 1 至第 6 完成人完成本申报项目时均属西北农林科技大学食品科学与工程学院，共同开展项目的研究工作。第 1 完成人王建龙教授负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。与其他完成人（张道宏/2、刘思杰/3、王妍入/4、季艳伟/5、和窦磊娜/6）以分工协作方式开展所列四个科学发现的理论研究和机制探索工作，其中：

第 1 完成人王建龙教授主持开展了基于食源性致病菌的表观物理化学信息探索的“生物-纳米”界面的致病菌识别机制、基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径，与其他完成人合作撰写论文（代表作 1-5）。

第 2 完成人张道宏教授参与负责“生物-纳米”界面的致病菌识别机制、基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，与其他完成人合作撰写论文（代表作 2、4、5）。

第 3 完成人刘思杰系第 1 完成人的硕士、博士研究生，主要负责基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，与其他完成人合作撰写论文（代表作 5）。

第 4 完成人王妍入副教授参与负责基于分子生物学技术阐明的食品安全危害因子生物信息的复杂性，以及理论指导下的高亲和力识别元件资源库构建，与其他完成人合作撰写论文（代表作 3）。

第 5 完成人季艳伟副教授参与“生物-纳米”界面的致病菌识别机制探索、主要负责理论指导下的高亲和力识别元件资源库构建，与其他完成人合作撰写论文（代表作 3）。

第 6 完成人窦磊娜副教授参与负责基于生物化学免疫染色标记的作用路径与理论机制、基于“抗体结合位点、内源性配对、多元探针增敏”的免疫层析灵敏度提升的作用路径探索，与其他完成人合作撰写论文（代表作 4、5）。

项目八

一、项目名称：条锈菌侵染致病分子基础与作物广谱抗病材料创制

二、提名者：杨凌农业高新技术产业示范区管委会

提名意见：条锈病是小麦上的头号生物灾害，一般年份减产 10%-30%，严重时可致绝产。条锈菌毒性变异频繁，导致小麦品种抗性不断丧失，病害频发重发，是小麦条锈病防控的重大难题。可利用的抗性基因与资源日益匮乏，成为抗病品种培育和条锈病可持续防控的瓶颈。小麦条锈菌为活体营养寄生真菌，需依赖活体小麦才能生存。因而，我们拟通过阻止病菌营养吸收和对植物免疫的干扰，让其不能生存，实现小麦广谱抗病，突破抗病资源缺乏的困境。

该项目在国家自然科学基金、国家 973 计划、陕西省科技创新团队等项目的支持下，系统深入解析了条锈菌营养吸收及侵染致病的生物学特征，鉴定了条锈菌关键毒性效应子，揭示了其抑制寄主免疫的复杂机制，阐明了条锈菌生长发育所需的糖分及吸收途径，深化了对条锈菌活体营养寄生和致病本质的认识，并基于关键基因创制了广谱抗病材料，为小麦抗锈病种质创新提供了可利用资源与技术支撑。代表性论文发表在 *Nature Communications*、*New Phytologist*、*Plant Biotechnology Journal* 等国际知名期刊，得到国内外同行的高度评价和广泛引用，产生了重大学术影响。研究成果获 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖。

成果材料齐全、规范、无知识产权纠纷，人员排名无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件，**特提名申报陕西省自然科学奖一等奖。**

三、项目简介：

该研究属于植物保护学研究领域，主要研究成果包括：

1. 率先高质量组装了小麦条锈菌基因组，揭示了条锈菌活体营养寄生及致病的组学特征，建立了锈菌基因功能研究技术体。
2. 系统鉴定了条锈菌效应蛋白组，深入揭示了关键效应蛋白操纵寄主免疫的致病机制，首次发现了条锈菌 sRNA 跨界调控寄主免疫。
3. 揭示了条锈菌分解寄主蔗糖，通过己糖转运蛋白吸收利用的糖吸收途径。
4. 基于挖掘到的病菌营养吸收和致病关键基因，设计改良策略，阻止病菌操纵寄主免疫和营养吸收，不利于病菌生存，创制了广谱抗病材料。

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）

研究成果获 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖。

项目成果在 Nature Communications、New Phytologist、Plant Biotechnology Journal 等国际知名期刊发表论文 24 篇，主编国际首部条锈病英文专著《Stripe Rust》。代表性论文 5 篇，总他引 455 次，篇均引用 91 次，1 篇被 F1000Prime 重点推荐。

1. 条锈菌高质量基因组的发布，为深入研究锈菌侵染致病的分子机制提供了及时和重要的数据支撑，为解释锈菌因突变导致毒性频繁变异提供重要理论支撑，建立的锈菌基因功能研究体系，极大促进了活体营养真菌生物学的研究。

2. 首次提供了锈菌与植物互动中存在跨界 RNAi 的证据，被学术权威 F1000Prime 重点推荐。

3. 首次明确了糖是条锈菌从寄主获取的重要营养物质，深化了对条锈菌活体营养寄生特性的认识，为通过限制糖吸收饿死病菌创制抗病材料提供了思路。

4. 提出了阻断病菌营养吸收和对寄主免疫调控，创制广谱抗病材料的策略，为小麦抗锈病种质创新提供了新思路和新资源。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
----	--------	----	----	--------------------------	---------------	---------------	---------------	------	-------	-------	-------------

1	High genome heterozygosity and endemic genetic recombination in the wheat stripe rust fungus	<i>Nature Communications</i>	Zheng Wenming, Huang Lili, Huang Jinqun, Wang Xiaojie, Chen Xianming, Zhao Jie, Guo Jun, Zhuang Hua, Qiu Chuangzhao, Liu Jie, Liu Huiquan, Huang Xueling, Pei Guoliang, Zhan Gangming, Tang Chunlei, Cheng Yulin, Liu Minjie, Zhang Jinshan, Zhao Zhongtao, Zhang Shijie, Han Qingmei, Han Dejun, Zhang Hongchang, Zhao Jing, Gao Xiaoning, Wang Jianfeng, Ni Peixiang, Dong Wei, Yang Linfeng, Yang Huanming, Xu Jin-Rong [#] , Zhang Gengyun [#] , Kang Zhensheng [#]	2013年4卷2673页	2013-10-01	许金荣, 张耕耘, 康振生	郑文明, 黄丽丽, 黄锦群, 王晓杰, 赵杰, 郭军, 庄华, 黄雪玲, 裴国亮, 詹刚明, 汤春蕾, 成玉林, 刘敏捷, 张金山, 赵忠涛, 张世杰, 韩青梅, 韩德俊, 张宏昌, 赵晶, 高小宁, 王建锋, 倪培相, 董伟, 杨林峰, 杨焕明, 许金荣, 张耕耘, 康振生	201	《科学引文索引》扩展版(SCIE)数据库和CNKI中国引文数据	是	
2	A polysaccharide deacetylase from <i>Puccinia striiformis</i> f. sp. <i>tritici</i> is an important pathogenicity gene that suppresses plant immunity	<i>Plant Biotechnology Journal</i>	Xu Qiang, Wang Jianfeng, Zhao Jinren, Xu Jinghua, Sun Shutian, Zhang Huifei, Wu Jiajie, Tang Chunlei, Kang Zhensheng [#] , Wang Xiaojie [#]	2020年18(8)卷1830-1	2020-07-16	康振生, 王晓杰	许强, 王建锋	许强, 王建锋, 赵晋仁, 徐静华, 孙书田, 张慧飞, 吴佳洁, 汤春蕾, 康振生, 王晓杰	51	《科学引文索引》扩展版(SCIE)数据库和CNKI中国引文数据	是

3	Hexose transporter PsHXT1-mediated sugar uptake is required for pathogenicity of wheat stripe rust	<i>Plant Biotechnology Journal</i>	Chang Qing, Lin Xiaohong, Yao Mohan, Liu Peng, Guo Jia, Huang Lili, Voegelé Ralf T., Kang Zhensheng [#] , Liu Jie [#]	2020年 18(12)卷 2367-2369页	2020-06-04	康振生, 刘杰	常青, 林晓红	常青, 林晓红, 姚默涵, 刘芑, 郭嘉, 黄丽丽, 康振生, 刘杰	24	《科学引文索引》扩展版 (SCIE) 数据库和 CNKI 中国引文数据	是
4	<i>Puccinia striiformis</i> f. sp. tritici microRNA-like RNA1 (Pst-miR1), an important pathogenicity factor of <i>Pst</i> , impairs wheat resistance to Pst by suppressing the wheat pathogenesis-related 2 gene	<i>New Phytologist</i>	Wang Bing, Sun Yanfei, Song Na, Zhao Mengxin, Liu Rui, Feng Hao, Wang Xiaojie [#] , Kang Zhensheng [#]	2017年 215(1)卷 338-350页	2017-07-01	王晓杰, 康振生	王冰	王冰, 孙燕飞, 宋娜, 赵梦鑫, 刘芮, 冯浩, 王晓杰, 康振生	136	《科学引文索引》扩展版 (SCIE) 数据库和 CNKI 中国引文数据	是

5	A unique invertase is important for sugar absorption of an obligate biotrophic pathogen during infection.	<i>New Phytologist</i>	Chang Qing, Liu Jie, Lin Xiaohong, Hu Shoujun, Yang Yang, Li Dan, Chen Liyang, Huai Baoyu, Huang Lili, Voegele Ralf T., Kang Zhensheng [#]	2017年 215(1)卷 338-350页	2017-08-22	康振生	常青, 刘杰	常青, 刘杰, 林晓红, 胡守俊, 杨阳, 李丹, 陈力杨, 怀宝玉, 黄丽丽, 康振生	43	《科学引文索引》扩展版 (SCIE) 数据库和 CNKI 中国引文数据	是
---	---	------------------------	---	------------------------------	------------	-----	--------	--	----	-------------------------------------	---

六、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
王晓杰	1	作物抗逆与高效生产全国重点实验室主任/教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	对科学发现 1、2、3 和 4 做出突出贡献, 是代表作 1 的第 4 作者, 是代表作 2、4 的通讯作者。系统鉴定了条锈菌效应子, 首次发现了条锈菌 sRNA 效应子跨界到寄主调控免疫, 揭示了条锈菌效应子调控免疫的多元化策略。修饰病菌关键基因, 创制了广谱抗病材料, 为小麦抗锈病种质创新提供了可利用资源与技术支撑。
刘杰	2	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	对科学发现 1、3 和 4 做出突出贡献, 是代表作 1 的第 10 作者; 是代表作 3 的通讯作者; 是代表作 5 的第 1 作者。阐明了病菌吸收糖分的途径, 深化了对条锈菌活体营养寄生机制的认识。
汤春蕾	3	研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	对科学发现 1、2 和 4 做出突出贡献, 是代表作 1 的第 15 位作者, 是代表作 2 的第 2 作者, 建立了锈菌效应子筛选体系, 揭示了效应子致病机制, RNAi 关键效应子基因, 创制了广谱抗病材料。
黄丽丽	4	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	对科学发现 1 和 2 做出突出贡献, 是代表作 1 的共同第一作者, 是代表作 3 的第 6 作者。创新性利用完成了条锈菌

				优势小种的全基因组测序,揭示了条锈菌活体营养寄生特性的组学特征,挖掘到了病菌致病及活体营养寄生的关键基因。
王建锋	5	副研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	对科学发现 1 和 2 做出突出贡献,是代表作 1 的 26 位作者,是代表作 2 的共同第一作者,揭示了条锈菌质外体效应子修饰细胞壁逃避寄主识别的分子机制,创制了 <i>Pst_13661</i> -RNAi 植株,赋予了沉默植株对小麦的广谱抗性。
常青	6	副研究员	陕西省生物农业研究所/ 西北农林科技大学	对科学发现 2 和 3 做出突出贡献,是代表作 3 和 5 的第一作者,揭示小麦条锈菌分泌蔗糖酶,分解寄主蔗糖产生己糖,利用己糖供给自身生长发育所需养分,证实条锈菌己糖转运蛋白负责转运寄主己糖到吸器,促进致病,为通过糖饥饿限制病原菌的生长和毒力提供依据。

七、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	承担了成果的整体思路和设计、组织实施规划、具体实施和成果呈现等,是成果中 5 篇代表论文和 4 个科学发现的第一完成单位。

八、完成人合作关系情况

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	王晓杰 (1)、 刘杰 (2)、 汤春蕾 (3)、 黄丽丽 (4)、 王建锋 (5)	王晓杰与刘杰 2007 年开始合作,王晓杰与汤春蕾 2006 年开始合作,王晓杰与黄丽丽 2001 年开始合作,王晓杰与王建锋 2003 年开始合作	High genome heterozygosity and endemic genetic recombination in the wheat stripe rust fungus	代表作 1
2	论文合著	王晓杰 (1)、 汤春蕾 (3)、 王建锋 (5)	王晓杰与汤春蕾 2006 年开始合作,王晓杰与王建锋 2003 年开始合作	A polysaccharide deacetylase from <i>Puccinia striiformis</i> f. sp.	代表作 2

				<i>tritici</i> is an important pathogenicity gene that suppresses plant immunity	
3	论文合著	刘杰 (2)、 黄丽丽 (4)、 常青 (6)	刘杰与黄丽丽 2007 年开始合作，刘杰与常青 2013 年开始合作	Hexose transporter PsHXT1-mediated sugar uptake is required for pathogenicity of wheat stripe rust	代表作 3
4	论文合著	刘杰 (2)、 黄丽丽 (4)、 常青 (6)	黄丽丽与刘杰 2007 年开始合作，刘杰与常青 2013 年开始合作	A unique invertase is important for sugar absorption of an obligate biotrophic pathogen during infection	代表作 5

完成人合作关系说明（限 1000 字）

项目完成人王晓杰、刘杰、汤春蕾、黄丽丽、王建锋、常青长期致力于该项成果合作研究，在成果实施、论文发表、登记成果等方面开展了紧密合作，为项目目标达成均做出了不可或缺贡献。

项目第一完成人王晓杰教授于 2004 年攻读博士研究生，并于 2009 年 6 月毕业并获博士学位，同年入职植物免疫研究团队，长期合作开展研究工作、培养研究生和发表研究成果，取得了突破性的研究成果。

项目第二完成人刘杰教授于 2007 年加入植物免疫研究团队，共同合作开展研究工作，在条锈菌营养吸收方面取得了突破性进展。

项目的第三完成人汤春蕾研究员 2013 年博士毕业后留校工作加入植物免疫研究团队，继续开展条锈菌致病方面的研究工作，取得了重要进展。

项目第四完成人黄丽丽教授与第一完成人王晓杰教授长期保持合作关系，共同开展研究课题，发表研究论文。

项目第五完成人王建锋副研究员自 2003 年加入植物免疫研究团队，共同合作开展研究工作。

项目第六完成人常青副教授曾于 2013 年在植物免疫研究团队攻读硕博连读生，2017 年获得博士学位博士毕业，期间研究成果成为了项目的重要支撑。

项目九

一、项目名称：土壤水热过程与模拟

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：该项目以土壤水热过程与模拟研究为主线，围绕土壤热特性表征、过程描述和模型模拟开展了系统深入研究，一定程度上推动了土壤物理学学科的发展，具体表现在：（1）针对土壤热特性测定方法和技术不足的问题，建立了基于热脉冲的多种土壤水热特性测定技术与方法；（2）针对土壤热特性实测数据缺乏但水文特性较丰富的现状，构建了完备的土壤热特性数据库并建立了水热特性关联模型；（3）针对土壤热特性预测模型精度及适用性有限的问题，创建了土壤热特性预测模型库并进行了系统梳理、评估和优化，促进了土壤水热过程的模型模拟。研究丰富了土壤热特性测量方法体系，深化了水热过程的定量描述，为土壤热特征的系统评估和优化提供了新视角和新途径，有望推进土壤物理学研究方法，拓展水文地质学与工程等相关学科，推动地球关键带多学科融合、交叉与发展。

对照陕西省自然科学奖授奖条件，**提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介：

土壤水热过程影响地球关键带一系列物理、生物和化学过程，是环境地球科学、大气科学、地理科学及地球化学等相关学科中的关键过程，是应对气候变化、维持生态系统多样性和可塑性、保护区域水文和生态环境乃至全球气候系统的重要考量。土壤水热过程取决于并改变着土壤的水文和热特性，而水热过程、水文和热特性间存在着微妙的互馈。目前，国内外对土壤水文过程及特性的研究较多，而土壤热研究局限于温度和热通量观测，对决定热传输过程的土壤热特性（如：热导率/导热系数、容积热容量、热扩散率/热扩散系数等）研究较少，对水、热特性的互馈研究更少。究其原因缺乏土壤热特性直接测量方法，没有覆盖全球土壤类型的实测数据库，导致不能准确刻画和模拟土壤水热过程。

针对以上科学问题和研究空白，该项目以土壤热特性为切入点，一直围绕土壤热特性表征方法研发、土壤传热特征刻画、土壤水热过程的模型模拟，系统、深入地开展土壤水热过程与模拟研究，取得的主要成果包括：

1 建立了基于热脉冲的多种土壤水热特性测定方法，完善了剖面 and 不同尺度未冻土热特性测量的方法体系，突破了 $-5\sim 0$ °C 区间冻土热特性不易准确测定的瓶颈，填补了土壤水热特性这一关键区间的缺失。

该项目通过：（1）耦合线性热源和多点温度观测，研发了获取土壤剖面热特性的方法和传感器，实现了利用一个传感器测定土壤剖面热特性的动态变化特征，降低了对土壤的扰动及监测成本。（2）集成热脉冲、时域/频域反射（TDR/FDR）和多孔陶瓷技术来获取同一土体的土壤水热特性，实现了连续、准确、同时获取同一土样、相近测量体积土壤的含水量、基质势、热特性等多种参数，解决了由于水热特性源自不同土样引起的数据不匹配及不确定性问题，加深了对土壤中不同水热过程协同的理解。（3）建立热脉冲和主动加热分布式光纤温度传感器（AHFO-DTS）测定土壤热特性的近似性，推进了目前唯一可以测定中尺度（如：数米到数公里范围）土壤水热特性的技术在土壤学中的应用，为有机连接小尺度的点位测量和大尺度的卫星遥感测量奠定基础。（4）结合热脉冲、TDR/FDR、等效分层介质模型（融化层和冻结层）、多相介质混合理论及量化融冰量的方法，阐明了由于热脉冲方法测定过程中释放的热量导致探针周围的冰的融化和再冻结，难于准确测定 $-5\sim 0$ °C 区间冻土热特性的机理，并建立了校正方法，推进了热脉冲在高温冻土中的应用。

2 构建了覆盖全球土壤类型的土壤热特性实测数据库，并基于该数据库研发了水热特性关联模型，为土壤水热过程研究提供了重要的实测基础数据和预测模型。

该项目：（1）通过综合集成和大量实验测定，创建了一个迄今为止涵盖数据量最多、土壤类型最广泛的土壤热特性数据库，包含世界各地 400 余种土壤类型、8000 余条数据。有效解决了现有土壤热特性数据集分散、涵盖的土壤种类及区域有限的不足的问题。（2）基于该数据库大量的实测数据，阐明了创建热导率经验预测模型的基本规律和要求。阐明了土壤热导率与水分特征曲线之间的相关性，并开发了以土壤水分特征曲线进气值为阈值的土壤热导率-基质势关联模型，为土壤水热的耦合运移奠定基础。同时，该模型也可根据现有的土壤水分特征曲线数据获得土壤热导率数据，为进一步扩充土壤热特性数据库奠定理论基础。

3 系统的梳理和评估了近 100 年来研发的土壤热特性预测模型，为促进土壤水热过程的数值模拟、评估和优化研究提供了新方法、科学依据和参考。

该项目：（1）通过全面、深入的资料归集和挖掘，创建了包含 150 余种土壤热导率预测模型的模型库，涵盖了近 100 年来开发的绝大多数物理、经验和半经验模型，并

首次系统地梳理了现有土壤热导率预测模型，厘清了各类预测模型之间的区别、同类模型之间的演替和发展，并针对模型的不足提出了提升方案预测能力的对策。（2）率先结合构建的热特性数据库、土壤水热观测数据及 CLM4.5 和 SHAW 等陆面过程模式系统评估了这些土壤热导率预测模型对土壤水热动态的影响，发现现有预测模型模拟性能不足，尤其是土壤冻结时期水热动态模拟差异十分显著。率先利用实测土壤热特性和水热观测数据开展了不同预测模型之间的系统评估对比试验，量化了模型的预测精度和适用性，深入分析了土壤水热传输过程及影响因素。

相关研究成果在 *Reviews of Geophysics* (IF2019=21.4)、*Earth-Science Reviews* (IF2019=9.7)、*Agricultural and Forest Meteorology* (IF2019=4.7)、*Journal of Hydrology* (IF2019=4.5)、*Geoderma* (IF2019=4.8) 等地学领域国际一流期刊发表学术论文 62 篇，其中 SCI 收录 49 篇。申请中国专利 10 件(已授权 4 件)、国际专利 3 件(已授权 3 件)、登记软件著作权 3 件，获“陕西高等学校科学技术奖”特等奖(1/4)等。

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）

鉴于在土壤水热过程与模拟研究方面的特别贡献，*Reviews of Geophysics* 主编 Mark Moldwin 教授邀请申请人撰写并发表综述文章“Development and application of the heat pulse method for soil physic measurements”。Moldwin 教授认为“该研究为本领域首篇系统、全面介绍热脉冲技术的专业论文，填补了土壤热特性研究领域缺乏相关测定技术和方法的空白，有效的解决了水热等多物理参数不能同时获取、缺少中尺度测量方法等瓶颈问题，对土壤水热特性测定、模拟及水热运移研究研究具有里程碑意义”。同时，该研究被美国地球物理联合会最具影响力的 AGU EDITORS’ VOX 栏目专题报道，认为基于热脉冲技术测定土壤水热等物理性质促进了我们更深入地理解土壤特征（原文“Heat pulse methods for measuring thermal, hydrologic, and other properties of soils have advanced our understanding of soil characteristics”；网址：<https://eos.org/editors-vox/taking-the-pulse-of-soil>）。有关 AHFO-DTS 的研究被国际著名水文学地质学家、法国雷恩大学 Olivier Bour 团队用于解释地下水热导率和水通量测量的精度问题（Simon et al., 2020, *Water Resources Research*）。有关冻土相变潜热的影响被西安理工大学李占斌教授团队用于阐释冻融侵蚀过程中细沟纵深发育特征和机理（Wang et al., 2020, *Catena*）。

土壤热特性数据库的创建得到著名土壤物理及气象学家、英国雷丁大学 Anne

Verhoef 教授及其它科学家高度赞赏，认为数据库对土壤热特性测定及相关陆面过程模拟研究具有重要意义。相关成果被多个学者和多项研究广泛引用、利用和支持。例如：利用项目的数据参数改进热导率预测模型用于更好地模拟基于热示踪技术的河岸消落带水热交换过程 (Zhang et al., 2020, Journal of Hydrology)。诸如丹麦奥古斯大学 Per Schjønning 教授、荷兰特文特大学 Yijian Zeng 教授、美国犹他州立大学 Scott Jones 教授、德克萨斯大学阿灵顿分校 Kathleen Smits 教授、日本明治大学 Kosuke Noborio 教授等多位领域权威专家主动联系支持数据库的建设工作。中科院西北生态环境资源研究院赖远明院士、张明义研究员团队认为申请人创建的土壤热特性预测模型预测性能优异 (原文 “...and it is found that the He et al. model for λ dry performs best among the 4 λ dry models...” ; Zhang et al., 2018, International Communication in Heat and Mass Transfer)，且模型开发理念具有指导借鉴意义，并基于此开发了用于预测岩土材料热导率的新预测模型 (原文 “...He et al. [1] indicated the similar expressions of TCC and SWCC, and proposed anew model for calculation of TCC. Inspired by their work.....” ; Bi et al., 2018, International Journal of Heat and Mass Transfer; Wang et al., 2018, Acta Geotechnica)。此外，新模型还被用于地埋管换热器和埋地电缆的设计以实现更高效的能源利用和传输 (Yildiz and Stirling, 2021, Geomechanics for Energy and the Environment; Enescu et al., 2020, Energies)。

鉴于在土壤水热过程及模拟方面的贡献，申请人何海龙被提名为美国土壤学会 (SSSA)、美国土壤学会土壤物理与水文学 (SSSA SP&H) 专业会员会、国际土壤模拟联合会 (ISMC) 青年科学家奖 (Early-Career Scientist Award) 候选人，作为 Featured Soil Modeler 被 ISMC 采访报道 (网址：<https://soil-modeling.org/news/meetings-reports-publications/ismc-news-23rd-feb-2021>)，并受邀担任 ISMC 土壤热特性工作委员会副主任委员 (网址：<https://soil-modeling.org/science-panels/working-groups/soil-thermal-properties>)。同时，还受邀担任 Geoderma (中科院大类一区)、European Journal of Soil Science (EJSS, 中科院大类二区)、Soil Science of America Journal (SSSAJ, 中科院大类三区)、Vadose Zone Journal (VZJ, 中科院大类三区) 等主流土壤学杂志副主编，并获得 2020 年 VZJ 杰出副编辑奖。此外，还担任美国土壤学会、欧洲地球物理协会等多个国际专业会议的专题召集人/主持人、中国土壤学会土壤物理专业委员会及中国土壤学会青年工作委员会委员。

五、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）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码(xx年 xx 卷 xx 页)	发表时间(年月日)	通讯作者(含共同)	第一作者(含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Development and application of the heat pulse method for soil physical measurements	Reviews of Geophysics	Hailong He, Miles F. Dyck, Robert Horton, Tusheng Ren, Keith L. Bristow, Jialong Lv, Bingcheng Si	2018, 56: 567-620	2018.08	Hailong He (何海龙) Bingcheng Si (司炳成)	Hailong He(何海龙)	Hailong He (何海龙) Tusheng Ren (任图生) Jialong Lv (吕家珑)	101	Web of Science	是
2	Room for improvement: A review and evaluation of 24 soil thermal conductivity parameterization schemes commonly used in land-surface, hydrological, and soil-vegetation-atmosphere transfer models	Earth-Science Reviews	Hailong He, Dong He, Jiming Jin, Kathleen Smits, Miles Dyck, Qingbai Wu, Bing Si, Jialong Lv	2020, 211: 103419.	2020.12	Jialong Lv (吕家珑) Bingcheng Si (司炳成)	Hailong He(何海龙)	Hailong He (何海龙) Dong He (何冬) Jimin Jin (金继明) Qingbai Wu (吴青柏), Jialong Lv (吕家珑)	44		是
3	A modified normalized model for predicting effective soil thermal conductivity	Acta Geotechnica	Hailong He, Ying Zhao, Miles Dyck, Bingcheng Si, Huijun Jin, Jialong Lv,	2017, 12: 1281-1300	2017.06	Hailong He (何海龙) Jialong Lv (吕家珑) Jinxin	Hailong He(何海龙)	Hailong He (何海龙) Ying Zhao (赵英) Bingcheng Si (司炳成) Huijun Jin (金	96	Web of Science	是

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷页码(xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时 间(年月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作 者(含共 同)	国内作者	他 引 总 次 数	检索数 据库	知 识 产 权 是 否 归 国 内 所 有
			Jinxin Wang			Wang (王 进鑫)		会军) JialongLv (吕 家珑) Jinxin Wang (王进鑫)			
4	Normalized concept for modelling effective soil thermal conductivity from dryness to saturation	European Journal Of Soil Science	Hailong He, Øistein Johansen, Kosuke Noborio, Miles F. Dyck, Jialong Lv	2020, 71(1):27-43	2020. 01	Jialong Lv (吕家 珑)	Hailong He(何海 龙)	Hailong He (何 海龙) JialongLv (吕 家珑)	42	Web of Science	是
5	Evaluation of TDR for quantifying heat-pulse-method-induced ice melting in frozen soils	Soil Science Society of America Journal	Hailong He, Dyck, Miles Jinxing Wang, Jialong Lv	2015, 79: 1275-1288.	2015.08	Miles Dyck Jialong Lv (吕家 珑)	Hailong He(何海 龙)	Hailong He (何 海龙) Jinxing Wang (王进鑫) JialongLv (吕 家珑)	32	Web of Science	是
合计											

序号	论文专著 名称	刊名	作者	年卷页码(xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时 间(年月 日)	通讯作者 (含共同)	第一作 者(含共 同)	国内作者	他引 总次 数	检索数 据库	知识 产权 是否 归国 内所 有
补充说明（视情填写）： 2021年“陕西高等学校科学技术奖”特等奖											

六、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
何海龙	1	副教授	西北农林科技大学	负责整个项目研究计划和方案的制定、审定，并组织实施；负责年度报告、结题验收报告审阅；指导博（硕）士的研究计划及学位论文
吕家珑	2	教授	西北农林科技大学	协助项目研究计划和实施方案制定，并组织实施。承担土壤水热过程测定方法及预测模型开发和评价，培养博硕士研究生，发表论文
司炳成	3	教授	西北农林科技大学	协助项目研究计划和实施方案制定，并组织实施。承担土壤水热过程测定方法及预测模型开发和评价工作，发表论文

七、主要完成单位情况

单位名称	排名	主要贡献
西北农林科技大学	1	全面负责项目组织及总体设计、实施方案制定、项目结题验收等

八、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	合作起始时间	合作完成时间	合作成果
1	共同立项、论文合著	吕家珑/2	2015.06	2022.05	论著 1~5, 成果 1~3
2	论文合著	司炳成/3	2015.06	2022.05	论著 1~4, 成果 1~3
3	共同获奖	吕家珑/2、司炳成/3	2015.06	2019.03	陕西省高等学校科学技术奖特等奖
完成人合作关系说明（限 1000 字）					
西北农林科技大学何海龙、吕家珑、司炳成，同属于寒旱区土壤物理与水文学课题组，全程参与该项目的实施，分别负责该项目的不同研究内容，使该项目进展顺利、达到预期目标，并取得丰硕的创新性基础研究成果，研究结果以专利、专著、论文合作等形式体现。					

项目十

一、项目名称：西北特色微生物功能代谢产物的表征及其作用机制研究

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：微生物天然产物是人类预防和治疗疾病的重要物质基础，是创新药物和农药先导化合物发现的重要源泉，在创新性药物研发中发挥了无法替代的作用和地位。

项目组历时 20 年，在多项国家及省部级科研基金资助下，从化学-生物多样性新视角出发，围绕西北特色微生物活性代谢产物发现与表征、结构改造优化、构效关系以及重要活性分子的作用机制开展系统性研究工作，获得了重要科学发现：1) 发现一批新颖结构聚酮类、鸟巢烷二萜类及羊毛甾烷三萜类活性天然产物；2) 解析多种微生物化合物复杂分子结构、结构改造并阐明其构效关系和生物学功能；3) 创建了新资源-新成分-新功能-新靶点-新机制的研究体系。同时，项目取得的重大科研成果反哺高校教学，出版 3 部专著作为优质教材在全国 60 余所著名高校使用，对于我国高等教育发挥了重大作用；开发的高效创建四元环的新方法被 12 个国家，37 所知名大学/研究所广泛应用。该项目的实施不仅丰富了我国西北特色药用微生物资源信息和认知，具有重要的理论价值，尤其为深度开发、利用该资源提供了科学依据。

提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

三、项目简介：

特色药用微生物（以下简称微生物）新结构活性天然产物资源十分丰富，但迄今高药理作用的化合物的产出却极低；全球学者针对该类活性化合物结构的优化及其关键结构单元的合成研究鲜见报道；表征其生物功能及其作用机制更是本领域的重大瓶颈问题。胰腺癌被称为“癌中之王”，恶性程度高，5 年生存率 < 10%；阿尔茨海默病（AD，又称老年痴呆症）患者近 1000 万，严重威胁老年人的身体健康；上述疾病目前尚无高效低毒治疗药物。基于上述重大科学问题和创新药物研发的需求，团队集中精锐优势力量和系统研究了微生物活性代谢产物的结构与功能，为推动健康中国战略的顺利实施做出贡献。主要科学发现包括：

(1) 发现银杏内生球毛壳菌中含氯原子的聚酮型氯代嗜氮酮天然产物和苦楝内生镰刀菌中第一个嗜氮酮型异喹啉骨架生物碱；发现秦岭放线菌中系列三烯

霉素类大环内酰胺化合物。其中 6 个新化合物包括新系列的 2 个结构新颖的 5/6/7/16 多环骨架，阐明其细胞毒和抑制神经炎症的构效关系和新骨架的生物合成机制；发现秦岭药用昆虫共生真菌中 2 个骨架新颖的分子间[4+2]环加成聚酮产物。采用残留偶极耦合等量子计算方法表征了独特 6/6/6/6/3 环系结构，显示其具有很强的抗神经炎症活性；发现 *Sarcodon* 等担子菌中高度氧化的 80 余种鸟巢烷型二萜（包括 50 个新化合物），特别是 4,9-裂环 9/7 新骨架，占全世界天然鸟巢烷型二萜总数的 15%。由上述新化合物首次构建我国鸟巢烷化合物库；发现灵芝等担子菌中 100 余个羊毛甾烷骨架三萜类活性物质，其中 27 个新结构，4 个新骨架类型，结构类型涉及多个环系如 6/6/6/5/5，6/4/6/5/8/5，6/4/6/5/5 和 6/3/6/5/5 环系，揭示自由基中间体参与羊毛甾烷新骨架中四元环的形成机制。

(2) 系统表征了鸟巢烷二萜类化合物库中 40 个天然产物能促进 PC12 细胞突起生长及抑制神经炎症活性及合成了 3 个系列 50 个新的鸟巢烷型二萜衍生物并明确其构效关系；首次发现灵芝等担子菌中 50 个具有神经营养及抗神经炎症活性；阐明灵芝 ganoderterpeneA 及桦褐孔菌 2 α -HI 等三萜神经保护机制，以及抑制神经炎症的构效关系；创建的金催化未活化的烯炔环加成反应高效构建四元环新方法，实现了四元环的双官能团化，克级规模制备的环丁烯产物易转化成多样化的官能团产物。该方法突破传统的[2+2]环加成方法，为含多取代四元环关键核心药效团药物分子合成提供简洁高效策略。

(3) 揭示三烯霉素 A 通过抑制 STAT3 信号通路的体内外抗胰腺癌分子机制，为研发新型靶向 STAT3 的抗胰腺癌药物提供理论依据；揭示了小分子 sarcodonin G 衍生物依赖的 NGF 诱导受体 Trk A 调控神经突起分子机制及其构效关系。

上述研究成果发表学术论文 110 篇，其中 SCI 论文 100 篇，获授权中国发明专利 7 件，编写专著 3 部。研究工作受到国内外相关领域学者广泛关注，论文被引共 3000 多次，单篇最高 SCI 他引 200 多次。项目负责人连续三年入选 ESI“中国高被引学者”，入选 2022 年全球前 2% 顶尖科学家，并获陕西省特支计划人才支持，2 名研究生获西北农林科技大学优秀博士论文。

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) 三烯霉素 A 抗胰腺癌系统研究创新模式被作为范例应用到生物医学研究数据库 NPASS database update 2023 的更新《Nucleic Acids Research》(2023)。

(2) 新骨架聚酮 Herpotrichone A 和三萜 Ganorbifates A/B 被入选《Natural Product Reports》(2020) 热点化合物；Herpotrichone A 被《中国科学基金》列为研究亮点 (Research Highlights) 进行点评和报道《Science Foundation in China》(2020)。

(3) Sarcodonin G 及 scabronine M 的神经营养活性，被作为未来真菌抗老年痴呆活性成分研究开发方向的依据《Fungal Diversity》(2013)。

(4) 我们开发的[2+2]环加成反应工作被《Chemical Reviews》(2021) 大篇幅报道。该方法已被世界 12 个国家 37 所知名大学/研究所广泛应用。

五、应用情况

(1) 中国科学院孙汉董院士为《植物化学》教材赐序，高度评价教材内容具有“可读性、系统性、前瞻性”。科研成果中，来源于植物和微生物的 38 个结构实例，其中微生物 6 个，写入规划教材《植物化学》及《天然产物结构解析》。以《植物化学》规划教材作为关键支撑点，由我们领衔的教学成果“基于化学与生物学交叉的应用化学专业创新人才培养体系探索与实践”荣获 2015 年陕西省高等教育教学成果奖特等奖；2021 年，以这两部教材主导的系列教材为依托，获首批“天然产物化学”国家级一流（线下）本科课程。

我们主导编写的国家级规划教材《植物化学》(2003, 2012, 2017, 科学出版社，再版 3 次)，作为国家精品课程《植物化学》配套教材、已经累计出版发行 20,000 余册，被吉林大学、天津大学、中国农业大学、南京农业大学等 60 余所院校本科生、研究生使用，使用单位高度评价。并出版配套规划教材《天然产物结构解析》(2017, 科学出版社)。

(2) 我们创建的基于金催化未活化的烯烃[2+2]环加成反应高效构建四元环的新方法：受到英国皇家化学学会会士，世界著名有机化学家 Antonio M. Echavarren 等国际知名学者的高度评价，并被世界 12 个国家 37 所知名大学/研究所广泛应用，包括德国慕尼黑大学、美国德克萨斯大学、新加坡国立大学、南开大学等。

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)

(1) 代表性论文

序号	名称	刊名	发表时间	年卷页码	作者
1	Azaphilones: Chemistry and Biology, Chemical Reviews	Chemical Reviews	2013-04-12	2013 年 113 卷 4755–4811 页	Jin-Ming Gao*, Sheng-Xiang Yang, Jian-Chun Qin
2	Au-catalyzed intermolecular [2+2] cycloadditions between chloroalkynes and unactivated alkenes	Journal of the American Chemical Society	2018-04-04	2018 年 140 卷 5860–5865 页	Yu-Bin Bai, Zaigang Luo, Yuguang Wang, Jin-Ming Gao*, Liming Zhang*
3	The natural product trienomycin A is a STAT3 pathway inhibitor that exhibits potent in vitro and in vivo efficacy against pancreatic cancer	British Journal of Pharmacology	2021-04-21	2021 年 178 卷 2496–2515 页	Qiu-Rui He, Jiang-Jiang Tang, Yao Liu, Zhi-Fan Chen, Huang Chen, Ding Li, Zhengfang Yi*, Jin-Ming Gao*
4	Herpotrichones A and B, two intermolecular [4+2] adducts with anti-neuroinflammatory activity from a	Organic Letters	2019-12-24	2020 年 22 卷 405–409 页	Wen-Bo Han, Guang-Yi Wang, Jiang-Jiang Tang, Wen-Ji Wang, Han Liu, Roberto R. Gil, Armando

	<i>Herpotrichia</i> species				Navarro-Vázquez, Xinxiang Lei*, Jin-Ming Gao*
5	Ganorbifates A and B from Ganoderma orbiforme, Determined by DFT Calculations of NMR data and ECD spectra	Chemical Communications	2020-07-27	2020年56卷 10195–10198 页	Xia Yin, Thi M. L. Tuong, Jun-Mian Tian, Gennaro Pescitelli*, Jin-Ming Gao*

(2) 代表性专著

序号	知识产权类别	知识产权名称	出版社	教材类型	出版时间	主编
1	著作	《植物化学》(第三版)	科学出版社	普通高等教育“十三五”规划教材·国家精品课程配套教材	2017-11	高锦明
2	著作	《天然产物结构解析》	科学出版社	普通高等教育“十三五”规划教材	2017-06	高锦明, 田均勉
3	著作	《高等真菌代谢产物》	西北农林科技大学出版社		2003-12	高锦明

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
高锦明	1	教授	西北农林科技大学	总体负责制定项目方案和具体实施。对本项目创新科研成果 1, 2, 3, 4 全部做出重要贡献。致力于解析特色微生物活性代谢产物结构, 阐明重要活性成分生物学功能及机制, 作为第一或通讯作者发表相关代表性论文 5 篇, 出版专著 3 部。
韩文博	2	副教授	西北农林科技大学	协助第一完成人完成本项目的组织实施工作, 致力于抗神经炎症新骨架聚酮化合物的发现, 结构鉴定及生物功能研究。对本项目创新科研成果 1, 2 做出重要贡献。作为第一作者发表代表性论文 4。

尹霞	3	副教授	西北农林科技大学	协助第一完成人完成本项目的组织实施工作，致力于灵芝等药食同用真菌新颖三萜类化合物及神经保护作用的构效关系和机制研究。对本项目创新研究成果 1, 2 做出重要贡献。作为第一作者发表代表性论文 5。
汤江江	4	教授	西北农林科技大学	协助第一完成人完成本项目的组织实施工作，致力于具有重要生物活性的天然产物构效关系和药理机制研究。对本项目创新研究成果 1, 2 做出重要贡献。作为第二和第三作者发表代表性论文 3, 4。
白育斌	5	其他	西北农林科技大学	协助第一完成人完成本项目的组织实施工作，致力于金催化[2+2]环加成反应高效构筑四元环的新方法研究。对本项目创新研究成果 2 做出重要贡献。作为第一作者发表代表性论文 2。
田均勉	6	副教授	西北农林科技大学	协助第一完成人完成本项目的组织实施工作，致力于复杂鸟巢烷二萜结构鉴定及生物功能研究。对本项目创新研究成果 2 做出重要贡献。作为第三作者发表代表性论文 5，出版专著 1 部。

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	西北农林科技大学高度重视高锦明团队“西北特色药用微生物功能代谢产物的表征及其作用机制系统研究”相关研究，不仅在空间、经费上全力支持，而且配备相关设备和管理人员，协调科研院、图书馆、研究生院全力配合。学校双一流建设及人才队伍建设等都本项目作为重点支持项目，大大加快了本项目的顺利实施和推广。

九、完成人合作关系情况

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	论文合著	高锦明/1	2013.1-2021.5	代表性论文 1, 2, 3, 4, 5	Chemical Reviews, 2013, 113(7): 4755-4811
2	论文合著	韩文博/2	2015.1-2021.5	代表性论文 4	Organic Letters, 2020, 22(2): 405-409
3	论文合著	尹霞/3	2014.7-2021.5	代表性论文 5	Chemical Communications, 2020, 56(70): 10195-10198
4	论文合著	汤江江/4	2012.1-2021.5	代表性论文 3	British Journal of Pharmacology, 2021, 178(12): 2496-2515
5	论文合著	白育斌/5	2010.9-2018.12	代表性论文 2	Journal of the American Chemical Society, 2018, 140(17): 5860-5865
6	论文合著	田均勉/6	2012.1-2021.5	代表性论文 5	Chemical Communications, 2020, 56(70): 10195-10198

完成人合作关系说明（限 1000 字）

项目完成人高锦明、韩文博、尹霞、汤江江、田均勉均为西北农林科技大学化学与药学院教师，白育斌为高锦明教授已毕业博士生，均为天然产物化学团队核心成员，已进行了长期的合作。

完成人高锦明是本项目负责人，5 篇代表性论著的通讯作者，《植物化学》（第三版）和《天然产物结构解析》2 部普通高等教育“十三五”规划教材主编，2015 年陕西省高等教育教学成果奖特等奖“基于化学与生物学交叉的应用化学专业创新人才培养体系探索与实践”的第 1 完成人，首批“天然产物化学”国家级一流（线下）本科课程第 1 负责人。

完成人韩文博是本项目的主要技术骨干，负责或参与了本项目若干课题的研究，是代表性论文 4 的第 1 作者，首批“天然产物化学”国家级一流（线下）本科课程主要参与人之一。

完成人尹霞是本项目的主要技术骨干，负责或参与了本项目若干课题的研究，是代表性论文 5 的第 1 作者，首批“天然产物化学”国家级一流（线下）本科课程主要参与人之一。

完成人汤江江是本项目的主要技术骨干，负责或参与了本项目若干课题的研究，是代表性论文 3 和 4 的第 2 和第 3 作者。

完成人白育斌是本项目的技术骨干，参与了本项目若干课题的研究，是代表性论文 2 的第 1 作者。

完成人田均勉是本项目的技术骨干，参与了本项目若干课题的研究，是代表性论文 5 的第 3 作者，出版专著 1 部。

项目十一

一、项目名称：小麦 7DL 染色体测序及其起源、进化的基因组学基础

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：该项目以小麦这一我国乃至全世界最重要的粮食作物为研究对象，聚焦小麦基础研究的前沿和小麦产业发展的重大需求，突破了小麦基因组测序和组装的难点，作为加入国际小麦基因组测序磋商组织并承担实质性研究任务的唯一中国团队，承担并完成了小麦 7DL 染色体测序，协同破译了六倍体小麦基因组图谱，完成了国际小麦基因组测序计划的中国份额，率先完成了世界首个小麦重测序研究，构建了全面的小麦变异组图谱，解析了小麦起源、驯化与遗传改良的基因组学基础，揭示了小麦亚基因组不对称性的基因组学特征。研究成果推动了小麦泛基因组、群体基因组等多维组学研究工作的深入，构建的小麦基因组数据资源、鉴定筛选的驯化相关基因，为克服小麦基因同质化、促进了小麦遗传改良和育种突破奠定了基础。相关研究成果受到国内外同行的广泛认可，被包括 Nature Biotechnology、Nature Genetics 等国际知名期刊发表的论文引用。

申报项目面向科技前沿和国家重大战略需求，围绕作物学科主要方向，在科学研究、人才培养和成果产出等方面均取得了重要进展，为推动我国尤其是西部地区小麦基因组学研究做出突出贡献。主要完成人一直坚守在教学和科研的第一线，热爱高等教育事业，不畏困难，勇于挑战，具有良好的工作作风和求真务实的精神，恪守教师的职业道德规范，为人师表，以身作则，已培养多名优秀研究生。**推荐该项目申报陕西省自然科学奖二等奖**

三、项目简介：

小麦是我国乃至全世界最重要的粮食作物之一。高质量的基因组图谱及其起源进化的分子基础解析是推动小麦遗传改良、实现育种突破的前提和关键。作为植物界中最庞大最复杂的基因组之一，小麦基因组测序一直被誉为基因组测序计划中的“珠穆朗玛峰”。聚焦小麦基因组测序重大挑战和遗传改良的瓶颈问题，自 2008 年以来，在国家 863 计划、自然科学基金委国际合作项目等支持下，本项目综合运用基因组学、群体遗传学和进化生物学等方法和技术，攻克了小麦基因组的组装难题，绘制了小麦 7DL 染色体的精细图谱，推动了小麦全基因组的破译，开展了首个小麦及其近缘种的全基因组重测序，揭示了小麦亚基因组的不对称性进化，为小麦基础研究提供了重要的数据和技术支撑。取得的重要科学发现包括

以下三个方面：

(一)构建了 7DL 染色体精细图谱，推动小麦全基因组的破译和完善。(1) 优化“特异染色体富集+MTP 逐步克隆+单个 BAC 高通量测序”的测序策略，解析了 7DL 参考基因组序列，推动了世界首个六倍体小麦基因组图谱的破译；(2) 创新“小麦单染色体 PacBio 单分子测序+BAC by BAC”的组装方法，实现了对 BAC 全长的一步组装，显著提升组装完整性和准确性，绘制了 7DL 的精细图谱。

(二) 解析了小麦驯化、演化及遗传改良的基因组学基础。(1) 揭示了六倍体小麦与其 D 亚基因组供体祖先(节节麦)在 7DL 染色体上的结构和基因组成差异，从 7DL 视角阐明了多倍体化过程对小麦基因结构和功能分化的遗传效应；(2) 系统地在全基因组水平解析了小麦二倍体、四倍体和六倍体群体间的遗传变异和分化，揭示并量化了小麦起源和驯化过程中的遗传瓶颈效应，鉴定了驯化、改良相关的受选择基因，阐明了小麦进化演化的规律和遗传基础；(3) 揭示了六倍体小麦遗传多样性来源于与野生二粒小麦等近缘种的频繁种间杂交，发现小麦基因组中存在大量的外缘基因渗入片段且与产量、抗病和生长发育等 QTL 位点重合，明确了外源渗入对小麦起源进化的重要贡献。

(三) 揭示了小麦亚基因组不对称性的基因组学特征。(1) 发现了小麦 7A、7B 和 7D 在微卫星序列、MITE 转座元件等重复序列和 miRNA、蛋白编码基因等基因序列组成均表现明显的不对称性，从 7D 号染色体角度揭示小麦亚基因组的不对称进化；(2) 发现了 A、B、D 亚基因组受到的遗传选择效应和强度的不对称性；(3) 发现了小麦基因家族亚基因组同源基因的分布和基因表达的不对称性，基因家族亚基因组同源基因的缺失和保留及其表达分化为小麦基因演化与功能分化提供了新证据。

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)

申报团队的科学发现极大地推进了小麦等多倍体复杂植物的基因组学及其群体进化研究，5 篇代表性论文发表后，受到国内外同行的广泛关注和认可，被包括 Nat Biotechnol、Nat Genet 等国际知名期刊发表的论文引用。协同破译的六倍体小麦全基因组图谱以“历经 13 年小麦基因组图谱绘制完成”为题被两院院士评选为“2018 年世界十大科技进展新闻”(其他附件 1)；因在小麦基因组学

研究方面的贡献，项目第一完成人宋卫宁教授被农民日报评为“2019年中国十大农村新闻人物”（其他附件2）。

六倍体小麦基因组图谱的破译是小麦基础研究领域的标志性事件，2018年8月17日以封面论文发表在 Science 杂志，同期 Science 杂志专门发表了评论文章“Detailed genome maps paths to better wheat”，美国明尼苏达大学詹姆斯·安德森评论到：小麦基因组开创了小麦遗传学的新纪元；国际小麦基因组测序磋商组织共同主席、澳大利亚墨尔本大学小麦育种专家 Rudi Appels 评价该研究是“征服了遗传学届的‘珠穆朗玛峰’”。

2019年7月，小麦重测序论文2019年7月发表与 Genome Biology, 被 Nature Biotechnology、Nature Genetics、Molecular Plant 和 Genome Biology 等杂志引用；Gaurav 等在 Nature Biotechnology 杂志发表的“Population genomic analysis of Aegilops tauschii identifies targets for bread wheat improvement”肯定和引用了我们小麦重测序发现的“近缘祖先种对小麦基因组渗入是形成小麦多样性的重要来源”的观点，并将我们的节节麦和六倍体重测序数据整合到他们的数据中，揭示了节节麦的起源演化及其对小麦的遗传贡献；Scott 等 Genome Biology 发表的“Limited haplotype diversity underlies polygenic trait architecture across 70 years of wheat breeding”引用了“外源渗入可以增加小麦的抗病、产量和逆境适应等能力”的观点，并利用我们的重测序数据进行了再分析；Hao 等在 Molecular Plant 发表的“Resequencing of 145 landmark cultivars reveals asymmetric sub-genome selection and strong founder genotype effects on wheat breeding in China”中多次引用了“野生二粒小麦的渗入使得小麦 A 和 B 亚基因组多态性显著增高”观点，并整合了我们的部分数据用于分析；Zhao 等在 BMC Biology 发表的“Distinct nucleotide patterns among three subgenomes of bread wheat and their potential origins during domestication after allopolyploidization”引用了我们小麦及其近缘种的重测序数据，对小麦起源过程中亚基因组的核苷酸使用模式进行了系统，并证实了小麦 B 亚基因的多态性高于 A 和 D 亚基因组。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码	发表	通讯	第一	国内作者	他引	检索	知识
----	--------	----	----	------	----	----	----	------	----	----	----

				(xx 年 xx 卷 xx 页)	时 间 (年 月 日)	作 者 (含 共 同)	作 者 (含 共 同)		总 次 数	数 据 库	产 权 是 否 归 国 内 所 有
1	The improved assembly of 7DL chromosome provides insight into the structure and evolution of bread wheat	Plant Biotechnology Journal	Feng KW#, Cui LC#, Wang L#, Shan D#, Tong W, Deng PC, Yan ZG, Wang MX, Zhan HS, Wu XT, He WM, Zhou XQ, Ji JJ, Zhang GP, Mao L, Karafiátová M, Šimková H, Doležel J, Du XH, Zhao SC, Luo MC, Han DJ, Zhang C*, Kang ZS*, Appels R*, Edwards D*, Nie XJ*, Song WN S*	2020 年 18 (3) 卷 732-7 42 页	20 20 年 3 月 5 日	Zha ng C, Kan g ZS, App els R, Ed war ds D, Nie XJ, Son g WN S	Fen g K W, Cui LC, Wa ng L, Sha n D	5	We b of Sci enc e	是	

2	Frequent intra- and inter-species introgression shape the landscape of genetic variation in bread wheat	Genome Biology	Cheng H#, Liu J#, Wen J#, Nie XJ#, Xu LH, Chen NB, Li ZX, Wang QL, Zheng ZQ, Li M, Cui LC, Liu ZH, Bian JX, Wang ZH, Xu SB, Yang Q, Appels R, Han DJ, Song WN*, Sun QX*, Jiang Y*	2019年20卷136页	2019年7月12日	Song W, Sun QX, Jiang Y	Cheng H, Liu J, Wen J, Nie XJ	Xu LH, Chen NB, Li ZX, Wang QL, Zheng ZQ, Li M, Cui LC, Liu ZH, Bian JX, Wang ZH, Xu SB, Yang Q,	153	Web of Science	是
3	N6-methyladenosine regulatory machinery in plants: composition, function and evolution.	Plant Biotechnology Journal	Yue H#, Nie XJ#, Yan ZG, Song WN*	2019年17(7)卷1194-1208页	2019年7月1日	Song WN	Yue H, Nie XJ	Yan ZG	133	Web of Science	是

4	Genome-Wide Identification, Phylogeny and Expressional Profiles of Mitogen Activated Protein Kinase Kinase (MAPKKK) Gene Family in Bread Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	BMC Genomics	Wang M#, Yue H, Feng KW, Deng PC, Song WN*, Nie XJ*.	2016年17卷668页	2016年8月22日	Song WN, Nie XJ	Wang M	Yue H, Feng KW, Deng PC	92	Web of Science	是
5	Comparative analysis of Stowaway-like miniature inverted repeat transposable elements in wheat group 7 chromosomes: abundance, composition, and evolution	Journal of Systematics and Evolution	Lu YZ#, Wang L#, Yue H, Wang MX, Deng PC, Edwards D, Song WN *	2014年52(6)卷743-749页	2014年12月10日	Song WN	Lu YZ, Wang L,	Yue H, Wang MX, Deng PC	4	Web of Science	是

六、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
SONGWEINING 宋卫宁	1	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	项目整体设计与构思,小麦基因组测序与关键基因发掘,代表作 1-5 的主要完成人
聂小军	2	教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	小麦 7DL 染色体物理图谱构建以及比较基因组学分析,代表作 1,2,3,4 主要完成人
崔立操	3	副教授	江西农业大学/西北 农林科技大学	小麦 7DL 染色体测序与组装,代表作 1 主要完成人
邓平川	4	副教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	小麦多组学分析;代表作 1,4 完成人
童维	5	副教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	小麦转录组分析及分子标记开发,代表作 1 完成人
程红	6	博士后	中国农业科学院深圳 农业基因组研究	小麦重测序分析,代表作 2 主要完成人

			所/西北农林科技大学	
--	--	--	------------	--

七、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	项目唯一完成单位，负责项目的整体实施

八、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	论文合著	聂小军(2)、崔立操(3)、童维(5)、邓平川(4)	2012.10-2019.9	The improved assembly of 7DL chromosome provides insight into the structure and evolution of bread wheat	代表性论文 1
2	论文合著	程红(6)	2016.1-2019.7	Frequent intra- and inter-species introgression shape the landscape of genetic variation in bread wheat	代表性论文 2

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目第一完成人宋卫宁教授是本项目项目总设计和牵头人，是 5 篇代表性论文通讯作者，完成人聂小军为第一完成人宋卫宁教授的硕博连读生，2007 年 9 月入学，2013 年 6 月博士毕业后，留在宋卫宁课题组从事教学科研工作，是代表作 1 和 4 共同通讯作者，是代表作 2 和 3 的同等贡献作者，完成人崔立操为第一完成人宋卫宁教授的硕博连读研究生，于 2011 年 9 月入学，2018 年 6 月博士毕业，是代表作 1 的共同第一作者，代表作 2 的参与作者；完成人童维是宋卫宁课题组的成员，于 2013 年 2 月加入课题组从事生物信息学相关教学科研工作，是代表性论文 1, 4 参与作者；完成邓平川为第一完成人宋卫宁教授的硕博连读研究生，于 2010 年 9 月入学，2017 年 6 月博士毕业，是代表作 4, 5 的参与作者；完成人程红是西北农林科技大学动物科技学院的姜雨教授的博士研究生，2016 年入学，于 2021 年 8 月博士毕业，与第一完成人合作开展小麦及其近缘种的群体基因组学研究工作，主要完成了数据分析和论文初稿撰写，是代表作 2 的第一作者，宋卫宁教授提供研究材料、指导结果分析及论文修改等工作，是该论文的共同通讯作者。

项目十二

一、项目名称：油籽脂肪酸形成的分子机制研究与应用

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：油菜是我国第一大油料作物，占国产植物油总量的 55%以上，对保障我国食用油安全供给意义重大。但目前我国油菜依然面临着含油量偏低、种质资源匮乏、遗传基础狭窄等问题，加之育种技术路线单一、育种手段较为落后，进一步加剧了我国油菜产量和质量上与世界主产国之间的差距。

该项目在国家自然科学基金、国家重大和重点研发计划子课题等项目的支持下，原创性挖掘了一批调控油脂积累的关键基因并解析了其分子机制，同时将基础研究与油菜育种实践相结合，创制了一批油菜优异种质资源，为油菜等油料作物的基础研究和高油高产优质新品种培育奠定了重要基础。项目在 Plant Physiology 等国际知名期刊发表论文 33 篇，获批国家发明专利 2 件，参与登记油菜品种 3 个。

成果材料齐全、规范、无知识产权纠纷，人员排名无争议，符合陕西省自然科学奖提名条件。**提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介：

食用油是国计民生的重要战略物资，是粮食安全的重要组成。当前，我国食用油消费的 65%以上依赖进口，国家食用油供给安全隐患突出。油菜作为我国第四大作物、第一大油料作物、常年种植面积 1.2 亿亩，是国产食用植物油的第一大来源，占国产油料作物产油量的 55%以上；同时油菜也是陕西省第一大油料作物，对于保障全省食用油供给安全至关重要。项目团队自 2014 年以来，长期致力于种子脂肪酸形成调控机制及油菜种质资源创新利用等方面的工作，主持国家自然科学基金面上和青年项目、国家重大和重点研发计划子课题、中国科协青年人才托举工程、陕西省科技创新团队、陕西省重点研发计划等项目 15 项，发表研究论文 33 篇，其中 SCI 论文 29 篇，获批国家发明专利 2 件，参与登记油菜品种 3 个。本项目以油籽脂肪酸形成的分子机制研究与应用为方向，原创性挖掘了一批调控油脂积累的关键基因并解析了其分子机制，同时将基础研究与油菜育种实践相结合，创制了一批油菜优异种质资源，为油菜等油料作物的基础研究和高油高产优质新品种培育奠定了重要基础。主要创新性成果如下：

一、率先解析了两类转录因子对油籽脂肪酸积累起负向调控作用的分子机制

油籽脂肪酸积累需要众多结构基因参与，而转录因子处于代谢通路上游，可同时对多个结构基因起关键调控作用。基于此，项目组从转录因子入手，在整体水平上揭示油籽脂肪酸积累的分子机制，主要创新点如下：

1. MYB 家族转录因子 MYB89 和 MYB76 负向调控油籽脂肪酸积累的分子机制。消除转录因子对种子脂肪酸积累的负向调控作用是提升种子含油量的有效途径。本部分主要发现有：**(1)** MYB89 蛋白在种子发育过程中直接结合在 WRI1、ENO1、BCCP1、KASI、KCS11 和 PLA2 α 基因的启动子上抑制其转录；激活后的 MYB89-GR 融合蛋白迅速抑制以上六个基因的转录；ChIP 实验证实 MYB89 可以直接结合在以上六个基因的启动子区域。**(2)** MYB89 蛋白在种子发育过程中间接抑制 L1L、KCS17、FAE1、FAD2 和 FAD3 等基因的转录。由于 WRI1 和 L1L 作为重要的转录因子通过促进一系列油脂合成关键基因的表达而显著促进油脂合成。因此，MYB89 主要通过抑制 WRI1 和 L1L 两个重要的转录因子和脂肪酸合成途径上多个重要基因的表达而显著抑制种子油脂积累。**(3)** MYB76 在种子发育过程中通过抑制光合作用、油脂合成、油滴形成及促进油脂降解等多个生物学过程中关键基因的表达而显著抑制种子油脂积累。**(4)** 十字花科植物油菜和拟南芥中的 MYB89 和 MYB76 在调控种子油脂积累方面功能高度保守。

2. 调控黄籽形成的转录因子 TTG1 和 TT8 负向调控油籽脂肪酸积累的分子机制。相比于黑籽油菜，黄籽油菜种皮薄、皮壳率低、木质素和种皮色素少、油籽含油量一般高 2~5 个百分点，但分子机制尚不清楚。TTG1 和 TT8 作为重要转录因子成员，控制黄籽形成。本部分主要发现有：**(1)** TTG1 通过间接抑制 BCCP2、CAC2、MOD1 和 FAE1 等油脂合成关键基因的表达而显著抑制种子长链脂肪酸和总含油量的积累。**(2)** 通过 ChIP 和 EMSA 实验证实了 FUS3 调节因子直接作用于 TTG1 基因启动子的保守序列 CATG (CA/TG)，而抑制其表达，进而促进种子油脂的积累。**(3)** TT8 蛋白通过抑制 LEC1、LEC2、FUS3 和 CDS2 等基因的表达抑制种子脂肪酸的合成，通过抑制 FAE1 基因的表达抑制种子长链脂肪酸的

积累。(4) 种子总脂肪酸含量与种皮中原花青素含量呈负相关关系。(5) 十字花科植物油菜和拟南芥中的 TTG1 和 TT8 在调控种子油脂积累方面功能高度保守。

二、拓展了脂肪酸合成通路关键基因的新认知并解析其分子机制

通过改造关键基因促进脂肪酸中间产物的合成与转运，是提高种子含油量的有效手段。基于此，项目组系统研究了脂肪酸合成通路上五个关键基因影响脂肪酸积累的分子机制，主要创新点如下：

1. **SNAT1 和 COMT 通过促进种子褪黑素合成进而抑制种子脂肪酸积累的分子机制。**本部分主要发现有：(1) SNAT1 和 COMT 作为褪黑素合成的关键限速酶，显著促进种子褪黑素生物合成。(2) SNAT1 和/或 COMT 功能缺失可有效阻止内源褪黑素的合成而显著增加种子油脂积累；相反，外源施用褪黑素可导致种子含油量显著降低。(3) SNAT1 和 COMT 通过负调控 WRI1、BCCP1 和 CAC3 等油脂合成相关转录因子和结构基因的表达，抑制种子油脂积累。

2. **脂肪酸脱氢酶编码基因 FAD2 和 FAD3 促进亚油酸和亚麻酸合成的再认识。**本部分主要发现有：(1) FAD2 基因五个拷贝 (FAD2A、FAD2-1、FAD2B-3、FAD2B-4、FAD2B-5) 均促进亚油酸 (C18:2) 的生物合成，FAD2A 作为主效拷贝发挥作用。(2) FAD3 基因三个拷贝 (FAD3A、FAD3B、FAD3C) 均促进亚麻酸 (C18:3) 的生物合成，FAD3A 是促进亚麻酸积累的主效拷贝。(3) 在同一株系中，共表达 FAD2A 和 FAD3A 可显著提升油籽亚油酸和亚麻酸含量。

3. **酰基载体蛋白去饱和酶编码基因 AAD5 促进硬脂酸转化为油酸的分子机制。**本部分主要发现有：(1) AAD5 在发育的种胚中特异性、稳定高表达。(2) AAD5 负责将硬脂酸 (C18:0) 转化为油酸 (C18:1)，并显著提升种子油脂总量。(3) 十字花科植物油菜和拟南芥中的 AAD5 在调控种子油脂积累方面功能高度保守。

三、创制了有较大应用前景的油菜突变体库和种质资源

1. 通过搜集引进、优异资源杂交组配和化学诱变 (甲基磺酸乙酯, EMS) 等多种途径, 创建了 1 套覆盖全球油菜主产区、具有广阔生态代表性、遗传背景丰富的异源四倍体甘蓝型油菜种质资源库, 利用近红外检测仪和气相色谱技术分析 EMS 诱变材料的种子含油量和脂肪酸组分, 经过多年多点田间性状调查、全基因组关联分析、试验验证, 结合 MYB89、MYB76、FAD2、FAD3、AAD5

和 AccD 等优异分子标记以及多年多点田间性状调查, 获得了系列高含油量、高油酸、高亚麻酸油菜优异种质材料, 为深入解析油籽脂肪酸积累机制和高油育种实践提供了新思路和新资源。

2. 优化基因编辑技术在油菜中的应用, 形成发明专利 3 件 (一种基于 CRISPR/Cas9 的甘蓝型油菜基因编辑材料, 已授权, 专利号为 ZL202010339208.1; LuAccD 基因用于调节植物脂肪酸合成和耐盐抗旱性的应用, 已授权, 专利号为: ZL202310358219.8; 一种具有多种优良性状的甘蓝型油菜的育种方法和载体, 已受理, 申请号为: 2023105265154), 通过基因过表达和基因编辑等技术分子操纵 MYB89、MYB76、TTG1、TT8、SNAT1、COMT 和 AccD 等油菜重要转录因子和结构基因, 结合双单倍体育种、杂交育种、回交转育和穿梭育种等策略, 对油菜多基因、多性状进行优化聚合, 创制了一批新型高油优异材料, 为油菜等油料作物脂肪酸积累机制研究和高油育种体系构建提供了重要参考。

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)

该项目部分成果获得 2023 年度陕西省高等学校科学技术研究优秀成果奖二等奖。国内外对本项目研究成果的引用情况如下:

1、关于“MYB 家族转录因子 MYB89 和 MYB76 负向调控油籽脂肪酸积累的分子机制”第三方代表性客观评价:

(1) 新加坡南洋理工大学 Wei Ma 助理教授、华中农业大学郭亮教授和美国肯塔基大学 Ling Yuan 副教授联合发表于《Plant Communications》上的综述性论文(DOI: 10.1016/j.xplc.2022.100328)中, 重点介绍了我们关于 MYB89 和 MYB76 调控 WRI1 等基因的表达负向调控种子油脂积累的研究工作。

(2) 加拿大英属哥伦比亚大学 Liang Song 课题组在发表于《**Current Opinion in Plant Biology**》上的综述性论文(DOI: 10.1016/j.pbi.2021.102091)中, 高度评价了转录因子 MYB89 和 MYB76 抑制种子油脂积累的分子机制。

(3) 华南师范大学张盛春教授在发表于《**The Plant Cell**》上的研究性论文(DOI: 10.1093/plcell/koac083)的引言部分, 引用了 MYB89 负调控 WRI1 表达的研究结果。

(4) 湖北大学吕世友教授课题组和中南林业科技大学张琳教授课题组联合发表于《The Plant Journal》上的研究论文 (DOI: 10.1111/tpj.15540) 讨论部分, 引用了我们关于 MYB89 和 MYB76 在种子脂肪酸快速积累期抑制油脂积累的研究结果。

(5) 普渡大学 Kranthi Varala 助理教授在发表于《Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America》上的研究论文 (DOI: 10.1073/pnas.2322751121) 引言部分, 引用了我们关于 MYB89 和 MYB76 调控 WRI1 的表达负向调控种子油脂积累的研究工作。

2、关于“调控黄籽形成的转录因子 TTG1 和 TT8 负向调控油籽脂肪酸积累的分子机制”第三方代表性客观评价:

(1) 新加坡国立大学 Hao Yu 院士课题组在发表于《Nature Communications》上的研究论文 (DOI: 10.1038/s41467-018-03013-5) 引言、结果和讨论部分, 多次引用我们关于 TTG1 和 TT8 负向调控种子油脂积累分子机制的研究结果, 并使用我们发表的引物序列对 TTG1 的作用机制进行了进一步的研究。

(2) 新加坡南洋理工大学 Wei Ma 助理教授课题组在发表于《Plant Communications》上的综述论文 (DOI:10.1016/j.xplc.2022.100328) 重点介绍了 TTG1 和 TT8 转录因子抑制种子油脂积累的作用机制并对我们的工作给予了高度评价。

(3) 中国科学院遗传与发育生物学研究所谢旗研究员课题组在发表于《Molecular Plant》上的研究论文 (DOI:10.1016/j.molp.2019.08.004) 结果部分, 重点引用了我们关于 TTG1 和 TT8 在调控种子油脂积累方面的研究工作。

(4) 华中农业大学郭亮教授课题组在发表于《Genome Biology》上的研究论文 (DOI:10.1186/s13059-022-02647-5) 引言和讨论部分, 重点引用了我们关于 TTG1 和 TT8 抑制种子油脂积累的研究工作。

(5) 美国布鲁克海文国家实验室生物化学家 John Shanklin 在发表于《Plant Biotechnology Journal》上的研究论文 (DOI: 10.1111/pbi.14403) 的引言部分, 引用了我们关于 TT8 抑制种子油脂积累的研究工作。

3、关于“SNAT1 和 COMT 通过促进种子褪黑素合成进而抑制种子脂肪酸积累的分子机制”第三方代表性客观评价：

(1)《Plant Physiology》杂志编辑 Peter V. Minorsky 教授在论文发表的当期 On the Inside 部分，对我们的新发现给予了充分肯定（参见 Plant Physiology, 2020, 183(3): 808-809）。

(2) 浙江大学周杰教授在发表于《Journal of Experimental Botany》上的综述性论文（DOI: 10.1093/jxb/erac233）中，重点引用了我们关于敲除褪黑素合成基因 SNAT1 和 COMT 可显著提高种子油脂含量的研究成果。

4、关于“脂肪酸脱氢酶编码基因 FAD2 和 FAD3 促进亚油酸和亚麻酸合成的再认识”第三方代表性客观评价：

(1) 华中农业大学刘继红教授课题组在发表于《Journal of Integrative Plant Biology》上的研究论文（DOI: 10.1111/jipb.13379）引言部分，重点引用了我们关于 FAD2 和 FAD3 促进亚油酸和亚麻酸合成并提高幼苗抗寒性的研究工作。

(2) 中国热带农业科学院王勇研究员课题组在发表于《Frontiers in Plant Science》上的研究论文（DOI: 10.3389/fpls.2021.748130）讨论部分，重点引用了我们关于 FAD2 和 FAD3 影响种子脂肪酸组分的研究结果。

(3) 西北农林科技大学牛立新教授课题组在发表于《Plant Physiology》上的研究论文（DOI: 10.1093/plphys/kiac082）讨论部分，重点引用了我们关于 FAD3 影响种子脂肪酸组分的研究结果。

5、关于“酰基载体蛋白去饱和酶编码基因 AAD5 促进硬脂酸转化为油酸的分子机制”第三方代表性客观评价：

(1) 巴黎萨克雷大学 Sébastien Baud 教授课题组在发表于《The Plant Cell》上的研究论文（DOI: 10.1105/tpc.20.00554）引言和讨论部分，重点引用了我们关于 AAD5 促进硬脂酸转化为油酸的研究工作。

(2) 四川农业大学龚伟教授课题组在发表于《BMC Genomics》上的研究论文（DOI: 10.1186/s12864-020-6521-4）讨论部分，重点引用了我们关于 AAD5 调控种子脂肪酸组分的研究结果。

(3) 福建农林大学吕培涛教授和山西农业大学程春振副教授、张永艳博士联合发表于《International Journal of Biological Macromolecules》上的研究论文 (DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2022.02.024) 结果部分, 多次引用了我们关于 AAD5 调控种子脂肪酸组分的研究结果。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx年xx卷xx页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	MYB89 transcription factor represses seed oil accumulation	Plant Physiology	Dong Li, Changyu Jing, Shaowei Duan, Yana Zhu, Shuanghui, Qi, Kaige Liu, Chenhao Gao, Haoli Ma, Meng Zhang, Yuncheng Liao, Mingxun Chen	2017, 173: 1211-1225	2016-12-08	Mingxun Chen	Dong Li, Changyu Jing, Shaowei Duan	李东, 金倡宇, 段绍伟, 朱亚娜, 齐双慧, 刘凯歌, 高晨浩, 马浩力, 张猛, 廖允成, 陈明训	65	Web of Science	是

2	TRANSPARENT TESTA GLABRA 1 regulates the accumulation of seed storage reserves in Arabidopsis	Plant Physiology	Mingxun Chen, Bin Zhang, Chengxiang Li, Harikrishna Kulaveerasingam, Fook Tim Chew, Hao Yu	2015, 169: 391-402	2015-07-07	Hao Yu	Mingxun Chen	陈明训, 张斌, 李骋祥, 俞皓	50	Web of Science	是
3	Melatonin represses oil and anthocyanin accumulation in seeds	Plant Physiology	Dong Li, Yuan Guo, Da Zhang, Shuangcheng He, Jingyun Gong, Haoli Ma, Xing Gao, Zhonghua Wang, Lixi Jiang, Xiaoling Dun, Shengwu Hu, Mingxun Chen	2020, 183: 898-914	2020-04-30	Mingxun Chen	Dong Li, Yuan Guo	李东, 郭媛, 张达, 何双呈, 龚静云, 马浩力, 高欣, 王中华, 蒋立希, 顿小玲, 胡胜武, 陈明训	24	Web of Science	是

4	<i>Linum usitatissimum</i> <i>FAD2A</i> and <i>FAD3A</i> enhance seed polyunsaturated fatty acid accumulation and seedling cold tolerance in <i>Arabidopsis thaliana</i>	Plant Science	Jianjun Wang, Zijin Liu, Hua Liu, Danshua Peng, Jianping Zhang, Mingxun Chen	2021, 311: 1110 14	2021- 08-08	Ming xun Chen	Jianjun Wang , Zijin Liu, Hua Liu	王建 军, 刘 子金, 刘华, 彭丹 帅, 张 建平, 陈明训	1 7	Web of Science	是
5	Conserved function of ACYL- ACYL CARRIER PROTEIN DESATURASE 5 on seed oil and oleic acid biosynthesis between <i>Arabidopsis thaliana</i> and <i>Brassica napus</i>	Frontiers in Plant Science	Changyu Jin, Dong Li, Chenhao Gao, Kaige Liu, Shuanghui Qi, Shaowei Duan, Zixiong Li, Jingyun Gong, Jianjun Wang, Jiangbo Hai, Mingxun Chen	2017, 8: 1319	2017- 07-25	Ming xun Chen	Changyu Jin, Dong Li	金倡 宇, 李 东, 高 晨浩, 刘凯 歌, 齐 双慧, 段绍 伟, 李 子雄, 龚静 云, 王 建军, 海江 波, 陈 明训	8	Web of Science	是

六、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
陈明训	1	学校党委人才工作部(高层次人才工作办公室)副部长(副主任)、教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	项目主持人, 设计项目整体方案, 统筹规划项目的实施。
刘子金	2	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	协助负责项目的执行, 完成 <i>FAD2</i> 和 <i>FAD3</i> 基因的克隆与功能鉴定以及 EMS 诱变材料油脂含量检测。
郭媛	3	讲师	西北农林科技大学/西北农林科技大学	完成 <i>SNATI</i> 和 <i>COMT</i> 等基因功能鉴定及机制解析。
李东	4	讲师	鲁东大学/西北农林科技大学	完成 <i>MYB89</i> 和 <i>AAD5</i> 等基因功能鉴定及机制解析。
何双呈	5	在读博士	西北农林科技大学/西北农林科技大学	完成 <i>MYB89</i> 等基因编辑材料和 EMS 诱变材料的创制。
刘华	6	农艺师	宁夏回族自治区种子工作站/西北农林科技大学	完成 <i>FAD2</i> 和 <i>FAD3</i> 基因的克隆与功能鉴定。

七、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	负责项目的总体设计、全部工作的发表和完成。

八、完成人合作关系情况

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作时间	合作成果	证明材料
1	论文合著	陈明训 1, 李东 4	2015.01-2017.12	<i>MYB89</i> transcription factor represses seed oil accumulation	代表性论文 1
2	论文合著	陈明训 1, 郭媛 3, 李东 4, 何双呈 5	2017.01-2020.04	Melatonin represses oil and anthocyanin accumulation in seeds	代表性论文 3
3	论文合著	陈明训 1, 刘子金 2, 刘华 6	2019.01-2021.08	<i>Linum usitatissimum</i> <i>FAD2A</i> and <i>FAD3A</i>	代表性论文 4

				enhance seed polyunsaturated fatty acid accumulation and seedling cold tolerance in <i>Arabidopsis thaliana</i>	
--	--	--	--	---	--

完成人合作关系说明（限 1000 字）

所有项目完成人均属同一团队人员，陈明训为团队负责人；陈明训、刘子金和郭媛为西北农林科技大学农学院教师，李东和王建军分别为团队 2022 和 2024 届博士毕业生，刘华为团队 2021 届硕士毕业生，何双呈为团队在读博士研究生。详细合作关系如下：

项目第 1 完成人陈明训是所有代表性论文的通讯或第一作者，是支持本项目实施的国家自然科学基金面上项目“DNA 拓扑异构酶 BnTOP1 α -1 调控甘蓝型油菜种子油脂积累的分子机制研究”、青年项目“油菜 BnTT8 和 BnTTG1 转录因子在种子油脂积累中的功能解析”和陕西省重点研发一般项目“基于基因编辑技术创新大粒兼高产油量型油菜种质资源”等的主持人。陕西省高等学校学科创新引智基地“油菜分子改良理论与技术创新”和陕西省创新团队“油菜分子改良理论与技术创新团队”负责人。

项目第 2 完成人刘子金是代表性论文 4 的共同第一作者，是支持本项目实施的陕西省重点研发一般项目“基于基因编辑技术创新优质高含油量型油菜种质资源”的主持人，陕西省高等学校学科创新引智基地“油菜分子改良理论与技术创新”和陕西省创新团队“油菜分子改良理论与技术创新团队”的核心成员。

项目第 3 完成人郭媛是代表性论文 3 的共同第一作者，也是陕西省高等学校学科引智基地“油菜分子改良理论与技术创新”和陕西省创新团队“油菜分子改良理论与技术创新团队”的核心成员和上述国家自然科学基金面上项目、两个陕西省重点研发一般项目的主要完成人。

项目第 4 完成人李东是代表性论文 1 和 3 的共同第一作者，也是上述国家自然科学基金面上项目、陕西省重点研发一般项目“基于基因编辑技术创新大粒兼高产油量型油菜种质资源”的主要完成人。

项目第 5 完成人何双呈是代表性论文 3 的主要作者，是陕西省重点研发一般项目“基于基因编辑技术创新优质高含油量型油菜种质资源”的主要完成人。

项目第 6 完成人刘华是代表性论文 4 的共同第一作者。

项目十三

一、项目名称：中国粮食生产时空格局演变特征及其水碳效应

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：作为粮食生产的重要基础性和战略性资源，水资源是保障粮食安全的基础。当前，水资源短缺已成为我国粮食安全和农业可持续发展的刚性约束。粮食生产过程水分消耗和温室气体排放与区域气候、水文、土壤、灌溉栽培措施密切相关，由于不同区域上述气候、土壤等条件的差异，粮食生产空间格局的演变将会对水资源消耗和碳排放产生重要影响。项目围绕中国粮食生产时空格局演变特征及其水碳效应这一主题，取得了创新性成果，揭示了粮食生产空间格局演变特征，创建了多尺度粮食生产水碳足迹量化方法，明晰了粮食生产格局演变的水碳效应及驱动机制，为实现粮食种植空间格局优化和适水发展、水资源高效利用和农业节水减排提供了有效科学支撑。项目成果发表在 *Journal of Hydrology*、*Hydrology and Earth System Sciences* 等本领域高水平期刊，被国内外同行广泛引用，5 篇代表作在 SCI-Expanded 和 CNKI 数据库累计被引 274 次，其中他引 212 次。项目培养国家级青年人才 1 人、博士后创新人才支持计划 1 人、中国水利教育协会优秀研究生学位论文 3 人次，发挥了显著的科研育人成效。依托成果多次开展“世界水日中国水周”科普宣传活动，取得了良好的节水减排科普宣传效果。综上所述，杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会同意**提名该项目为陕西省自然科学奖二等奖。**

三、项目简介：

粮食生产是一个复杂的综合系统，伴随着水资源消耗、温室气体排放、面源污染等多种环境问题，同时作为高耗水、低经济效益的生产环节，在水资源利用、经济发展和社会稳定方面发挥着重要作用。由于我国水土资源时空分布错位，粮食主产区向缺水的北方地区逐渐聚集，从而加剧了对水资源的需求并增加了碳排放量，需要更加关注粮食安全、水安全及碳排放问题。项目围绕中国粮食生产时空格局演变特征及其水碳效应这一主题，系统揭示了中国粮食生产时空演变过程及变化规律，创建了多尺度粮食生产水碳足迹量化方法，明晰了粮食生产格局演变的水碳效应，在此基础上阐明了粮食生产格局演变及其伴生效应的驱动机制，取得了创新性和系统性成果，成果发表在 *Journal of Hydrology*、*Hydrology and Earth System Sciences* 等本领域高水平期刊，被广泛引用和积极评价，取得了重

要的学术和行业影响，为农业节水减排和种植格局优化提供了有效科技支撑，也为同步保障国家粮食安全、战略水安全及实现“双碳”目标提供了新理论与新模式。

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）

项目成果得到了国内外同行的广泛引用，5篇代表作在SCI-Expanded数据库和CNKI数据库累计被引274次，其中他引212次。英国社会科学院Klaus Hubacek院士，中国工程院院士、英国皇家工程院外籍院士张建云教授，欧洲科学院外籍院士、瑞士工程科学院院士刘俊国教授，水足迹理论创始人Arjen Hoekstra教授等发表在Water Research、Journal of Hydrology等本领域高水平期刊论文引用并积极评价了项目的创新性成果。

五、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）

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx年 xx卷xx 页)	发表时间 (年月 日)	通讯作者 (含共 同)	第一作者 (含共 同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	Evaluating the impacts of socio-economic factors on regional grain virtual water flows in China using a structural equation modeling approach	Journal of Hydrology	Sun, S. K., Song, J. F., Wang, F. F., Wu, P. T., & Wang, Y. B.	2019, 571, 132-141.	2019-01-18	吴普特, 王玉宝	孙世坤	孙世坤, 宋健峰, 王菲菲, 吴普特, 王玉宝	15	SCIE数据库, CNKI数据库	是

2	An improved method for calculating the regional crop water footprint based on a hydrological process analysis	Hydrology and Earth System Sciences	Luan, X. B., Yin, Y. L., Wu, P. T., Sun, S. K., Wang, Y. B., Gao, X. R., & Liu, J.	2018, 22(10), 5111-5123	2018-09-05	吴普特, 孙世坤	栾晓波, 阴亚丽	栾晓波, 阴亚丽, 吴普特, 孙世坤, 王玉宝, 高学睿, 刘静	18	SCI E 数据库, CN KI 数据库	是
3	Effects of virtual water flow on regional water resources stress: A case study of grain in China	Science of the Total Environment	Sun, S., Wang, Y., Engel, B. A., & Wu, P.	2016, 550, 871-879	2016-01-04	王玉宝	孙世坤	孙世坤, 王玉宝, 吴普特	89	SCI E 数据库, CN KI 数据库	是
4	The virtual water content of major grain crops and virtual water flows between regions in China	Journal of the Science of Food and Agriculture	Sun, S. K., Wu, P. T., Wang, Y. B., & Zhao, X. N.	2013, 93(6), 1427-1437	2012-09-11	吴普特	孙世坤	孙世坤, 吴普特, 王玉宝, 赵西宁	62	SCI E 数据库, CN KI 数据库	是

5	Water productivity evaluation for grain crops in irrigated regions of China	Ecological indicators	Cao, X., Wang, Y., Wu, P., & Zhao, X.	2015, 55, 107-117	2015-03-09	吴普特	操信春	操信春, 王玉宝, 吴普特, 赵西宁	28	SCIE 数据库, CNKI 数据库	是
---	---	-----------------------	---------------------------------------	-------------------	------------	-----	-----	--------------------	----	--------------------	---

六、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
孙世坤	1	副院长/教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	主持完成该项目，主持完成了粮食生产空间格局演变特征分析，多尺度粮食生产水碳足迹量化方法构建，粮食生产格局演变的水碳效应明晰等工作。
操信春	2	教授	河海大学/西北农林科技大学	参与完成了粮食生产空间格局演变特征分析等工作。
王玉宝	3	研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	参与完成了粮食生产空间格局演变特征及驱动机制分析等工作。
阴亚丽	4	助理研究员	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	参与完成了粮食生产格局演变的水碳效应明晰等工作。
栾晓波	5	副教授	西北农林科技大学/ 西北农林科技大学	参与完成多尺度粮食生产水碳足迹量化方法构建等工作。
刘静	6	副教授	河海大学/河海大学	参与完成多尺度粮食生产水碳足迹量化方法构建等工作。

七、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	西北农林科技大学作为项目第一完成单位，在研发平台建设、人才培养、经费管理、后勤保障等方面发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保障了项目任务顺利实施。团队成员在粮食生产格局时空演变特征、多尺度水碳效应量化方法、粮食生产格局演变的水碳效应和粮食生产格局演变伴生效应的驱动机制等方面开展了系统研究，并取得了创新性研究成果。西北农林科技大学对该项目的所有科学发现点做出了重要贡献。
河海大学	2	河海大学作为该项目的第二完成单位，是项目第二完成人操信

		春教授的工作单位，项目第六完成人刘静的工作和完成单位，参与完成多尺度粮食生产水碳足迹量化方法构建等工作，并参与完成了代表性论文 2。
--	--	--

八、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	合作研究	孙世坤, 王玉宝 /1,3	2017年-至今	学术论文	代表性论文 1
2	合作研究	孙世坤, 王玉宝, 阴亚丽, 栾晓波, 刘静/1,3,4,5,6	2013年-至今	学术论文	代表性论文 2
3	合作研究	孙世坤, 王玉宝 /1,3	2010年-至今	学术论文	代表性论文 3
4	合作研究	孙世坤, 王玉宝 /1,3	2010年-至今	学术论文	代表性论文 4
5	合作研究	操信春, 王玉宝 /2,3	2010年-至今	学术论文	代表性论文 5
<p>完成人合作关系说明（限 1000 字）</p> <p>项目“中国粮食生产时空格局演变特征及其水碳效应”第一完成人孙世坤教授与第三完成人王玉宝研究员共同完成代表性论文 1、3 和 4。项目第一完成人孙世坤教授与第三完成人王玉宝研究员、第四完成人阴亚丽博士、第五完成人栾晓波副教授、第六完成人刘静副教授共同完成代表性论文 2。项目第二完成人操信春教授与第三完成人王玉宝研究员共同完成代表性论文 5。</p>					

项目十四

一、项目名称：猪重要病毒病病原-宿主互作关键因子发掘及功能解析

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：“猪粮安天下”，健康的生猪养殖业对我国国民经济发展和社会稳定具有重要意义。近年来，猪的疫病特别是病毒病的广泛流行严重威胁着生猪养殖业的安全，揭示猪病毒病的病原复制和致病机制，发掘病原-宿主互作关键因子并进行功能解析，进一步研发针对猪病毒病的新型防控技术，对促进生猪养殖业的健康发展具有重要的理论意义和实践应用价值。该项目紧密围绕国家在防控猪病毒病方面的实际需求，以研发新型防控技术为目标，建立了筛选病原-宿主互作关键因子的理论方法和技术体系，发掘出病原-宿主互作关键因子 18 个，解析了这些病原-宿主互作关键因子在病毒复制和致病过程中的作用及机制，构建了基于关键因子互作位点的新型疫苗研发和抗病育种新靶点筛选的方法和技术，创制了一批新型疫苗候选株和抗病育种新靶点细胞材料，为猪病毒病的防控提供了理论、技术和材料支撑。该项目授权国家发明专利 4 项，发表学术论文 41 篇，其中 SCI 论文 35 篇，5 篇代表性论文共被他引 192 次，研究成果得到国内外相关研究机构和专家团队的高度评价与积极肯定。

提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

三、项目简介

生猪养殖业是攸关国计民生和社会稳定的战略性产业。然而，由于防控技术和体系不完善，导致猪的疫病特别是病毒病的广泛流行，严重制约了我国生猪养殖业的健康、稳定和可持续发展。建立筛选猪重要病毒病的病原-宿主互作关键因子的理论方法和技术，发掘并解析这些关键因子在病毒复制和致病过程中的作用及机制，构建基于关键因子互作位点的新型疫苗研发和抗病育种新靶点筛选的方法和技术，创制新型疫苗候选株和抗病育种新靶点细胞材料，从而研发出新型疫苗和培育抗病新品种，是高效、及时、精准防控猪病毒病的关键之所在。

该项目自 2014 年实施以来，在 5 项国家自然科学基金面上项目的持续资助下，发掘出猪重要病毒病病原-宿主互作关键因子 18 个，解析了这些关键因子在病毒复制和致病过程中的作用及机制，建立了互作关键因子筛选的理论方法和技术体系，构建了基于互作位点的新型疫苗研发和抗病育种新靶点筛选的方法和

技术，创制了一批新疫苗候选株和抗病育种新靶点细胞材料。研究成果为高效、及时、精准防控猪病毒病提供了理论、技术和材料支撑。

该项目在 PLoS Pathogens, Journal of Virology, Journal of Immunology, BMC Genomics 等期刊共发表高水平学术论文 41 篇，其中 SCI 论文 35 篇，授权国家发明专利 4 项。该项目 5 篇代表性论文分别被 Nature Immunology, Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS), Trends in Biochemical Sciences, Autophagy, Emerging Microbes & Infections, PLoS Pathogens, Journal of Virology, Veterinary Quarterly, Veterinary Research, Veterinary Microbiology 等 100 多个国际知名期刊引用，共被引用 232 次，其中他引 192 次，单篇最高他引 48 次。该项目 5 篇代表性论文得到美国、意大利、澳大利亚、匈牙利、法国、捷克、德国、瑞典、加拿大和荷兰等 14 个国家的相关研究机构和专家团队的高度评价与积极肯定。该项目培养博士研究生 28 人、硕士研究生 76 人，其中 2 人获陕西省优秀博士学位论文，5 人获西北农林科技大学优秀博士学位论文，7 人获西北农林科技大学优秀硕士学位论文。

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）

该项目在 PLoS Pathogens 等期刊共发表高水平学术论文 41 篇，授权国家发明专利 4 项。5 篇代表性论文被 Nature Immunology 等 100 多个国际知名期刊引用，他引 192 次，单篇最高他引 48 次，得到美国、意大利和澳大利亚等 14 个国家的相关研究机构和专家团队的高度评价与积极肯定。

（一）建立了猪重要病毒病病原-宿主互作关键因子筛选的理论方法和技术体系，发掘出病原-宿主互作关键因子 18 个，为多种病毒病的研究提供了重要的理论方法和技术支撑。

1. 美国纽约 Weill Cornell 医学院 Lorenzo Galluzzi 教授发表在 Nature Immunology (2022, 23(4):487-500) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 1 的研究成果，用以佐证“多数病毒蛋白均可抑制病原相关模式识别受体 PRR 的信号转导，这反映了病原体与宿主的共同进化压力，包括双链 RNA 感受器、双链 DNA 感受器以及对外来核酸做出反应的宿主转录因子 IRF3 和 IRF7”。

2.上海海洋大学徐田军教授发表在 PLoS Pathogens (2021, 17(3): e1009438) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 5 的研究成果, 认为“circRNAs 在先天免疫反应中的具有重要的调节作用, 其可通过靶向小鼠脂肪组织中的 miR-103/TRAF3 减轻线粒体自噬介导的炎症”。

3.香港大学 Kwok-Yung Yuen 教授发表在 Emerging Microbes & Infections (2020, 9(1): 733-746) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 5 的研究成果, 认为“RNA 病毒如 TGEV 感染可干扰 circRNA 的表达, 并且目前 TGEV 感染后的 circRNA 图谱分析是关键数据”。

(二)揭示了猪重要病毒病病原 - 宿主互作关键因子参与了调控病毒复制机制, 为深入探索病原 - 宿主互作调控病毒复制机制奠定了理论基础, 为新型疫苗研发提供了潜在的新靶点。

1.美国佛罗里达大学斯克里普斯生物医学研究所免疫学和微生物学系 Susana T. Valente 教授发表在 PNAS (2023, 120(1):e2217476120) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 2 的研究成果, 认为“该论文揭示的分子机制与其研究结果一致, p32 通过类似的富含精氨酸的基序 (24RRR26) 与猪圆环病毒 Cap 蛋白的 N 末端相互作用”。

2.浙江大学周继勇教授和顾金燕研究员在 Journal of Virology (2019, 93(3):e01899-18; 2022, 96(23):e0152222) 发表的 2 篇论文积极肯定并引用了代表性论文 4 的研究成果, 认为“泛素化参与了多种病毒的生命周期, 其中就包括 PCV2”。

3.德国 Friedrich-Alexander 大学临床和分子病毒学研究所 Manfred Marschall 教授发表在 Viruses (2020, 12(11):1322) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 2 的研究成果, 认为“p32/gC1qR 晶体结构的解析及其生化特性表明, p32/gC1qR 具有明显的二聚化、寡聚化能力, 并能与多种病毒蛋白相互作用, 因此它被推测为多组分 NEC 中的桥接因子, 并得到了独立报告数据的证实”。

(三)解析了猪重要病毒病病原 - 宿主互作关键因子在病毒致病过程中的作用及机制, 为深入探索病原 - 宿主互作调控病毒致病机制奠定了理论基础, 为猪的抗病育种提供了潜在的新靶点。

1.兰州大学郑海学研究员和中国农业大学李鑫教授分别发表在 *PLoS Pathogens* (2023, 19(2):e1011132; 2023, 19(9):e1011641) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 1 的研究成果,认为“为了抵消宿主的抗病毒反应并维持病毒复制,各种 DNA 病毒已经进化出拮抗 cGAS-STING 信号通路激活的机制,而 cGAS 位于 DNA 和 RNA 病毒传感网络的交叉点上”,“PCV2 感染通过 gC1qR 介导的磷脂酰肌醇-3-激酶 (PI3K) /AKT 信号通路引起猪 cGAS 的磷酸化,以消除 cGAS 催化活性,并促进 cGAS 泛素化降解”。

2.匈牙利布达佩斯兽医研究所 Krisztián Bánai 高级研究员发表在 *Veterinary Quarterly* (2023, 43(1):1-18) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 3 的研究成果,认为“基于细胞过表达试验发现 Cap 和 Rep 均可以拮抗宿主免疫应答”。

3.美国科罗拉多州立大学微生物学、免疫学和病理学系 Jeffrey Wilusz 教授发表在 *Wiley Interdisciplinary Reviews. RNA* (2020, 11(5):e1614) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 5 的研究成果,认为“下一代测序 (NGS) 显示,在 TGEV、IBV 和 SARS-CoV 感染后,数十种 miRNA 的表达出现差异,表达谱有增有减”。

(四)构建了基于猪重要病毒病病原-宿主关键因子互作位点的新型疫苗研发和抗病育种新靶点筛选的方法和技术,创制了一批猪重要病毒病新疫苗候选株和抗病育种新靶点细胞材料。

1.美国普林斯顿大学分子生物学系 Ileana M Cristea 教授发表在 *Cell* 子刊 *Trends in Biochemical Sciences* (2021, 46(10):832-847) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 2 的研究成果,认为“核复制病毒,包括杆状病毒和 PCV2,依赖于通过 S22 磷酸化的局部椎板破裂来有效产生病毒”。

2.浙江大学周继勇教授发表在 *Autophagy* (2022, 18(12):2781-2798) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 4 的研究成果,认为“泛素化在 PCV2 生命周期中发挥了重要作用”。

3.瑞典乌普萨拉大学医学生物化学和微生物学系 Tanel Punga 副教授发表在 *Viruses* (2020, 12(11):1322) 的论文积极肯定并引用了代表性论文 4 的研究成果,认为“pMKRN1 可诱导 PCV2 Cap 蛋白的泛素化和蛋白酶体降解,从而减少子代病毒的产生”。

五、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)

序号	论文专著名称	刊名	作者	年卷页码 (xx 年 xx 卷 xx 页)	发表时间 (年月日)	通讯作者 (含共同)	第一作者 (含共同)	国内作者	他引总次数	检索数据库	知识产权是否归国内所有
1	PCV2 targets cGAS to inhibit type I interferon induction to promote other DNA virus infection	PLOS Pathogens	Wang Zhenyu, Chen Jing, Wu Xingchen, Ma Dan, Zhang Xiaohua, Li Ruizhen, Han Cong, Liu Haixin, Yin Xiangrui, Du Qian, Tong Dewen, Huang Yong	2021 年 17 (9) 卷 e100994 0 页	2021 年 09 月 20 日	童德文, 黄勇	王振宇, 陈璟	王振宇, 陈璟, 武星辰, 马丹, 张小华, 李瑞珍, 韩聪, 刘海鑫, 尹祥瑞, 杜谦, 童德文, 黄勇	47	Web of science 和 CNKI 数据库	是

2	Cellular p32 Is a Critical Regulator of Porcine Circovirus Type 2 Nuclear Egress	Journal of Virology	Wang Tongtong, Du Qian, Niu Yingying, Zhang Xiaohua, Wang Zhenyu, Wu Xingchen, Yang Xuefeng, Zhao Xiaomin, Liu Shan-Lu, Tong Dewen, Huang Yong	2019 年 93(23) 卷 e00979-19 页	2019 年 11 月 13 日	童德文, 黄勇	王彤彤, 杜谦	王彤彤、杜谦、牛颖颖、张小华、王振宇、武星辰、杨雪枫、赵晓民、童德文、黄勇	26	Web of science 和 CNKI 数据库	是
3	Porcine Circovirus Type 2 Suppresses IL-12p40 Induction via Capsid/gC1qR-Mediated MicroRNAs and Signalings	Journal of Immunology	Du Qian, Wu Xingchen, Wang Tongtong, Yang Xuefeng, Wang Zhenyu, Niu Yingying, Zhao Xiaomin, Liu Shan-Lu,	2018 年 201(2) 卷 533-547 页	2018 年 07 月 15 日	童德文, 黄勇	杜谦, 武星辰, 王彤彤	杜谦、武星辰、王彤彤、杨雪枫、王振宇、牛	36	Web of science 和 CNKI 数据库	是

			Tong Dewen, Huang Yong					颖颖、赵晓民、童德文、黄勇			
4	Porcine MKRN1 Modulates the Replication and Pathogenesis of Porcine Circovirus Type 2 by Inducing Capsid Protein Ubiquitination and Degradation	Journal of Virology	Wang Tongtong, Du Qian, Wu Xingchen, Niu Yingying, Guan Lijuan, Wang Zhenyu, Zhao Xiaomin, Liu Shan-Lu, Tong Dewen, Huang Yong	2018 年 92(21) 卷 e01351-18 页	2018 年 06 月 01 日	童德文, 黄勇	王彤彤, 杜谦	王彤彤、杜谦、武星辰、牛颖颖、官丽娟、王振宇、赵晓民、童德文、黄勇	35	Web of science 和 CNKI 数据库	是
5	Differentially expressed non-coding RNAs induced by transmissible gastroenteritis virus potentially regulate inflammation	BMC Genomics	Ma Xuelian, Zhao Xiaomin, Zhang Zhichao, Guo Jianxiong, Guan	2018 年 19(1)卷 747 页	2018 年 10 月 12 日	童德文	马雪莲, 赵晓民	马雪莲、赵晓民、张智超、	48	Web of science 和 CNKI	是

and NF-κB pathway in porcine intestinal epithelial cell line		Lijuan, Li Juejun, Mi Mi, Huang Yong, Tong Dewen					郭建雄、官丽娟、李珏珺、米咪、黄勇、童德文	数据库	
--	--	--	--	--	--	--	-----------------------	-----	--

六、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
童德文	1	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责项目总体研究方案设计与组织实施
黄勇	2	院长/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	协助项目第1完成人组织实施有关猪圆环病毒病和猪细小病毒病等猪病研究
赵晓民	3	系主任/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	协助项目第1完成人实施有关猪传染性胃肠炎等猪病研究
杜谦	4	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	协助项目第1完成人实施有关猪圆环病毒病和猪细小病毒病等猪病研究
王彤彤	5	副教授	聊城大学/西北农林科技大学	协助项目第1完成人实施有关猪圆环病毒复制机制方面研究
王振宇	6	系副主任/副教授	安徽农业大学/西北农林科技大学	协助项目第1完成人实施有关猪圆环病毒致病机制方面研究

七、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	负责支撑项目的立项申报和经费争取；对项目的实施给予试验条件、设施、经费、人力、物资等方面的保障和支持。同时，负责项目进展总体管理，包括计划制订、实施、总结等的跟踪督促、检查，保证了项目任务顺利实施和目标的全面实现。

八、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	论文合著	童德文/1、黄勇/2	2011年04月至今	论文	代表性论文1、2、3、4、5
2	论文合著	童德文/1、赵晓民/3	2005年09月至今	论文	代表性论文2、3、4、5
3	论文合著	童德文/1、杜谦/4	2009年09月至今	论文	代表性论文1、2、3、4
4	论文合著	童德文/1、王彤彤/5	2014年9月至 2018年12月	论文	代表性论文2、3、4
5	论文合著	童德文/1、王振宇/6	2014年9月至 2022年6月	论文	代表性论文1、2、3、4

完成人合作关系说明（限1000字）

该项目第1、2、3、4完成人分别是童德文、黄勇、赵晓民、杜谦，均属于第1完成人童德文教授领衔的陕西省重点科技创新团队“动物重大疫病新型疫苗研发创新团队”的核心成员，在项目实施、学术论文发表和科技成果登记等方面进行了长期的合作。

该项目第2完成人黄勇教授于2011年加入“动物重大疫病新型疫苗研发创新团队”，从事该项目的相关研究工作。

该项目第3完成人赵晓民教授于2005~2012年攻读第1完成人童德文教授的硕士、博士研究生，在“动物重大疫病新型疫苗研发创新团队”从事该项目相关研究工作。

该项目第4完成人杜谦副教授于2009~2016年硕博连读攻读第1完成人童德文教授的博士研究生，于2016年毕业留校加入“动物重大疫病新型疫苗研发创新团队”从事该项目相关研究工作。

该项目第5完成人王彤彤副教授于2014~2018年攻读第1完成人童德文教授的博士研究生，从事该项目相关研究工作。

该项目第6完成人王振宇副教授于2014~2017年攻读第1完成人童德文教授的硕士研究生，于2017~2022年攻读第2完成人黄勇教授的博士研究生，从事该项目相关研究工作。

项目十五

一、项目名称：大宗秦药生态种植技术集成与应用

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：该项目针对目前中药材生产的耕地“非粮化”及中药材产业中不断涌现的连作障碍严重、林下中药材资源枯竭、生态环境恶化等严重制约全省中药材生产技术和药材质量提升等新问题，通过开展产业调研、试验研究与示范、集成生态种植技术体系、面向适生地区示范推广提升产业生产水平等技术措施，把研究集成技术在宝鸡、汉中、商洛、榆林、延安和渭南等地市推广应用，累计推广中药材生态种植面积 461.02 万亩，新增总纯收益 3769516.389 万元，新增总经济效益 2638434.472 万元；在调查研究、试验示范、借鉴先进经验，总结撰写并发表专业论文 49 篇；取得实用新型专利 6 项；出版专著 2 部；发布实施省级标准 1 项，发布实施市级标准 5 项；开展中药材培训班 1265 班次，培训技术骨干 1000 余名，培训种植户与企业人数 71600 人次；促进了陕西中药材产业安全高效生态化高质量发展。经济、社会、生态效益显著。

同意提名陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

以“开展三大方面试验研究+研究集成推广应用九大技术+实现了四大创新”为核心技术内容。一是开展了大宗秦药药材间套作栽培、轮作栽培、林下栽培、仿野生栽培、原生态种植等生态种植关键技术，大宗秦药肥料科学施肥集成技术和大宗秦药病虫草害绿色防控集成技术等三大方面试验研究。二是研究集成推广应用了柴胡和玉米、大豆、荞麦套种技术，“黄精（苍术、黄芩）—玉米”药粮生态复合套种技术，元胡—水稻轮作栽培技术，苹果园套种柴胡（板蓝根、黄芪）技术，重楼、小桃儿七仿野生、野生抚育栽培技术，酸枣、黄芪、天麻、连翘等原生态种植技术，陕西主栽中药材常见病虫害绿色防控提质增效技术，丹参生态高产栽培模式及配套技术，甘草、蒙古黄芪、桔梗肥料科学运筹技术和“黄芪羊”“柴胡鸡”种养沼一体循环模式技术等九大技术。三是实现了中药材复合种植模式、柴胡、苍术绿色防控减药增效技术、中药材节水减肥增效技术和中药材非药用部位最大化利用技术等四大创新。项目实际历时五年，推广应用三年，累计推广中药材生态种植面积 461.02 万亩，新增总纯收益 3769516.389 万元，新增总

经济效益 2638434.472 万元，取得了显著的经济、社会和生态效益，促进了陕西中药材产业安全高效生态化高质量发展。

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）

（一）评价意见

2023 年 12 月 29 日，陕西省园艺学会组织专家对西北农林科技大学等单位完成的“大宗秦药生态种植技术集成与应用”成果进行了评价。专家通过听取汇报、审阅相关资料、质询答疑，形成如下意见：1、资料齐全，数据详实，符合评价要求。2、研究集成了“柴胡-玉米（荞麦、大豆）”、“黄精（苍术、黄芩）-玉米”、“连翘-射干苗”、“水稻-元胡”、“苹果幼树-柴胡（丹参、板蓝根、黄芪）”、“花椒-柴胡”、重楼（小桃儿七）中药材 7 种生态种植模式。3、提出了柴胡（苍术）绿色防控增药增效技术、丹参节水减肥增效技术、黄芪（桔梗）测土配肥技术、中药材非药用部位最大化利用技术和“黄芪羊”“柴胡鸡”种养沼一体的循环利用技术。4、出版专著 2 部，获实用新型专利 4 件，制定技术标准 6 项，发表论文 49 篇。5、建立了“高校专家+技术人员+种植基地+农户”的一体化推广模式，近 3 年累计推广种植面积 461.02 万亩，总经济效益 263.84 亿元。

专家组一致认为，该成果技术集成创新与转化能力强，技术普及率高，推广方法与机制有创新，达到同类研究国内领先水平。

（二）科技查新

受西北农林科技大学化学与药学院杨维霞同志委托，依据委托人提供的检索词（见检索策略），对“陕西“秦药”生态种植技术集成与示范推广”项目进行查新，经过与本项目的技术要点对比，筛选出相关文献 89 篇。其中中文论文文献 82 篇，中文专利文献 5 项，中文科技成果文献 2 项。其中项目组成员文献 32 篇[3、16、17、29、39、40、44、50、63-82，84-87]。通过对相关文献的阅读、分析和比较，结论如下：

（1）关于丹参、天麻、元胡、黄芩、黄精、柴胡、华细辛等药材的生态种植技术研究有中文文献报道[1、2、10、12-16、18、19、21、22、24-31、35、37、43、45、49、52、55-62、69、70、88]，但其中丹参、柴胡、元胡、黄精仅局限于作物种植影响因素[1、29、30]，丹参、黄精仅限于单一种类种植技术[1、

31], 天麻、柴胡、元胡的套种模式的研究局限于湖北、陇东、河南地区[10、12、13、14、19、21、25]。但关于集成药粮间套作、复合套种, 药药间套作, 粮药水旱轮作, 林下种植, 仿野生栽培, 原生态种植等生态种植模式的研究未见相关中文文献报道。

(2) 关于柴胡、苍术、猪苓、元胡、黄精等药材栽培与防控措施的研究已有相关文献报道[5-7、9、11、17、20、32、44、46、47、50、51、53、54、60、62、64-67、71-77、79-81、83、89], 文献 3、64、66、75 为项目组文献, 介绍了丹参、华重楼、元胡的防控病害的研究。但关于集成陕西主栽中药材柴胡、苍术等病虫害绿色防控减药增效技术的研究未见相关中文文献报道。

(3) 对于“秦药”栽培, 以往研究长期使用化肥来促进作物生长, 但易造成土壤板结、农业污染等不良影响[3、8、33、38-40、53、82], 也有对猪苓、元胡、黄芩、连翘药材的高产化栽培的相关中文文献报道[4、23、34、36、42、48、78、84-86]。但关于集成丹参生态高产栽培模式及技术要点等化肥减施增效技术和甘草、蒙古黄芪、桔梗肥料科学运筹技术的研究未见相关中文文献报道。

(4) 关于中药材种植与其他产业结合的研究有相关文献报道。文献 41 介绍了山西省浑源县黄芪羊的生产现状与对策。但关于集成“种、养、沼”等技术为一体, 实现中药材非药用部位最大化利用的循环种植模式的研究未见相关中文文献报道。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

在项目区, 通过增强科研力量、建立核心示范基地、开展模式集成、召开示范现场会和技术培训等方式, 分别在商洛、宝鸡、渭南、咸阳、榆林、铜川、汉中等全省 50 多个县区建立了中药材生态种植示范基地, 累计推广中药材生态种植面积达 461.02 万亩, 新增总纯收益 3769516.389 万元, 总经济效益 2638434.472 万元。实现了中药材持续增产、减肥、减药、节本、提质、增效的目的。

通过试验示范与集成推广, 建立不同区域、不同茬口的中药材生态栽培技术模式, 提升中药材品质和产品市场竞争力, 带动当地农业农村经济发展, 助力乡村振兴。特别是中药材生态种植区域采用龙头企业带动, 贫困人员参与的形式, 提高贫困地区贫困户的经济收益, 在巩固脱贫攻坚成果、助力乡村振兴都发挥了重要作用, 为山区农民脱贫致富开辟了一条致富新路子。不仅能够提高农民的经济收入, 也能配合退耕还林工程。打造陕西道地中药材的市场品牌, 提高陕西中

药材在国际市场上的竞争力。项目实施期间，开展中药材培训班 1265 班次；培训技术骨干 1000 余名；培训种植户与企业人数 71600 人次；引起了社会关注，带动形成了一支由西北农林科技大学教授、省市药材专家、县级药材技术人员、乡村土专家、中药材生产与加工企业、合作社等多元化中药材技术推广与服务队伍，创建了一套适应新形势下的现代中药材产业技术体系推广模式，产生了良好的社会效益。

中药材种植主要在土壤相对瘠薄的地区，种植中药材改善了土壤生态条件和环境条件，同时，中药材种植可以减少水土流失，即中药材植物治沙措施，是防沙治沙最主要、最根本、最有效、应用最为普遍的措施。通过倡导生态栽培，减少化学肥药使用量，减少水土流失，减轻面源污染，提升农产品品质，从而达到中药材安全生产与生态保护有机结合。

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	实用新型专利	一种农业生产用种子消毒装置	中国	ZL 2020 2 0581253 .3	2021.3 . 16	第 12682464 号	侯成祥；包孜亚·达尼尔；张彩燕	侯成祥；包孜亚·达尼尔；张彩燕；张洪新
2	实用新型专利	一种农用害虫引诱装置	中国	ZL 2020 2 0768505 .5	2021. 6. 20	第 1280707 号	侯成祥；白志忠；郝利轩	侯成祥；白志忠；郝利轩；史天豪
3	实用新型专利	一种方便管理的黄精培育装置	中国	CN21765 7360U	2022. 10. 28	第 17663590 号	陕西锺长久中药材种植科技有限公司	王曼婧；孙越赟；陈洁等
4	实用新型专利	一种白鲜皮育种发芽装置	中国	ZL2022 2 1868309 .9	2022. 11. 25	第 17656738 号	陕西锺长久中药材种植科技有限公司	王曼婧；孙越赟；陈洁等
5	实用新型专利	一种北苍术育种恒温催芽装置	中国	CN21788 4414U	2022. 11. 25	第 17878534 号	陕西锺长久中药材种植科技有限公司	王曼婧；孙越赟；陈洁等
6	实用新型专利	一种天麻种子筛分装置	中国	CN21497 5521U	2021. 12. 03	第 14985812 号	王莹洁；李丹妮	王莹洁；李丹妮
7	省级标准	柴胡栽培技术规范	中国	DB 61/T 1525— 2021	2021. 12. 17	DB 61/T 1525— 2021	谭根堂；陈洁；王渭玲等	谭根堂；陈洁；王渭玲等
8	市级标准	药用大黄生产技术规程	中国	DB6107/ T36. 1-2 022	2022. 11. 3	DB6107/T 36. 1-202 2	镇巴县科技进步促进中心、汉中市农业技术推广与培训中心、陕西理工大学、汉中市食品药品监督检验检测中心	张建平、徐进、袁洪超等

9	论文	甘草产量及药用成分对氮磷钾肥的响应*	中国	2022, 36 (4): 136-140	2021. 11. 22	干旱区资源与环境	1. 西北农林科技大学 水土保持研究所; 2. 中国科学院水利部 水土保持研究所; 3. 陕西汉唐农业标准化研究院; 4. 西北农林科技大学; 5. 宝鸡市农业技术服务中心)	盛玉章 谢永生 王渭玲 骆汉 陈洁 邹衡
10	论文	汉中市平坝地区丹参栽培技术要点	中国	2021, 37 (8): 55-56	2021. 4. 12	经济作物	1. 陕西省汉中市农业技术推广中心; 2. 陕西省勉县农业技术推广中心	张建平 王莹洁 熊晓军 张雅秋 丁文 程岚

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
王渭玲	1	教授	西北农林科技大学	项目主持，组织项目实施，指导项目实施方案制定、试验示范技术指导、项目总结验收等。
陈洁	2	高级农艺师	宝鸡市农业技术推广服务中心	负责项目实施工作和技术方案制定，组织宝鸡市项目区试验示范和技术指导工作。
张建平	3	正高级农艺师	汉中市农业技术推广与培训中心	负责汉中市项目实施和技术制定、试验示范及技术指导工作。
杨维霞	4	副教授	西北农林科技大学	负责项目实施和技术方案制定、技术指导等工作。
王莹洁	5	农艺师	汉中市农业技术推广与培训中心	负责汉中市项目实施、试验示范和技术指导工作。
侯成祥	6	农艺师	榆林市横山区宽幅梯田建设服务中心	负责本区项目实施、试验示范和技术指导工作。
杨小强	7	高级农艺师	渭南市农业技术推广中心	负责渭南市项目实施和技术制定、试验示范及技术指导工作。
罗富平	8	高级农艺师	延安市园艺蚕桑工作站	负责延安市项目实施和技术制定、试验示范及技术指导工作。
曹鹏	9	技术员	子洲县种子与中药材推广中心	负责本县区项目实施、试验示范和技术指导工作。
张燕青	10	农艺师	宝鸡市农业技术推广服务中心	负责宝鸡市项目实施、数据整理分析以及技术指导等工作。

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	<p>通过增强科研力量、建立核心示范基地、开展模式集成、召开示范现场会和技术培训等方式，分别组织商洛、宝鸡、渭南、咸阳、榆林、铜川、汉中等全省中药材体系岗位专家、技术人员总结撰写并发表专业论文 49 篇；取得实用新型专利 6 项；出版专著 2 部；发布实施省级标准 1 项，发布实施市级标准 5 项；开展中药材培训班 1265 班次，培训技术骨干 1000 余名，培训种植户与企业人数 71600 人次；累计推广中药材生态种植面积达 461.02 万亩，新增总纯收益 3769516.389 万元，总经济效益 2638434.472 万元。</p>
宝鸡市农业技术推广服务中心	2	<p>在宝鸡市陈仓区、金台区、麟游县、凤翔区、岐山县等县区开展“柴胡—玉米（荞麦、大豆）”、“黄精（苍术、黄芩）—玉米”等药粮套种 38.74 万亩；“苹果—柴胡（丹参、板蓝根、黄芪）”、“花椒—柴胡”等药果套种 2.1 万亩；重楼、小桃儿七仿野生栽培 2.3 万亩；丹参生态高产栽培模式及技术要点等化肥减施增效技术和甘草、蒙古黄芪、桔梗等肥料科学运筹技术 4.2 万亩。3 年累计新增经济效益为 258756.49 万元。</p>
汉中市农业技术推广与培训中心	3	<p>在汉中市十县区实施大宗秦药生态种植技术集成与应用项目。3 年累计示范推广面积 180.91 万亩。其中开展水稻—元胡轮作 30.46 万亩；天麻、重楼等主要道地药材仿野生栽培 150.45 万亩。3 年累计新增经济效益为 1937136.58 万元。</p>
渭南市农业技术推广中心	4	<p>在渭南市 10 县区实施大宗秦药生态种植技术集成与应用项目，截止 2023 年 12 月，3 年累计示范推广面积 70.7 万亩。其中开展“柴胡—玉米”“黄精—玉米”“黄芩—玉米”套种模式 26.44 万亩，金银花、黄芩等主要栽培药材 44.26 万亩。3 年累计新增经济效益为 151927.71 万元。</p>
延安市园艺蚕桑工作站	5	<p>在延安市黄龙、子长、宜川、洛川、富县、黄陵、延川等 13 县（市、区）实施大宗秦药生态种植技术集成与应用项目，截止 2023 年 12 月，3 年累计示范推广面积 34.98 万亩。其中开展“柴胡—玉米”等药粮套种 11.27 万亩；“苹果—柴胡（板蓝根、黄芪）”“花椒—柴胡”等药果套种 6.58 万亩；黄芪、酸枣等原生态种植 17.13 万亩。3 年累计新增经济</p>

		效益为 59558.95 万元。
榆林市农业技术服务中心	6	在榆林市子洲、绥德、佳县、横山、靖边、神木、榆阳等县区实施大宗秦药生态种植技术集成与应用项目，截止 2023 年 12 月，3 年累计示范推广面积 57.34 万亩。其中开展“柴胡-玉米”药粮套种 5.2 万亩；“苹果-柴胡（远志、黄芩）”等果药套种 2.5 万亩，黄芪、酸枣、连翘等原生态种植 38.9 万亩；甘草、黄芩科学种植 10.74 万亩。3 年累计新增经济效益为 111491.43 万元。
商洛市农业科学研究所	7	在商洛市商州区、洛南县、丹凤县、商南县、山阳县、镇安县、柞水县等县区实施大宗秦药生态种植技术集成与应用项目，截止 2023 年 12 月，累计示范推广面积 58.25 万亩，其中开展“连翘-大豆”“柴胡-玉米”等药粮套种 1.5 万亩；“核桃-柴胡”等药果套种 0.5 万亩，天麻、猪苓仿野生栽培 0.68 万亩，丹参生态高产栽培模式及化肥减量增效等科学运筹技术 1.3 万亩，酸枣、连翘等原生态种植 21.27 万亩，黄芩、丹参等生态种植 33 万亩。3 年累计新增经济效益为 130949.64 万元。

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	王渭玲/1	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	省中药材产业体系专家组首席，论文、标准、应用证明等
2	技术合作	陈洁/2	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	省中药材产业体系专家组成员，论文、标准、专利、应用证明等
3	技术合作	张建平/3	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	省中药材产业体系专家组成员，论文、标准、专

					利、应用证明等
4	技术合作	杨维霞/4	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	省中药材产业体系专家组成员，论文、应用证明等
5	技术合作	王莹洁/5	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、标准、应用证明等
6	技术合作	侯成祥/6	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、专利、应用证明等
7	技术合作	杨小强/7	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、标准、应用证明等
8	技术合作	罗富平/8	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、标准、应用证明等
9	技术合作	曹 鹏/9	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、标准、应用证明等
10	技术合作	张燕青/10	五年	大宗秦药生态种植技术集成与应用	论文、标准、应用证明等

项目主要完成人王渭玲全面负责整个项目规划总体设计、统筹实施、技术规程编写、技术指导等工作，陈洁、张建平、杨维霞、王莹洁主要负责项目实施中的技术试验示范、规程编制、技术培训和指导等工作；杨小强、罗富平、侯成祥、曹鹏、张燕青为渭南、延安、榆林、宝鸡等地市的项目负责人，主要负责项目在渭南、延安、榆林、宝鸡的试验落实、数据分析和技术指导等工作。

项目十六

一、项目名称：耕地细碎化整治关键技术及应用

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：该成果推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目内容均符合陕西省科学技术奖励委员会工作办公室的填写要求。

粮食安全是“国之大者”，耕地是粮食生产的命根子。保障粮食安全关键在于实施“藏粮于地、藏粮于技”战略。相较于传统耕地整治侧重于土地平整、田间道路、农田水利和防护林网等农田工程建设，产权重组、土地流转、农田工程建设、生态修复和土壤改良等融合的耕地细碎化整治创新技术模式是促进耕地利用转型的重要途径。该项目自从2013年开始，历时10余年研制了支撑农业现代化的耕地细碎化整治系列关键技术，具体包括：（1）构建了耕地细碎化整治技术的理论框架，阐明了细碎化视角下耕地利用系统空间重组优化的科学机理。（2）提出解决耕地细碎化问题的耕地细碎化整治技术模式（耕地利用系统空间重组技术模式），也是产权改革、土地流转、农田工程建设、生态修复与经营管理的有机融合技术模式。（3）创新构建多尺度多维度全过程综合评价技术方法，针对不同耕地细碎化整治模式的多尺度多维度和全过程经济、社会、生态多维实施效果进行综合评价。截至2023年12月，该成果在陕西、广西等地区耕地细碎化整治、高标准农田建设中已取得了显著的经济、社会和生态效益。

对照陕西省科学技术奖授奖条件，推荐该成果申报2024年度陕西省科学技术奖。**推荐该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。**

三、项目简介：

党的二十大报告和2024年中央一号文件提出，要牢牢守住十八亿亩耕地红线，逐步把永久基本农田全部建成高标准农田。面对国际贸易、新冠疫情和极端气候等诸多不确定性因素，耕地资源利用与保护被提到前所未有的高度。2023年中央一号文件明确提出总结地方“小田并大田”等经验，探索在农民自愿前提下，结合农田建设、土地整治逐步解决细碎化问题。2023年7月出台的《农业农村部关于稳妥开展解决承包地细碎化问题试点工作的指导意见》进一步指出通过“小田并大田”试点因地制宜探索承包地细碎化治理路径。相较于传统耕地细碎化治理/整治侧重于土地平整、田间道路、农田水利与防护林网等工程措施，

对地力提升考虑不足，忽视产权重组，未能与土地流转有效统筹，导致农田建设工程不能有效发挥作用。耕地细碎化整治是一项系统工程，涉及田间工程、地力提升、生态修复、地块连片、规模经营等复杂问题，亟待开展地理学、土壤学、农学、农田水利、农业经济等多学科集成创新研究，以构建农业现代化、极端气候、“双碳”战略等多目标叠加多学科交叉的耕地细碎化整治理论、技术体系与效果评价攻关创新，为“藏粮于地、藏粮于技”战略提供新的重要手段。

在国家自然科学基金青年项目、中国博士后科学基金特别资助项目、陕西省科学技术厅软科学研究计划一般项目、陕西省哲学社会科学基金重点项目等支持下，项目组围绕细碎化视角下耕地利用系统空间重组优化、耕地细碎化整治技术融合、不同模式的多尺度多维度全过程综合评价技术方法展开了研究，形成以“重组→融合→评价”为主线的耕地细碎化整治系列关键技术方法。

(1) 构建了耕地细碎化整治技术的技术理论框架，阐明了细碎化视角下耕地利用系统空间重组优化的科学机理。基于系统论，从细碎化视角，揭示“细碎化—耕地利用系统—产量差/效率差/成本差”的影响机制与传导过程，构建“包产到户之初细碎化及耕地利用系统要素与系统环境相适应—随着生产力发展不适应—空间重组后重新适应”理论框架。基于这一框架，提出控制调整耕地细碎化这一关键要素，以促进耕地利用系统优化，使系统要素与系统环境协调匹配，实现“增加产量、提高效率、降低成本”的耕地利用目标。“空间重组”优化，是在既定社会经济发展等系统环境条件下的细碎化与耕地利用系统要素的优化与协调，即通过调整地块空间位置而调整生产关系，促进生产关系与生产力的重新协调适应。

(2) 提出解决耕地细碎化问题的耕地细碎化整治技术模式（耕地利用系统空间重组技术模式），也是产权改革、土地流转、农田建设、生态修复与经营管理的有机融合技术模式。基于以往工程标准，制定不同地区土地平整、灌溉排水、田间道路、生态修复与经营管理等耕地细碎化整治标准，识别不同地区耕地系统化整治短板，合理确定技术组合的优先顺序。对耕地细碎化整治模式进行系统研究，探索形成了模式研究的“背景、起源、形成、实施、评价、改进”闭环范式。结合不同区域地貌特征、土壤类型、降水条件、经营特征、人地关系等现实情况，从全产业链视角和功能单元理论出发，形成不同生态区“高产、高效、绿色”目

标下的耕地细碎化整治的技术体系。研制形成了广西“小块并大块”、新疆玛纳斯县群众自主式“互换并地”整治技术模式、陕西“一户一田、一组一田、一村一田”等耕地细碎化整治多主体协同整治技术模式。

(3) 创新构建多尺度多维度全过程综合评价技术方法，针对不同耕地细碎化整治模式的多尺度多维度 and 全过程实施效果进行综合评价。针对不同模式，集成宏观尺度评价的横向环节优势和微观尺度的案例评价的纵向立体过程优势，构建一套“省域-县域-村域-项目区-地块”多尺度、“经济-社会-生态”多维度效益、“选址-规划-设计-实施-利用-管护”全过程的评价方法，从对农业收入的直接影响和对非农就业的间接影响等多方面，系统开展我国广西、新疆、陕西、河南等不同自然资源禀赋和经济发展阶段下耕地细碎化整治的实施综合效果，显著推动我国农田建设绩效评价与管理。以广西“小块并大块”耕地整治、新疆玛纳斯县群众自主式“互换并地”、陕北榆林市榆阳区“一户一田、一组一田、一村一田”农村集体产权制度改革等为案例和对象，从改革背景、经验做法、模式机制、实施条件、实施主体、多源保障等微观路径方面，提出农民、合作社、企业、政府及职能部门多主体协同的双层经营体制创新与农田建设融合模式微观创新路径，推动小农户与现代农业发展有机衔接的创新路径，助推高标准农田建设和农业现代化发展。

依托以上学术思想、技术模式和方法体系，在 *Land Use Policy*、农业工程学报、中国土地科学、经济地理等国内外杂志发表高水平论文，产出了专利、著作和标准等成果。荣获陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖、陕西省改革发展研究会优秀科研成果奖等奖励，主持完成的陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目优秀结项。研究成果有效支撑了陕西、广西等耕地细碎化整治，效果显著。该成果在广西及陕西榆林市、宝鸡市、咸阳市、汉中市、商洛市等耕地细碎化整治、高标准农田建设中已取得了显著的经济与社会效益，有效实现了耕地适度规模经营，提高了农业生产效率，促进农业现代化发展与劳动力转移，带动了农民增收致富，助推乡村振兴。

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）

截至到 2024 年 7 月 1 日，论文《A company-dominated pattern of land consolidation to solve land fragmentation problem and its effectiveness evaluation: A

case study in a hilly region of Guangxi Autonomous Region, Southwest China》共被引用 30 次，其中自引 3 次，他引 27 次。论文《陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价》共被引用 45 次，其中自引 3 次，他引 42 次。论文《广西农民自主型细碎化耕地归并整治模式及效果评价》共被引用 42 次，其中自引 7 次，他引 35 次。论文《群众自主式土地整治模式及其效应研究——以新疆玛纳斯县三岔坪村为例》共被引用 57 次，其中自引 7 次，他引 50 次。论文《基于耕作地块调查的土地整理规划设计——以太康县王盘村为例》共被引用 43 次，其中自引 6 次，他引 37 次。

该成果包括的十项知识产权以及完成人团队在耕地整治领域取得的其他成果得到了同行专家肯定，已经获得多项科研荣誉与奖励。其中该成果十项知识产权支撑获得的荣誉奖励包括：

(1) 中国博士后科学基金会，中国博士后科学基金特别资助项目，2019T120959，陕北不同耕地细碎化整治模式绩效差异与质量提升路径，2019-06 治 2020-06，15 万元，已结题，主持

(2) 陕西省科学技术厅，陕西省创新能力支撑计划-软科学研究计划一般项目，2018KRM003，耕地细碎化治理模式及其减贫效应研究-以陕西榆林市榆阳区为例，2018-07 至 2019-06，5 万元，已结题，主持

(3) 广西壮族自治区自然资源厅，广西自然资源厅 2018 年重大研究课题，GXZC2018-G3-17920-JGYZ-G，广西小块并大块耕地整治理论与实践研究，2018-09 至 2018-12，28.6 万元，已结题，主持

(4) 陕西省社会科学界联合会，陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目，XS—354，疫情冲击下陕西省粮食安全系统风险研判与对策，2020-09 至 2021-10，已结题，主持

(5) 小农户与现代农业发展有机衔接路径：陕北“一组一田”创新模式，陕西省改革发展研究会，陕西省改革发展研究会优秀科研成果奖，优秀奖，2019 (张蚌蚌；刘亚飞；赵敏娟)。

(6) 耕地细碎化整治的理论模式与效果评价，陕西省教育厅，陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖，一等奖，2023 (张蚌蚌；孔祥斌；牛文浩；柴朝卿；田文苗；胡颖；左旭阳；陈海滨；段文凯；王数；张义凡)。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

该研究相关成果先后被广西国土资源规划设计集团有限公司、榆林市农业农村局、榆阳区农业农村局、延安市农业农村局等单位采纳，在广西和陕西省土地整治和高标农田建设中得到了很好的应用，产生较高的经济效益和社会价值，有效解决了零碎田块耕地保护难题，支持了农业现代化发展。耕地细碎化整治后，地块成片集中，高效利用，便于规模化耕作。同时，带动促进农民就业和农民增收，实现小农户和现代农业发展有机衔接，促进乡村振兴战略实施。鼓励新型农业经营主体投资耕地质量建设，促进多元化进行农业基础设施投资，促进农业现代化。广西“小块并大块”、“双高”基地建设等耕地细碎化整治技术模式在广西大范围推广应用，通过水利化、灌溉化、机械化、平整化等节本增效措施，促进农户减肥减药节水，有效降低耕地水土流失，促进耕地生态保护。同时，该成果在陕西榆林市、延安市、宝鸡市、咸阳市等市县耕地细碎化整治、高标准农田建设中得到了很好的推广应用，已取得了显著的经济、社会与生态效益，有效实现了耕地适度规模经营，提高了农业生产效率，促进农业现代化发展与劳动力转移，带动了农民增收致富，助推乡村振兴。

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	授权发明专利	利用超富集植物雪里蕻修复重金属污染土壤或水体的方法	南非	2021/07676	2021-12-22		西北农林科技大学	张增强、李荣华、沈锋、王萍、张含
2	实用新型专利	一种防止药物飘散的农田污染修复设备	中国	CN 214813580 U	2021-11-23	14810880	西安锦华生态技术有限公司	王梦珂, 沈锋, 姜义亮, 李国仁, 雷城英
3	实用新型专利	一种高质量定位采集大田土壤的无人机设备	中国	CN 211235028 U	2020-08-11	11218611	西安锦华生态技术有限公司	王梦珂, 雷城英, 姜义亮, 李国仁, 沈锋
4	标准规范	“杨凌农科”农业科技服务 耕地土壤重金属污染修复技术规范	中国	T/YL NK 34-2020	2020-10-21		杨凌土壤改良与修复技术产业联盟	张增强, 李荣华, 沈锋, 肖然, 米深深, 任春燕, 王梦珂, 雷城英

5	著作	细碎化视角下耕地利用系统空间重组优化理论、模式与路径	中国	ISBN 978-7-109-27978-0	2021-02-01		张蚌蚌,孔祥斌	张蚌蚌,孔祥斌
6	论文	A company-dominated pattern of land consolidation to solve land fragmentation problem and its effectiveness evaluation: A case study in a hilly region of Guangxi Autonomous Region, Southwest China	中国	DOI: 10.1016/j.landusopol.2019.104115	2019-11-21		Zhang B, Niu W, Ma L, Zuo X, Kong X, Chen H, Zhang Y, Chen W, Zhao M, Xia X	Zhang B, Niu W, Ma L, Zuo X, Kong X, Chen H, Zhang Y, Chen W, Zhao M, Xia X
7	论文	陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价	中国	doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2020.15.004	2020-08-08		张蚌蚌, 郭芬, 黄丹, 王浩阳, 牛文浩, 陈海滨, 孔祥斌, 郟文聚	张蚌蚌, 郭芬, 黄丹, 王浩阳, 牛文浩, 陈海滨, 孔祥斌, 郟文聚
8	论文	广西农民自主型细碎化耕地归并整治模式及效果评价	中国	doi: 10.11975/j.issn.1002-6819.2019.09.032	2019-05-08		张蚌蚌, 牛文浩, 左旭阳, 孔祥斌, 郟文聚, 陈海滨	张蚌蚌, 牛文浩, 左旭阳, 孔祥斌, 郟文聚, 陈海滨
9	论文	基于耕作地块调查的土地整理规划设计——以太康县王盘村为例	中国	DOI: 10.13708/j.cnki.cn11-2640.2013.10.014	2013-10-15		张蚌蚌, 王数, 张凤荣, 徐艳, 郟文聚, 孔祥斌	张蚌蚌, 王数, 张凤荣, 徐艳, 郟文聚, 孔祥斌
10	论文	群众自主式土地整治模式及其效应研究——以新疆玛纳斯县三岔坪村为例	中国	DOI: 10.15957/j.cnki.jjdl.2013.05.021	2013-05-26		张蚌蚌, 王数	张蚌蚌, 王数

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
张蚌蚌	1	副教授	西北农林科技大学	该项目负责人，从总体上进行项目技术的整体设计和持续协同攻关创新，参加耕地细碎化整治相关研究，对理论和模式创新具有贡献。对成果创新点（1）-（3）均具有实质性贡献。
穆伟航	2	副院长/高级工程师	陕西省现代农业科学研究院	参加耕地细碎化整治相关研究，对模式创新和效果评价具有贡献。对成果所列创新点（1）-（2）均具有实质性贡献。
申鹏飞	3	设计二室主任/高级经济师	陕西省现代农业科学研究院	参加耕地细碎化整治相关研究，对技术模式实施效果评价创新具有贡献。对成果所列创新点（3）具有实质性贡献。
沈锋	4	总经理/工程师	杨凌锦华生态技术股份有限公司	参加耕地细碎化整治相关研究，对技术模式创新具有贡献。对成果所列创新点（2）具有实质性贡献。
孔祥斌	5	教授	中国农业大学	参加耕地细碎化整治相关研究，对理论和技术模式创新具有贡献。对成果创新点（1）具有实质性贡献。
胡颖	6	工程师	广西壮族自治区自然资源生态修复中心	参加广西省的耕地细碎化整治相关研究，对技术模式效果评价创新具有贡献。对成果创新点（3）均具有实质性贡献
谷申杰	7	处长/	西北农林科技大学	参加耕地细碎化整治相关研究，对技术模式研发具有贡献。对成果创新点（2）具有实质性贡献。
吕霞	8	董事长/未评定	陕西汉唐农业科技集团有限公司	参加耕地细碎化整治相关研究，对技术模式效果评价创新具有贡献。对成果创新点（3）具有实质性贡献。
王伟	9	中级经济师	榆林市合作经济与改革指导中心	参加陕西省榆林市的耕地细碎化整治相关研究，对理论创新具有贡献。对成果创新点（2）均具有实质性贡献
夏显力	10	教授	西北农林科技大学	参加耕地细碎化整治相关研究，对理论和模式创新具有贡献。对成果创新点（2）均具有实质性贡献。

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	西北农林科技大学作为组织单位为该项目的实施提供了必要的资金、人员保障，以及项目的申报、验收鉴定等服务。对耕地细碎化整治的

		技术理论框架、技术模式和和效果评价方法体系等成果的形成，具有整体性创新贡献。
陕西省现代农业科学研究院	2	陕西省现代农业科学研究院作为该项目的主要参与单位，参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治的技术模式创新研发，尤其结合陕西省高标准农田建设规划设计方案编制，进行了技术模式的推广和应用。
杨凌锦华生态技术股份有限公司	3	杨凌锦华生态技术股份有限公司作为该项目的主要参与单位，参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治中的生态修复技术和土壤地力提升等技术模式进行了研发，有力支撑了项目成果的推广应用。
中国农业大学	4	中国农业大学作为该项目的主要参与单位，与第一完成单位有着长期紧密的合作，全程参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治的理论和模式创新。
广西壮族自治区自然资源生态修复中心	5	广西壮族自治区自然资源生态修复中心为该项目的主要参与单位，参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治的技术模式创新和实施效果评价，尤其对广西小块并大块耕地整治细碎化整治模式、“双高”基地建设模式等进行了研制和推广应用。
陕西汉唐农业科技集团有限公司	6	陕西汉唐农业科技集团有限公司为该项目的主要参与单位，参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治技术模式研发及示范应用。
榆林市合作经济与改革指导中心	7	榆林市合作经济与改革指导中心为该项目的主要参与单位，参与了本项目的相关研究，主要负责耕地细碎化整治中的产权改革、土地流转相关技术模式研发，配套农田工程，形成融合创新模式。

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	技术模式研发与规划编制合作	穆伟航/2	2017.09-2023.12	技术模式研发，高标准农田规划编制	技术模式研发与规划编制合作
2	技术模式研发与规划编制合作	申鹏飞/3	2017.09-2023.12	技术模式研发，高标准农田规划编制	技术模式研发与规划编制合作
3	技术模式研发合作	沈锋/4	2017.09-2023.12	耕地细碎化整治中的生态修复和地力提升技术模式研发	技术模式研发合作
4	论文合著	孔祥斌/5	2010.01-2023.12	专著《细碎化视角下	论文合著

				耕地利用系统空间重组优化理论、模式与路径》，论文《陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价》等。	
5	共同获奖	胡颖/6	2017.09-2023.12	共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖（2023.4）	共同获奖
6	项目合作	谷申杰/7	2017.09-2023.12	合作完成杨凌示范区科技计划项目，杨凌示范区农业科技创新和示范推广“十四五”规划研究	项目合作
7	技术模式研发合作	吕霞/8	2017.09-2023.12	耕地细碎化整治水肥一体化相关技术模式研发	技术模式研发合作
8	论文合著	王伟/9	2017.09-2023.12	论文《“一户一田”耕地细碎化治理对农户收入的影响机制——基于陕西省榆阳区农户数据的实证》	论文合著
9	项目合作 论文合著	夏显力/10	2017.09-2023.12	合作完成陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目（编号 XS-354） Land Use Policy 文章合著	项目合作 文章合著

完成人合作关系说明（限 1000 字）

张蚌蚌与穆伟航合作进行了耕地细碎化整治技术模式研发，陕西省高标准农田建设规划编制，合作研发了陕西省高标准农田建设技术模式，并在陕西推广和应用。

张蚌蚌与申鹏飞合作进行了耕地细碎化整治技术模式研发，合作研发了陕西省高标准农田建设技术模式，并在陕西推广和应用。

张蚌蚌与沈锋合作进行了耕地细碎化整治的生态修复和地力提升技术模式研发，并在陕西推广和应用。

张蚌蚌与孔祥斌合作发表专著《细碎化视角下耕地利用系统空间重组优化理论、模式与路径》和论文《陕北“一户一田”和“一组一田”耕地细碎化整治模式与绩效评价》；共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖（2023.4）等。

张蚌蚌与胡颖合研制了广西“小块并大块”耕地整治技术模式；共同获得陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖（2023.4）。

张蚌蚌与谷申杰合完成了杨凌示范区农业科技创新和转化推广局的杨凌示范区科技计划项目，杨凌示范区农业科技创新和示范推广“十四五”规划研究，促进耕地细碎化整治技术在耕地保护和耕地质量提升中的应用。

张蚌蚌与吕霞合作进行了耕地细碎化整治水肥一体化相关技术模式研发，并在陕西推广和应用。

张蚌蚌与王伟合作论文《The Theoretical Approach and Practice of Farmland Rights System Reform from Decentralization to Centralization Promoting Agricultural Modernization: Evidence from Yuyang District in Shaanxi, China》，耕地细碎化整治中的产权改革、土地流转相关技术模式研发，配套农田工程，形成融合创新模式。

张蚌蚌与夏显力合作完成了合作完成陕西省哲学社会科学重大理论与现实问题研究项目（编号 XS-354）“疫情冲击下陕西省粮食安全系统风险研判与对策”，推动了耕地细碎化整治技术的推广和应用；进行了 Land Use Policy 期刊的论文合作
“ A company-dominated pattern of land consolidation to solve land fragmentation problem and its effectiveness evaluation: A case study in a hilly region of Guangxi Autonomous Region, Southwest China.”

项目十七

一、项目名称：功能特色乳粉质量安全控制关键技术创新与应用

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：该项目以特色乳粉加工安全控制技术为核心，利用陕西省羊乳优势资源，主要对乳粉加工过程中的微生物危害、化学危害、生产技术提升等方面进行研究，关键技术集中于乳粉安全、功能性乳成分制备以及新型益生菌益生元的应用等。解决了羊乳粉生产过程中安全因子不明确、产品质量不稳定、检测技术缺乏等问题，成功应用于羊乳粉加工产品中，在功能羊乳粉产品开发方面形成新技术及新产品。**提名该项目为陕西省 2024 年度科技进步奖一等奖。**

三、项目简介：

乳制品行业是践行“健康中国”战略不可或缺的支柱产业。近年来，以羊乳粉为代表的功能特色乳粉消费规模逐年扩大，然而，与牛乳粉相比，还存在安全影响因子不明、快速检测技术缺乏、控制体系不完善、加工技术针对性不强等问题。聚焦上述问题，项目团队以羊乳粉等功能特色乳粉为研究对象，建立了生鲜乳收检、储运、加工过程控制、质量检测等安全控制技术体系，建立了 LED 杀菌等新技术，推动乳粉质量安全保障；建立了乳酸菌资源库，创建了新益生元制备方法，明晰了功能益生菌缓解肥胖等分子机制，发现了水法制备果胶的健康新效应及其分子机制，评价了水苏糖作为婴配粉配料的可行性，建立了功能乳粉营养评价体系，开发了新型功能乳粉，在陕西和浙江等多家企业进行了应用和推广。项目所完成的技术创新点主要有以下五个方面：

（1）明晰了乳及乳粉生产过程中食源性致病菌的分子流行特征

围绕乳粉生产中的食源性致病菌污染问题，系统开展了对农场、加工环节和成品中革兰氏阳性菌（蜡样芽孢杆菌、金黄色葡萄球菌等）和革兰氏阴性菌（阪崎杆菌、沙门氏菌等）的污染监测，明确了不同农场、加工环节、贮藏温度、采样季节食源性致病菌的流行状况，提出乳品加工及储藏过程中污染关键环节，建立了系列快速检测方法，制定了沙门氏菌等常见菌株和质粒的国家标准样品；从基因、细胞和动物水平研究了致病菌随着时间推移和环境变化的遗传机制和进化途径，探明了毒力和耐药基因转移方式，阐释了菌株毒力和致病性间的关系。探索了致病菌在不同的加工环境和不同原料中的生长规律，采用 APD、MLST 技

术对分离株进行基因分型，结合多组学分析，通过菌株形态、生物膜形成能力、生长动力学差异和环境耐受能力分析，揭示致病分离株的基因进化关系及潜在的污染途径，阐明菌株在乳粉中的存活机制，为乳粉中病原微生物的分子溯源和防控提供基础。

(2) 开发了原料乳和乳粉中关键危害因子快速检测技术

针对乳粉加工过程中存在的主要生物性危害因子（阪崎克罗诺杆菌、蜡样芽孢杆菌等）和化学性危害因子（高氯酸盐、塑化剂等）开发快速检测新方法。针对食源性致病菌检测中特异性不强、灵敏度低和应用范围窄等难题，综合利用荧光技术、免疫分析法、信号放大技术、双通道检测等方法建立了不同类型的快速检测体系，解析其检测机制；同时，围绕不同致病菌的特性，研发了基于纳米材料的多种快速免疫分析试纸条，其检测效果均显著优于国标分析方法，其中 *E. coli* O157:H7 的检出限可低至 3 CFU/mL，检测时间可缩短至 5 分钟内。针对乳品中兽药残留检测中面临的实际问题，特别是针对四环素、土霉素、强力霉素传统分析方法中存在的检测特异性不强、灵敏性低和应用范围窄等难题，综合利用纳米荧光技术和免疫分析法等方法建立了不同类型免疫试纸快速检测体系。其中，荧光检测法对四环素、土霉素和强力霉素的检出限分别低至 2.4、1.6 和 7.2 nM；免疫检测法将对四环素的检测限低至 0.045 ng/mL。

(3) 建立了乳及乳粉中关键危害因子控制技术

开发了乳粉中关键致病菌的控制技术，以阪崎克罗诺杆菌为例，建立了天然活性物质对浮游、粘附、生物被膜态的乳品中阪崎克罗诺杆菌的“三态一体”综合控制方法，从仅聚焦菌体细胞膜通透性变化转化为构建天然物质作用菌体多靶点（细胞形态、细胞壁膜、毒力基因、关键蛋白等）新方法，提出了污染状况和分离株的 ST 型优化蜡样芽孢杆菌工厂防控技术。围绕乳品中的关键致病菌（金黄色葡萄球菌、阪崎肠杆菌、单增李斯特菌等），系统评价了 LED 杀菌技术的杀菌效果及对乳粉营养感官品质的影响，创建了婴配乳粉低温 LED 杀菌新方法，创建了低温 LED 杀菌新装备。

(4) 挖掘了本土功能乳酸菌，探索了其健康效应的分子机制

针对乳酸菌资源开发不足的问题，从传统乳制品中分离获得乳酸菌菌株，建立了西部地区发酵食品乳酸菌菌种资源库。利用现代分子生物学技术、色谱技术、

基因工程技术等方法，对乳酸菌活性产物和健康功能进行了系统研究，构建了乳酸菌的基因编辑和合成生物学平台；更新了细菌素只能抑制近源微生物的传统观念，为细菌素家族增加了新种类；探索了多产细菌素鼠李糖乳杆菌 LS8 等乳酸菌菌株缓解肥胖、缓解结肠炎（癌）的健康效应；建立了利用农业和农产品加工副产物亚临界水预处理液培养乳酸菌的新技术。

（5）创建了水法制备益生元的新方法，发现了益生元健康效应新机制

创建了亚临界水制备苹果渣果胶的新方法，果胶得率可达 17.5%；分离纯化了制备所得果胶组分，表征和解析了其微观特性和结构；亚临界水制备果胶可显著缓解结肠癌（炎）小鼠病理指标，肠道菌群中抗炎活性菌群增殖，显著增加了短链脂肪酸含量，增加 Claudin-1、ZO-1 或 Occludin 的表达量，降低 BAX/Bcl-2 等凋亡相关蛋白表达，调节血清和炎症部位的炎症因子（TNF- α 和 IL-1 β ）的分布，维持肠道免疫稳态（IgM），降低炎症因子对结肠部位的炎症浸润。深入研究了水苏糖调控改善抗生素引起的肠道损伤和危害的作用机制，发现了水苏糖可显著促进移植婴儿粪便后的无菌小鼠肠道内的有益菌群的相对丰度，为水苏糖作为婴幼儿食品选择性配料提供了依据。

（6）建立了功能乳粉营养评价体系，开发了多款功能产品

围绕乳粉生产面临的产品营养评价与研发设计等问题，利用氨基酸分析评价法、脂肪酸最优值距离法、马氏距离法等方法构建婴配食品多指标体系的营养评价体系，对不同基料和品牌的婴幼儿配方奶粉的宏量营养素（蛋白质、脂肪和碳水化合物）及微量营养素（维生素、矿物质）含量进行科学评价，以此为基础，论证婴幼儿配方奶粉配方注册的科学性、安全性。根据不同人群的营养需求，开发针对于儿童、女士、中老年等的功能性配方奶粉，研究原辅料选择、营养平衡分析、稳定性研究、风味和配方定型，为企业配方奶粉的开发及优化提供参考依据。

四、客观评价：

荷兰皇家科学院院士 Oscar Kuipers 教授评价：该项目基于全链条多场景的乳粉加工生物危害因子和化学危害因子，建立了快速检测和控制技术，提高了乳粉生产效率，降低了食品安全事故发生率，保障了乳制品安全。澳大利亚墨尔本皇家理工大学副校长 Charles Brennen 评价到：该项目从分子层面建立了部分微营

养组分的分析方法，开发了酶解定向切割关键技术，制备了具有抗蛋白过敏的活性小肽并应用于乳粉加工。项目针对羊乳等特色原料，进行了产品营养素设计值和标签值的确定、原料相关营养数据研究、营养素在生产过程中和货架期衰减研究，开发了多款功能性乳粉。

以“乳酸菌 (Lactic acid bacteria)”和“细菌素 (bacteriocin)”为关键词，本项目团队发表论文在全球 600 余家机构中排名第 13 位，国内第 1 位，以多产细菌素的 *Lactobacillus crustorum* 为关键词，本团队发文量和被引频次居全球第 1。其中细菌素的挖掘、纯化方法和抗菌机制的研究成果被 40 多种国际期刊所引用。马来西亚普特拉大学 F.W. Faizal Wong 教授评价该研究时指出“该研究突出了细菌素的重要性和价值” (Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 2018, 58(14): 2453-2465)。俄罗斯喀山国立大学 Airat R. Kayumov 教授描述本成果“基于蛋白质组学数据的抗菌肽筛选方法大大简化了细菌素筛选流程” (The Protein Journal, 2020, 39(1): 73-84)。巴西维索萨联邦大学的 Luis A. Nero 教授描述相关成果“BM1157 能够通过生物膜抑制和细胞膜穿孔效应杀灭牛奶中的李斯特菌，具有可观的应用前景” (Molecular Biotechnology, 2018, 60:712 - 726)。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

项目成果已应用于贝因美股份有限公司和陕西和氏乳业有限公司等多家乳品企业，为保障奶粉生产质量，有效检测和控制生物性和化学性危害因子提供了技术支撑，并开发了系列功能乳粉。

项目组积极推广成果，累计在省内外 8 家乳企得到应用，产品包括婴幼儿配方乳粉、成人乳粉、老年人乳粉等，累计生产乳粉 80000 吨，相关技术的应用实现销售收入 40 亿元，产生直接经济效益约 5 亿元。

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	一种抗蛋白过敏及营养婴儿配方奶粉	中国	ZL201010272101.6.	2013.04.13	1173359	贝因美(杭州)食品研究院有限公司	何光华，尤玉如，储小军，肖

								功年， 华家才，刘士旺
2	发明专利	面包乳杆菌、抗菌肽及其应用	中国	ZL2017 101576 33.7	2020.11. 06	4080901	西北农林科技大学	吕欣， 易兰花
3	发明专利	一种婴幼儿奶粉氧化稳定性的检测方法	中国	ZL2017 110796 36.X	2021/7/1 3	ZL201711 079636.X	贝因美股份有限公司、贝因美（杭州）食品研究院有限公司	庄必文、李归浦、何光华、缪小静、储小军
4	发明专利	一种新鲜牛羊乳湿掺定性检测鉴定方法	中国	ZL2017 111823 88.1	2020.7.2 8	ZL201711 182388.1	西北农林科技大学	葛武鹏;曹斌云;王智;陈瑛;梁秀珍;杨保伟;郭春锋 郗梦露;杨娜
5	实用新型	一种羊乳抗疲劳肽的制备装置	中国	ZL. 202121 611503 .4	2022.02.0 1	ZL. 20212161 1503.4	西北农林科技大学	葛武鹏;霍振泉;康鹏;

								张艳; 张佳 莹; 吕 欣; 王 爽爽; 王海 燕; 张 曦美; 张永金
6	标准	含氟喹诺酮类抗生素耐药基因 <i>qnrB</i> 质粒定性标准样品	中国	GSB 11-404 1-2022	2022 年	GSB 11-4041-2 022	杨保伟	杨保伟
7	发明专利	一种苹果渣中果胶的提取、分离方法	中国	ZL2010 102162 03.6	2011-12- 14	ZL2010102 16203.6	西北农 林科技 大学	吕欣, 王欣
8	发明	一种婴幼儿配方奶粉的制备工艺	中国	ZL2011 104360 33.7	2014.11. 19	ZL201110 436033.7	贝因美 (杭州) 食品研 究院有 限公司	何光 华、肖 功年、 储小军 等

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
吕欣	1	院长/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	项目主持人，提出总体思路与方案，主持项目实施和总结。开发了多款菌粉应用于乳粉加工，研究提出了羊乳加工热稳定性保持技术。
葛武鹏	2	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	开发了牛羊乳掺假鉴别技术，总结形成功能羊乳粉干湿混合加工工艺。
李归浦	3	高级工程师	贝因美股份有限公司	开展了微营养重组配方乳粉配方设计及产业化。

刘安让	4	董事长	和氏乳业集团有限公司	建立了婴幼儿配方乳粉母乳化加工技术，明确了生羊/牛乳营养素指标周期性变化规律。
肖功年	5	教授	浙江科技大学/浙江科技大学	开发了乳粉蛋白脱敏技术，制备了具有抗蛋白过敏的活性小肽并应用于乳粉加工
伊扬磊	6	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	挖掘了西部地区乳酸菌资源，开发了本土益生菌发酵剂，建立了益生菌功能乳粉加工技术。
王欣	7	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	开展了乳粉中糖类功能组分的开发研究，建立了特殊膳食纤维及功能寡糖的制备方法。
杨保伟	8	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	明确了原料乳及乳粉加工中微生物危害因子的传播规律，建立了乳源致病菌的控制技术
石超	9	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	构建了适用于乳粉加工的植物源抑菌剂的资源数据库，开发了LED杀菌技术
王丽	10	教授	华南师范大学/西北农林科技大学	建立了对乳粉加工过程中农兽药残留、重金属等污染物的快速分析技术
李轶超	11	高级工程师	和氏乳业集团有限公司	开发了多种功能乳粉并完成产业化
何光华	12	正高级工程师	浙江科技大学/贝因美股份有限公司	建立了婴幼儿配方奶粉中 α -乳白蛋白、脂质的母乳化加工技术。
刘变芳	13	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	解析了乳粉生产过程中食源性致病菌迁移传播规律并研究了控制方法。
单媛媛	14	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	开发了新型蛋白原料并应用于乳粉加工
陈玉洁	15	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	建立了母乳化结构脂的生产工艺

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	负责该项目总体设计和组织实施，协调贝因美(杭州)食品研究院有限公司、和氏乳业集团、浙江科技大学的具体实施。在该项目中起主导作用，负责品种乳制品加工原料检测技术、产品安全控制技术、乳粉功能配料和益生菌的活性评价及应用技术，对该项目的示范推广起到了积极的推动作用。
贝因美股份有限公司	2	协助该项目主要完成单位西北农林科技大学在省外乳粉加工企业示范推广的总体组织与协调，在该项目的技术集成、示范推广过程中提供人员及服务条件支持，对该项目在企业的实施起到了全面统筹与协调、组织与实施。
和氏乳业集团有限公司	3	协助该项目主要完成单位西北农林科技大学在陕西乳粉加工企业中示范推广的总体组织与协调，在该项目的示范推广、品牌建设过程中提供人员及服务条件支持，对该项目在乳粉加工企业的实施起到了全面统筹与协调、组织与实施。
浙江科技大	4	配合该项目主要完成单位西北农林科技大学在乳粉配料绿色加工、新型配方

学	开发技术的研究集成方面的具体实施,在该项目的研究过程中提供人员与服务条件支持,协助项目的顺利实施。
---	---

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	共同获奖	吕欣/第 1, 葛武鹏/第 2, 伊扬磊/第 7, 王欣/第 8, 刘变芳/第 13, 单媛媛/第 14, 陈玉洁/第 15	2018 年-至今	陕西高等学校科学技术奖一等奖	附件 1
2	共同获批专利	李归浦/第 4, 何光华/第 9	2018 年-至今	一种婴幼儿奶粉氧化稳定性的检测方法	成果 3
3	共同立项	吕欣/第 1, 刘萍/第 5	2020 年-至今	陕西省工信厅揭榜挂帅项目	附件 2
4	共同发表论文	吕欣/第 1, 葛武鹏/第 2, 王欣/第 8, 石超/第 11	2018 年-至今	The probiotic <i>Companilactobacillus crustorum</i> MN047 alleviates colitis-associated tumorigenesis via modulating the intestinal microenvironment	Food Funct., 2021,12, 11331-11342
5	共同获批专利	葛武鹏/第 2, 杨保伟/第 10	2018 年-至今	获批国家发明专利	成果 4
6	共同发表论文	吕欣/第 1, 王丽/第 12	2018 年-至今	Accelerated Oxygen Evolution Kinetics by Engineering Heterojunction Coupling of Amorphous NiFe Hydr(oxy)oxide Nanosheet Arrays on Self-Supporting Ni-MOFs	Small 2023, 19, 2303303

完成人合作关系说明（限 1000 字）

西北农林科技大学吕欣、葛武鹏、伊扬磊、王欣、杨保伟、王丽、刘变芳、单媛媛、陈玉洁同在食品学院优质畜产品绿色加工与安全控制创新团队，全程参与该项目的实施，分别负责该项目的不同研究内容，研究成果以共同获奖、专利、专著、论文合作等形式体现。

浙江科技大学的肖功年、何光华同在浙江科技大学团队工作，该团队自 2018 年起与西北农林科技大学建立合作关系，共同就乳粉加工技术、乳粉配料生产技术、乳粉安全控制技术等方面开展合作研究。研究成果以共同发表论文、专利等形式体现。

贝因美股份有限公司李归浦，和氏乳业集团有限公司的刘萍在该项目的合作关系为示范生产线建设、产业化示范推广和品牌建设，分别完成了本项目技术在陕西省内外的示范推广工作，研究成果以共同立项、专利等形式体现。

项目十八

一、项目名称：黄土高原苹果成花机理与调控技术体系研发与应用

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：项目针对黄土高原地区苹果成花难等产业问题，历时 10 余年，系统开展了黄土高原苹果成花生理分子机理与调控技术体系研究，探明了黄土高原地区苹果难成花的原因，明确其独特的成花调控机制和关键途径，丰富了木本果树成花诱导调控理论；提出了适于黄土高原苹果发展的易成花砧穗组合，建立了优良砧穗组合脱毒分枝大苗繁育技术体系，实现了该地区苹果砧穗组合“适地适栽”；创制了黄土高原苹果易成花的筒体树形—“高细纺锤形”和“并棒树形”，提出了树体枝芽促花系列调控技术；提出以土肥水耦合管理为保障的黄土高原苹果成花调控技术体系。培养研究生 88 名，获陕西省百篇优秀博士学位论文 1 篇，形成苹果矮化种苗繁育与高效栽培理论与技术农业农村部创新团队和陕西高校青年创新团队；获授权国家发明专利 6 件；发表学术论文 138 篇，其中在《The Plant Cell》和《Plant Biotechnology Journal》等期刊发表 SCI 收录论文 74 篇，出版《黄土高原苹果发育调控理论与实践》专著。该项目入选 2018 年农业农村部主推技术，被人民日报（头版）、科技日报、新华社和中央电视台《焦点访谈》等主流媒体报道。示范推广下垂枝修剪技术 158 万亩，高细纺锤形 86 万亩，土肥水耦合一体化技术 104 万亩，年新增经济效益约 7.5 亿元，辐射推动我国苹果产业高质量发展，取得非常显著的经济、社会和生态效应。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

黄土高原是我国苹果重要产区，占全国总产 55%以上，其中富士系品种占总面积的 70%以上，但以富士系为代表的品种在该地区难成花，大小年结果现象非常严重。果农常采用刻芽、环割、环剥等传统方法促花，造成的伤口增加了腐烂病等传播的风险，费时费工且效果不佳。本项目针对黄土高原地区苹果生产这一瓶颈问题，历时 10 余年，系统开展了黄土高原苹果成花生理分子机理与调控技术体系研究，促进该地区苹果产业高质量发展。取得了系列创新性成果和突破。

1. 探明了黄土高原地区苹果难成花的原因，明确其独特的成花调控机制和关键途径，丰富了木本果树成花诱导调控理论

针对黄土高原地区占总面积 75%的富士系等品种难成花这一瓶颈问题,探明其难成花的形态与生理原因,建立成花诱导过程全转录、蛋白与 miRNA 表达谱等数据库,鉴定形成光、糖与激素信号协同介导苹果成花调控的关键网络途径;全面解析了“大小年”形成与“童期”障碍成花的生理分子基础挖掘出关键调控因子,构建了黄土高原苹果独特的成花调控网络,填补了该领域空白,为木本果树成花诱导调控研究提供新思路。

2. 提出了适于黄土高原苹果发展的易成花砧穗组合,建立了优良砧穗组合脱毒分枝大苗繁育技术体系,助力该地区富士苹果砧穗组合“适地适栽”

系统评价了国内外与自主选育的 156 个矮化砧木及其优系与富士等难成花品种砧穗组合搭配在黄土高原地区的表现,提出了适于黄土高原地区发展的易成花早果丰产的富士系砧穗组合及配套矮化密植栽培模式;建立了优良砧穗组合脱毒分枝大苗繁育技术体系,助力该地区苹果优良砧穗组合的“适地适栽”。

3. 创制了黄土高原苹果易成花的简体树形——“高细纺锤形”和“并棒树形”,提出了树体枝芽促花系列调控技术。

建立了三维数字化评价树冠结构的方法和指标,研究创制了黄土高原苹果易成花简体树形——“高细纺锤形”和“并棒树形”;提出了下垂枝修剪是促进苹果树体枝芽成花调控的关键技术,并解析“拉枝”促进苹果花芽形成的分子调控机制;研发了外源喷施 6-BA 和蔗糖等省力化促成花的树体调控技术。

4. 提出以土肥水耦合管理为保障的黄土高原苹果成花调控技术体系

查明了黄土高原苹果难成花与砧木栽植深度不合理密切相关,确了黄土高原苹果园土壤水分养分时空分布特征和树体吸收规律,揭示了该地区苹果砧穗组合水分和养分需求规律。建立了促进黄土高原苹果树成花的土肥水耦合高效利用技术体系。

发挥协会、企业等市场化推广主体作用,示范推广下垂枝修剪技术 158 万亩,高细纺锤形 86 万亩,土肥水耦合一体化技术 104 万亩,年新增经济效益约 7.5 亿元。培养研究生 88 名,获得陕西省百篇优秀博士学位论文 1 篇,形成了苹果矮化种苗繁育与高效栽培理论与技术农业农村部创新团队和陕西高校青年创新团队;获授权国家发明专利 6 件;发表学术论文 138 篇,其中在《The Plant Cell》和《Plant Biotechnology Journal》等期刊发表 SCI 收录论文 74 篇,出版《黄土高

原苹果发育调控理论与实践》专著。该项目入选 2018 年农业农村部主推技术，被人民日报（头版）、科技日报、新华社和中央电视台《焦点访谈》等主流媒体报道。

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、验收意见与成果鉴定结论

（1）主持完成的国家自然科学基金面上 2 项和青年项目 1 项：“苹果 B 型 MdRR1 响应细胞分裂素应答促进花芽孕育的分子机制”、“苹果 MdTFL1 通过 MdGAMYB1 应答 GA 信号调控花芽孕育的分子机制”和“苹果 MdWRI1 转录因子介导糖信号在成花诱导中的功能及调控机制”顺利结题验收。

（2）农业部公益性行业计划项目“苹果砧穗组合筛选及果园树形改造技术及栽培模式研究”，验收专家组认为项目在国内率先提出了矮砧集约高效栽培技术模式和大苗培育技术规范,创建了我国苹果矮砧集约高效栽培技术模式”。

（3）农业部 948 项目“苹果树冠三维构建和整体光合测定关键技术引进(2011-Z24)”，验收专家组认为“完成了基于三维数字化仪对高纺锤形苹果树的三维重建及 STAR 值空间分布，建立 3D 技术评价树体光截获方法和指标。

（4）农业部 948 项目“优质苹果生产系列先进技术的引进”，验收专家组认为通过引进肥水量化和树冠光合整体评价技术，建立了标准树形评价体系和高纺锤形树形修剪技术，创新性提出富士树体枝芽促花调控系列技术。

（5）陕西省科技统筹创新工程计划项目“苹果园肥水高效利用技术与示范(2011KTZB02-02-05)”，验收专家组认为“项目研究了渭北苹果园土壤和叶片营养特征，建立了各区域土壤和叶片养分亏缺参数，提出了苹果水肥高效利用系列技术”。

（6）陕西省科技计划项目-重点产业创新链“渭北不同区域苹果砧木与砧穗组合评价筛选与应用(2016LTZDNY01-10)”，验收专家组认为“项目综合评价了国内外苹果矮化抗逆砧木资源，建立了砧木资源数据库，建立了适宜我省苹果主要砧木及砧穗组合区划方案及苗圃和示范果园”。

（7）“苹果矮砧集约栽培技术模式及产业关键技术与示范”成果，鉴定委员会认为“在国内首次提出了下垂枝修剪是解决富士成花的有效措施”，创建

矮砧集约高效栽培技术模式”，该项目整体技术达到了国际先进水平。

2、国内外同行评价

(1) 中国工程院院士束怀瑞教授评价道：“研究黄土高原苹果花芽分化理论，阐明富士难于成花原因，提出下垂枝修剪等调控技术，紧密结合黄土高原实际，走出了适宜黄土高原旱地栽培矮砧苹果特色道路，有力促进我国苹果栽培制度变革”。

(2) 法国国家农业科学院 Evelyne Costes 研究员评价：“利用三维数字化建立苹果三维虚拟模型，提出精确量化评价苹果树体结构及光截获，达到国际先进水平”。

(3) 世界著名植物分子生物学家美国唐纳德丹弗斯植物科学中心资深研究员密苏里大学终身教授 Blake Meyers 评价在《The Plant Cell》期刊发表的成果指出“MdTCP17 介导 CTK 调控苹果不定根发生的机制”，为苹果砧木育种和优良砧穗组合适地适栽提供了新思路。

3、科技查新

通过科技查新与本项目对比，本项目“黄土高原苹果成花机理与调控技术体系研发与应用”的主要科技创新：1) 探明了黄土高原地区苹果难成花的原因，明确其独特的成花调控机制和关键途径，丰富了木本果树成花诱导调控理论；2) 提出了适于黄土高原苹果发展的易成花砧穗组合，建立了优良砧穗组合脱毒分枝大苗繁育技术体系，实现了该地区苹果砧穗组合“适地适栽”；3) 创制了黄土高原苹果易成花的筒体树形—“高细纺锤形”和“并棒树形”，提出了树体枝芽促花系列调控技术；4) 提出以土肥水耦合管理为保障的黄土高原苹果成花调控技术体系等，除该项目发表报道的文献外，在所查国内外文献中均未见相同报道，具有显著的创新性。

4、成果被政府采纳

(1) 2010 年，提交的咨询建议苹果提质增效关键技术：易成花节工等技术，得到陕西省人民政府副省长姚引良的批示，省果业局落实实施。

(2) 2018 年，以培养高纺锤形和下垂枝修剪、加强土肥水管理等 6 个关键技术为基础的《苹果矮砧集约栽培关键技术》入选农业农村部全国农业主推技术。

(3) 2020 年，以砧穗组合相关技术为部分内容编制的《苹果种业“十四五”

发展研究报告》，受到了农业农村部种植业管理司的肯定。

5、获得科技奖励

(1) 2012年，“苹果矮化种苗繁育与高效栽培理论与技术创新团队”获农业农村部科研杰出人才创新团队。

(2) 2016年，“黄土高原富士苹果成花机理与调控关键技术研究与应用”获中国园艺学会华耐园艺科技一等奖。

(3) 2018年，邢利博获陕西省优秀博士学位论文《“长富2号”苹果花芽孕育基因表达模式分析与拉枝调控成花的分子机制》，陕西省教育厅，陕西省学位委员会。

(4) 2022年，获陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖，《黄土高原富士苹果成花机理与调控技术体系研发与应用》，陕西省科技厅。

(5) 2023年，“苹果矮化种苗繁育与高效栽培理论与技术创新团队”获陕西高校青年创新团队。

6、媒体报道

(1) 中央电视 CCTV1 《焦点访谈》栏目(2016-11-11)以“苹果的一场栽培制度变革”为题做8分钟报道，体现项目核心技术助力苹果栽培模式变革与果农增收。

(2) 中央电视台 CCTV-7(2018-09-30)科技苑做了题为：歪长苗“墙”挂果不套袋的苹果园的报道，体现项目易花优质丰产关键技术科技助果农增收的成果。

(3) 人民日报(2019-02-05)头版做题为“红苹果成了金果果”的系列报道，体现该项目科研成果落地助推果农增收与乡村振兴。

(4) 科技日报(2022-08-01)以“优质种苗繁育为果茶产业高质量发展保驾护航”为题，体现项目成果——脱毒矮化自根砧苗木繁育技术助力种业振兴的作用。

(5) 媒体《科技日报》(2023-02-09)报道苹果砧木不定根发生机理——这个基因“遥控器”控制苹果砧木生根，理论支撑黄土高原苹果易花早果丰产适宜砧穗组合“适地适栽”。

(6) 新华社(2023-5-23)报道首届中国-中亚峰会上有关中亚农业合作，展示项目成果——优良砧穗组合种苗应用助力吉尔吉斯斯坦等中亚国家苹果产业发展。

五、应用情况

项目创建了解决富士难成花的技术体系，并通过推广模式的创新实践，加快新模式、新技术在陕西、甘肃、山西、河南等黄土高原苹果主产区大面积推广应用。其中提出的富士下垂枝修剪促花技术，直接推广 158 万亩，有效改善了黄土高原区苹果难成花和果园郁闭状况，已大面积广泛应用。推广调控富士成花的土肥水耦合高效利用技术 104 万亩，大幅度提高了旱地果园雨水和肥料的利用率。创制的高细纺锤树形，直接推广 86 万亩，已成为黄土高原解决苹果成花难选用的主要树形，以上技术的推广取得了年新增约 7.5 亿元的显著经济效益。

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	宝鸡市园艺技术工作站	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	政府、企业和农户 年均 29.4 万亩	2008-2023	李广文 18509179305
2	宝鸡华圣果业有限责任公司	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	企业和农户 年均 1850 亩	2014-2023	史继东 18691761660
3	咸阳市园艺站	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	政府、企业和农户 年均 155.3 万亩	2008-2023	查养良 13509104283
4	铜川市园艺工作站	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	政府、企业和农户 年均 18.9 万亩	2008-2023	张永翊 13324680003
5	榆林市果业发展中心	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	政府、企业和农户 年均 6.1 万亩	2010-2023	鲁成 18098020556
6	灵台县果业办公室	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	政府、企业和农户 年均 4.1 万亩	2015-2023	张勇 18152259620
7	西安果友协会	下垂枝修剪、高细纺锤形、土肥水耦合一体化、砧穗组合等系列促进苹果成花技术	企业和农户 年均 71.3 万亩	2008-2003	李文强 18502983122

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	国家发明专利	一种促进富士苹果幼树花芽形成的整形修剪方法	中国	ZL 2013 1 000354 4.9	2014 年 2 月 19 日	第 1349725 号	西北农林科技大学	韩明玉, 邢利博, 张东, 宋春晖

2	论文	Shoot Bending Promotes Flower Bud Formation by MiRNA-Mediated Regulation in Apple (<i>Malus Domestica</i> Borkh.)	中国	https://doi.org/10.1111/1/pbi.12425	2016年5月1日	Plant Biotechnology Journal , 14(2):749-770	西北农林科技大学	Xing L(邢利博), Zhang D(张东), Zhao C, Li Y, Ma J(马娟娟), An N(安娜), Han M*(韩明玉)
3	论文	Cytokinin-responsive MdTCP17 interacts with MdWOX11 to repress adventitious root primordium formation in apple rootstocks	中国	https://doi.org/10.1093/plcell/koac369	2023年4月1日	The Plant Cell , 35(4):1202-1221	西北农林科技大学	Mao J(毛江萍), Niu C, Li K, Fan L, Liu Z, Li S, Ma D, Tahir, M. M, Xing L(邢利博), Zhao C, Ma J(马娟娟), An N(安娜), Han M(韩明玉), Ren X, Zhang D*(张东)
4	国家发明专利	一种抑制平邑甜茶侧根发育的方法	中国	ZL 2016 1 098061 3.5	2020年12月1日	第 4127962	西北农林科技大学	张东, 毛江萍, 韩明玉, 李珂, 宋春晖, 刘祯
5	国家发明专利	一种自压式简易滴灌系统	中国	ZL 2014 1 033169 2.8	2016年7月6日	第 2144029 号	西北农林科技大学	张东, 韩明玉, 申亚文, 邢利博, 张林森
6	国家发明专利	一种苹果品种烟富6号组培快繁的方法	中国	ZL 2014 1 033455 .5	2016年1月20日	第 1896820 号	西北农林科技大学	韩明玉, 王超, 张东, 陈锡龙, 韩静, 赵彩平
7	国家发明专利	一种苹果砧木MM116组培快繁的方法	中国	ZL 2014 1 033345 .9	2016年3月2日	第 1970218 号	西北农林科技大学	张东, 韩明玉, 王超, 李有梅, 韩静, 赵彩平
8	国家发明专利	一种提高苹果转基因材料再生效率的方法	中国	ZL 2017 1 000561 1.9	2018年11月13日	第 3147475 号	西北农林科技大学	张东, 毛江萍, 韩明玉, 李珂, 宋春晖, 刘祯
9	论文	Insights into the complicated networks contribute to	中国	https://doi.org/10.1111/1/pce.1	2022年5月1日	Plant, Cell & Environment ,	西北农林科技大学	Tahir, M. M, Tong L, Fan L, Liu Z, Li

		adventitious rooting in transgenic MdWOX11 apple microshoots under nitrate treatments		4409		45(10):3134-3156		S, Zhang X(张晓云), Li K, Shao Y, Zhang D*(张东), MaoJ*(毛江萍)
10	论文	Molecular mechanism of MdWUS2-MdTCP12 interaction in mediating cytokinin signaling to control axillary bud outgrowth	中国	https://doi.org/10.1093/jxb/erab163	2021年6月8日	Journal of Experimental Botany , 72(13):4822-4838	西北农林科技大学	Guofang Li, Ming Tan, Juanjuan Ma(马娟娟), Fang Cheng, Ke Li, Xiaojie Liu, Caiping Zhao, Dong Zhang(张东), Libo Xing(邢利博), Xiaolin Ren, Mingyu Han(韩明玉), Na An*(安娜)

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
1	张东	教授	西北农林科技大学	项目主持人，全面负责项目的总体设计和组织实施。对创新点的第1-4点均有主要创造性贡献。协调黄土高原区项目单位建立大面积示范园，使技术迅速在主产区大面积应用。研究了富士苹果成花的生理和分子机制，探明了黄土高原区富士苹果难成花原因；研究集成了砧木压条和自根分枝大苗繁殖技术；协助建立了3D树形评价技术体系，提出下垂枝修剪是解决富士成花有效措施；研究了黄土高原苹果园土壤养分水分时空分布特征，建立了调控富士成花的土肥水耦合高效利用技术体系。
2	邢利博	副教授	西北农林科技大学	研究了富士苹果成花的生理和分子机制，探明了黄土高原地区富士苹果难于成花原因；提出了下垂枝修剪、生长调节剂等促花技术，成为解决富士成花有效措施。对创新点 1-3 有主要创新性贡

				献。
3	左希亚	助理研究员	西北农林科技大学	承担富士成花机理研究，发现黄土高原地区苹果成花调控的关键模块，对于解决苹果成花难问题提供理论支撑对创新点1有主要创新性贡献。
4	安娜	副教授	西北农林科技大学	承担富士成花与砧穗互作机理研究，协助完成下垂枝修剪、生长调节剂等促花技术，成为解决富士等品种成花有效措施，协助完成黄土高原苹果易成花砧穗组合区划方案。对创新点1、3有主要创新性贡献。
5	马娟娟	副教授	西北农林科技大学	承担富士成花机理与自根分枝大苗繁殖技术研究。对创新点1、2有创造性贡献。研发集成苹果优良砧穗组合大苗繁育等技术体系；集成了砧木压条和自根分枝大苗繁殖技术等。
6	毛江萍	副教授	西北农林科技大学	主要开展苹果砧木不定根发生机理与优良砧穗组合评价筛选，支撑了黄土高原地区矮化易花丰产砧穗组合的“适地适栽”。对创新点2有主要创造性贡献。
7	杨伟伟	副教授	石河子大学	负责建立3D数字化评价树冠结构的方法和指标。采用三维数字化技术，构建了苹果三维虚拟植物模型的构建流程，发现易成花砧穗组合可使冠层光截获效率提高25%，冠层整体光合速率提高63%，有利于苹果花芽分化。对创新点3有主要创造性贡献。
8	张晓云	讲师	石河子大学	承担富士成花生理机理研究和砧木及其组合生态适应性评价工作，协助参与砧木不定根发生机制的研究，理论成果助力黄土高原苹果易花砧穗组合建立，对于解决苹果成花难问题提供理论支撑。对创新点1和2有主要创新性贡献。
9	韩明玉	教授	西北农林科技大学	对创新点的第1-4点均有主要创造性贡献。协调黄土高原区有关项目单位，建立了该项目主要技术的大面积示范园建立与推广工作，进行了大量培训，使形成的下垂枝修剪促进成花等系列技术迅速在主产区大面积应用。
10	史继东	农艺师	宝鸡华圣果业有限责任公司	主要开展苹果优良矮化苗木繁育与示范推广工作，协助开展该项目形成的促花和肥水等关键系列技术的推广。对创新点的第2-4点均有贡献。

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	本单位从2006-2023年全面负责成果有关各类项目申报、实施和验收鉴定工作。1.首次明确黄土高原果园土壤氮含量偏高、富士等品

		<p>种萌芽率和短枝比例低、春梢停长晚、成花诱导关键期启动早等是花芽难形成的直接原因；创新性揭示了蔗糖、淀粉及生长素、赤霉素、细胞分裂素在成花诱导阶段尽早达到峰值，是富士花芽形成的必备条件。在国际上首次建立富士全基因组重测序图谱与成花诱导期转录组、蛋白组和 miRNA 表达谱等数据库；全方位鉴定形成了光信号、糖信号和激素信号协同介导苹果成花诱导的基因调控网络，深入研究了苹果一批成花基因的功能。</p> <p>2.从障碍苹果难成花的主要因素入手，针对性的研发提出了以砧木和砧穗组合筛选为基础，以土肥水耦合管理为保证，以树体枝芽适时合理调控为关键的黄土高原苹果成花调控系列关键技术。系统评价了国内外主要品种、砧木和砧穗组合在黄土高原的表现，研究筛选适于黄土高原发展的富士等容易成花的砧木与砧穗组合；建立了 3D 数字化评价树冠结构的方法和指标，创新性提出了树体枝芽促花调控系列技术；明确了黄土高原苹果园土壤水分养分时空分布特征和树体吸收规律，建立了调控苹果成花的土肥水耦合高效利用技术体系。</p> <p>3.协调发挥协会、企业等市场化推广主体作用，与有关单位配合，示范推广下垂枝修剪技术 158 万亩，高细纺锤形 86 万亩，土肥水耦合一体化技术 104 万亩，年新增经济效益约 7.5 亿元。</p>
石河子大学	2	<p>石河子大学主要负责开展建立了三维（3D）数字化评价树冠结构的方法和指标，研究创制了黄土高原苹果易成花筒体树形——“高细纺锤形”和“并棒树形”。利用三维数字化方法，构建了高细纺锤形和自由纺锤形三维虚拟冠层；借助 VegeSTAR 软件，分析了整体冠层结构及枝叶果分布、各枝类光截获量，揭示枝叶果之间相关性。揭示了树体枝芽发育与光截获间关系，得出光截获（STAR）可以作为果园光照时空变化精确化评价指标，建议黄土高原果园叶片 STAR 值应大于 0.15。针对本项目面临成花难的产业问题，创造性研究设计了富士等易成花筒体树形——“高细纺锤形”。</p>
宝鸡华圣果业有限责任公司	3	<p>宝鸡华圣果业有限责任公司在本项目中推广和示范苹果下垂枝修剪促进成花和丰产等系列技术；开展富士等难成花品种砧穗组合评价筛选示范等工作；主要开展苹果矮砧大苗技术研究及生产，其中在千阳县等分别建立砧木压条圃、采穗圃、自根砧苗圃和自根砧示范苹果园，为推广提供优质苗木繁育及优良砧穗组合大苗培育等技术进行示范。项目实施过程中，在实验条件、工作人员的工作时间及其实验设备等方面予以一定保障，确保项目的顺利实施和完成；在本项目成果推广方面提供支持。</p>

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	论文合著	张东/1、邢利博/2、安娜/4、马娟娟/5、韩明玉/9	2010-2023	合作发表论文：解析下垂枝修剪技术（拉枝）调控苹果成花的分子机制(Plant Biotechnology Journal, 2016,14(2):749-770)	附件 1.2: 合作发表论文
2	论文合著	张东/1、邢利博/2、安娜/4、马娟娟/5、毛江萍/6、韩明玉/9	2010-2023	合作发表论文：破解苹果砧木不定根发生机制(The Plant Cell, 2023,35(4):1202-1221)	附件 1.3: 合作发表论文
3	论文合著	张东/1、毛江萍/6、张晓云/8	2013-2022	合作发表论文：解析苹果 MdWOX11 调控砧木不定根发生机制(Plant, Cell &	附件 2.22: 合作发表论文

				Environment, 2022,45(10):3134–3156)	
4	论文合著	张东/1、邢利博/2、 安娜/4、马娟娟/5、 韩明玉/9	2014-2021	合作发表论文：解析苹果 MdWUS2-MdTCP12 互作调控 侧枝发育的分子机制(<i>Journal of Experimental Botany</i> , 2021, 72(13):4822–4838)	附件 2.23：合 作发表论文
5	共同获 奖	张东/1、邢利博/2、 安娜/4、马娟娟/5、 杨伟伟/7、韩明玉 /9	2010-2016	华耐园艺科技成果一等奖：黄土 高原富士苹果成花机理与调控 关键技术与应用	附件 2.32：共 同获奖
6	共同获 奖	张东/1、邢利博/2、 安娜/4、马娟娟/5、 杨伟伟/7、韩明玉 /9、史继东/10	2010-2022	陕西省高等学校科学技术研究 优秀成果一等奖：黄土高原富士 苹果成花机理与调控技术体系 研发与应用	附件 2.34：共 同获奖
7	共同知 识产权	张东/1、邢利博/2、 韩明玉/9	2010-2018	国家专利：一种促进富士苹果幼 树花芽形成的整形修剪方法(ZL 2013 1 0003544.9)	附件 1.1：共同 知识产权
8	共同知 识产权	张东/1、韩明玉/9	2012-2018	国家发明专利：一种苹果砧木 MM116 组培快繁的方法 (ZL 2014 1 033345.9)	附件 2.20：共 同知识产权
9	论文合 著	张东/1、左希亚/3、 安娜/4、韩明玉/10	2017-2021	合作发表论文：解析苹果 TFL1/FT 模块介导成花诱导的 调控机制(<i>BMC Genomics</i> , 2021, 22(1):41)	附件 2.43：合 作发表文
10	论文合 著	张东/1、邢利博/2、 左希亚/3、安娜/4、 马娟/5	2017-2021	合作发表论文：解析 MdTFL1 为关键节点调控苹果成花的网 络途径(<i>Plant Cell Reports</i> , 2021,40(12):2325–2340)	附件 2.43：合 作发表论文

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目共有 10 个完成人，就职于 2 家科研单位和 1 家企业，具体如下：张东/1、邢利博/2、左希亚/3、安娜/4、马娟娟/5、毛江萍/6、韩明玉/9（西北农林科技大学）；杨伟伟/7、张晓云/8（石河子大学）、史继东/10（宝鸡华圣果业有限公司）。上述完成人在“黄土高原苹果成花机理与调控技术体系研发与应用”方面开展广泛合作研究与示范推广。

具体如下所示：

张东/1、邢利博/2、左希亚/3、安娜/4、马娟娟/5、毛江萍/6、韩明玉/9 同属西北农林科技大学“西北果树种质资源利用创新与配套技术研究团队”，张东为团队负责人，团队长期围绕黄土高原苹果发育生物学与矮化密植栽培技术等开展科学研究与示范推广工作。在苹果成花机理与调控技术研发、及砧穗组合评价和砧木根系发育等方面发表诸多合作论文，如代表作破解苹果砧木不定根发生机制 (*The Plant Cell*, 2023)；解析下垂枝修剪技术（拉枝）调控苹果成花的分子机制 (*Plant Biotechnology Journal*, 2016)；解析苹果 *MdWOX11* 调控砧木不定根发生机制(*Plant, Cell & Environment*, 2022)；解析 *MdTFL1* 为关键节点调控苹果成花的网络途径 (*Plant Cell Reports*, 2021)。同时张东/1、邢利博/2、安娜/4、马娟娟/5、韩明玉/9 共同获得关于“黄土高原富士苹果成花机理与调控技术体系研发与应用”内容的 2016 年华耐园艺科技成果一等奖和 2022 年陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖。

张东/1、毛江萍/6、张晓云/8 围绕砧木不定根发生的分子机制与调控开展研究，合作发表关于解析苹果 *MdWOX11* 调控砧木不定根发生机制 (*Plant, Cell & Environment*, 2022)的学术论文。

张东/1、邢利博/2、安娜/4、马娟娟/5、杨伟伟/7、韩明玉/9 长期合作开展苹果成花机理与调控技术研发等科研工作，于 2016 年获“华耐园艺科技成果一等奖”：黄土高原富士苹果成花机理与调控关键技术与应用。

张东/1、邢利博/2、安娜/4、马娟娟/5、杨伟伟/7、韩明玉/9、史继东/10 开展苹果砧穗组合评价与矮化脱毒优良苗木繁育与示范和黄土高原苹果成花机理与促花系列调控技术研发等方面的科研与示范推广工作，于 2022 年获得陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖：黄土高原富士苹果成花机理与调控技术体系研发与应用。

项目十九

一、项目名称：黄土丘陵区坡沟水沙调控与高效利用关键技术研究

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：该项目成果系在国家科技相关计划支持下，针对区域干旱与水土流失并存，土地资源短缺、生产力低下、威胁“粮食安全”等问题，在项目主要参与人员多年研发的水沙调控新材料、新软件、新装置的基础上，创新集成了黄土高原水土流失治理和农业高效生产方面的坡沟降雨径流汇集、水沙阻控、沉砂滤清、蓄水、农业高效用水及管理理论与技术，构建了黄土丘陵区坡面-沟道水沙调控及高效利用关键技术，提出了水土保持高效农业的技术模式，通过试验示范形成技术标准并进行大面积推广，为发展黄土高原水土保持高效农业，实现“绿水青山就是金山银山”及保障区域粮食安全提出新方法、新理念、新途径和新标准，取得了巨大的经济、社会及生态效益，有广阔的应用前景。项目实施得到了延安市、杨凌示范区、陕西省、中国科学院的高度关注和亲临指导，在2008年和2022年先后国家两任主要领导、国际著名人士视察核心示范区，项目成果产生广泛影响。鉴于该项目的科学意义、示范效益、应用前景和重要影响，**推荐该项目申请陕西省2024年度科技进步奖一等奖。**

三、项目简介：

主要针对如何解决黄土丘陵区水土流失与干旱并存这一问题，通过长期、系统研究坡沟水沙调控与高效利用，取得了如下成果：

① 明确了黄土丘陵区坡面水沙调控的主控因素

提出坡面降雨径流“双紊动源”模型，创新水沙调控模拟试验方法，提出毫米级暴雨径流的常规与非常规比尺模型，对复杂下垫面不同水沙调控设施的影响因子进行试验研究。结果表明：梯田和台地侵蚀灾害损毁的单宽输沙量与流速的2.5次方成正比，侵蚀模数与汇流量的1.5次方成正比，水沙调控的目标是消减降雨径流的流速和汇流量。

② 提出坡沟水沙调控与高效利用的优化模型

探明了植物根、茎、冠等对坡面降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用机制；明确了植物过滤带的滤清机理，提出了过滤带拦沙率和拦沙库容的计算方法；揭示了滤清系统、梯田、蓄水设施及沟道土地整治对流域暴雨侵蚀的影响机制；构建了梯田和沟道台地分段模拟和水土流失风险管控的数学算法模型，开发了梯级

台地模拟平台并嵌入 2009SWAT488 版，能定量表征梯田和沟道整治工程“滞洪补枯”的作用。

③ 研发了水沙调控材料与装置

发明了 8 种土壤固化剂和橡塑及竹基复合材料，为修建各种水沙调控设施提供了材料基础。以规模化、标准化和运输便利化为原则，通过开发的水窖结构优化设计软件，研制出柔性橡塑水窖、竹塑复合橡塑水窖、固化土水窖等水沙调控存储装置，成本相较传统混凝土降低 1/3 以上。发明了新型文丘里吸肥设备和雨水智能收集系统，实现了远程数据传输与智能化管理。探明了根、茎、冠和草等对坡地降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用，开发了水沙调控型农业高效用水滤清系统。2013 年百年未遇大暴雨条件下，使用该系统的果园没有明显的土壤侵蚀发生。

④ 构建了水沙调控与高效利用模式

构建了“梯田果园+固化剂集流+植被滤清+固化或橡塑水窖+高效利用+信息管理”模式，使降水利用率和果园产量分别提高了 20%和 15%，破解了长期困扰人们的山上侵蚀严重、土壤水肥条件差、种植苹果效益低的难题。提出了“土地整治+梯田（沟道台地）大棚+固化剂道路集流+植被滤清+固化土或橡塑水窖+高效利用”技术模式，使设施大棚节省灌溉费用 2.8 元/m²，减少侵蚀 6000 t/(km²·a) 以上，单个大棚每年可增产 1500 元左右，破解了黄土丘陵区的设施农业水土资源利用效率低的问题。

建立沟道和坡面土地整治及高效利用示范区 1.836 万亩，土壤流失量减少 60%~80%，农田生产力提高 15%以上，降水利用率提高 20%以上，仅安塞区坡地苹果科技贡献年效益达 2 亿元。辐射带动省内外 400~500 万亩，目前水沙调控型水土保持高效农业每年以 30 万亩的速度增长，项目技术具有广阔的应用前景。在 *Journal of Hydrology*、*Agricultural Water Management*、*Science of The Total Environment*、*CATENA* 等主流期刊发表 SCI/EI 论文 105 篇，他引 2807 次；出版专著 4 部；授权发明专利 28 件、实用新型 5 件；主编参编国家、行业、地方等相关标准 8 项；获批计算机软件 4 项，培养研究生 40 人；提交水沙调控与高效利用相关重大建议 2 项，并获国务院主要领导和省领导批示，显著地促进了行业科技进步。示范基地先后于 2008 年和 2022 年两次得到时任国家主要领导人及国际著名人士的视察和指导，产生较大社会影响。

四、客观评价

(1) 国家科技部、中国科学院组织的专家对国家支撑计划课题“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业关键技术集成与示范(No.2011BAD31B05)”立项及验收意见认为：“课题成果的应用和推广取得了显著的生态效益、经济效益和社会效益”，“实施该项目意义重大”；

(2) 国家自然科学基金面上项目“复杂下垫面暴雨径流侵蚀相似性模拟实验研究(No.41371276)”研究开发的“坡面及流域降雨径流侵蚀泥沙及污染物运移的正态、变态常规模型及薄层径流非常规比尺模型模拟系统”通过国家自然科学基金委的验收；

(3) 国家支撑计划课题“坡面降雨径流调控与高效利用技术(No.2006BAD09B01)”通过中国科学院资源环境科学与技术局组织专家进行的课题验收，认为：课题研发的“水沙调控系列新材料、优化模拟技术、高效利用模式”等技术，其中4种黄土高原坡面降雨径流模式得到示范和推广；

(4) 国家重点研发课题“黄土丘陵沟壑区边坡工程-沟道整治生态安全调控技术(No.2017YFC0504703)”绩效评价专家组意见认为：“研发的高陡边坡产汇流计算方法、增湿条件下边坡稳定性计算分析方法、生物结皮种源快速扩繁及还绿技术等形成了削坡工程安全调控技术；研发的纳米新材料技术、沟道造地填挖交界面沉降调控技术、新造地土壤改良及熟化技术、固堤保坎技术、除碱排盐抗蚀排导技术、沟道梯级土地整治工程水毁风险分析及评估方法等，形成了坡沟系统安全调控技术体系”；

(5) 国家重点研发课题“沟道及坡面治理工程的生态安全保障技术集成与综合示范(No.2017YFC0504705)”绩效评价专家组意见认为：“构建的沟道-坡面治理工程复合技术体系，形成了沟道及坡面治理工程需求程度评价技术，提出了沟道-坡面治理工程的规划设计与施工技术，编制了沟道及坡面治理工程关键技术示范方案与施工方案，实现了8项技术的系统集成，形成了7大示范工程”；

(6) 项目成果梯田的水土保持作用机制计算机模块嵌入2008SWAT488版，在世界各地得到广泛应用，课题组成员邵辉博士获得美国农业部SWAT开发突出贡献奖；

(7) 项目部分成果“黄土丘陵区坡面水沙调控与高效利用关键技术研究”获第十三届中国水土保持学会科技奖(中国水土保持学会 2021 年度科学技术奖)一等奖(证书号: SBXH2021-J-1-02-R01)。授奖日期: 2022 年 2 月 25 日。

五、应用情况

坡面水沙调控与高效利用技术核心示范面积 1000 余亩, 推广辐射 400 余万亩。相关技术进入规范, 并在甘肃、宁夏、内蒙、湖南等地应用。项目技术对安塞区山地苹果科技贡献 2 亿元/年, 对延安市山地苹果贡献约 15 亿元/年。

研发的“削坡工程安全调控技术”和“坡沟安全调控系统”相关技术在陕西延安羊圈沟核心试验示范面积 360 亩, 辐射面积 3030 亩, 示范区侵蚀量减少 20%, 坡沟系统扰动地表治理度提高 30%, 侵蚀模数降低 30%。相关技术还在湖南新化等地进行示范与推广辐射总面积达 10 余 km²。

构建的“沟道-坡面治理工程复合技术体系”, 实现了“8 项技术的系统集成, 形成了 7 大示范工程”, 在延安、榆林、平凉等地区建立了县域试验示范基地, 示范面积 1.7 万亩。

培训超过 8000 人, 开发的模型 SWAT-Terrace 在我国、美国、加拿大等进行大量应用。该模型填补了大型水文模型的空白, 量化评估了黄土高原梯田减沙约 1 万 t/(km²·a), 减少黄河输沙约 4 亿吨, 阐释了黄土高原发展梯田的必要性。

研究基地的“山上水沙调控, 山下淤地坝防控”等相关技术成果作为《加强陕北山地苹果产业提质增效与风险防控的建议》、《黄土高原淤地坝建设与风险管控的建议》两项重大建议的支撑材料, 得到时任国务院总理等主要领导及省部级领导的批示。示范基地延安南沟和方塔先后两次得到国家主要领导人视察和指导, 为黄土高原水沙调控及高效利用指明了方向。

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	一种坡地高效农业用水滤清系统的制备方法	中国	ZL201410036089.7	2014 年 06 月 11 日	证书号第 1811026 号	西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所, 国家节水	高建恩 张星辰 高哲

							灌溉杨凌工程技术研究中心	
2	发明专利	一种沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评估方法	中国	ZL20211067601.4	2023年12月05日	证书号第5489535号	西北农林科技大学	高哲 张根广 高建恩 韩剑桥 张星辰 李兴华
3	发明专利	一种新型土壤固化剂	中国	ZL200410073273.5	2006年05月31日	证书号第266730号	西北农林科技大学, 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 吴普特
4	发明专利	一种柔性环保橡塑水窖及其制备方法	中国	ZL200510096014.9	2009年08月05日	证书号第532634号	西北农林科技大学, 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 朱德兰
5	发明专利	一种秸秆木炭制备的土壤扩蓄增容剂及其生产方法	中国	ZL200710017797.6	2009年12月16日	证书号第53579980号	西北农林科技大学, 中国科学院水利部水土保持研究所	冯浩 吴普特
6	发明专利	一种新型文丘里吸肥器	中国	ZL201210149369.X	2014年04月14日	证书号第1381652号	西北农林科技大学	范兴科 吴普特 等
7	实用新型专利	一种旱地果园绿色智能集雨系统	中国	ZL 202321077926.1	2023年12月05日	证书号第2011937	西北农林科技大学	高哲 高建恩 张根广

						0号		樊恒辉 赵春红 龙韶博
8	发明专利	基于增湿条件的强度折减计算边坡稳定安全系数的方法	中国	ZL201710507915.5	2020年08月14日	证书号第3940609号	西北农林科技大学	田堪良 高建恩等
9	规范	黄土丘陵沟壑区水土保持型高效农业技术规范	中国	DB61/T1010-2016	2016年02月24日	陕西省质量技术监督局	西北农林科技大学	高建恩 樊恒辉 李兴华 张星辰 韩剑桥
10	规范	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/T1746-2023	2023年11月13日	陕西省市场监督管理局	西北农林科技大学	高建恩 樊恒辉 韩剑桥 罗林涛 田堪良 张根广 高哲 张星辰 李兴华 龙韶博等

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
高建恩	1	无/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责整个项目研究计划和方案的制定、审定，并组织实施；在水沙调控材料、装置、形式及模拟方面取得明显进展。发现“双紊动源”作用机制、“水沙调控”主控因素等。“主要知识产权和标准规范”1、2、3、4、7、8、9、10主要完成人。
吴普特	2	校长/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	坡面降雨径流调控利用理论的主要构建者，在水沙材料、装置及形式方面作出突出贡献。“主要知识产权和标准规范”中第3、第5、6主要完成人。
冯浩	3	院长/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	坡面降雨径流调控利用理论和应用方面取得进展，特别是在土壤扩蓄增容新材料及高效利用等方面取得重大进展，“主要知识产权和标准规范”中第5主要完成人。
樊恒辉	4	副院长/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	主要负责“农田水沙调控新型材料开发与技术集成示范”的研究，研发了液态土壤固化剂、固化土水窖等。是“主要知识产权和标准规范”7、9、10主要完成人之一。
罗林涛	5	总工程师/研究员	陕西省土地工程建设集团有限责任公司/陕西省土	负责沟道水沙调控高效利用技术示范，“主要知识产权和标准规范”10完成人。

			地工程建设集团 有限责任公司	
田堪良	6	无/教高	中国科学院水利部水土保持研究所/中国科学院水利部水土保持研究所	负责沟道边坡工程水沙调控技术研发与示范,“主要知识产权和标准规范”8 主要完成人之一。
高哲	7	无/讲师	杨凌职业技术学院/西北农林科技大学, 杨凌职业技术学院	负责水沙径流调控利用相关实验,发明了雨水智能收集系统、沟道土地整治风险管控计算方法,是“主要知识产权和标准规范”1、2、7、10 完成人之一。
韩剑桥	8	副主任/副研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责水沙径流调控利用,“主要知识产权和标准规范”2、9、10 完成人之一。
朱德兰	9	无/教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责径流存贮装置研发,在调控装置开发和利用方面取得成果,是“主要知识产权和标准规范”4 主要完成人之一。
范兴科	10	无/研究员	国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心/国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	研究提出了山地果园矮化苹果的水肥一体化节水灌溉制度,同时开展了果园水肥高效利用技术示范。“主要知识产权和标准规范”6 主要完成人。
张根广	11	无/研究员	西北农林科技大学/西北农林科技大学	负责水沙径流调控利用相关实验,“主要知识产权和标准规范”2、10 主要完成人之一。
赵春红	12	标准定额处处长/高级工程师	水利部节约用水促进中心/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了植被根、茎、冠等对黄土丘陵区坡地水沙调控和侵蚀灾害防治的时空贡献,探明了植物对坡地降雨径流侵蚀的消减动力与阻控作用机制。“主要知识产权和标准规范”第 7 完成人之一。
张星辰	13	无/高级工程师	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司/中国科学院水利部水土保持研究所	协助完成项目申请,协助开发“纳米土壤固化剂”“主要知识产权和标准规范”第 1、2、9、10 完成人之一。
李兴华	14	无/讲师	延安大学/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了“双紊动源”条件下的产汇流规律。“主要知识产权和标准规范”第 2、9、10 的完成人之一。
龙韶博	15	无/工程师	陕西省林业科学院/西北农林科技大学	协助完成项目申请,研究了沟道土地整治的水沙调控作用。“主要知识产权和标准规范”第 7、10 的完成人之一。

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	<p>西北农林科技大学作为项目第一完成单位,在申请立项、研发条件、配套资金、实践基地、成果验收、推广和应用过程中,发挥了重要的组织协调、管理和落实作用,保证了项目任务顺利实施。主要体现在:</p> <p>(1) 主要支持项目组开展了该项目依托的国家科技支撑计划课题“黄土丘陵沟壑区水土保持与高效农业技术集成和示范”(2011BAD31B05)实施;</p> <p>(2) 特别是支持项目组派出人员,与美国农业部水质研究所合作开发世界著名水文模型 SWAT 的梯田模块,并使其在全世界进行测试应用,相关人员获得美国农业部 SWAT 开发突出贡献奖;</p> <p>(3) 在创新水沙调控技术模式及相关技术体系的试验示范和技术推广过程中,以学校在延安南沟、安塞水土保持试验站为依托,给予重点支持;组织实施了黄土高原水沙调控关键技术及体系的示范应用和推广,为陕北“脱贫攻坚”做出重大贡献,受到当地群众和政府的欢迎,为陕北发展“山地苹果”和陕西省苹果发展“西扩北进”政策制定做出贡献。为 2023 年习近平总书记、2008 年时任中共中央总书记胡锦涛,2009 年水利部部长及 2015 年荷兰国王威廉·亚历山大对该项目示范基地的考察提供支持,产生巨大的世界影响。同时培养了大批研究生和青年人才,直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平,推动和促进了行业发展。</p>
中国科学院水利部水土保持研究所	2	<p>作为项目第二完成单位,在申请立项、研发条件、配套资金、试验基地、成果验收、推广和应用过程中,发挥了重要的组织协调、管理和落实作用,保证了项目任务顺利实施。</p> <p>(1) 组织实施了第一完成人主持的该项目支撑课题:“十一五国家支撑计划项目“坡面降雨径流调控与高效利用技术研究”(2006BAD09 B01),在径流调控新材料、新形式、新装置及优化技术方面取得重要成果,推动了 2022 年习近平总书记、2008 年时任总书记胡锦涛,2009 年水利部部长陈雷对延安方塔试验基地的考察。</p> <p>(2) 参与了 2015 年 10 月 27 日,荷兰国王·威廉亚历山大对试验示范基地安塞方塔山地苹果园的考察的联系及协调组织任务。同时培养了大批研究生和青年人才,直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平,推动和促进了行业发展。</p>
国家节水灌溉杨凌工程技术研究中心	3	<p>作为项目第三完成单位,通过研发条件、试验基地、水沙调控材料、装置及措施优化等方面给予大力支持,保证了项目任务顺利实施。主要支持项目组在杨凌节水博览园开展了“一种坡地高效农业用水滤清系统的制备方法”、“土壤固化剂水沙调控材料和装置”“橡塑水窖”及“流域实体模拟技术”等的研发和集成示范。组织实施了不同技术体系在全国的应用和推广,直接和间接提升了我国在这一领域的研究水平,推动和促进了行业发展。</p>
陕西省土地工程建设集团有限责任公司	4	<p>作为项目第四完成单位,主要支持了第一完成人和第五完成人负责沟道水沙调控高效利用相关技术示范和“主要知识产权和标准规范”10 编制工作。</p>
杨凌职业技术学院	5	<p>作为项目第五完成单位,主要支持了知识产权 7 的后期修改、知识产权 10 的编制、沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评估方法和雨水智能收集系统等相关水沙调控技术的应用及示范工作。</p>

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	共同立项	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 张根广/11 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2005-01-01~ 2023-12-31	批准的国家科技支撑、国家自然科学基金、国家重点研发项目、课题及子课题。	见国家支撑课题 2006BAD09B01 2011BAD31B05 2017YFC0504700 (2017YFC0504703 2017YFC0504705) 2021YFD190070402 等项目课题及任务书。
2	规范合著	高建恩/1 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 高哲/7 韩剑桥/8 张根广/11 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2011-01-01~ 2023-12-31	陕西省地方标准颁布与实施	DB61/T1010-2016 DB61/T1746-2023
3	共同知识产权	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4 罗林涛/5 田堪良/6 高哲/7 张根广/11 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15	2006-01-01~ 2023-12-31	授权	ZL201410036089.7 ZL20211067601.4 ZL200410073273.5 ZL200510096014.9 ZL200710017797.6 ZL201210149369.X ZL 2023 2 1077926.1 ZL201710507915.5
4	共同获奖	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 高哲/7 朱德兰/9 范兴科/10 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14	2001-01-01~ 2023-12-31	国家科技进步二等奖；第13届水土保持学会科学技术一等奖	共同完成的“西北地区农业高效用水技术与示范”，2005年获国家科技进步二等奖，证书号： 2005-J-201-2-15-R04 2005-J-201-2-15-R01 2005-J-201-2-15-R03 2005-J-201-2-15-R05 第13届水土保持学会科学技术一等奖 SBXH2021-J-1-02-D01 SBXH2021-J-1-02-D02 SBXH2021-J-1-02-D03 SBXH2021-J-1-02-D05 SBXH2021-J-1-02-D07 SBXH2021-J-1-02-D09 SBXH2021-J-1-02-D012 SBXH2021-J-1-02-D013 SBXH2021-J-1-02-D014
5	合著	高建恩/1 吴普特/2 冯浩/3 樊恒辉/4	2001-01-01~ 2023-12-31	出版/发表	[1]《黄土高原水土保持新论》 [2]《中国雨水利用》 [3] Evaluating the flow and sediment effects of gully land consolidation on the Loess Plateau,

		高哲/7 赵春红/12 张星辰/13 李兴华/14 龙韶博/15			China. Journal of Hydrology, 2021,600. [4] Study on the Mechanism of Nano-SiO ₂ for Improving the Properties of Cement-Based Soil Stabilizer. Nanomaterials, 2020 2. [5] Changes and implications of the relationship between rainfall, runoff and sediment load in the Wuding River basin on the Chinese Loess Plateau. Catena,2019,175. [6] Sediment deposition and overland flow hydraulics in simulated vegetative filter strips under varying vegetation covers. Hydrological Processes. 2016, 30.
--	--	--	--	--	---

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目第一完成人高建恩教授，总体负责支撑本项目涉及的国家计划项目及课题申报、执行、验收。主持完成了本项目的理论、材料、形式、装置研制及规范的制定工作。主持和参与项目示范基地先后接待了国家主要领导人、省及国外领导人参观访问。在此基础上提出坡沟水沙调控工程淤地坝风险管控和山地果园风险管控重大建议，受到时任国务院主要领导和省部领导批示和政府采纳，产生重大经济社会效益。知识产权 1、2、3、9、10 第一完成人。

吴普特教授是坡面降雨径流调控利用理论的主要构建者。与第一、三、六完成人合作完成“主要知识产权和标准规范”中第 3、5、6，与第一完成人共同获奖，并合著有《黄土高原水土保持新论》等。此外第一完成人参加了第二、第三完成人主编的《中国雨水利用》等工作。

冯浩研究员与第一、第二完成人共同获奖，与第二完成人合作开发了土壤扩蓄增容肥，“主要知识产权和标准规范”中第 5 主要完成人。负责并与第一完成人合作执行“十四五”国家重点研发计划 2021YFD190070402。

樊恒辉研究员发明了水沙调控的液态固化剂新材料、暴雨集流场及蓄水装置等施工工艺，与第一完成人合作编写了地方规范 9、10。罗林涛研究员与第一完成人共同申请了国家重点研发计划项目 2017YFC0504700，分别主持 2017YFC0504703 和 2017YFC0504705，共同完成知识产权及规范 10。

田堪良教授级高级工程师协助第一完成人完成部分国家重点研发项目申请，负责坡面水沙调控工程研发，与第一完成人完成知识产权 8 和 10。高哲讲师发明了一种沟道梯级土地整治工程暴雨洪水安全风险评方法方法和一种旱地果园绿色智能集雨系统，与第一完成人合作完成知识产权 1、2、7、10。韩剑桥副研究员负责水沙径流调控利用，与第一完成人完成“主要知识产权和标准规范”2、9、10。

朱德兰教授协助第一完成人完成部分国家支撑计划课题的申请和完成，发明了山地果园暴雨侵蚀防控的蓄水装置、开发了设计优化软件和苹果园管理系统，与第一完成人合作完成知识产权 4。范兴科研究员系统研究了山地果园矮化苹果的节水灌溉制度、与第一完成人合作完成多项节水灌溉设备研发并共同获奖，是知识产权 7 的第一完成人。张根广研究员负责了水沙径流调控利用相关实验，与第一完成人合作完成“主要知识产权和标准规范”2、10。赵春红高级工程师、张星辰高级工程师、李兴华讲师、龙韶博工程师等分别协助第一完成人完成部分项目申请，分别协助第一完成人完成“主要知识产权和标准规范”第 1、2、7、9 和 10。

项目二十

一、项目名称：黄土增湿变形理论及地基湿陷溶陷处治技术

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：增湿变形是非饱和黄土在一定上覆压力作用下，湿度增加产生的附加变形，而增湿到饱和时的增湿变形是湿陷，高易溶盐黄土的湿陷往往还包含溶陷。增湿变形是引发黄土地基破坏的主因，其理论研究及地基处理技术开发是黄土力学的核心内容。本课题以推动黄土力学发展和保证地基安全为目标，系统开展了黄土增湿变形理论和地基湿陷溶陷处治技术研究，取得的主要成果有：1) 创立了考虑易溶盐变化的非饱和黄土增湿变形理论及数值分析方法，能科学预测黄土的增湿变形、湿陷和溶陷；2) 提出了黄土地基湿陷性评价、测试、试验等一系列新方法，主要包括：渠道、路基等存在卸荷状态的黄土地基湿陷性评价方法，用离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测试新方法，湿陷性黄土地区装配式综合管廊施工方法，湿陷性黄土地区透水路面结构设计方法，寒区黄土渠道土-水-热-力耦合模型试验方法。所提方法具有新颖性和独创性，符合黄土力学原理和工程实际；3) 提出了“减重削减湿陷”的新理念，研发了轻量土换填减重、承载板减载、速固浆液充填加固等湿陷性黄土地基处理新技术，在海绵城市建设工程的黄土湿陷溶陷处理中优势突出。项目成果已纳入多项技术标准，在陕西、河南、宁夏、新疆等地进行了实际工程应用，取得了显著的社会、经济和生态效益。成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，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二等奖。**

三、项目简介：

本课题主要涉及岩土工程与工程地质科学领域的非饱和黄土增湿变形理论，黄土地基湿陷性评价、测试、试验等一系列前沿新方法，以及基于“减重削减湿陷”理念的黄土地基湿陷变形控制前沿技术，是典型的系统理论与实际工程相融合的创新与应用。主要创新成果如下：(1) 创立了考虑易溶盐含量变化的非饱和黄土增湿变形理论，主要包括本构模型、湿陷与溶陷的区分方法以及数值分析方法，能科学预测黄土的增湿变形、湿陷和溶陷。(2) 提出了黄土地基湿陷性评价、测试、试验、计算等一系列新方法，主要包括：渠道、路基等存在卸荷状态的黄土地基湿陷性评价方法，用离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测

试新方法，湿陷性黄土地区装配式综合管廊施工方法，湿陷性黄土地区透水路面结构设计方法，寒区黄土渠道土-水-热-力耦合模型试验方法，所提方法具有新颖性和独创性，符合黄土力学原理和工程实际。(3)提出了“减重削减湿陷”的新理念，研发了轻量土换填减重、承载板减载、速固浆液充填加固等湿陷性黄土地基处理新技术，在海绵城市建设工程的黄土湿陷溶陷处理中优势突出。(4)研究成果被纳入相关技术标准，在陕西、河南、宁夏、新疆等地进行了现场示范和实际工程应用，取得了显著的社会、经济与生态效益。

四、客观评价：

相较传统土力学，原创地构建了描述湿陷与溶陷曲线的数学表达式，提出了湿陷与溶陷区分的“三线法”，建立了考虑易溶盐含量的非饱和黄土增湿变形本构模型与数值计算方法，创立了考虑易溶盐含量变化的非饱和黄土增湿变形理论，能科学预测黄土的增湿变形、湿陷和溶陷，为分析黄土工程增湿变形问题提供了坚实的理论基础。提出了用离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测试新方法和寒区黄土渠道土-水-热-力耦合模型试验方法，有力弥补和扩充了湿陷性黄土增湿变形测试方法，体现了低成本和短工期的突出优势。研发了基于“减重削减湿陷”理念的湿陷性黄土地基处理技术，弥补了黄土湿陷性消除处理传统技术环境影响大和成本高的缺陷，对海绵城市建设中的黄土湿陷性防治有突出优势。所提出的渠道工程黄土地基湿陷性评价方法成果被纳入《渠道防渗工程技术规范》(GB/T 50600-2020)，增湿试验方法被纳入《非饱和土试验方法标准》(T/CECS 1337-2023)，增湿变形理念、轻量土处理方法和离心模型试验方法被纳入《引调水工程湿陷性黄土地基处理技术规程》(T/CHES 106-2023)。

五、应用情况：

本课题构建了高易溶盐含量黄土增湿变形理论体系，丰富了非饱和黄土力学的研究内容；提出了黄土地基湿陷性评价、测试、试验、计算等一系列新方法，丰富了黄土湿陷性评价方法和手段；提出了“减重削减湿陷”的新理念，研发了轻量土换填减重、承载板减载等多项湿陷性黄土地基处理新技术，积极推动了湿陷性黄土地区工程建设的技术进步。研究成果应用于黄土地区海绵城市建设、引调水工程、交通及地基处理工程等，解决了工程建设中的关键技术难题，取得了显著的经济、社会和生态效益。

六、主要知识产权和标准规范目录

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	规范	渠道防渗衬砌工程技术标准	中国	GB/T 50600-2020	2020.06.09	住房和城乡建设部、国家市场监督管理总局	中国灌溉排水发展中心, 中国水利水电科学研究院, 西北农林科技大学, 黑龙江省水利科学研究院, 河北省水利水电勘测设计研究院, 宁夏回族自治区水利厅, 内蒙古河套灌区管理总局, 长安大学, 新疆维吾尔自治区水利厅	张绍强, 杜秀文, 张爱军, 张滨, 杨海宁, 邢义川, 党平, 郭慧滨, 何武全, 王洪彬, 步丰湖, 安鹏, 孙景路, 马俊永, 刘龙虎, 杨万福, 郑建行
2	规范	引调水工程湿陷性黄土地基处理技术规程	中国	T/CH ES 106-2023	2023.12.29	中国水利学会	中国水利水电科学研究院, 西安理工大学, 西北农林科技大学, 陕西省水利电力勘测设计研究院, 陕西省引汉济渭工程建设有限公司, 甘肃省水利水电勘测设计研究院有限责任公司, 新疆水利	赵卫全, 邵生俊, 张爱军, 邢义川, 王丽琴, 陈武春, 田养军, 吕生玺, 李江, 谢遵党, 裴向军, 杨西林, 林飞, 陈刚, 刘宏社, 哈岸英, 王建社, 邢建营, 周建华, 邓国华, 任文渊, 李雄, 柳莹, 张晓超, 张晓库, 边义成, 杨玉生, 黄华新, 郝杰, 崔军旗, 曹建忠, 张国瑞, 白玉龙, 侯晓萍, 邵帅, 陶虎, 罗亮明

							水电规划设计管理局	
3	发明专利	一种基于轻量土减重原理的湿陷性黄土路基处理方法	中国	ZL 2018 1128 0630.3	2020.09.11	3985 877	西北农林科技大学	张爱军, 米文静, 任文渊, 刘宏泰, 郭敏霞, 时乐, 陈和刚, 柳丽英
4	发明专利	一种预制拼装综合管廊企口式接头防水构造及方法	中国	ZL 2019 1009 3949.3	2023.11.17	6496 847	机械工业勘察设计研究院有限公司	李良成, 柳丽英, 贾如宾, 刘永建, 刘宏泰
5	发明专利	长距离引水渠道循环水流冻结模型试验装置及试验方法	中国	ZL 2018 1142 9013.5	2020.06.23	3856 126	西北农林科技大学	张爱军, 任文渊, 靳芮揆, 何自立, 王正中
6	发明专利	用于矸石山灭火降温的速固浆液及其制备方法	中国	ZL 2020 1005 0435.2	2021.07.02	4524 000	西京学院	袁克阔, 傅少君, 高山, 刘恺德, 冯祥波, 孙超伟, 杨莎莎
7	实用新型专利	一种湿陷性黄土地区用透水路面结构	中国	ZL 2018 2160 9397.4	2019.06.11	8947 432	机械工业勘察设计研究院有限公司	时乐, 陈和刚, 刘宏泰, 柳丽英, 张爱军, 任文渊, 米文静, 郭敏霞, 徐佳初, 杨飞, 王刚刚
8	专著	非饱和特殊土的工程特性及应用	中国	ISBN :9787 5170 6197 7	2017.12.01	CIP2 017 第 3262 09 号	中国水利水电出版社	邢义川, 赵卫全, 张爱军
9	专著	复合地基三维数值分析	中国	ISBN : 7030 1267 18	2004.02.01	CIP2 004 第 0000 40 号	科学出版社	张爱军, 谢定义
10	软件著作权	渠道衬砌工程计算软件	中国	2018 SR80 0990	2018.10.09	软著登字第 3130 085 号	西北农林科技大学	张爱军, 任文渊, 牛丽思, 赵佳敏

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
张爱军	1	教授	西京学	课题总负责人, 创立了考虑易溶盐变化的非饱和黄土增

			院 / 西北农林科技大学	湿变形理论, 提出了黄土湿陷与溶陷区分的“三线法”, 提出了渠道、路基等存在卸荷状态的黄土地基湿陷性评价方法, 创建了用离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测试新方法, 建立了基于减重削减湿陷理念的黄土地基湿陷变形控制技术体系。
任文渊	2	副教授	西北农林科技大学	作为主要完成人之一, 完成离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测试新方法和基于减重削减湿陷理念的黄土地基湿陷变形控制技术体系的技术完善与实施工作。参与湿陷性黄土海绵城市关键技术的研究, 完成了“轻量土换填”地基处理技术现场示范工作。
刘宏泰	3	高级工程师	机械工业勘察设计研究院有限公司	负责完成了“轻量土减重换填”地基处理技术、海绵城市透水路面结构型式及综合管廊建设技术研究的成果转化应用工作。
安鹏	4	副教授	长安大学	提出了黄土地层的“双线性”离心模型试验测试地基自重湿陷量新方法, 该方法可替代现场浸水试验进行现场自重湿陷量的测试, 具有精细化、低成本和短工期的优势; 基于“扩底减压”的理念, 提出了承载板减载综合管廊地基处理技术, 对管廊基坑顶面设置承台, 对管廊地基采用“挖填界面表层夯填控渗+地基防渗+薄垫层”处理, 并开展了综合管廊示范工程浸水试验与监测, 处理效果显著。
袁克阔	5	副教授	西京学院	参与湿陷性黄土地区海绵城市路用透水砖的 CT 扫描分析, 深度参与应用课题现场示范工装和试验测试。针对黄土裂隙、陷穴、肥槽等特殊缺陷的快速充填治理难题, 研发了强悬浮低泌水速固浆液, 授权发明专利一项, 并对其开展了许可转化; 保障了特殊施工条件下黄土地基处理效果。
王毓国	6	讲师	西安建筑科技大学	完成了黄土湿陷、溶陷、非饱和力学特性等室内试验, 多地层离心模型试验, 以及湿陷性黄土地基处理技术的现场应用与示范工作。提出了考虑易溶盐影响的高易溶盐含量黄土土水特征曲线计算模型, 以及寒区黄土渠道土-水-热-力耦合模型试验方法。
赵卫全	7	教授	中国水利水电科学研究院	合作提出了黄土地基“可能增湿变形”的思路, 合作提出了离心模型试验替代现场浸水试验的自重湿陷量测试新方法, 已编入《引调水工程湿陷性黄土地基处理技术规程》(T/CHES 106-2023); 合作提出了湿陷性黄土地基水泥-黄土灌浆处治新技术, 并应用于工程实践。
李良成	8	正高级工程师	机械工业勘察设计研究院有限公司	主要完成了湿陷性黄土地区综合管廊建设的相关研究工作, 完成了预制拼装综合管廊吊装、拼接及接缝处防水的施工要点, 以明挖预制拼装法为框架, 提出了一套预制拼装综合管廊施工方法, 并采用试验段的方式进行了验证, 促进了湿陷性黄土地区综合管廊预制拼装技术的推广; 开展了轻量土换填等新技术与强夯、挤密桩、换填等传统地基处理方法相结合的工程实践。
郑建行	9	工程师	中国灌溉排水发展中心	参与编制了国家标准《渠道防渗衬砌工程技术标准》(GB/T50600-2020), 将本课题提出的湿陷性黄土渠道地基湿陷性评价新方法应用于统一湿陷性黄土评价的技术要求, 实现课题研究成果的应用。

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	主持并参与完成了多项国家自然科学基金项目、陕西省科技计划重点研发、横向应用等课题，对课题进行了总体设计和组织实施，创立了考虑易溶盐变化的非饱和黄土增湿变形理论，提出了黄土湿陷与溶陷区分的“三线法”，提出了渠道、路基等存在卸荷状态的黄土地基湿陷性评价方法，创建了用离心模型试验替代现场试坑浸水试验的自重湿陷量测试新方法，建立了基于减重削减湿陷理念的黄土地基湿陷变形控制技术体系，推动了现代非饱和黄土力学的发展。对课题内容 1~4 作出了贡献。
西京学院	2	对课题的室内试验提供了重要的设备和场地支撑，采用 CT 扫描和三维重构技术获取了透水路面砖三维孔隙结构模型，建立了微观孔隙结构特征参数与宏观渗透系数的定量关系模型，可量化计算透水路面的渗流场分布特征，为透水路面材料的选型提供依据。以绿色低粘度植物胶悬浮剂、低掺量固化剂、水泥、粉煤灰和黄土等为原料，研发了新型速固浆液，具有低泌水、低成本、高流动、高强度及固化快的特性，可用于黄土裂隙、陷穴、肥槽等的快速充填治理。对课题内容 2~3 作出了贡献。
机械工业勘察设计研究院有限公司	3	负责实施了湿陷性黄土地区路用透水性结构的研究和设计、湿陷性黄土地区综合管廊预制拼装关键技术的研究，并结合公司生产经营活动，将课题研究成果应用于工程项目，实现课题研究成果的快速转化和推广使用，产生一定的经济效益、社会效益和环境效益。对课题内容 3~4 作出了贡献。
长安大学	4	主持参与完成了自然科学基金与省部级项目等多项，提出了黄土地层的“双线性”的离心模型试验地基自重湿陷量测试方法，该方法可替代现场浸水试验进行现场自重湿陷量的测试，具有精细化、低成本和短工期的优势；提出了承载板减载综合管廊地基处理技术，对管廊基坑顶面设置承台，对管廊地基采用“挖填界面表层夯填控渗+地基防渗+薄垫层”处理，并开展了综合管廊示范工程浸水试验与监测，处理效果显著。对课题内容 2~3 作出了贡献。
西安建筑科技大学	5	为课题试验的开展提供了试验设备、场地、材料，完成了黄土湿陷、溶陷、非饱和力学特性等室内试验，多地层离心模型试验，以及湿陷性黄土地基处理技术的现场应用与示范工作。提出了考虑易溶盐影响的高易溶盐含量黄土土水特征曲线计算模型，以及寒区黄土渠道土-水-热-力耦合模型试验方法。对课题内容 1~2 作出了贡献。
中国水利水电科学研究院	6	在黄土地区建筑、市政、交通、水利等工程的勘察、设计和施工中，应用了黄土地基湿陷性评价、测试、试验等新方法，成果编入了《渠道防渗衬砌工程技术标准》（GB/T50600-2020）、《引调水工程湿陷性黄土地基处理技术规程》（T/CHES 106-2023）、《非饱和土试验方法标准》（T/CECS 1337-2023）等 3 部技术标准中，提高了黄土地区工程建设的水平，产生了显著的社会经济效益。对课题内容 1~2 作出了贡献。
中国灌溉排水发展中心	7	牵头主编了国家标准《渠道防渗衬砌工程技术标准》（GB/T50600-2020），统一了黄土地区渠道防渗衬砌工程的技术要求，将本课题提出的湿陷性黄土渠道地基湿陷性评价新方法推广应用于统一湿陷性黄土评价的技术要求，提高了工程建设质量，保障了工程效益的发挥，实现课题研究成果的应用，对课题内容 2、4 作出了贡献。

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	共同报 奖	张爱军/1, 任文 渊/2	2015年 -2023年	科技奖励	2024年陕西高等学校科学技术 研究优秀成果二等奖
2	项目合 作	张爱军/1, 任文 渊/2, 刘宏泰/3, 李良成/8, 王毓 国/6	2017年 -2020年	项目结题 报告	陕西省重点研发计划: 湿陷性黄 土地区海绵城市路用透水性结 构研究与应用项目结题报告
3	项目合 作	李良成/8, 刘宏 泰/3	2017年 -2022年	项目结题 报告	陕西省重点研发计划: 湿陷性黄 土地区综合管廊预制拼装关键 技术研究项目结题报告
4	项目合 作	任文渊/2, 张爱 军/1, 刘宏泰/3, 袁克阔/5, 李良 成/8, 王毓国/6	2019年 -2022年	项目结题 报告	湿陷性黄土地区海面城市路用 透水性结构研究与应用课题现 场示范项目结题报告
5	共同制 定规范	张爱军/1, 安鹏 /4, 郑建行/9	2017年 -2020年	规范	《渠道防渗衬砌工程技术标准》 (GB/T50600-2020)
6	共同制 定规范	赵卫全/7, 张爱 军/1, 任文渊/2	2021年 -2023年	规范	《引调水工程湿陷性黄土地基 处理技术规程》(T/CHES 106-2023)
7	共同申 请专利	张爱军/1, 任文 渊/2, 刘宏泰/3	2017年 -2022年	发明专利	一种基于轻量土减重原理的湿 陷性黄土路基处理方法
8	共同申 请专利	李良成/8, 刘宏 泰/3	2017年 -2022年	发明专利	一种预制拼装综合管廊企口式 接头防水构造及方法
9	共同申 请专利	张爱军/1, 任文 渊/2	2017年 -2022年	发明专利	长距离引水渠道循环水流冻结 模型试验装置及试验方法
10	共同申 请专利	刘宏泰/3, 张爱 军/1, 任文渊/2	2017年 -2022年	实用新型 专利	一种湿陷性黄土地区用透水路 面结构

完成人合作关系说明（限 1000 字）

课题第 1/2 完成人张爱军与任文渊共同获得 2024 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果二等奖；课题第 1/2/3/8/6 完成人张爱军、任文渊、刘宏泰、李良成、王毓国共同完成了陕西重点研发计划“湿陷性黄土地区海绵城市路用透水性结构研究与应用”；课题第 8/3 完成人李良成、刘宏泰为机械工业勘察设计研究院有限公司员工，共同完成了陕西省重点研发计划“湿陷性黄土地区综合管廊预制拼装关键技术研究”；课题第 1/4/9 完成人张爱军、安鹏、郑建行共同制定了标准《渠道防渗衬砌工程技术标准》（GB/T50600-2020）；课题第 7/1/2 完成人赵卫全、张爱军、任文渊共同制定了标准《引调水工程湿陷性黄土地基处理技术规程》（T/CHES 106-2023）；课题第 2/1/3/5/8/6 完成人任文渊、张爱军、刘宏泰、袁克阔、李良成、王毓国共同完成了企业项目“湿陷性黄土地区海面城市路用透水性结构研究与应用课题现场示范”；课题第 1/2/3 完成人张爱军、任文渊、刘宏泰共同获授权发明专利“一种基于轻量土减重原理的湿陷性黄土路基处理方法”；课题第 8/3 完成人李良成、刘宏泰共同获授权发明专利“一种预制拼装综合管廊企口式接头防水构造及方法”；课题第 1/2 完成人张爱军、任文渊共同获授权发明专利“长距离引水渠道循环水流冻结模型试验装置及试验方法”；课题第 3/1/2 完成人刘宏泰、张爱军、任文渊共同获授权实用新型专利“一种湿陷性黄土地区用透水路面结构”。

项目二十一

一、项目名称：泾河中上游洪水预警系统创建与体系应用

二、提名者：杨凌高新技术产业示范区管理委员会

提名意见：该项目针对黄河流域中游黄土高原中小流域洪水突发性强，洪水形成呈暴涨陡落趋势，流域内的防洪工程标准偏低、水文监测数据普遍缺乏、洪水预报精度不够，应急体系建立不够完善等问题，以洪水防御体系的“预报、预警、预演、预案”建设为出发点，构建半干旱半湿润的山区小流域的洪水预警体系，取得了原创性的突破和创新：①聚焦“十四五”期间国家对智慧水利建设规划要求，水利部防洪“四预”要求，从流域特征出发，利用降雨、流量资料探索精准超前防洪体系，研发直观的降雨、产流在线 HEC-HMS 模型，利用 Python 进行数据可视化分析，精准呈现洪水动态演进过程。②通过建立流域的数字模型来实现对流域物理环境的模拟。建立的水文模型由若干个彼此树状相连的水文组件构成，采用 30m×30mDEM 数据产品，采用 HEC-HMS 模型中的 GIS 模块对 DEM 数据进行处理并提取数字流域。③利用深度学习框架 Pytorch 构建一个包含 LSTM（长短期记忆网络）的神经网络模型进行水文数据的训练、验证及测试，最后利用训练好的模型对洪水进行实时预警。项目的研究为中小流域的洪水提前预报和洪水量级预演提供重要的技术支撑，很大程度减少了暴雨洪水灾害造成的人员伤亡及经济财产损失。

项目先后在黄委西峰勘测局测控中心、洪德、庆阳、雨落坪等一个中心、六个水文站得到实际应用。成果材料齐全，规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。

鉴于此，**特推荐该项目申报 2024 年度陕西省科学技术进步奖二等奖。**

三、项目简介：

黄土高原地带丘陵沟壑地形复杂、生态脆弱，中小河流遍布其中，是黄河泥沙主要来源区，在经历 2022 年 7 月 15 日测区所属马连河流域发生特大暴雨洪水过程之后，使测区流域洪水预警建设成为急需解决的问题，该区域中小河流的洪水预警建设是事关黄河流域生态保护和高质量发展战略大局。该项目基于“十四五”期间国家对智慧水利建设规划要求及水利部防洪“四预”要求，从测区流域特征出发，利用测区降雨、流量资料，以马连河洪德水文站上游区域为研究对象，探索中小流域超前精准防洪体系的快速构建解决方案，为水文测站、下游地区及

时提供洪水预警，推动新阶段水利高质量发展。

模型中不仅整合了大量主流的产汇流计算理论及方法，而且用户还可以对初损计算、产流计算、汇流计算以及河道演进计算进行自由的模块化组合，使其可以很好的适应半干旱半湿润地区复杂的产汇流条件并且能够对多种情况下的产汇流过程进行模拟。采用黄河流域黄土高原地区现有中小流域的历史实测数据对该模型中的一些参数进行校验，可以为该模型在特定区域更好的使用提供便利条件。本研究选取马连河上游洪德水文站控制流域进行 HEC-HMS 模型的应用研究并对率定的参数进行检验，为洪德水文站及下游地区及时提供洪水预警信息。

项目的研究填补了国家“十四五”规划纲要中提出的加快构建智慧水利体系中中小流域防洪“四预”体系建设的空缺，弥补了黄河流域黄土高原地区中小流域防洪工程标准偏低，水文监测数据普遍缺乏，洪水预报精度不够，应急体系建立不够完善的短板。

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）

（一）科技成果验收意见

按照科技项目完工验收规定，西北农林科技大学、黄委会西峰水文水资源勘测局成立了验收组(名单附后)，于 2022 年 7 月 6 日在甘肃庆阳市召开项目完工验收会议，对泾河上游地区洪水预警体系创建完工验收。参加验收会的代表有西北农林科技大学、三门峡库区水文水资源局、西峰水文水资源勘测局、河南黄河水文勘测设计院等单位的专家和代表。

项目验收组听取了项目负责人执行情况的汇报，并依据项目内容，分别对模型运行和各类文字材料进行了检查、汇总，针对有关问题进行了认真讨论，形成并通过了验收鉴定书。泾河上游地区洪水预警体系创建项目，经技术鉴定和运行验证，符合技术指标各项要求，达到了预期效果，满足预期效益，经鉴定质量合格。

（二）社会评价及影响

洪水预警模型的构建对社会具有深远的影响和重要的价值。党的十八大报告中明确提出要实施创新驱动发展战略，把全社会智慧和力量凝聚到创新发展上来，2001 年黄河水利委员会提出并开展了以“数字黄河”工程为主题的信息化建设；

2022年黄委要求“十四五”规划期间加快构建具有“四预”功能的数字孪生黄河，“数字孪生黄河”是“数字黄河”的升级版，两者在建设目标、实现路径上脉络相通。该模型的运用，不仅是数字孪生黄河的建设，也是水文测报行业创新发展战略的实施，为黄河流域生态保护高质量发展奠定基础。

这一洪水预警体系的创建不仅可以提高防灾减灾能力，减少灾害损失，提升应急响应能力，还能改善社会安全感。在当前全球气候变化加剧、极端天气频发的背景下，洪水预警模型的建立尤为重要。

首先，洪水预警体系的创建提高了防灾减灾的能力。通过收集、分析和整合大量的气象、水文和地质数据，该模型能够准确预测洪水的发生和发展趋势，为相关部门提供及时、准确的预警信息。这样的预警系统能够让公众在灾害来临之际有更多的时间采取必要的防范措施，如疏散人员、转移财产等，从而有效降低洪水对人民生命财产的威胁。

其次，洪水预警体系的创建能够减少灾害损失。准确的预警信息可以帮助地方政府更好地规划城市建设，避免在易受洪水影响的地区兴建重要基础设施，从而减少洪水引发的灾害和经济损失。同时，及时的预警还能让企业和个人有更多的时间采取措施保护自己的资产，最大限度地减少灾害造成的损失。

第三，洪水预警体系的创建提升了应急响应能力。准确的预警信息可以帮助相关部门和救援队伍做好应急准备和调度工作，提高救援的效率和成功率，最大限度地减少人员伤亡。这对于灾害发生后的紧急救援工作至关重要，能够有效地减轻灾难带来的影响，保障人民的生命财产安全。

最后，洪水预警体系的创建改善了社会的整体安全感。通过预警模型，公众可以更多地了解自然灾害的发生和演变机制，增强自身的安全意识和自我保护能力。这种增强的安全感将会提高人们对社会的信心和对政府的认可度，同时也能够促进社会的和谐稳定发展。

总的来说，洪水预警体系的创建对社会的影响是非常积极和正面的。然而，需要指出的是，模型的准确性和可靠性是评价其社会效果的重要标准。因此，我们需要不断完善和优化预警系统，提高模型的准确性和可靠性，以更好地为社会服务。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	黄委西峰勘测局测控中心	RTU 降水数据传输，HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	西峰测区所辖中小河流洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	蒙雅雯
2	洪德水文站	HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	马连河上游洪水产流模拟及预警预报	2019.01~至今	金彦科
3	庆阳水文站	HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	马连河中游洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	王子敬
4	杨家坪水文站	LSS-LSTM 模型，Python 数据处理功能	泾河流域洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	刘泮墨
5	雨落坪水文站	HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	马连河下游洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	万永生
6	悦乐水文站	HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	柔远川洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	张智
7	板桥水文站	HEC-HMS 水文模型，Python 数据处理功能	合水川洪水模拟及预警预报	2019.04~至今	韦昊彧

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.	论文	Identification of critical source areas and delineation of management subzones of non-point source pollution in Jing River Basin	中国	https://doi.org/10.1007/s10668-023-04206-9	2023 年 11 月	Environment, Development and Sustainability	西北农林科技大学	Wang, L., Xu, Y.H., Wu, L.*, Ruan, B.N., Guo, J.W., Du, B.L.
2	论文	新时期 GPS 技术在水文水资源监测方面的应用	中国	ISSN 1671-5799 CN 50-923	2019 年第 6 期	基层建设	黄委会西峰水文水资源勘测	徐永红 蒙雅雯 武鑫鑫 唐颖倩

				1/TB:			局	
3	论文	Effects of single- and multi-site calibration strategies on hydrological model performance and parameter sensitivity of large-scale semi-arid and semi-humid watersheds	中国	36(6), e14616	2022年5月	Hydrological Processes	西北农林科技大学	Wu, L.*, Liu, X., Yang, Z., Yu, Y., Ma, X.Y.
4	论文	智能测控技术在水文监测中的应用		CN50-9210/I B ISSN 1671-5586	2019年第11期	工业技术	黄委会西峰水文水资源勘测局	崔建和 徐永红 武鑫鑫 王婧桥
5	实用新型专利	一种水文测验安全区域语音警示装置	中国	ZL2022436451.7	2023-09-08	第20720489号	黄委会三门峡水文局	徐永红, 杨润泽, 芦博文
6	实用新型专利	一种方便拆卸的缆道SCR测速支撑架	中国	ZL202322335348.3	2023-08-30	第2056399号	黄委会三门峡水文局	徐永红, 芦博文, 杨润泽
7	实用新型专利	一种水利监测多功能河床取样器	中国	ZL201720957615.2	2018-03-27	第7122784号	庆阳市巴家咀水库专用水文站	王建伟, 刘晓丽, 万永生, 王璘
8	实用新型专利	一种水域水利伸缩测杆	中国	ZL202321087782.8	2023-10-27	第19904165号	王建伟	万永生, 兰香, 李程曦, 王璘, 王建伟
9	软件著作权	陕西省中小流域暴雨推求设计洪水计算软件	中国	2022SR0041182	2022-01-07	第8995381号	陕西省水利电力勘测设计研	王健、郭世兴、闫星

		V1.0					究院	
10	标准规范	陕西省水文手册	中国	ISBN978-7-5369-7092-2	2022 年 11 月	陕 S(2022)023 号	陕西省水利电力勘测设计研究院	魏克武、王光社、周伟、郭世兴

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
吴磊	1	教授	西北农林科技大学	创建直观的降雨、产流在线 HEC-HMS 模型，利用 Python 进行数据可视化分析，精准呈现洪水动态演进过程。
徐永红	2	副处级，高级工程师	黄委会西峰水文水资源勘测局	构建一个包含 LSTM（长短期记忆网络）的神经网络模型进行水文数据的训练、验证及测试，完成中小河流地区“一线防汛指挥部”功能和远程数据管理平台的测控指挥。
万永生	3	副科级，工程师	黄委会西峰水文水资源勘测局	采用 HEC-HMS 模型中的 GIS 模块对 DEM 数据进行处理并提取数字流域，远程采集降雨洪水信息，实现一站式平台建设。
党磊	4	技术员	黄委会西峰水文水资源勘测局	远程降雨洪水信息的采集与在线 HEC-HMS 模型结合应用，完成模型的调试、运行与维护。
王健	5	总经济师，高级工程师	陕西省水利电力勘测设计研究院	完成了项目经济效益的核算，参与陕西省水文手册、陕西省水文手册技术方法的编制与审核工作。
曹文筹	6	工程师	黄委会西峰水文水资源勘测局	利用训练好的在线 HEC-HMS 模型对洪水进行实时预警，并进行了试验示范和推广工作。
闫星	7	总工程师、总规划师，正高级工程师	陕西省水利电力勘测设计研究院	完成了暴雨洪水的设计推求计算工作，并编写了相关标准规范。
马孝义	8	教授	西北农林科技大学	参与创建了泾河上游地区洪水预警体系，参与编定陕西省水文手册。
郭世兴	9	规划分院副总工程师，正高级工程师	陕西省水利电力勘测设计研究院	参与暴雨洪水的设计推求计算工作，编写陕西省水文手册及技术方法。

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	主要负责项目的规划、实施、协调与管理，确保项目的顺利实施和完成，对各个课题所形成的科研成果进行凝练和提升。研发直观的降雨、产流在线 HEC-HMS 模型，利用 Python 进行数

		据可视化分析，精准呈现洪水动态演进过程。负责协调项目的示范、推广、应用工作。
黄委会西峰水文水资源勘测局	2	为项目实施提供了良好的实验平台、示范平台、技术支持、专业指导和科学管理，实施了远程降雨洪水信息的采集与该模型的结合运用，完成了一站式平台建设，实现了中小河流地区“一线防汛指挥部”功能和远程数据管理平台的测控指挥。在项目的示范、推广、应用方面有重要贡献。
陕西省水利电力勘测设计研究院	3	在本项目中负责研发了陕西省中小流域暴雨推求设计洪水计算软件，编写了陕西省水文手册，支撑了洪水预警模型的洪水提前预报和洪水量级预演。参与了项目的示范、推广、应用。

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	论文	吴磊/1, 徐永红/2	2023.02	Identification of critical source areas and delineation of management subzones of non-point source pollution in Jing River Basin	附件
2	论文	吴磊/1, 马孝义/8	2022.05	Effects of single- and multi-site calibration strategies on hydrological model performance and parameter sensitivity of large-scale semi-arid and semi-humid watersheds	附件
3	项目合作, 成果总结	吴磊/1, 徐永红/2, 万永生/3, 党磊/4, 曹文筹/6, 马孝义/8	2022.07	泾河上游地区洪水预警体系创建	附件
4	项目合作, 成果总结	吴磊/1, 王健/5, 闫星/7, 郭世兴/9	2022.01	洪水预警模块开发, 水位流量关系曲线与设计洪水的计算程序编制	附件

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本次报奖项目“泾河上游地区洪水预警体系创建及应用”是由西北农林科技大学吴磊(1)、马孝义(8)、黄委会西峰水文水资源勘测局徐永红(2)、万永生(3)、党磊(4)、曹文筹(6)以及陕西省水利电力勘测设计研究院王健(5)、闫星(7)、郭世兴(9)三家单位成员长期合作共同完成的研究成果。完成合作关系说明如下：

与黄委会西峰水文水资源勘测局徐永红(2)、万永生(3)、党磊(4)、曹文筹(6)的合作：本次报奖成果中包括合作 SCI/EI 论文一篇，合作完成洪水预警体系的构建、训练、验证及测试工作，并长期进行科研/生产项目的合作与测试成果总结工作。

与陕西省水利电力勘测设计研究院王健(5)、闫星(7)、郭世兴(9)的合作：本次报奖成果中水位流量关系曲线与设计洪水的计算程序开发等方面有长期合作，在洪水预警模块研发与成果总结方面提供了技术支撑。

与本单位马孝义(8)的合作：自 2012 年以来，马孝义为吴磊的学术指导老师，与马孝义在 *Journal of Hydrology* 等期刊合作发表 SCI 论文 30 余篇，合作获得专利 6 项，期间也合作完成了多项科研项目，在洪水预报、流域水土环境过程模拟等方面取得了许多与本项目相关的成果。

项目二十二

一、项目名称：奶山羊全产业链关键技术创新集成与应用

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：该项目运用现代动物生物繁育、健康养殖及乳品加工等技术原理与方法，创制出 SCD1 基因编辑羊新资源，培育出文登奶山羊新品种；探索开发了性控冷冻精液低剂量腹腔镜输精技术，创建了奶山羊高效扩繁技术体系；建立了标准化奶山羊饲养管理规范，开发饲料新资源，建立了适应我国南北方生态环境的奶山羊健康养殖模式；研发出针对奶山羊乳房炎、羊口疮等常见病疫苗及精准检测技术手段，构建奶山羊疾病防治专家系统与奶山羊免疫程序，制定了科学的奶山羊疫病防控技术方案；研制出液态奶、酸羊奶、乳酸菌羊奶粉、乳饼等羊奶新产品。项目成果在奶山羊主产区应用推广后，奶山羊种质水平得到极大提高，社会、经济、生态效益显著，推动了我国奶山羊产业高质量发展。

提名者认真审阅了项目材料，内容真实，科技应用意义重大，**提名推荐该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。**

三、项目简介：

奶山羊产业是我国奶业的重要组成部分，奶山羊主要分布于陕西、山东、云南、河南、河北、内蒙古和辽宁等省，甘肃、贵州、四川、福建和广东等省的饲养量也在持续增加。目前，我国奶山羊存栏 1400 多万只，其中产奶羊 800 多万只，山羊奶总产量 160 多万吨，占全球山羊奶产量的 6.4% 左右，占全国奶类产量的 4% 左右，发展态势良好，成为驱动畜牧业经济发展以及引领乳品消费升级的重要产业。

2007 年以来，在农业部公益性行业专项奶山羊产业技术研究及试验示范等部省级多个科技项目资助下，根据高产、优质、高效、生态、安全的原则，针对制约我国奶山羊产业以及种业发展的实际问题，如优质奶山羊品种资源缺乏、良种覆盖率低、繁育体系不健全、标准化程度低、羊奶产品种类少等重大问题，通过运用现代动物生物繁育、健康养殖及乳品加工等技术原理与方法，研究集成了奶山羊全产业链关键技术，培育出了优质奶山羊品种资源，提高了奶山羊个体产奶量，建立了规范化、标准化、适度规模化生态养殖模式，开发出液态奶、酸羊奶、乳酸菌羊奶粉、乳饼等高端羊奶产品，科研成果在陕西、山东、云南、河南等奶山羊主产区示范推广效果明显，推动了奶山羊产业健康发展。具体成果如下：

一是采用现代动物生物育种技术，创制出 SCD1 基因编辑奶山羊种质资源，培育出文登奶山羊新品种。SCD1 基因显著影响奶山羊乳腺上皮细胞中脂肪酸组成，利用 CRISPR/Cas9 技术得到 SCD1 基因编辑奶山羊个体，日产奶量 2 kg，乳

脂率达到 3.3%。通过西农萨能奶山羊级进杂交、阶段选种以及分子标记辅助选择等技术手段，成功培育出文登奶山羊新品种，育成的文登奶山羊基础母羊泌乳期平均产奶量 786 kg。

二是探索开发了性控冷冻精液低剂量腹腔镜输精技术，创建奶山羊高效扩繁技术体系。性控冷冻精液低剂量腹腔镜输精后，母羊受胎率达到 50%，产羔率 187.5%，性控后代性别符合率在 93.3%以上；通过整合输精枪设计、同期发情、精液保存、超数排卵、胚胎移植研究成果，集成建立了奶山羊高效扩繁技术体系，提高了奶山羊繁殖率，母羊产羔率达到 190%以上。

三是建立了标准化奶山羊饲养管理规范，开发饲料资源，建立了适应我国南北方不同生态环境的奶山羊健康养殖模式。制定出不同生理阶段奶山羊（羔羊期、育成期、泌乳期、妊娠期）的饲养标准，配套制定了奶山羊饲养管理规范，发布 1 项农业行业标准；评价奶山羊常用饲草料营养价值，研制构树青贮饲料饲喂技术与全混合日粮配方，集成了常规与新饲料资源数据库，创建了适应我国南方高原、北方平原地区的奶山羊健康养殖模式。

四是研发出奶山羊乳房炎和口疮疫苗及快速诊断方法，构建奶山羊疾病防治专家系统，制定了科学的奶山羊疫病防控技术方案。羊口疮灭活苗免疫孕羊后抗体阳性率为 100%，新生羔羊的羊口疮病毒携带率降至 14%；葡萄球菌基因工程疫苗、乳房炎二联灭活疫苗接种泌乳期母羊后乳房炎保护率达到 100%，保护期持续 6 个月；利用多重 PCR 与检测试剂盒实现了对乳房炎细菌种类、羊口疮抗体水平的快速检测；建立的奶山羊疾病防治专家系统实现了奶山羊疾病的远程快速处理，显著降低了奶山羊养殖过程中的疫病风险。

五是明确羊奶膻味物质，优化原料奶加工工艺，研制出液态奶、酸羊奶、乳酸菌羊奶粉、乳饼等羊奶新产品。基于羊奶膻味源于短、中链脂肪酸含量比例的研究结果，开发出可调控膻味物质组成的羊奶发酵技术；研发出提高羊乳营养活性成分含量及高效提取技术；解决了羊奶蛋白质热稳定性较差而导致的液态羊奶保存时间短的问题，研发出羊奶超高温灭菌工艺，灭菌液态奶常温保质期达 2 个月以上；利用新型羊奶发酵与加工工艺，开发出酸羊奶及活性乳酸菌羊奶粉新产品；优化乳饼制作工艺，开发出高钙山羊乳饼；基于蜂蜜的护肤功能，开发出蜂蜜羊奶皂。

通过项目实施，建立了以原种场、繁育中心、种羊场为核心，辐射带动奶山羊养殖基地、专业合作社及乳品加工企业，融科技创新、推广示范和产品研发于一体的奶山羊全产业链技术体系，提高了奶山羊种质水平，西农萨能奶山羊、关中奶山羊、崂山奶山羊核心群基础母羊泌乳期平均产奶量分别为 830 kg、712 kg、756 kg；9 月龄育成羊平均体重增加 5 kg 左右，基础母羊平均产奶量提高 110 kg

左右。获得国家授权发明专利 5 件、实用新型专利 1 件，有关技术成果示范推广至陕西奶山羊主产区后，2021-2023 年度累计获得直接和间接效益达 56.59 亿元，为产区奶山羊养殖企业、乳品加工企业和养殖户创造了可观的经济效益，提供了大量就业岗位，充分利用了玉米秸秆等农副产品，产生了显著的社会效益和生态效益。

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）

本项目成果是在前期科研项目基础上融合形成的综合性研究成果，包括验收成果“奶山羊产业技术与试验示范”“奶山羊选育扩繁与安全养殖技术与示范”和鉴定成果“奶山羊扩繁与健康养殖技术与示范”。

1. “奶山羊产业技术与试验示范”（201103038）项目验收意见

农业部科技教育司组织有关专家于 2016 年 9 月 13 日对公益性行业（农业）科研专项“奶山羊产业技术与试验示范”（201103038）进行了验收，并形成如下验收意见：①完善了以原种场、繁育中心、种羊场、养殖基地、专业合作社及乳品企业等为主的奶山羊产业技术研发推广网络和良种繁育体系，探索建立了适应我国不同自然生态条件的奶山羊适度规模化安全养殖模式。②新建 5 万只以上规模奶山羊养殖基地 3 处、规模化养殖场 15 个。原种场核心群母羊群体平均产奶量 830 kg，其他各级种羊场群体产奶量 712 kg，基础母羊平均产羔率 190%。原种场和繁育中心推广种羊 10 万只以上。9 月龄萨能奶山羊平均体重达到 35.5 kg。③首次利用性控冷冻精液低剂量输精技术获得性控后代 9 只，性别符合率 100%；筛选出奶山羊羔羊培育方案及育成期和泌乳期最佳日粮配方；开展了羊奶品质形成机理的研究；开展了奶山羊常见病调查，研制疫苗 3 个；开发羊奶羊肉新产品 31 个。④集成轻简化实用技术 5 项，制定行业标准 1 项，省级标准 4 项。举办培训班 145 次，培训技术人员 1000 名，培训农民 15000 人次。项目成果推广或辐射至全国奶山羊产区，改良低产奶山羊 220 万只。养殖基地 9 月龄羊平均体重增加 5.0 kg，基础母羊平均产奶量提高 110 kg，社会、经济效益显著。

2. “奶山羊选育扩繁与安全养殖技术与示范”（2009ZKC07-01）项目验收意见

陕西省科技厅组织有关专家于 2013 年 7 月 25 日对陕西省重大科技创新项目“奶山羊选育扩繁及安全养殖技术与示范（2009ZKC07-01）”进行了验收，并形成如下验收意见：①培育形成了高产奶山羊群，西农萨能奶山羊泌乳期只均产奶量达 756kg，关中奶山羊泌乳期只均产奶量达 712kg，良种覆盖率达到 51%；②优化了奶山羊性控精液分离程序，X、Y 精子分离准确率达 95.3%；③集成并推广了奶山羊 MOET 扩繁综合技术、阶段选种技术、羔羊培育技术、高效养殖

技术、疫病防控技术等多项实用技术，建立了安全养殖生产配套体系。④编制奶山羊养殖技术培训丛书1套，制作《关中奶山羊养殖技术培训》光盘1个。

3. “奶山羊扩繁与健康养殖技术研究与示范”成果鉴定意见

2016年1月9日，由陕西省科技厅主持对“奶山羊扩繁与健康养殖技术研究与示范”项目进行了成果鉴定，形成以下鉴定意见：①运用现代动物繁育技术和健康养殖新理念，提高规模化养殖条件下奶山羊群体的生产性能，西农萨能羊育种核心群泌乳期平均产奶量756 kg，关中奶山羊育种核心群泌乳期平均产奶量712 kg，乳脂率3.5%以上，形成了奶山羊繁育技术体系。②建立了奶山羊健康养殖综合配套技术，羔羊成活率、生长性能以及成年母羊生产性能、繁殖性能明显提高，羔羊成活率达到92%以上，产羔率达到190%以上。针对奶山羊产区疫病发生特点，研究制订了奶山羊免疫程序和疫病防控技术规范。③分析了羊乳中脂肪酸的组成成分，发现C6、C8、C10、C11、C12等中短链脂肪酸是形成膻味的主要因素。采用多菌发酵工艺分解羊奶脂肪酸，开发了山羊奶脱膻生产新工艺；建立了山羊奶新鲜度和质量评判方法。④在奶山羊繁殖、饲养以及疫病防治等方面制订生产技术规范6个，获得专利3件，推广种羊7800只，改良中低产奶山羊15万余只，直接和间接经济效益达1.5亿元。培训农民4877人，辐射带动养殖户超过4万户。鉴定结果认为，该项目选题紧密结合生产实际，设计科学，技术路线正确，措施有力，经济效益显著，总体水平达到国际同类研究的领先水平，具有重要的科学意义和推广应用价值。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

本项目按照“边研究、边示范推广”的思路，充分发挥参与单位的科技和资源优势，以高校、科研院所为技术研发主体，以企业、合作社、养殖场等作为研究成果推广应用的主要场所，进行了奶山羊全产业链关键技术研究集成与应用。近年来通过项目的实施，规模化养殖场明显增多，在陕西、山东、云南等生态区域分别形成了适应于当地环境条件的奶山羊高效养殖模式，建成集繁育、养殖、加工及营销为一体的奶山羊全产业链体系，2021-2023年度累计在陕产生经济效益达到56.59亿元。项目成果的应用显著提高了奶山羊养殖水平，推动了奶山羊产业健康可持续发展，成果应用前景十分广阔。

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	论文	Knockout of Stearoyl-CoA Desaturase 1 Decreased Milk Fat and	中国	10.1021/acs.jafc.2c00642; 70:403	2022-03-28	Journal of Agriculture and Food	西北农林科技大学	Huibin Tian, Huimin

		Unsaturated Fatty Acid Contents of the Goat Model Generated by CRISPR/Cas9		0-4033		Chemistry		Niu, Jun Luo, Weiwei Yao, Xiaoying Chen, Jiao Wu, Yanan Geng, Wenchang Gao, Anmin Lei, Zhimin Gao, Xiue Tian, Xiaoe Zhao, Huaiping Shi, Cong Li, Jinlian Hua
2	标准	奶山羊饲养管理技术规范	中国	NY/T2835-2015	2015-10-09		山东农业大学; 山东省畜牧总站; 青岛市畜牧兽医研究所; 文登市畜牧兽医服务中心	王建民; 王桂芝; 曲绪仙; 赵金山; 程明; 李培培; 褚建刚; 战汪涛; 秦孜娟; 侯磊; 王存芳
3	发明专利	预防山羊葡萄球菌乳房炎的基因工程疫苗制备方法及应用	中国	ZL201210394438.3	2015-05-20	1673029	西北农林科技大学	陈德坤; 许君艳; 姚运亮; 田婷婷; 李前瑞; 罗军; 曹斌云

4	发明专利	奶山羊 SLC7A5 基因单核苷酸多态性标记在产奶性状早期选择中的应用	中国	ZL202111675823.0	2022-11-29	5611639	西北农林科技大学	李聪; 王婉婷; 陈冲; 潘坛; 宋美文; 史怀平; 罗军
5	发明专利	羊口疮抗体检测试剂盒的制备方法	中国	ZL201210183987.6	2015-01-21	1572507	西北农林科技大学	陈德坤; 李杰; 李前瑞; 田婷婷; 姚运亮; 许君艳; 罗军; 曹斌云
6	发明专利	一种蜂蜜羊乳皂及其制备方法	中国	ZL201610409262.2	2018-07-06	2988308	山东农业大学	王桂芝; 娄德龙; 郝光涛; 王强; 王建民; 秦孜娟; 纪志宾; 侯磊; 樊锐; 赵彩霞; 何荣彦; 王升
7	发明专利	一种高钙山羊乳饼的加工方法	中国	ZL201010564547.6	2014-01-15	1336372	西北农林科技大学	丁武; 罗军; 王发展; 寇莉苹; 奇强强
8	实用新型专利	一种小型自走式全日粮饲料混合机	中国	ZL201420260214.8	2014-09-17	3809590	乔宏岳	乔宏岳; 林志峰; 李亚萍; 孙启明; 潘皓天
9	标准	奶山羊养殖技术规范 第 6 部分: 泌乳奶山羊健康养殖	中国	DB61/T1489.6-2021	2021-12-17		西北农林科技大学	史怀平; 罗军; 杨帆; 郑惠玲; 原积友; 王平; 李聪; 洪琼花; 胡钟仁; 王

								鹏飞; 胡建红; 边会龙; 余传奇; 景鹏娟; 王原; 李章鹏; 陈帅; 潘 康锁
10	论文	益生菌发酵羊乳中酪蛋白磷酸肽的持钙能力和结合铁能力的研究	中国	55(4): 18-22	2019-04-04	食品与发酵科技	陕西师范大学	田彦梅; 张园; 叶 青; 张金 秀; 刘玉 芳

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
罗军	1	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	总体方案设计, 品种选育扩繁、标准化养殖和饲养管理技术规范制定等
史怀平	2	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	开展奶山羊繁育以及羊奶品质调控研究, 撰写实用技术规范以及培训等
王建民	3	教授	山东农业大学/西北农林科技大学	奶山羊繁育技术、饲养管理技术研究, 制定奶山羊饲养管理标准, 建立奶山羊养殖模式等
陈德坤	4	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	研发奶山羊乳房炎疫苗与口疮疫苗以及诊断方法, 推广疫病防控技术等
李聪	5	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	奶山羊繁育技术、饲养管理技术研究, 推广奶山羊鉴定与培育技术
郑惠玲	6	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	奶山羊繁育技术研究, 推广奶山羊鉴定与培育技术
王平	7	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	研究不同生理阶段奶山羊的饲养标准与配方技术, 研制构树青贮饲料饲喂技术, 制定奶山羊饲养管理标准规范等
刘玉芳	8	副教授	陕西师范大学/陕西师范大学	羊奶发酵技术、羊奶营养调配技术等关键技术研究; 研发出了系列羊奶新产品
李卫娟	9	研究员	云南畜牧兽医科学院/西北农林科技大学	乳房炎防治技术研究, 评价乳房炎疫苗的实际应用效果评价, 研究奶山羊养殖模式与乳饼制作工艺等
胡建红	10	高级畜牧师	西安市畜牧技术推广中心/西北农林科技大学	推广奶山羊扩繁与饲养管理技术, 组织奶山羊养殖技术培训等
李杰	11	畜牧师	千阳县种羊场/千阳县种羊场	西农萨能羊选育, 开展技术培训工作, 推广人工授精及羔羊培育技术

林志峰	12	兽医师	陕西省农业广播电视学校富平县分校/富平县畜牧发展中心	推广奶山羊扩繁技术,建设奶山羊养殖小区,组织奶山羊养殖技术培训等
王鹏飞	13	高级兽医师	泾阳县畜牧产业服务中心/西北农林科技大学	推广奶山羊饲养管理技术,组织奶山羊养殖技术培训等
范正红	14	高级畜牧师	陈仓区畜牧兽医技术推广站/西北农林科技大学	推广奶山羊饲养管理技术,组织奶山羊养殖技术培训等

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,统筹规划项目实施工作,建立奶山羊高效扩繁体系与健康养殖技术体系,研发奶山羊常见病疫苗及检测技术
陕西师范大学	2	项目参与单位,系统研究羊奶理化特性,研发加工技术和产品
富平县畜牧发展中心	3	项目参与单位,奶山羊养殖模式研究与推广
千阳县种羊场	4	项目参与单位,奶山羊养殖技术示范推广
陇县畜牧工作站	5	项目参与单位,奶山羊养殖技术示范推广

九、完成人合作关系情况

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	共同知识产权、论文合著、共同参与制定标准规范	史怀平/2	2009—至今	论文: Knockout of Stearoyl-CoA Desaturase 1 Decreased Milk Fat and Unsaturated Fatty Acid Contents of the Goat Model Generated by CRISPR/Cas9 专利: 奶山羊 SLC7A5 基因单核苷酸多态性标记在产奶性状早期选择中的应用 标准: 奶山羊养殖技术规范 第6部分:泌乳奶山羊健康养殖	附件 1.1.1、2.2.1、2.2.6
2	共同立项	王建民/3	2011—至今	标准: 奶山羊饲养管理技术规范 合同书: 公益性行业(农业)科研专项经费项目合同书;公益性行业(农业)科研专项经费项目二级任务书(王建民) 专利: 一种蜂蜜羊乳皂及其制备方法	附件 1.1.2、2.1.12、2.1.13、2.2.3
3	共同立项、共同知识产权	陈德坤/4	2011—至今	合同书: 公益性行业(农业)科研专项经费项目合同书 专利: 预防山羊葡萄球菌乳房炎的基因工程疫苗制备方法及应用;羊口疮抗体检测试剂盒的制备方法	附件 2.1.12、1.1.3、2.2.2

4	共同知识产权、论文合著、共同参与制定标准规范	李聪/5	2016—至今	<p>论文： Knockout of Stearoyl-CoA Desaturase 1 Decreased Milk Fat and Unsaturated Fatty Acid Contents of the Goat Model Generated by CRISPR/Cas9</p> <p>专利： 奶山羊 SLC7A5 基因单核苷酸多态性标记在产奶性状早期选择中的应用</p> <p>标准： 奶山羊养殖技术规范 第 6 部分：泌乳奶山羊健康养殖</p>	附件 1.1.1、2.2.1、2.2.6
5	共同参与制定标准规范	郑惠玲/6	2009—至今	<p>标准： 奶山羊养殖技术规范 第 6 部分：泌乳奶山羊健康养殖</p>	附件 2.2.6
6	共同参与制定标准规范	王平/7	2014—至今	<p>标准： 奶山羊养殖技术规范 第 6 部分：泌乳奶山羊健康养殖</p>	附件 2.2.6
7	共同立项	刘玉芳/8	2015—至今	<p>合同书： 公益性行业（农业）科研专项经费项目二级任务书（张富新）</p> <p>论文： 益生菌发酵羊乳中酪蛋白磷酸肽的持钙能力和结合铁能力的研究</p>	附件 2.1.14、2.2.7
8	共同立项	李卫娟/9	2011—至今	<p>合同书： 公益性行业（农业）科研专项经费项目二级任务书（胡钟仁）</p>	附件 2.1.16
9	共同参与制定标准规范	胡建红/10	2011—至今	<p>标准： 奶山羊养殖技术规范 第 6 部分：泌乳奶山羊健康养殖</p>	附件 2.2.6
10	共同知识产权	李杰/11	2011—至今	<p>专利： 羊口疮抗体检测试剂盒的制备方法</p>	附件 2.2.2
11	共同立项	林志峰/12	2011—至今	<p>合同书： 公益性行业（农业）科研专项经费项目二级任务书（张笑鹏）</p> <p>专利： 一种小型自走式全日粮饲料混合机</p>	附件 2.1.15、2.2.5
12	共同参与制定标准规范	王鹏飞/13	2011—至今	<p>标准： 奶山羊养殖技术规范 第 6 部分：泌乳奶山羊健康养殖</p>	附件 2.2.6
13	产业合作	范正红/14	2018—至今	<p>应用证明</p>	附件 2.1.7

完成人合作关系说明（限 1000 字）

史怀平、王建民、陈德坤、郑惠玲、刘玉芳、李卫娟、李杰、林志峰等 8 人分别不同程度参与农业部公益性行业（农业）科研专项“奶山羊产业技术与试验示范”和“奶山羊良种繁育及产业化技术体系建设”项目，其中王建民是子课题项目负责人，史怀平与郑惠玲是项目秘书，陈德坤、刘玉芳、李卫娟、李杰、林志峰是子课题主要完成人。史怀平、李聪、王平、郑惠玲、李杰、胡建红、王鹏飞与项目第一完成人罗军有共同专利、共同参与制定标准规范等。范正红以产业合作形式参与项目任务完成与技术示范推广。

项目二十三

一、项目名称：奶山羊全混合日粮饲养关键技术研发与推广应用

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杨凌职业技术学院、陕西康构草业科技有限公司、陕西康达尔农牧科技有限公司、富平县畜牧发展中心、陕西和氏高寒川牧业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，项目组选择性借鉴奶牛发展的成功经验，开发了奶山羊饲料养分高效利用技术，构建了奶山羊关键生理阶段精准营养调控与健康养殖技术，创建了奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系等奶山羊全混合日粮饲养关键技术，最终形成了一套适宜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，降低甲烷、粪污的排放污染。鉴于该项目的显著社会、经济和生态效益显著，经公示无异议，决定**提名该项目参评陕西省科学技术进步二等奖。**

三、项目简介：

奶业是一个国家发达程度和畜牧业现代化水平的重要标志。发展奶山羊产业对粮食安全和健康中国的国家战略均具有重要意义。针对我省乃至我国奶山羊养殖长期存的泌乳效率低下、饲草料资源缺乏、饲喂模式落后等产业瓶颈，项目组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，通过饲养试验、多瘘管代谢试验、屠宰试验、人工瘤胃发酵系统、原料发酵试验、多组学联合分析等技术手段，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、健康、快速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. 开发了饲料养分高效利用技术，为改善奶山羊泌乳效率提供了技术支撑。基于奶山羊的消化生理特点，项目组构建了以营养高效和瘤胃健康为目标的奶山羊碳水化合物平衡指数体系，通过调控养分消化位点提高了能量总体利用效率，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养分利用率和泌乳效率。

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，项目组开发了基于动态营养供应的奶山羊需要量和饲料原料数据库，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，并有效降低了营养代谢性疾病发生率、甲烷和粪污的排放污染，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。以营养均衡和高效为核心，项目组研发了精准日粮配方，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，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，大幅度降低劳动力成本。

项目实施期间，在全国 10 余个省市推广“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 万吨，增加经济效益 1.39 亿元，提高饲料转化率 4% 以上，甲烷排放减少 16% 以上，节约饲料费、医药费和排泄物处理费 1.22 亿元，辐射带动增加经济效益 5 亿元，累计增加经济效益 7.61 亿元。显著提升社会、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 2 件、实用新型专利 7 件、软件著作权 2 件，发布陕西省地方标准 2 项、团体标准 1 项、企业标准 28 项，培养硕博研究生 32 名，发表学术论文 46 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 390 余名。

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）

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，认为该项目研究了奶山羊小肠代谢蛋白质、物理中性洗涤纤维等关键营养素适宜需要量建议标准；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，认为该项目通过围产期奶山羊营养代谢研究，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能量利用效率的影响，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。

五、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2023年在全国10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2万吨,增加经济效益1.39亿元,节约饲料费、医药费和排泄物处理费1.22亿元,辐射带动增加经济效益5亿元,累计增加经济效益7.61亿元。与此同时,项目研发成果的推广应用有效降低了奶山羊饲养业的粪污排泄污染,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、王砾砾、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	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		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
4	计算机软件著作权	饲料加工生产工艺智能控制系统	中国	2019SR0222549	2018年11月06日	软著登字第3643306号	陕西康达尔农牧科技有限公司	

5	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		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
6	实用新型专利	一种高水分发酵饲料存储发酵堆垛结构	中国	ZL202120349308.2	2021年11月30日	14921426	陕西康达尔农牧科技有限公司	刘洋、刘玉瑞、岳炜、刘云鹏、孙瑞涛
7	实用新型专利	一种菌酶协同发酵饲料加工装置	中国	ZL202120339611.4	2021年11月30日	14897736	陕西康达尔农牧科技有限公司	刘洋、刘玉瑞、岳炜、刘云鹏、孙瑞涛
8	实用新型专利	一种呼吸膜袋式可移动发酵装置	中国	ZL202120339128.6	2021年11月26日	14858061	陕西康达尔农牧科技有限公司	刘洋、刘玉瑞、岳炜、刘云鹏、孙瑞涛
9	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		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
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	2013年09月29日	Microbiome	西北农林科技大学	王矜矜、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，全面负责方案设计并指导实施。对所列主要科技创新点 1、2、3 均有重要贡献。
王矜矜	2	助理研究员	西北农林科技大学	负责项目部分方案制定和实施，对所列主要科技创新点 2、3 有重要贡献。
武圣儒	3	副教授	西北农林科技大学	负责项目部分方案制定和实施，对所列主要科技创新点 1、2 有重要贡献。
曹阳春	4	教授	西北农林科技大学	负责项目部分方案制定和实施，对所列主要科技创新点 1、2、3 有重要贡献。
李宇	5	讲师	杨凌职业技术学院	负责部分项目的实施，对所列主要科技创新点 3 的推广应用有重要贡献。
刘煜	6	高级工程师	陕西康构草业科技有限公司	负责部分项目的实施，对所列主要科技创新点 3 有重要贡献。
刘洋	7	总经理	陕西康达尔农牧科技有限公司	负责部分项目的实施，对所列主要科技创新点 1、3 有重要贡献。
李延华	8	高级兽医师	富平县畜牧发展中心	负责部分项目的实施，对主要科技创新点 2、3 的推广应用有重要贡献。
张会军	9	总经理	陕西和氏高寒川牧业有限公司	负责部分项目的实施，对所列主要科技创新点 3 的推广应用有重要贡献。
吴强	10	畜牧师	富平县畜牧发展中心	负责部分项目的实施，对所列主要科技创新点 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	项目主持单位，负责项目整体设计、实施和总结，提供了项目实施和推广应用必要的资金、科研人员、仪器设备等。协调杨凌职业技术学院、陕西康构草业科技有限公司、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和氏高寒川牧业

		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。
杨凌职业技术学院	2	协助西北农林科技大学完成奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系的推广应用。
陕西康构草业科技有限公司	3	协助西北农林科技大学完成奶山羊全混合日粮饲养技术的研发和推广应用。
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。
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精准营养调控与健康养殖技术以及混合日粮中央厨房生产与配送体系的推广应用。
陕西和氏高寒川牧业有限公司	6	协助西北农林科技大学完成奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系的推广应用。

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	论文合著	雷新建/1 王矜矜/2 武圣儒/3 曹阳春/4	2014-2023	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	共同立项	雷新建/1 王矜矜/2 武圣儒/3 曹阳春/4 李延华/8	2019-2023	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）
3	共同参与制定标准规范	雷新建/1 刘煜/6 李延华/8 吴强/10	2018-2023	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 5

4	产业合作	雷新建/1 李宇/5 刘煜/6 刘洋/7 李延华/8 张会军/9 吴强/10	2018-2023	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
---	------	--	-----------	-------------------------	------

完成人合作关系说明（限 1000 字）

该项目由西北农林科技大学与杨凌职业技术学院、陕西康构草业科技有限公司、陕西康达尔农牧科技有限公司和富平县畜牧发展中心和陕西和氏高寒川牧业有限公司等单位共同完成，分工明确、优势互补、联合攻关。针对奶山羊和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 2 完成人王砾砾、第 3 完成人武圣儒和第 4 完成人曹阳春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，全面协助第 1 完成人雷新建进行核心技术开发及试验研究工作，有项目合作、共同知识产权、示范推广、论文合著若干。第 5 完成人李宇为西北农林科技大学研究生，在攻读学位期间参与了该项目的执行，博士毕业后在杨凌职业技术学院工作，继续与第 1 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 6 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 1 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。第 7 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 1 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 1 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 8 完成人李延华和第 10 完成人吴强所在的富平县畜牧发展中心为该项目产学研合作方，与第 1 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 1 完成人共同参与制定标准规范。第 9 完成人张会军所在的陕西和氏高寒川牧业有限公司为该项目产学研合作方，与第 1 完成人在奶山羊全混合日粮中央厨房生产与配送体系的示范推广进行产业合作。

项目二十四

一、项目名称：酿酒葡萄绿色高效栽培模式构建与示范应用

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：西北旱区、西南干热河谷、环渤海湾等地区是我国葡萄酒主产区和优势产区，酿酒葡萄种植面积 150 余万亩。在耕地“非农化、非粮化”背景下，果树产业“上山下滩”，以传统非农耕地作为主要栽培区域。因此，酿酒葡萄栽培长期存在水资源匮乏、土壤肥力低、劳动力不足等制约产业发展的瓶颈问题，导致我国酿酒葡萄产业生产水肥利用率低、用工困难且人工成本高昂，制约了产业绿色可持续健康发展。

针对上述问题，在国家重点研发计划、农业部 948 项目等支持下，创新提出并实践以“调亏灌溉”为核心的节水提质栽培新模式、以“精准施肥”为核心的减肥增效管理新方法、以“全程机械化”为核心的机械化管理新模式等生产模式以解决上述难题，发明和突破了多项关键技术，构建了以“节水”、“减肥”、“省工”为核心的酿酒葡萄绿色高效栽培模式，有效促进了我国酿酒葡萄原料由粗放式生产向绿色高效提质生产转变。项目取得了系列理论创新与技术突破，成果在我国各酿酒葡萄产区如西北旱区、西南干热河谷、环渤海湾各企业推广应用，取得了显著的经济、社会及生态效益。该成果将基础理论研究与生产实践有机结合，整体性好，各创新点逻辑、有机、系统、可靠，具有很强的创新性和先进性，整体研究达到国际先进水平。该成果符合陕西省科学技术进步奖推荐条件。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

该项目属果树学与食品原料学领域。作为我国主要酿酒葡萄主产区的西北旱区、西南干热河谷、环渤海湾等地区长期存在水资源匮乏、土壤肥力低、劳动力不足等制约产业发展的瓶颈问题，导致我国酿酒葡萄原料生产较为粗放，水肥利用率低、用工困难且人工成本高昂。在国家重点研发计划、农业部 948 项目等课题支持下，项目创新提出并实践以“调亏灌溉”为核心的酿酒葡萄节水提质栽培新模式、以“精准施肥”为核心的酿酒葡萄减肥增效管理新方法、以“全程机械化”为核心的酿酒葡萄机械化管理新模式等生产模式以解决上述难题。主要成果如下：

(1)建立了“前促后控-采前调盈-以水调质”的酿酒葡萄节水提质栽培新模式在酿酒葡萄领域引进并创新了调亏灌溉理论体系，揭示了水分胁迫调控葡萄果实和葡萄酒风味品质的生物学基础。提出了“前促后控-采前调盈-以水调质”的酿酒葡萄品质提升调控的灌溉策略。基于调亏灌溉与酿酒葡萄关键品质因子的相

互关系，确定了适合于不同产区的调亏灌溉制度。与常规滴灌或漫灌方式比较，可节约葡萄园用水 20-60%，并显著提高了葡萄原料和葡萄酒花色苷等含量。

(2)开发了“精准供应-智慧诊断-高效施用”的酿酒葡萄减肥增效管理新方法系统解析了各主产区土壤养分状况立地特征，确定了不同立地生态条件下的酿酒葡萄主栽品种养分需求规律，制定了不同土壤条件下的差异化施肥制度。建立了“剖根解枝”微损采样方法与无人机光谱营养诊断智慧化技术，创新提出了葡萄精准营养诊断技术体系。阐明了根外施肥对土壤施肥的时空替代性，建立了基于该替代性的酿酒葡萄根外/土壤混合高效施肥新模式。以氮肥为例，与常规施肥相比较，氮肥总体减施 20%，且改善了葡萄原料和葡萄酒香气与类黄酮含量。

(3)构建了“标准建园-轻简管理-机械配套”的酿酒葡萄机械化管理新模式基于农艺农机融合的目标，改良了宜机化的酿酒葡萄整形方式，研发了老龄葡萄园宜机化改造和新葡萄园标准化建园模式，并形成了适合于各产区不同立地条件的建园技术规范。开发了信息化管理、水肥控制叶幕生长、简约化整形修剪等为核心的酿酒葡萄园轻简化管理模式。集成、筛选、改造了涵盖土肥水管理、病虫害防治、叶幕管理、冬季修剪与枝条粉碎、出埋土等环节的葡萄全程机械化管理设备，基本实现了除采收环节外的全程机械化（约 85%）。与传统葡萄园管理比较，节约人工成本 30%以上，并显著提高了葡萄原料和葡萄酒质量。

项目登记成果 2 项；授权国际专利 1 项，发明专利 6 项、实用新型专利 4 项、软件著作权 1 项；制定地方/企业标准 7 项；

项目登记成果 3 项，授权专利 20 余项，发表学术论文 100 余篇，出版著作/教材 5 部；培养研究生 50 余名，培训农技人员 1 万余人次；转化成果 2 项。项目示范区节水 20-60%、节肥 20%、亩最高增产 2.5-3 倍、机械化水平 85%、节约人工成本 30%以上；项目技术体系在我国各酿酒葡萄产区大面积推广应用，经济效益显著。

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）

4.1 项目验收评价与成果鉴定意见

(1) 2019 年 12 月 17 日，由宁夏科技咨询评估中心组织，由马文礼研究员任组长的专家组对“贺兰山东麓酿酒葡萄调亏灌溉提质增效栽培技术”项目进行了成果评价。专家意见指出：①项目开展了贺兰山东麓酿酒葡萄调亏灌溉技术条件下的土壤水分空间动态变化规律、调亏灌溉制度及其对酿酒葡萄品质的影响机

理的研究，提出了酿酒葡萄品质提升的有效调控途径，对宁夏酿酒葡萄产业提质增效具有重要意义。②项目明确了典型酿酒葡萄园土壤水分空间变化规律与季节动态，揭示了调亏灌溉对酿酒葡萄光合性能的影响特点，提出了贺兰山东麓酿酒葡萄调亏灌溉的合理时期和阈值，揭示了调亏灌溉与酿酒葡萄品质的相互关系，建立了适宜的调亏灌溉制度，丰富了酿酒葡萄品质提升技术体系。实施调亏灌溉后较常规滴灌节水 20%，经济效益显著。③项目在贺兰山东麓酿酒葡萄调亏灌溉制度及其对葡萄品种和根系活力的影响研究等方面有创新。同意通过自治区科技成果评价，并建立进一步加大相关技术的推广力度。

(2) 2020 年 12 月 13 日，由宁夏大学组织，国家科技进步二等奖获得者王世平教授任组长，著名葡萄与葡萄酒专家刘崇怀教授、刘延琳教授、赵世华研究员等共同组成的专家组对宁夏重点研发计划重大项目课题“酿酒葡萄园土壤生态调控及特色原料生产关键技术研究(2016BZ0602)”进行验收。专家意见指出：①项目明确了主栽品种在贺兰山东麓生态条件下的需水需肥规律及影响葡萄品质风味的作用机制，构建了酿酒葡萄优质稳产的精准施肥与节水灌溉技术体系，研发出基于人机低空遥感的酿酒葡萄宏观监测方法，集成了酿酒葡萄轻简化及覆盖栽培模式，形成了优质酿酒葡萄土壤生态调控技术。葡萄根区土壤有机质每年持续提高 1.4%以上，化学肥料减量 20%以上；调亏灌溉较传统滴灌节水超过 20%，简约化叶幕层管理较常规管理省工 40%。同意通过课题验收，并建立进一步加快成果示范推广。

(3) 2021 年 8 月 22 日，由麻进仓研究员任组长，张军翔教授任副组长的专家组，在西北农林科技大学对农业部 948 项目《葡萄新品种及轻简化生产技术引进(2014-Z20)》进行结题验收。专家意见指出：项目组引进葡萄园 RDI（调亏灌溉）节水灌溉技术和简约化整形修剪技术；建立示范园 600 亩，辐射推广 5000 亩；在陕西等地推广的轻简化生产技术，实现葡萄亩增收 50%以上。专家组一致同意该项目通过验收。

(4) 2021 年 9 月 4 日，由杨凌示范区现代农业和乡村发展局组织，麻进仓研究员任组长的专家组对陕西省农业科技创新驱动资金计划项目《关中地区葡萄高效生态型生产模式研究与示范》进行结题验收。专家意见指出：项目编制《关中地区葡萄高效生态栽培技术规范》和《酿酒葡萄调亏灌溉技术实施规程》，指

导建立高标准示范园 6 个，示范面积 1000 亩。专家组一致同意该项目通过验收。

4.2 论文发表及同行引用评价情况

项目成果被园艺学、果树学、食品科学领域中极具影响力的专业 SCI 期刊论文引用，引用者当中有许多是果树学、农业食品科学领域的国际著名权威专家。荷兰阿姆斯特丹大学的 Bouwmeester 教授团队在国际知名期刊 *Angewandte Chemie-international Edition* 与 *New Phytologist*，兰州大学王崇英教授团队在 *International Journal of Molecular Sciences* 中均提到了本团队在葡萄抗旱性方面的相关成果。西班牙科学家 Mirás- Avalos 团队在 *European Food Research and Technology* 期刊发表了灌溉方式对葡萄挥发性组分影响的相关成果，指出了其与申请人团队在调亏灌溉方面研究成果的一致性。西班牙葡萄研究所 Eva P Pérez-Álvarez 教授团队在提到植物生长调节剂对果实次生代谢产物的产生有积极调控作用时肯定了本团队研究成果。

4.3 行业、产业对项目组总体工作的肯定

项目成果受到行业产业认可，并将研究成果转化为调研报告与决策建议，先后完成北京延庆、新疆巴州、陕西蓝田、河南民权、黑龙江齐齐哈尔等多份政府葡萄与葡萄酒产业发展规划。宁夏贺兰山东麓葡萄产业园区管理委员会对该技术体系给予高度评价和充分肯定，认为该技术成果对本区域葡萄产业的发展起到了有力的推动作用，促进了本区域葡萄园向机械化、智能化方向的发展。部分建议与观点被《新华社》、《人民网》等媒体报道、转载和观点介绍三十余次。房玉林教授入选国家万人计划科技领军人才，被聘为国家葡萄产业体系酿酒葡萄栽培岗位科学家、陕西省葡萄产业体系首席科学家、被评为陕西省“支持果业，服务果农先进个人”、受聘中国果酒联盟、陕西省西安市、合阳县等产业振兴技术服务专家，作为理事长或秘书长牵头组建葡萄与葡萄酒产业国家科技创新联盟、丝绸之路葡萄酒科技创新联盟、中国葡萄酒高等教育联盟；作为主任牵头组建陕西省葡萄与葡萄酒重点实验室，作为副主任牵头组建国家林业和草原局“葡萄与葡萄酒工程技术中心”；项目团队入选陕西省科技创新团队。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

自项目实施以来，项目以“节水提质”、“减肥增效”和“机械降本”为鲜明特征的酿酒葡萄绿色高效栽培模式创新体系，实现了我国酿酒葡萄主产区水资源匮乏

与土壤肥力低条件下的减肥节水提质增效绿色生产，突破了产业劳动力愈发不足条件下的产业机械降本增效提升，大幅提升了产业绿色化水平，并在各酿酒葡萄主产区大面积推广应用，为我国葡萄酒产业绿色高质量发展提供了强有力的理论指导与科技支撑，也有效提升了我国西部葡萄酒产业的经济效益、技术水平和国际竞争力。

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	标准	酿酒葡萄园信息化建设管理规范	中国	DB641864-2023	2023-02-21	\	银川产业技术研究院、西北农林科技大学，等	房玉林、张克坤、吴明、苏宝峰、李华、张振文、张军翔、王锐、张宏鸣、徐国前、惠竹梅、刘旭、孟江飞、孙翔宇、鞠延仑、陈可钦
2	发明专利	一种砂培酿酒葡萄营养液配方、制备方法及其栽植方法	中国	ZL201910574169.0	2019-06-28	4341408	西北农林科技大学	房玉林、程相涵、王皆行、刘飞飞、王盼盼、李婉平、成正龙、窦俊霞
3	论文	Foliar phenylalanine application promoted antioxidant activities in Cabernet Sauvignon by regulating phenolic biosynthesis	中国	Journal of Agricultural and Food Chemistry	2020-12-15	2020, 68, 15390-15402	西北农林科技大学，等	程相涵、王雪飞、张昂、王盼盼、陈千逸、马婷婷、李婉平、梁艳英、孙翔宇、房玉林(通讯作者)
4	论文	Foliar nitrogen application from veraison to preharvest improved flavonoids, fatty acids and aliphatic volatiles composition in grapes and wines	中国	Food Research International,	2020-07-20	2020, 137, 109566	西北农林科技大学，等	程相涵、马婷婷、王盼盼、梁艳英、张军翔、张昂、陈千逸、李婉平、葛谦、孙翔宇、房玉林(通讯作者)
5	论文	炎热气候条件下抗蒸腾剂对酿酒葡萄光合特性与葡萄酒品质的影响	中国	中国农业科学	2019-06-04	2019, 52(17): 3008-3019	西北农林科技大学，等	李婉平、刘敏、王皆行、姚衡、成正龙、窦俊霞; 周晓明、房玉林(通讯作者)、孙翔宇
6	标准	贺兰山东麓酿酒葡萄质量控制技术规范	中国	DB641860-2023	2023-02-21	\	宁夏农产品质量标准与检测技术研究所、西北农林科技大学，等	葛谦、闫玥、李彩虹、陈翔、张静、吕毅、孙翔宇、罗阳、赵丹青、穆海彬、崔萍、马丹阳、文云、姜文广、房玉林、

								马婷婷、薛雯
7	标准	埋土防寒区厂 字形酿酒葡萄 生产全程机械 化管理配套栽 培技术规程	中国	2022-0 7-15	Q/ZL NX0 003S -202 2	\	西北农林科技 大学、中粮长 城葡萄酒（宁 夏）有限公司	张振文、都振江、孙翔 宇、梁国伟、何怀华、 惠竹梅、孟江飞、谢 沙、曾青青
8	标准	埋土防寒区酿 酒葡萄生产全 程机械化管理 的建园技术规 程	中国	2022-0 7-15	Q/ZL NX0 004S -202 2	\	西北农林科技 大学、中粮长 城葡萄酒（宁 夏）有限公司	张振文、都振江、孙翔 宇、梁国伟、何怀华、 惠竹梅、孟江飞、谢 沙、曾青青
9	发明专 利	一种“太极”形 葡萄景观化种 植方法	中国	ZL201 91048 9433.0	2021 -05-0 4	4403 331	西北农林科技 大学	孙翔宇、王江宇、卢隽、 陈秋崇、任行、蒋佳俊、 房玉林
10	发明专 利	一种易于下架 与上架的葡萄 树配套装置及 其构建使用方 法	中国	ZL202 21006 2751.0	2023 -02-1 0	5734 053	西北农林科技 大学	张克坤、房玉林、陈可 钦

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
房玉林	1	教授	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 主要科学成果内容中 1-3 项作出创造性贡献
孙翔宇	2	教授	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	项目主要执行人，对项目主要科学成果第 1-3 项内容做出创造性贡献
张军翔	3	教授	宁夏大学/宁夏大学	参与完成创新点 1-3 的研究，参与项目中在 宁夏贺兰山东麓产区的产业化实施
王锐	4	教授	宁夏大学/宁夏大学	参与完成创新点 1 和 2 的研究，参与项目中 节水、减肥的产业化实施
张振文	5	教授	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	参与完成创新点 3 的研究，参与项目中机械 化在宁夏、山西等产区的产业化实施
赵世华	6	研究员	宁夏贺兰山东麓葡萄酒产 业技术协同创新中心/宁 夏贺兰山东麓葡萄酒产业 技术协同创新中心	参与完成创新点 1-3 的研究，参与项目中在 宁夏贺兰山东麓产区的产业化实施
刘树文	7	教授	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	参与完成创新点 1-3 的研究
火兴三	8	高级工程师	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	参与项目中节水、减肥、机械化的产业化实 施
王晓宇	9	教授	陕西师范大学/陕西师范 大学	参与完成创新点 1 和 2 的研究
张克坤	10	副教授	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	参与完成创新点 1-3 的研究
鞠延仑	11	副教授	西北农林科技大学/西北 农林科技大学	参与完成创新点 1-3 的研究
葛谦	12	副研究员	宁夏农产品质量标准与检 测技术研究所（宁夏农产 品质量监测中心）/宁夏农 产品质量标准与检测技术	参与完成创新点 2-3 的研究，参与项目中在 宁夏贺兰山东麓产区的产业化实施

			研究所（宁夏农产品质量监测中心）	
阮仕立	13	高级工程师	烟台张裕葡萄酒股份有限公司/烟台张裕葡萄酒股份有限公司	参与项目中节水、减肥、机械化的产业化实施
李泽福	14	高级工程师	中粮长城酒业有限公司/中粮长城酒业有限公司	参与项目中节水、减肥、机械化的产业化实施
魏滨生	15	高级工程师	陕西张裕瑞那城堡酒庄有限公司/陕西张裕瑞那城堡酒庄有限公司	参与项目中节水、减肥、机械化在陕西的产业化实施

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	针对产业发展核心问题，系统提出了项目设计构思，组建研究团队。针对三点科技创新，含以“调亏灌溉”为核心的酿酒葡萄节水提质栽培新模式、以“精准施肥”为核心的酿酒葡萄减肥增效管理新方法、以“全程机械化”为核心的酿酒葡萄机械化管理新模式，及项目推广示范。
宁夏大学	2	参与创新点1和2的研究，并参与项目中节水、减肥的产业化实施
陕西师范大学	3	参与完成创新点1和2的研究
宁夏贺兰山东麓葡萄酒产业技术协同创新中心	4	参与项目中节水、减肥、机械化在宁夏的产业化实施
宁夏农产品质量标准与检测技术研究所	5	参与完成创新点2-3的研究，参与项目中在宁夏贺兰山东麓产区的产业化实施
烟台张裕葡萄酒股份有限公司	6	参与项目中节水、减肥、机械化的产业化实施
中粮长城酒业有限公司	7	参与项目中节水、减肥、机械化的产业化实施
陕西张裕瑞那城堡酒庄有限公司	8	参与项目中节水、减肥、机械化在陕西的产业化实施

九、完成人合作关系情况

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	论文合著	房玉林/1 孙翔宇/2 张军翔/3 王锐/4 张振文/5 张克坤/10 鞠延仑/11 魏滨生/15	2017-2023	<p>研究论文: Biomass estimation and characterization of the nutrient components of thinned unripe grapes in China and the global grape industries</p> <p>研究论文: Effect of regulated deficit irrigation on the content of soluble sugars, organic acids and endogenous hormones in Cabernet Sauvignon in the Ningxia region of China</p> <p>研究论文: Enhancement of anthocyanin and chromatic profiles in 'Cabernet Sauvignon' (<i>Vitis vinifera</i> L.) by foliar nitrogen fertilizer during veraison</p> <p>研究论文: 超声处理对‘烟73’干红葡萄酒颜色的影响</p>	论文
2	论文合著	孙翔宇/2 张振文/5 刘树文/7 王晓宇/9 葛谦/12	2017-2023	<p>研究论文: Effects and impacts of technical processing units on the nutrients and functional components of fruit and vegetable juice</p> <p>研究论文: The role of Arabic gum on astringency by modulating the polyphenol fraction-protein reaction in model wine</p> <p>研究论文: Eating with peel or not: Investigation of the peel consumption situation and its nutrition, risk analysis, and dietary advice in China</p>	论文
3	论文合著	房玉林/1 火兴三/8	2007-2023	研究论文: 我国葡萄栽培气候区划研究(II)	论文
4	共同制定	张军翔/3 赵世华/6	2010-2023	地方标准: 贺兰山东麓产区干白葡萄酒酿造技术规程	标准

	标准				
5	论文合著	张振文/5 葛谦/12 阮仕立/13	2021-2023	基于文献计量学可视化分析酿酒葡萄成熟度研究现状	论文
6	共同立项	房玉林/1 李泽福/14	2015-2023	共同建设“农业农村部酿酒葡萄加工重点实验室”	立项通知

完成人合作关系说明（限 1000 字）

房玉林利负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。房玉林、孙翔宇、张军翔、王锐、张振文、赵世华、刘树文、火兴三、王晓宇、张克坤、鞠延仑、葛谦、阮仕立、李泽福、魏滨生等以分工协作方式开展基础理论研究和技术研发、试验示范及推广应用工作。

房玉林与孙翔宇、张军翔、王锐、张振文、张克坤、鞠延仑、魏滨生等通过合作，建立了“前促后控-采前调盈-以水调质”的酿酒葡萄节水提质栽培新模式，开发了“精准供应-智慧诊断-高效施用”的酿酒葡萄减肥增效管理新方法，构建了“标准建园-轻简管理-机械配套”的酿酒葡萄机械化管理新模式。共同发表了论文。

孙翔宇、张振文、刘树文、王晓宇、葛谦等通过合作，开发了葡萄成熟度控制技术体系，研究了葡萄酒涩感评价机制。共同发表了论文。

房玉林、火兴三等通过合作，系统划分了我国葡萄栽培气候区划。共同发表了论文。

张军翔、赵世华等通过合作，制定了葡萄酒酿造技术规范系列规程。共同制定了地方标准。

张振文、葛谦、阮仕立等通过合作，开发了葡萄成熟度控制技术体系。共同发表了论文。

房玉林、李泽福等通过合作，共同建设“农业农村部酿酒葡萄加工重点实验室”，共同推进项目中节水、减肥、机械化的产业化实施。共同立项课题。

此外，孙翔宇、王锐、火兴三、张克坤、鞠延仑、阮仕立、李泽福等均曾经/正在房玉林教授指导下，完成了博士后、博士、访问学者的研究工作。葛谦正在张振文教授指导下，完成博士后的研究工作。

项目二十五

一、项目名称：农业多元有机废弃物协同厌氧"气-肥"联产关键技术与应用

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：项目通过研究并提出超高氨氮浓度产甲烷微生物理论，建立畜禽粪污高负荷厌氧发酵技术，同时完善和丰富畜禽粪污、农作物秸秆等农业多元固废协同发酵，进一步开发发酵原料前处理与进料、厌氧反应搅拌、发酵剩余物固液分离及其分类利用等关键技术与装备。通过产学研用合作模式的建立，实现了创新技术成果的推广与应用，对农业绿色低碳模式的构建与发展发挥了引领性作用。环境效益、社会效益和经济效益显著。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

针对以畜禽粪污、农作物秸秆等各类农业固废为原料的生物天然气工程中存在的原料处理不彻底、能源转化效率低、产生的沼渣和沼液资源化利用水平低等关键科学和技术难题，在国家和陕西省科技计划支持下，取得以下创新成果：

1. 研究提出了超高氨氮浓度驯化产甲烷菌群理论，为畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵技术的开发与应用提供了重要支撑。提出并研究证实了超高氨氮驯化产甲烷微生物这一构思，揭示了产甲烷微生物响应氨氮胁迫的机制，为提升菌群调控策略和技术应用水平提供了理论指导。基于本研究，通过长期的畜禽粪污高底物负荷厌氧发酵驯化，发酵系统恢复稳定高效运行，工程运行数据也表明厌氧微生物可在高达 5500-6500 mg/L 的氨氮浓度环境中正常发挥功能，该工程案例在国内属于首例。

2. 构建了基于畜禽粪污的农业多元有机废弃物协同发酵的工程化生物天然气制备系统，提高了生物天然气工程的工艺生产效率。开发出畜禽粪污与农作物秸秆/餐厨垃圾协同发酵的工程化系统，进一步结合研发出优化农业多元有机废弃物耦合厌氧发酵系统关键参数的预测模型，实现了农业多元有机废弃物协同厌氧发酵系统中关键环节的有效衔接。

3. 研发出发酵原料前处理与进料、厌氧反应搅拌、发酵剩余物固液分离及其分类利用等关键技术与装备，显著提高了多元农业废弃物厌氧发酵“气-肥”联产系统的物质流和能量流。基于高含固畜禽粪污的厌氧发酵特性，相继研发出畜禽粪污除砂除杂匀浆、混合进料等发酵前处理装置，发酵底物的连续多角度混合

搅拌器和高效水解的新型两相厌氧发酵装置，以及发酵剩余物的螺旋挤压固液分离装置，有效提高了原料的利用率、降解转化速率、产能效率和发酵剩余物的分类利用水平。

4. 开发出发酵原料资源量及产气量测算软件和生物天然气工程碳减排量计算软件 V1.0，提升了生物天然气工程的经济效益。开发的生物质厌氧发酵原料资源量及产气率快速测算软件，具有操作灵敏、存储便捷、界面设计简洁、风格清新、操作简易等特点，有利于用户快速地掌握操作方法，直接得到所需的测算结果。开发的“生物天然气工程碳减排量计算软件 V1.0”，用于量化以畜禽粪污为原料的生物天然气项目的生态效益，采用自愿碳减排方法学计算 CO₂ 减排量，对特定项目的经济效益提升作用显著。

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）鉴定报告、检测报告

①鉴定报告：

- 针对超高氨氮浓度驯化产甲烷微生物及高底物负荷厌氧发酵技术，以及发酵原料混合发酵适宜性配伍和沼渣沼液无害化与高值化利用方面，项目成果通过第三方组织专家进行了评价，评价组专家一致认为：研究成果达到国际先进水平，产甲烷微生物响应高氨氮胁迫机制的研究和菌-虫协同处理沼渣及其高值化利用技术研究达到国际领先水平。
- 针对成套厌氧发酵设备装置的国产化、生物天然气工程的标准规范体系构建，鉴定委员会认为项目成果总体达到国际领先水平。

②检测报告：基于菌-虫协同代谢机制的沼渣处理技术，产出的二次产品（蛋白虫）、三次产品（虫粪）和植物乳酸菌液活菌数量检验结果：

- 陕西科仪光检测技术服务有限公司对蛋白虫饲料饲养蛋鸡产出的鸡蛋进行了检验，报告显示符合国家标准要求。
- 西安国联质量检测技术股份有限公司对有机肥进行了检验，报告显示符合国家标准要求。

（2）查新报告

- ①国内外未见畜禽养殖粪污在超高氨氮负荷（5500-6500 mg/L）条件下的厌

氧发酵研究与工程应用的报道；

②国内外未见基于菌-虫协同代谢机制的沼渣处理及蛋白虫饲料与有机肥生产技术的报道；

③国内外未见沼液氨氮养分回收及其深度净化与利用系统研究的报道。

④规模化生物天然气集成技术与核心装备国产化应用研究的科技查新报告显示：在所检文献以及时限范围内，除本项目委托单位所属文献外，国内外未见相同文献报道。

(3) 论文引用

发表在 Renewable Sustainable Energy Review、Water Research、Journal of Cleaner Production、环境科学学报、环境工程学报等国内外知名学术刊物的 63 篇论文，被 Renewable Sustainable Energy Review 等期刊引用 1224 次。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

与企业 and 地方政府建立了产学研用关系，在陕西省、山东、新疆、内蒙古、江苏等区域，累计处理各类畜禽粪污 1007.34-1009.74 万吨、沼气产量 18533.4 万 Nm³，发电 19800 万 kwh，温室气体减排量 137.01 万吨 CO₂，并通过国际 CDM 碳交易市场新增收益 2100 万元人民币，总收入 4.75 亿元人民币，建设绿色种养循环面积 454.8 万亩，环境效益、社会效益和经济效益显著，积极响应并践行了国家“碳达峰、碳中和”战略目标。

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	秸秆类生物质发酵过程热能收集与循环供能装置及方法	中国	CN202010899833.1	2022-11-25	第 5607015 号	西北农林科技大学	姚义清; 张怀文
2	发明专利	一种湿式常温处理提高杨树废料沼气产量的方法	中国	CN201210096657.3	2014-08-20	第 1466656 号	兰州大学	安黎哲; 姚义清; 盛红梅; 向云; 何木兰; 马丽英; 张华; 何文亮
3	实用新型专利	有机肥施用翻耕一体机	中国	ZL201720714108.6	2018-05-01	第 7280757 号	西北农林科技大学	李紫燕; 李佳昊; 郑伟; 翟丙年

4	发明专利	一种蓄禽养殖粪污除砂方法	中国	ZL 2021 1 008588 9.8	2021- 01-22	第 5224 410 号	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	李文涛; 张浩; 韩晓峰; 尉军耀; 高徐军
5	发明专利	一种餐厨垃圾和畜禽粪污协同处理制备生物天然气系统及制备方法	中国	ZL 2020 1 113005 4.1	2020- 10-21	第 6138 037 号	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	辛乾龙;罗欣欣; 李文涛;高丽娟; 王美净;柴宝华; 杨建武 张浩;董 颖涛;冉龙飞;韩 晓峰;寇晓梅;熊 登峪;牛天祥
6	发明专利	一种位置连续可调的搅拌器	中国	ZL 2020 1 035712 9.3	2020- 04-29	第 6636 869 号	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	刘一秀;李文涛; 罗欣欣
7	团体标准	炭基腐殖酸固体菌肥农应用技术规程	中国	TB/NY LTTX0 01-202 2	2022- 10-10		西北农林科技大学	邱凌、杨毅哲、 吕家珑、周建斌、 来航线、温晓霞、 姚义清、朱铭强、 孙国涛、杨选民、 牛
8	团体标准	钙基氨基酸液体菌肥果树施用技术规程	中国	TB/NY LTTX0 02-202 2	2022- 10-10		西北农林科技大学	邱凌、杨毅哲、 吕家珑、周建斌、 来航线、温晓霞、 姚义清、朱铭强、 孙国涛、杨选民、
9	能源行业标准	生物质能资源调查与评价技术规范	中国	NB/T 10493- 2021	2021- 01-07		中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	颜剑波; 陈白文; 高丽娟 等
10	能源行业标准	生物天然气工程等级划分及设计安全标准	中国	NB/T 11102- 2023	2023- 02-06		中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	高丽娟; 冉龙飞; 高徐军 等

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
姚义清	1	教授	西北农林科技大学 机械与电子工程学院	项目总体实施和完成
安黎哲	2	教授	兰州大学生命科学学院	技术指导
李紫燕	3	教授	西北农林科技大学资源环境学院	有机肥施用
高丽娟	4	高级工程师	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	发酵设备和工程应用
李文涛	5	工程师	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	发酵设备和工程应用

王晓娇	6	副教授	西北农林科技大学农学院	混合发酵技术
艾平	7	教授	华中农业大学工学院	沼液处理
蔡建波	8	副教授	华中农业大学资源与环境学院	沼渣肥利用
董泰丽	9	高级工程师	山东民和生物股份有限公司	工程应用
王洪波	10	研发经理	中广核呼图壁生物能源有限公司	工程应用
郝霄楠	11	高级工程师	赤峰元易生物质科技有限责任公司	工程应用
强虹	12	副教授	西北农林科技大学资源环境学院	发酵过程
杨选民	13	高级实验师	西北农林科技大学机械与电子工程学院	厌氧发酵工艺
邱凌	14	教授	西北农林科技大学机械与电子工程学院	厌氧发酵工艺
郭晓慧	15	讲师	西北农林科技大学机械与电子工程学院	发酵微生物代谢

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	理论和技术研发与应用指导
兰州大学	2	理论和技术研发与指导
华中农业大学	3	工艺技术研发
中国电建集团西北院	4	技术装备研发和成果应用与示范
山东民和生物科技股份有限公司	5	成果应用与示范
赤峰元易生物质科技有限责任公司	6	成果应用与示范
中广核呼图壁生物能源有限公司	7	成果应用与示范

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	科学研究	安黎哲/2	2013年-至今	厌氧发酵提质增效系列理论与技术，以及奖项	项目协议、论著
2	科学研究	李紫燕/3	2019年-至今	厌氧发酵提质增效系列理论与技术，以及奖项	项目协议、论著、奖项
3	科学研究	高丽娟/4	2019年-至今	有机肥施用技术	项目协议、论著、奖项
4	成果应用	李文涛/5	2019年-至今	厌氧发酵增效新技术及应用	项目协议、论著
5	成果应用	王晓娇/6	2019年-至今	厌氧发酵增效新技术及应用	项目协议、论著
6	科学研究	艾平/7	2019年-至今	沼液高值化利用技术	项目协议、论著、奖项
7	科学研究	蔡建波/8	2019年-至今	沼渣有机肥利用技术规范	项目协议、论著、奖项

8	成果应用	董泰丽/9	2012年-至今	厌氧发酵增效新技术应用	项目协议、论著
9	成果应用	王洪波/10	2019年-至今	厌氧发酵增效新技术应用	项目协议、论著
10	成果应用	郝霄楠/11	2019年-至今	厌氧发酵增效新技术应用	项目协议、论著
11	科学研究	强虹/12	2019年-至今	厌氧发酵提质增效系列理论与技术，以及奖项	项目协议、论著、奖项
12	科学研究	杨选民/13	2015年-至今	厌氧发酵提质增效	项目协议、论著、奖项
13	科学研究	邱凌/14	2015年-至今	厌氧发酵提质增效系列理论与技术	项目协议、论著、奖项
14	科学研究	郭晓慧/15	2019年-至今	厌氧发酵提质增效系列理论与技术	项目协议、论著

完成人合作关系说明（限 1000 字）

以项目联合研发的方式，与安黎哲教授开展了关于畜禽粪污和农作物秸秆厌氧发酵产甲烷的理论与技术工艺研究，研发成果包括论文、专利、成果奖等；以项目联合研发的方式，与王晓娇副教授开展了关于畜禽粪污和农作物秸秆厌氧发酵产甲烷的原料适配性规律与原理研究，研发成果包括论文、成果奖等；以项目联合研发的方式，与李紫燕教授开展了关于有机肥施用工艺、设备等方面的研究，研发成果包括专利、著作等；与高丽娟和李文涛开展了关于厌氧发酵技术设备研发与应用方面的研究，研发成果包括论文、专利、标准等；以项目联合研发的方式，与艾平教授和蔡建波副教授开展了关于沼液处理利用和沼渣肥利用方法方面的研究，研发成果包括论文、专利、标准等；与董泰丽高级工程师开展了关于畜禽粪污厌氧发酵产甲烷系列新成果的应用与示范，研发成果包括论文、成果奖等；与王洪波开展了关于畜禽粪污和秸秆厌氧发酵产甲烷系列新成果的应用与示范；与郝霄楠高级工程师王洪波开展了关于畜禽粪污和秸秆厌氧发酵产甲烷系列新成果的应用与示范；以项目联合研发的方式，与强虹副教授开展了关于厌氧发酵系统内微生物菌群代谢机制的研究，研发成果包括论文、成果奖等；以项目联合研发的方式，与杨选民开展了关于厌氧发酵产甲烷设备研发，研发成果包括论文、著作等；以项目联合研发的方式，与邱凌教授开展了关于畜禽粪污和秸秆等农业固废的厌氧发酵产甲烷提质增效的菌群代谢调控、新工艺、设备等方面的研究，研发成果包括论文、标准、著作等；以项目联合研发的方式，与郭晓慧老师开展了关于畜厌氧发酵产甲烷提质增效工艺和发酵菌群调控机理的研究，研发成果包括论文、著作等。

项目二十六

一、项目名称：禽肉制品风险因子快速识别及质量安全控制关键技术创新与应用

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:本项目聚焦禽肉制品生产加工及销售全过程中对化学性污染、掺假检测、微生物风险控制等关键质量安全控制需求，针对现有化学性风险识别方法成本高、掺假成分复杂多样难以定性定量、产销全过程微生物污染风险大等问题，基于自主研发的转基因发光菌可视化化学性危害物识别、光谱及电子鼻技术快速经济掺伪识别、纳米及辐照抑（杀）菌保鲜的原理及技术突破，结合产销全过程质量控制规范与标准的构建，实现禽肉制品危害物快速识别、掺假快速鉴别、微生物污染防控以及质量安全全过程控制体系的构建及应用，为低温禽肉制品的生产及深入开发利用提供了技术支撑。

项目发表研究论文 31 篇，培养研究生 6 名。授权国家发明专利 1 件、实用新型专利 15 件、计算机软件著作权 15 件，申请受理发明专利 2 件，陕西好邦食品股份有限公司、陕西蒲城好邦食品有限公司进行了应用，并在禽类冰鲜品、盒装锁鲜产品、调理制品等产品的生产中进行技术推广。结合现代农产品加工技术，制定了产品标准，为企业产业化生产提供指导。

同意推荐为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

本项目属于食品科学技术领域。聚焦禽肉制品生产加工及销售全过程中对化学性污染、掺假检测、微生物风险控制等关键质量安全控制需求，针对现有化学性风险识别方法成本高、掺假成分复杂多样难以定性定量、产销全过程微生物污染风险大等问题，基于自主研发的转基因发光菌可视化化学性危害物识别、光谱及电子鼻技术快速经济掺伪识别、纳米及辐照抑（杀）菌保鲜的原理及技术突破，结合产销全过程质量控制规范与标准的构建，实现禽肉制品危害物快速识别、掺假快速鉴别、微生物污染防控以及质量安全全过程控制体系的构建及应用。

(1) 构建了基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术。首先基于发光细菌发光原理，建立了发光菌测定磺胺类、呋喃类、喹诺酮类等常见兽药的方法，方法满足对畜产品中磺胺类兽药的检测要求。然后开发了能够满足生物毒性快速检测的要求并便于工业化生产的直投式亮度发光菌粉真空冷冻干燥技术。其次，

利用转基因技术，构建了多组抗生素敏感性重组发光菌。最后，从分子生物学角度，系统研究了发光菌发光特性、发光基因及荧光素酶特性，揭示了抗生素作用下发光菌代谢及细胞壁（膜）变化，初步形成了基于发光菌的兽药残留可视化筛检技术理论基础。

（2）研发了禽肉制品非真空密封盒装冰鲜加工技术，开发了无骨禽肉、带骨禽肉、禽副产品 3 个品类共 10 种的非真空密封盒装冰鲜产品，盒装产品自 2021 年开始上市销售，近三年累计销售 200 万盒，销售额 2000 多万元，新增税前利润 534 万元，净利润 354 万元，取得了良好的经济效益。冰鲜品推广销售自 2021 年以来，不断受到消费者青睐，近三年累计销售冰鲜品 3.34 万吨，销售额达 4.28 亿元，新增税前利润为 6634 万元，净利润 2782 万元，取得了显著的经济效益。

（3）开发了近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法。以近红外光谱、电子鼻为手段，结合化学计量学方法，建立了原料肉掺水、低价肉等多种类别掺假定性、定量判别方法。相比于传统理化指标检测，上述方法更加快速、经济。

（4）研发了禽肉制品纳米、辐照抑（杀）菌保鲜技术。构建了多种天然提取物、山梨酸（钾）纳米粒，明显改善冷却肉贮藏品质，保质期延长了 3-7 天，同时揭示了纳米粒对菌体形态的影响；比较了不同辐照源、辐照剂量（率）等因素对冰鲜肉品质的影响，建立了电子束辐照保鲜冰鲜肉的方法，结合真空包装，使得冰鲜肉货架期延长至 15 天。

（5）构建了禽肉制品质量安全全链条监管控制体系。结合企业实际流程，构建了集合收购、加工、多渠道销售全流程的管理体系文件；建立了产品全环节可追溯体系。体系建设与生产工艺完善、设备升级相辅相成，互相促进，累计授权设备改造专利 16 项，有效提升了生产效率和产品合格率。

项目成果在陕西好邦食品股份有限公司、陕西蒲城好邦食品有限公司进行了示范与推广。在 2021-2023 三年，累计新增销售收入 5.01 亿元，新增税前利润 4241 万元，新增税金 1300 万元，增收利润总额 2941 万元。

四、客观评价：

创新性：

（1）兽药残留可视化筛检技术开发了基于转基因发光菌的兽药残留可视化

筛检技术。通过转基因技术构建具有独立知识产权的系列发光工程菌，并建立了完整的工程菌保存、复壮及多种兽药评价技术。这种技术能够在普通实验室条件下对禽肉制品中多种类兽药进行检测，适用于大批量原料的快速、低成本筛查，并显著提升了原料质量，降低了兽药残留风险。（2）非真空密封盒装冰鲜加工技术开发了三类共十种非真空密封盒装冰鲜产品，拓展了市售冰鲜加工保鲜的产品范围，并总结出了禽肉制品冰鲜加工的主要原则。这种创新技术显著提高了冰鲜品的市场占有率。（3）近红外光谱和电子鼻技术开发了快速识别原料肉掺伪的方法，结合化学计量学方法，建立了掺水、低价肉等多种类别掺假定性、定量判别方法。相比于传统理化指标检测，上述方法更加快速、经济。（4）纳米和辐照保藏技术采用天然提取物和壳聚糖制备纳米级复合物，结合辐照保藏方法，明显改善冷却肉的贮藏品质，并延长了保质期。这种技术结合了纳米技术和辐照技术，体现了多学科融合的创新性。

应用效益：

（1）经济效益：在项目应用的过程中，陕西好邦食品股份有限公司和陕西蒲城好邦食品有限公司近三年累计新增销售收入 5.01 亿元，新增税前利润 4241 万元，新增税金 1300 万元，增收利润总额 2941 万元。通过设备改良升级，节约支出 820 万元。（2）市场推广和占有率：项目产品获得了显著的市场认可，近三年累计销售冰鲜品 3.34 万吨，销售额达 4.28 亿元，净利润为 2782 万元。此外，该项目产品在陕西好邦食品股份有限公司和陕西蒲城好邦食品有限公司的推广应用，使得这些企业在市场上具有较强的竞争力。（3）技术标准和体系建设：项目通过建立生产流程规范、产品质量标准、质量管理体系和溯源体系，构建了适合中小禽肉制品加工企业的质量安全全链条监管控制体系。这种体系的建设不仅提升了产品质量和生产效率，也保障了产品的可追溯性和安全性。

经济社会价值：

（1）就业和收入提升：项目直接带动了年均 800 余人的就业，并为上下游供应商和养殖户带来显著的经济效益。通过“公司+园区+农户”的模式，项目间接带动了相关从业人员的增收致富。（2）社会效益和产业带动：项目推动了冰鲜品的市场发展和高端产品的推广，带动了地方畜牧业、养殖业、物流业、餐饮业、服务业等相关产业的发展。陕西好邦食品有限公司 2023 年销售收入达到

7.31 亿元，相关产业的发展带动了大量就业机会。

综上所述，本项目在技术创新、应用效益和经济社会价值方面均取得了显著成果。通过创新技术的研发和应用，项目不仅提升了禽肉制品的质量和安全性，也带来了显著的经济效益和社会效益，为行业和相关产业的发展作出了重要贡献。

五、应用情况

本项目整体成果在陕西好邦食品股份有限公司、陕西蒲城好邦食品有限公司公司进行了应用。核心包括基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检、禽肉制品非真空密封盒装冰鲜加工技术、辐照及纳米技术冰鲜禽肉保藏等三项技术、近红外光谱/电子鼻快速识别掺伪方法、禽肉制品质量安全全链条监管控制体系，解决了大批量禽肉原料兽药残留筛查成本高、冰鲜禽肉保质期短等技术瓶颈，产品质量得到显著改善产生了显著的经济效益。项目研究成果主要在好邦食品旗下陕西好邦食品股份有限公司和陕西蒲城好邦有限公司进行了推广应用。近 3 年，累计新增销售收入 5.01 亿元，新增税前利润 4241 万元，新增税金 1300 万元，增收利润总额 2941 万元。优化调理制品生产线一条，设备改良升级数十台套，近三年由此累计节约支出 820 万元。同时也为上下游供应商和养殖户带来经济效益，间接带动经销商、商超、养殖户增收 8500 余万元。此外，直接带动就业及相关产业就业年均 800 人。公司鸡肉相关产品先后获得“杨凌农高会后稷奖”、“中国西安国际食品博览会金奖”，并通过第十四届全运会组委会审核，成为 2021 年全运会鸡肉产品供应商。

序号	单位名称	应用技术	应用对象及规模	启用起止时间	单位联系人电话
1	陕西好邦食品股份有限公司	兽药残留可视化筛检技术	禽肉制品大批量筛查	2021-2023	韩春元/ 13369179696
2	陕西蒲城好邦食品有限公司	非真空密封盒装冰鲜加工技术	三类共十种非真空密封盒装冰鲜产品	2021-2023	姚建楠/ 18602905990
3	陕西好邦食品股份有限公司	近红外光谱和电子鼻技术	禽肉制品掺假检测	2021-2023	韩春元/ 13369179696
4	陕西蒲城好邦	纳米和辐照保	冰鲜禽肉制品保	2021-202	姚建楠/

	食品有限公司	藏技术	鲜	3	186029059 90
5	陕西好邦食品 股份有限公司	全链条质量安 全监管控制体 系	禽肉制品全流程 质量控制	2021-202 3	韩春元/ 133691796 96

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	专利	一种原料肌 肉注水快速 判别方法	中国	ZL 2010 1 028915 3.4	2013 年 03 月 06 日	1143707 号	西北 农林 科技 大学	丁武；杨 公社；寇 莉萍；杨 志敏
2	软件著 作权	肉类商品销 售数据信息 管理系统 V1.0	中国	2021S R0402 006	2021 年 03 月 16 日	7124233 号	陕西 蒲城 好邦 食品 有限 公司	陕西蒲 城好邦 食品有 限公司
3	软件著 作权	肉类商品销 售统计智能 服务平台 V1.0	中国	2021S R0393 098	2021 年 03 月 15 日	7115325 号	陕西 蒲城 好邦 食品 有限 公司	陕西蒲 城好邦 食品有 限公司
4	软件著 作权	鸡肉包装设 备运行控制 系统 V1.0	中国	2021S R0393 202	2021 年 03 月 15 日	7115429 号	陕西 蒲城 好邦 食品 有限 公司	陕西蒲 城好邦 食品有 限公司
5	专利	一种褪皮机	中国	CN 201143 0835 U	2020 年 09 月 08 日	11426704 号	陕西 泾河 好邦	韩春元； 雷军峰

							食品有限公司	
6	专利	一种微生物培养箱	中国	CN 211771 224 U	2020年 10月27 日	11754117 号	陕西泾河好邦食品有限公司	姚建楠
7	专利	一种剔骨鸡	中国	CN 211430 848 U	2020年 09月08 日	11425895 号	陕西泾河好邦食品有限公司	韩春元; 雷军峰; 钟铖
8	论文	Characterization of the Volatile Compounds of Zhenba Bacon at Different Process Stages Using GC-MS and GC-IMS	中国	10.339 0/foods 101128 69	2021年 09月19 日	Foods	西北农林科技大学	习林杰; 张晶; 吴锐霄; 王甜; 丁武*
9	论文	Orthogonal Optimization and Physicochemical Characterization of Water-Soluble Gelatin-Chito	中国	10.100 7/s119 47-020 -02448 -3	2020年5 月19日	Food and Bioprocess Technology	西北农林科技大学	王倩; 张丽; 丁武*; 张德权; Kenin Reed; 张博策

		san Nanoparticles with Encapsulated Alcohol-Solu ble Eugenol						
10		Eugenol nanocapsules embedded with gelatin-chitos an for chilled pork preservation	中国	10.101 6/j.ijbi omac.2 020.04. 182	2020年 04月26 日	10.1016/j.i jbiomac.2 020.04.18 2	西北 农林 科技 大学	王倩; 张 丽; 丁武 *

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
丁武	1	教授	西北农林科技大学	<p>(1) 主持完成构基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究;</p> <p>(2) 主持完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究;</p> <p>(3) 主持完成禽肉制品纳米、辐照抑(杀)菌保鲜技术研究;</p> <p>(4) 主持完成相关冰鲜、冰鲜、调理制品产品开发研究;</p> <p>(5) 主持相关国家自然科学基金2项, 陕西省科技计划项目2项, 申请专利4项。</p>
寇丽萍	2	教授	西北农林科技大学	<p>(1) 负责项目申报、立项、结题。</p> <p>(2) 负责相关产品开发和生产技术指导。</p> <p>(3) 协助完成构基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究;</p> <p>(4) 协助完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究;</p> <p>(5) 协助完成禽肉制品纳米、辐照抑(杀)菌保鲜技术研究;</p> <p>(6) 协助完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究;</p> <p>(7) 参与相关国家自然科学基金2项, 陕西省科技计划项目2项, 申请专利3项。</p>

蒋圣启	3	博士研究生	西北农林科技大学	(1) 协助完成项目申报、立项、结题。 (2) 协助完成相关产品开发和生产技术指导。 (3) 协助完成基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究； (4) 协助完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究； (5) 协助完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究。
韩春元	4	董事长	陕西好邦食品股份有限公司	负责该项目主要创新工作的成果应用和推广等工作。申请授权了三项专利。
杨春杰	5	博士研究生	西北农林科技大学	(1) 负责相关产品开发和生产技术指导； (2) 协助完成基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究； (3) 协助完成禽肉制品纳米、辐照抑（杀）菌保鲜技术研究； (4) 协助完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究。
姚建楠	6	品管副总经理	陕西蒲城好邦食品有限公司	负责该项目主要创新工作的成果应用和推广等工作。

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	负责该项目主要创新工作的开发
陕西好邦食品股份有限公司	2	负责该项目主要创新工作的成果应用和推广等工作。
陕西蒲城好邦食品有限公司	3	负责该项目主要创新工作的成果应用和推广等工作。

九、完成人合作关系情况

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	共同研发	丁武/1 寇莉萍/2 蒋圣启/3 杨春杰/5	2021-2023	2022	专利、论文
2	成果应用和推广	韩春元/4 姚建楠/6	2021-2023	2021	专利

完成人合作关系说明（限 1000 字）

韩春元作为陕西好邦食品股份有限公司的董事长，依托西北农林科技大学提供的食品安全加工与保鲜应用技术，通过产学研紧密结合，生产各种鸡肉产品 100 多种，其中主营鸡肉冰鲜品系列，盒装锁鲜产品系列。公司生产的产品，通过了 ISO9001 质量管理体系认证和 ISO2200 食品安全管理体系认证，好邦鸡肉获得了“第二十六届杨凌农高会后稷奖”、“第十二届中国西安国际食品博览会金奖”。2020 年企业获得了“国家级高新技术企业”，2021 年，得到十四运专家组的一致认可，获得了“第十四届全运会专供鸡肉产品”供应商，编号 007。公司通过产学研的结合，获得授权了 15 项实用新型专利发明及 5 件计算机软件著作权登记证书。2019 年申报了两项发明专利：肉鸡屠宰分割生产工艺及设备系统（申请号：201911372019.8）；一种冷冻鸡肉生产工艺及其生产用净风设备（申请号：201911373284.8）进入第二次实质审查阶段。

魏建楠作为陕西蒲城好邦食品有限公司的副总经理，通过产学研紧密结合，生产各种鸡肉产品 100 多种，其中新增鸡肉冰鲜品系列，精品小包装系列。公司生产的产品，通过了 ISO9001 质量管理体系认证和 ISO2200 食品安全管理体系认证，获得了“渭南市放心消费产品”，2021 年，得到十四运专家组的一致认可，获得了“第十四届全运会专供鸡肉产品”供应商，编号 009，获得了 10 件计算机软件著作权登记证书。

丁武和寇莉萍作为西北农林科技大学食品科学与工程学院畜产品加工团队的负责人和骨干教师，带领团队负责项目申报、立项、结题，相关产品开发和生产技术指导，完成构基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究，完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究，协助完成禽肉制品纳米、辐照抑（杀）菌保鲜技术研究，完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究。

蒋圣启和杨春杰作为西北农林科技大学食品科学与工程学院畜产品加工团队的博士研究生，协助完成项目申报、立项、结题，协助完成相关产品开发和生产技术指导，协助完成构基于转基因发光菌的兽药残留可视化筛检技术研究，协助完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究。

（5）协助完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究。

（4）协助完成近红外光谱、电子鼻技术快速识别原料肉掺伪方法研究；

（5）协助完成相关冰鲜、盒装、调理制品产品开发研究。

项目二十七

一、项目名称：肉品食用品质调控关键技术创新及产业化应用

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：提名单位认真审阅了该项目推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目均符合 2024 年度陕西省科学技术奖励办公室的申报要求。

该项目围绕冷鲜肉嫩度品质及持水力差，异质肉蛋白加工特性差；多酚对肉蛋白功能特性影响机制不明，肉制品品质难以控制；低盐低脂肉制品品质结构与保水特性差等肉品加工过程中的共性问题。开展了“肉品食用品质调控关键技术创新及产业化应用”的研究，揭示了天然物质及物理场对肉蛋白结构和功能特性的影响规律与机制，创建了高效的肉品品质调控技术体系。构建了超声波、电子束辐照和多酚诱导细胞凋亡和自噬改善肉嫩度的技术体系，使冷鲜鸡肉的嫩度提高了 40%，保水性提高了 43%。利用脉冲电场和糖基化改善 PSE 肉品质的技术体系，使 PSE 肉蛋白溶解度提升至 70%，凝胶强度和保水性分别提高了 88%和 34%。创建了氨基酸、环糊精衍生物和支链淀粉调控蛋白-多酚互作的技术体系，使多酚在肉品中的添加剂量提高了 10 倍。建立天然生物大分子、超声波和超高压调控低脂肉品品质的技术体系，使低脂乳化肠的蒸煮损失降低至 1.5%，硬度提升 32%。通过项目成果的推广与应用，解决了肉嫩度品质差和精深加工肉制品品质不稳定等重大技术难题，产生了显著的经济和社会效益，对我国肉品加工业的发展产生了重要的推动作用。

推荐该项目申报 2024 年度陕西省科学技术奖科学技术进步二等奖。

三、项目简介：

本项目属肉加工技术领域。

该项目针对冷鲜肉嫩度品质及持水力差，异质肉蛋白加工特性差；多酚对肉蛋白功能特性影响机制不明，肉制品品质难以控制；低盐低脂肉制品品质结构与保水特性差等肉品加工过程中的行业问题和共性问题，围绕“肉品食用品质调控关键技术创新及产业化应用”开展研究，阐明了天然物质及物理场对肉蛋白结构和功能特性的影响规律和机制，创建了高效的肉品品质调控技术体系。具体为以下三个方面：

(1) 针对冷鲜肉嫩度品质差、持水力低，异质肉（PSE 肉）加工特性差的问题。建立了利用电子束辐照、超声波、脉冲电场、多酚及糖基化改善冷鲜肉品

质的技术体系。利用 4 kGy 电子束辐照处理使冷鲜鸡肉的嫩度提高了 8%；采用超声处理使冷鲜肉的嫩度提高了 26%；通过 18 kV/cm、800 Hz 的脉冲电场处理使以苍白、柔软、保水性差为特征的异质肉（PSE 肉）蛋白溶解度提高至 95%，凝胶强度提升了 90%；采用槲皮素处理使冷鲜鸡肉的嫩度提高了 40%，保水性提高了 43%；利用糖基化处理可使 PSE 肉的蛋白溶解度提升至 70%。

（2）针对香辛料中活性多酚对肉蛋白功能特性影响机制不明，导致肉品质构和保水特性难以控制的问题。构建了利用氨基酸、环糊精及支链淀粉控制肉蛋白与多酚互作的调控技术体系，使 EGCG 的加载量提高 10 倍。氨基酸通过氢键与 EGCG 结合，抑制肉蛋白和高剂量 EGCG 的过度相互作用，使肉蛋白凝胶蒸煮损失降低 33%，强度改善 50%；环糊精可通过保护肉蛋白免受氧化攻击，使肉蛋白凝胶的蒸煮损失降低 71%，强度改善 64%；利用支链淀粉使肉蛋白凝胶蒸煮损失降低 62%，强度改善了 39%；利用 EGCG-组氨酸复合物可使肉蛋白凝胶蒸煮损失降低 39.6%。

（3）针对低盐低脂肉制品品质构与保水特性差等问题。创建了利用天然的大豆分离蛋白、发酵纤维素、胞外蛋白、多糖、超声波及超高压改善低盐低脂肉制品品质构和保水特性的技术体系。可得然凝胶多糖改性的大豆分离蛋白使 3D 打印鸡胸肉糜的蒸煮损失降低 36%；1%的天然发酵纤维素可与肉蛋白发生非共价相互作用，使低脂肉制品的蒸煮损失降低 17%，硬度提升了 81%；4%的菊粉可通过改变肌球蛋白的二级结构，进而改善肉蛋白的功能特性，使低脂乳化肠的蒸煮损失降低至 1.5%，硬度提升了 32%；0.1 g/kg 纳豆枯草芽孢杆菌胞外蛋白使低脂肉制品蒸煮损失降低 38.7%；利用 200 W 低频超声处理 10 min 结合 1%卡拉胶等 9 种多糖可使凝胶类肉制品的保水性提升 18%；100-300 MPa 超高压处理 9 min 可使凝胶类肉制品的体外肠道消化率提高 61.3%。

本项目的研究成果有效地改善了冷鲜肉嫩度品质，调控了原料肉与辅料相互作用，提升了低盐低脂肉糜类制品的质构和保水特性等食用品质，显著改善了肉品的加工技术水平，为推动我国肉品产业的高质量发展做出了重要贡献。项目成果已在全国 10 余家规模企业转化应用，产生了显著的经济效益，有效推动了我国肉品加工产业的转型升级和可持续发展。

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）

4.1 科技成果鉴定意见

2023年5月23日，陕西省畜牧兽医学会在杨凌组织相关专家对西北农林科技大学主持完成的“肉蛋白功能调控及肉品品质提升关键技术及应用”成果进行了评价。专家组在听取PPT汇报、查阅成果材料的基础上，经质询、评议，形成以下意见：

1.该成果档案资料齐全、规范，符合成果评价的要求。

2.该成果在原料肉成熟与加工基础理论上有所突破。发现肌细胞死亡受体通路、线粒体通路以及细胞自噬可以加速肌原纤维降解，提高肉的嫩度品质；发现了脉冲电场与糖基化可调控肉蛋白二级结构从而改善PSE肉的加工特性；发现作为风味改良剂和天然抗氧化剂的多酚能通过迈克尔加成反应修饰肉蛋白，为天然多酚在肉制品中的应用提供了理论依据。

3.该成果在原料肉加工与品质调控关键技术上有创新。创建了利用超声波、脉冲电场、糖基化与天然多酚提升冷鲜肉品质及改善PSE肉加工特性的绿色关键技术体系；首次利用 β -环糊精、支链淀粉调控多酚与肉蛋白的作用机制，确定了多酚在深加工肉制品中的添加剂量，解决了高剂量多酚导致深加工肉制品品质变差的行业难题；创建了利用大豆分离蛋白、天然纤维素、胞外蛋白及超高压改善低盐低脂肉制品质构和保水特性的技术体系，解决了低盐低脂肉制品质构与保水特性差的行业问题。

4.该成果企业应用成效明显。该成果已在10余家全国著名规上企业转化应用，近三年累计新增销售额超50亿元，经济、社会和生态效益显著。

综上，专家组7名专家一致认为，该成果在我国冷鲜肉和肉制品加工理论与技术上创新性明显，实际转化应用效果好，为推动我国肉品产业的高质量发展发挥了重要作用，做出了重要贡献。建议进一步加大该成果的推广应用范围。

4.2 查新结论

结论：本项目中超声波、多酚通过宰后细胞凋亡调控冷鲜鸡肉嫩度品质的技术；脉冲电场、糖基化改善类PSE肉品质的技术；环糊精和支链淀粉调控肉蛋白-多酚互作的关键技术体系；天然发酵纤维素、胞外蛋白、大豆分离蛋白和超高压处理调控低脂肉品品质的技术体系。除本项目组人员文献，未见其他相关中英文文献报道。

4.3 专家评价意见

刘源教授，宁夏大学食品科学与工程学院院长、上海交通大学农业与生物学院食品科学与工程系主任、教育部“长江学者”，对本项目评价“项目揭示了电子束辐照、超声波、超高压和脉冲电场等食品加工高新技术对肉蛋白结构和功能特性的作用机制，阐明了多酚、多糖、胞外蛋白和天然纤维素等天然生物大分子与肉蛋白交联规律及机制，研究成果创新性强，达到国际先进水平”。

王道营研究员，江苏省农业科学院农产品加工研究所副所长、国家级科技创新领军人才，对本项目评价“项目针对冷鲜肉及肉制品加工中的行业问题和共性问题，通过阐明天然生物大分子和食品加工高新技术调控冷鲜肉及肉制品品质的规律及机制，建立了肉品食用品质调控关键技术，并进行了产业化应用，从而提升了肉品加工技术水平，为我国肉品加工的产业升级做出了重要贡献，成果达到国际先进水平”。

4.5 部分项目验收意见

(1) 2023 年国家自然科学基金委对面上项目“多酚驱动热诱导肌球蛋白非线性自组装成胶的机制研究(31972099)”，按有关规定已审核完毕，准予项目结题。

(2) 2022 年国家自然科学基金委对面上项目“ β -环糊精抑制 EGCG-蛋白互作的机制及其对肌原纤维蛋白凝胶特性的影响(31771991)”，按有关规定已审核完毕，准予项目结题。

(3) 2022 年国家自然科学基金委对面上项目“羊肉成熟中内质网应激介导细胞凋亡的作用机制(31771904)”，按有关规定已审核完毕，准予项目结题。

(4) 2022 年陕西省科技厅对科技计划项目“蛋白质糖基化修饰增强腊羊肉风味稳定性的关键技术研究(2020NY-186)”，按有关规定已审核完毕，准予项目结题。

(5) 2020 年国家自然科学基金委对面上项目“肌原纤维蛋白糖基化对类 PSE 肉凝胶品质改善机理研究(31571854)”，按有关规定已审核完毕，准予项目结题。

4.6 部分项目发表论文获国内外著名专家公开引用和评价

(1) 国际食品科学院 IAFoST 院士熊幼翎教授在 Top 期刊“Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 2021”肯定并引用了“EGCG 通过修饰肉蛋白提高了肉蛋白凝胶的蒸煮损失”的研究发现。

(2) 国际食品科学院院士江连洲教授在 Top 期刊“Food Hydrocolloids, 2023”

肯定并引用了“糖基化可以将蛋白质的刚性结构展开，从而改善蛋白质的功能特性”的研究发现。

(3)福州大学生物科学与工程学院执行院长汪少芸教授在 Top 期刊“*Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2023”肯定并引用了“适量添加胞外蛋白蛋白可改善鸡肉肌原纤维蛋白凝胶的微观结构”的研究发现。

(4)合肥工业大学食品与生物工程学院院长徐宝才教授在 Top 期刊“*Food Chemistry*, 2024”上肯定并引用了“宰后鸡肉组织能够通过线粒体途径诱导肌肉细胞凋亡从而提高了肉的嫩度”的研究发现。

(5)陕西师范大学食品工程与营养科学学院院长杨兴斌教授在 Top 期刊“*Food Hydrocolloids*, 2021”上肯定并引用了“细菌纤维素通过物理缠结、氢键、疏水力和范德华力改善了复合凝胶的特性”的研究发现。

(6)南昌大学食品学院副院长张国文教授在 Top 期刊“*Food Chemistry*, 2023”充分肯定并引用了“用 EGCG 处理的肌原纤维蛋白乳液凝胶的可溶性蛋白降低”的研究发现。

(7)合肥工业大学食品与生物工程学院副院长郑志教授在 TOP 期刊“*Food Hydrocolloids*”肯定并引用了“高剂量的 EGCG 会导致肌原纤维蛋白凝胶的凝胶性能变弱”的研究发现。

此外，项目成果多次得到了其他 Top 期刊 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*、*Meat Science*、*Carbohydrate Polymers*、*LWT-Food Science and Technology*、*Food Research International* 的肯定及引用。

五、应用情况

项目成果已在全国 10 余家规模企业转化应用，有效解决了冷鲜肉嫩度品质差、精深加工制品品质不稳定等重大技术难题，极大地提高了生产效率和产品品质，使产量和销量大大提高。

近 3 年（2021~2023 年）累计新增销售额超过 50 亿元，经济、社会和生态效益显著，为肉与肉制品加工产业的可持续发展及转型升级起到了强劲的推动作用。

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	Method for Improving Gel Properties of Soy Protein Isolate through Pretreatment with Low frequency and High-intensity Ultrasonic Combined with Curdlan	卢森堡	LU501049	2022.6.21		西北农林科技大学、南京晓庄学院、南京农业大学	冯宪超，祝长青，陈琳，李铭，范小静，刘亚平
2	发明专利	Method for Improving Gel Properties of Myofibrillar Protein by Controlling Protein-EGCG Interaction	卢森堡	LU500850	2022.5.12		西北农林科技大学、南京晓庄学院、南京农业大学	冯宪超、祝长青、陈琳、杨蓉、刘亚平、范小静
3	发明专利	一种提高类 PSE 鸡胸肉肌原	中国	ZL201711256672.9	2020.11.17	4099699	南京农业大学	徐幸莲、卞光亮、韩敏义、

		纤维蛋白凝胶品质的糖基化方法						王虎虎、许玉娟、周光宏、邵士昌
4	实用新型专利	一种可以显示补盐量的盐度计	中国	ZL202020705195.0	2021.3.5	12638712	广东温氏佳味食品有限公司、南京农业大学、温氏食品集团股份有限公司	韩敏义、石金明、王晓明、邓绍林、李凌云、徐幸莲、周光宏、黄启荣
5	实用新型专利	一种卤水自动补盐装置	中国	ZL202020567221.8	2020.4.16	12637645	广东温氏佳味食品有限公司、南京农业大学、温氏食品集团股份有限公司	韩敏义、邓绍林、王晓明、石金明、董华发、徐幸莲、周光宏、黄启荣
6	软件著作权	卤水补盐量计算软件 V1.0	中国	2020SR0542352	2020.3.19	5421048	广东温氏佳味食品有限公司；南京农业大学；温氏食品集团股份有限公司	

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
冯宪超	1	无/教授	西北农林科技大学	项目主持人，负责项目设计和产业化应用。主持并全面参与了探究超声波、多酚、还原糖、膳食纤维和电子束辐照等对肉蛋白结构和功能特性的影响规律和机制，创建了蛋白-多酚互作的调控关键技术体系，提升了肉制品的品质；创建了利用大豆蛋白、天然发酵纤维素、多糖和胞外蛋白调控低盐低脂肉制品品质的技术体系。投入工作量占本人工作总量的 80%。
陈琳	2	无/教授	西北农林科技大学	项目参与者，负责项目实施和产业化应用。主持了多酚调控冷鲜肉品质的规律及机制的研究，创建了利用多酚改善冷鲜肉嫩度品质的技术体系；创建了蛋白-多酚互作的调控关键技术体系，提升了肉制品的品质。此外，参与了探究多酚、还原糖、膳食纤维和胞外蛋白等对肉蛋白结构和功能特性的影响规律和机制，投入工作量占本人工作总量的 70%。
魏法山	3	无/副教授、高级工程师	河南农业大学	项目参与者，负责项目产业化应用。参与了利用多酚、氨基酸、环糊精和支链淀粉来调控肉蛋白与多酚互作的研究工作。投入工作量占本人工作总量的 50%。
韩敏义	4	无/副研究员	南京农业大学	项目参与者，负责项目产业化应用。揭示了脉冲电场、糖基化调控异质肉（PSE肉）蛋白功能特性的规律及机制，创建了利用脉冲电场、糖基化改善异质肉（PSE肉）品质的技术体系。揭示了肉蛋白-菊粉互作的规律及机制，创建了利用菊粉调控低脂肉品质品质的技术体系。揭示了超高压对肉蛋白功能特性的影响规律及机制，创建了超高压调控凝胶类肉制品品质的技术体系。投入工作量占本人工作总量的 50%。
刘亚平	5	无/副教授	西北农林科技大学	项目参与者，负责项目实施。参与了多酚调控冷鲜肉品质的规律及机制的研究，创建了利用多酚改善冷鲜肉嫩度品质的技术体系。参与了探究多酚、还原糖、天然发酵纤维素和胞外蛋白对肉蛋白结构和功能特性的影响规律和机制的相关研究。投入工作量占本人工作总量的 40%。
周希	6	无/无	西北农林科技大学	项目参与者，负责项目实施。协助完成揭示大豆分离蛋白、天然发酵纤维素、胞外蛋白及超高压处理对肉蛋白功能特性的影响规律及机制的相关研究工作，创建了利用大豆分离蛋白、天然发酵纤维素、胞外蛋白及超高压改善低盐低脂肉制品品质和保水特性的技术体系。投入工作量占本人工作总量的 40%。

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	西北农林科技大学负责牵头整个项目的方案设计、组织实施及协调管理。 建立了提高肉制品嫩度、保水和凝胶等品质特性的关键技术。揭示了超声波对肉蛋白结构和功能特性的作用机制，同时阐明了多酚、还原糖、胞外蛋白和天然发酵纤维素等对肉蛋白交联规律的影响。在这些理论研究的基础上，创建了提高肉品食用品质的调控技术体系，极大地提升了肉品企业的加工技术水平。授权国际发明专利 2 件。
河南农业大学	2	河南农业大学协助完成了项目的方案设计与组织实施。 通过探究多酚、氨基酸、环糊精和支链淀粉调控肉蛋白与多酚互作的规律和机制，建立了调控肉蛋白与多酚互作的技术体系。解决了调理肉制品、休闲肉制品品质不稳定和原辅料标准化程度低等重大技术难题，显著提升了生产效率和产品品质，产生了较好的经济效益和社会效益。
南京农业大学	3	南京农业大学协助完成了项目的方案设计与组织实施。 通过探究糖基化、菊粉和脉冲电场等对肉蛋白结构和功能特性的影响规律和机制，建立了肉品品质的调控技术体系。项目研究成果已在多家肉类企业得到转化应用，解决了异质肉（PSE 肉）品质差、低盐低脂肉糜类制品保水性和食用品质不稳定等重大技术难题，显著提高了肉类企业的经济效益和社会效益。授权发明专利 1 件。

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	联合科研攻关	冯宪超/1	2006年-至今	共同发表论文、授权专利、完成成果鉴定、共同获奖	见附件-论文发表清单、专利授权证书、成果鉴定材料、获奖证书
2	联合科研攻关	陈琳/2	2006年-至今	共同发表论文、授权专利、完成成果鉴定、共同获奖	见附件-论文发表清单、专利授权证书、成果鉴定材料、获奖证书
3	联合科研攻关	魏法山/3	2013年-至今	共同发表论文	见附件-论文发表清单
4	联合科研攻关	韩敏义/4	2006年-至今	共同发表论文、授权专利、完成成果鉴定	见附件-专利授权证书、成果鉴定材料
5	联合科研攻关	刘亚平/5	2020年-至今	共同发表论文、授权专利、完成成果鉴定、共同获奖	见附件-论文发表清单、专利授权证书、成果鉴定材料、获奖证书
6	联合科研攻关	周希/6	2022年-至今	共同发表论文、完成成果鉴定	见附件-论文发表清单、成果鉴定材料
完成人合作关系说明（限 1000 字） <p>项目第一完成人冯宪超与陈琳、魏法山、韩敏义刘亚平和周希进行了实质性合作，具有较好的合作基础。冯宪超、陈琳、刘亚平和周希同属西北农林科技大学肉制品加工与质量控制研究团队。冯宪超、陈琳、魏法山、韩敏义、刘亚平和周希通过试验方法、工艺技术共享、联合科研攻关进行了深入合作，共同发表论文、授权专利、共同获奖以及共同完成科研成果并鉴定。</p>					

项目二十八

一、项目名称：陕西地方马品种遗传资源挖掘、保护及利用

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：本项目属于畜牧学科动物遗传资源保护与利用领域。畜禽良种是畜牧业的核心，种质资源是新品种选育的基础，是农业科技创新的硬性保障，也是传承中华农耕文明的载体。马产业是当前一个具有广阔发展前景的产业，不仅有助于推动乡村振兴和农牧民增收，还能培育体育和文旅产业新业态、新模式，满足群众物质和精神文化需求，弘扬中华马文化。挖掘国内优异地方马种质资源，开展科学保护并向适合当前经济社会需要方向进行选育具有重要意义。本项目自上个世纪八十年代开始，挖掘了陕西省内宁强马这一珍贵的矮马资源，引起国家重视并设立了国家级保种场，通过提供科学的保种方案，使宁强马得以保存至今并得到广泛推广，取得巨大的经济和社会效益。针对上个世纪陕西省内育成的挽乘兼用型关中马品种，根据当前社会需求的不断变化，通过调整保种方案和选育方向，使关中马初步符合运动型用马的要求，填补了国内运动型用马品种的空白，改变了以前只能从国外进口的趋势，也取得了显著的经济和社会效益。

基于此，同意提名项目“陕西地方马品种遗传资源挖掘、保护及利用”参评陕西省科技进步奖二等奖。

三、项目简介：

(1) 挖掘了宁强马珍贵品种遗传资源并进行资源保护

上个世纪八十年代，本项目完成人之一侯文通教授等通过深入考察，在陕西宁强县发现了体高 106cm 以下的宁强原始矮马，1990 年在燕子砭镇寨子沟建立了矮马保种核心群，2003 年 5 月在宁强县良种场建立了陕西省宁强矮马保种场。2006 年被列入国家级保种名录。2008 年，中华人民共和国农业部第 1058 号公告，宁强马保种列为第一批国家级畜禽遗传资源保种场名单。

(2) 利用分子生物学技术从遗传多样性分析、起源进化及特色基因挖掘等方面对宁强马进行了系统研究

①宁强矮马微卫星 DNA 遗传多样性和线粒体 DNA 遗传多样性分析，建立了宁强矮马遗传资源评价体系，发现宁强马具有丰富的遗传多样性。②基于线粒体 DNA 和 Y 染色体微卫星 DNA 开展宁强马起源进化研究，弄清宁强马的起源，阐明宁强马的分子系统学地位。③利用分子标记技术和全基因组重测序技

术开展宁强马生长性状相关基因研究,筛选了宁强马体高性状相关的 6 个基因与 SNPs, 为宁强马的选育与开发利用提供了依据。④理论与实践结合, 与宁强县良种繁育中心(国家宁强马保种场)联合制定宁强马保种、选育和开发的工作思路和方案, 建立了国家标准。

(3) 为关中马保种制订了科学保种方案及新的选育方向和策略

关中马是 1982 年由董光明教授主持, 历时三十多年培育的全国知名的挽乘兼用型品种, 在当时的农业及运输业中发挥了重要作用。随着经济社会发展的变迁, 关中马数量急剧下降。自 2003 年起, 关中马保种场由于多年来自群繁育, 近交系数过大, 出生马驹无法站立、歪嘴、视力差、死胎、存活率低等近交危害凸显。通过科学评估, 制订策略, 引入外血公马, 包括奥尔洛夫马和纯血马, 降低近交系数, 改良马匹体型, 提高运动性能, 避免了关中马遗传资源的灭失。同时, 根据社会需求的变化, 制订了挽乘用马向运动用马转变的新选育方向。通过引进英纯血杂交产生 F1 代后与关中马进行回交, 马匹的关中马血统占比恢复到 75%-87.5%, 实现了体型高大、气质灵敏、结构良好的育种目标, 初步育成运动型新关中马品种, 填补了国内运动型用马品种的空白, 改变了以前只能从国外进口运动用马的趋势。

(4) 对关中马采用现代分子生物学技术进行了系统的研究

通过微卫星 DNA 和线粒体 DNA 分析, 建立了关中马的遗传资源评价体系, 与宝鸡柳林骏逸农业发展有限公司合作, 制定关中马的保种、选育和开发方案, 使关中马更符合现代社会的需求, 特别是在马术教学与运动中的应用。

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) 科技成果鉴定意见

自上世纪八十年代以来, 随着农业机械化及交通运输业的快速发展, 马产业逐渐萎缩, 科研投入相对薄弱, 限制了我国现代马业的转型发展。然而, 当前马产业已转向运动休闲、伴侣用及产品用马方向, 前景广阔。宁强马体格小、性格温顺、毛色多样, 种质特征符合现代马业中旅游与娱乐的产业需求。宁强矮马的发现不仅丰富了我国矮马品种, 对研究我国矮马的形成生态、地缘分布、历史演变具有重要意义。宁强矮马的发现, 使中国大陆最北端的矮马分布地区北移了

600 公里，为人类学家研究古代民族迁移史和羌族及西南地区其他少数民族世代的迁移分布路线提供了直接的活证据。

关中马具有良好的品种特性，是国内最适合向运动用马方向选育的品种。因此，在对宁强马、关中马遗传资源评价分析的基础上，揭示其起源、进化历程，弄清其在中国及世界马品种系统中的地位，挖掘特色性状相关基因，制订合理的保种和选育方案，为陕西乃至全国马种的资源保护、品种选育和产业转型发展提供理论和技术支持，为马产业健康发展提供了种质基础。

（2）国内外对本项目研究成果的引用情况

国内外关于宁强马和关中马的研究报道主要集中在本项目团队。本项目共发表论文 21 篇，其中 CSCD 收录 9 篇，SCI 收录 7 篇，论文被引用 100 多次。本研究将理论成果应用于宁强马生产，促进了国家级宁强矮马保种场的建设和品种保护，保种场占地 380 亩，固定资产 3500 万元，现有矮马种群 5 个家系，共 117 匹马，包括种公马 7 匹、后备种公马 10 匹、基础母马 56 匹。本项目的研究成果得到了社会的广泛关注，提升了宁强马的知名度，多家电视台对宁强马现状进行了报道。

关中马的育种过程及技术方案接近欧洲温血马，具有温血马的体型和气质，是我国分布纬度最低的乘挽兼用型马，也是欧亚大陆最耐湿热的挽乘兼用型马品种之一。关中马见证了我国育马业的艰辛历程和辉煌成就，背负着“丝路唐马”这一厚重的历史文化符号，具有独特的运动资源价值和历史文化价值，是我国培育马种的杰出代表。通过十多年的保种和选育，关中马神经系统非常稳定，性格温顺，气质优雅，在马术训练和休闲骑乘中的表现优于很多西方马种，在马术竞赛中独具优势。陕西几乎所有马术俱乐部使用的马匹都有关中马，因而关中马为我国马术运动的发展提供了源源不断的优秀马匹支持，为陕西省的马术运动发展做出了不可磨灭的贡献。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

当前，马产业已转向运动休闲、伴侣用及产品用马方向，前景广阔。宁强马体格小、性格温顺、毛色多样，种质特征符合现代马业中旅游与娱乐的产业要求。宁强矮马的发现不仅丰富了我国矮马品种，而且对研究我国矮马的形成生态、地缘分布、历史演变都有十分重要的意义。宁强马在旅游市场推广较多。宁强马

经外售后全国范围内广阔分布,仅陕西地区宁强马在景区从事旅游的地点有五六十处,经多处调研,每匹马每月游乐场收入在3、4千元至1万元不等,多数平均收入在6—8千元。每个景区以2匹宁强马计算,每年收入在15-20万之间,依此推算目前陕西省内50—60家宁强马服务的景点,年收入累计在750-1200万元,以售出全国范围内的宁强马存栏数量200匹保守估算,至少年产值在3000—4000万元。

关中马具有良好的品种特性,是国内最适合向运动用马方向选育的培育品种。陕西省内几乎所有马术俱乐部使用的马匹都有关中马,因而关中马为我国马术运动的发展源源不断地提供了优秀的马匹支持,为陕西省的马术运动发展做出了不可磨灭的贡献。关中马在马术运动及休闲骑乘、旅游方面使用范围广、影响力大,经济效益好,带动当地农民群众致富效果显著。关中马目前每年向社会推出商品马约200-300匹左右,眉县关中马场舍饲型的马主要流向各省马术运动队及高端的马术俱乐部,陇县关山牧场的山地型关中马主要流向马术俱乐部、马场及旅游景区。这些马运动性能好、性格温驯易调教、价格低易被接受(2-3万元内)。陕西境内目前大大小小近四十多家马场俱乐部,每个马场俱乐部里都有关中马在进行马术教学,其中陕西省马术队用于马场马术及障碍训练就有十多匹纯种关中马。省内专业马术俱乐部服役的关中马目前有200匹以上,年纪最大的马超过二十岁仍在使用的性能良好。关中马在北京、上海、广州及各省、市的马场及马术俱乐部均有分布,具有良好的口碑。自2000年至今,据不完全统计,仅从眉县关中马场及关山军马场出售的马匹记录统计总数约近6000匹(不含其他牧场及私人养马大户和农村散养马匹)。

陕西是旅游文化大省,数百处旅游文化景点中,2021年终统计,省内的国家4A级景点有95处,其中58处有马的游乐项目。游乐马匹超过400匹的有1处(陇县关山牧场景区),超过50匹的有6处(宝鸡大水川景区、乾县乾陵景区、宝鸡向阳川森林公园景区、西安周至楼观台景区、大荔沙苑景区、宝鸡太白山景区),超过30匹的有7处(西安南五台景区、西安翠华山景区、咸阳市昭陵袁家村景区、西安市白鹿塬景区、西安市阎良区中华郡景区、渭南市合阳县处女泉景区、渭南市潼关县风陵渡景区)。10匹以下的小型马术游乐场数量众多无法逐个统计,代表性的如富平陶艺村景区(习仲勋同志陵园旁)、咸阳市马栏

革命旧址（习仲勋西北局及陕西省委工作旧址）、铜川照金香山景区（习仲勋甘陕革命根据地旧址）等均有小型马场作为配套游乐设施运营。上述有马术游乐项目的 58 处中有 56 个景区均有使用关中马游乐骑乘。最典型的是依托于关山军马场的陕西关山牧场景区，5-10 月旅游旺季每日参与骑马旅游经营的山地型关中马有 600-800 百多匹，年骑马接待游客超过 90 万人次，该景区年骑马收入 5000 万以上。其他景区骑马年收入在数十至数百万不等，目前陕西全省景区游乐场使用的游乐用关中马存栏在 1100 匹以上，骑马游客接待量年 260 万人次以上。疫情前 2019 年统计，全省大小景区年马匹骑乘游乐产值 1.2 亿元以上。关中马长期以来对于带动群众脱贫致富起到了良好的作用。

本项目研究成果先后获汉中市自然科学优秀论文二等奖、陕西理工大学校级优秀科研成果一等奖，受邀在全国动物遗传育种大会、陕西省生物化学与分子生物学年会、陕西省遗传学会年会等学术会议上做学术报告，获得学术会议优秀论文奖，受到专家一致好评。

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	标准规范	宁强马	中国	GB/T 24881-2010	2010.06.30		中国农业大学马研究中心、陕西省畜牧技术推广总站、西北农林科技大学、陕西省宁强县农业局	韩国才、吴常信、赵春江、原积友、王永军、李勤荣、邓亮、牡丹
2	标准规范	种畜 关中马	中国	陕 QB3147-85	1985.3.26		西北农学院养马教研组	董光明、侯文通、雷天富
3	论文	宁强矮马考察报告	中国	CNKI: SUN: XBN Y. 0. 19 89-04-011	1989.12.1		侯文通、李广忙、席增奇	侯文通、李广忙、席增奇
4	论文	应用血清 LDH 同工酶对宁强	中国	CNKI: SUN: XBN Y. 0. 19	1993.10.1		侯文通、李相运、李勤荣	侯文通、李相运、李勤荣

		矮马亲缘关系的分析		93-04-009				
5	论文	陕西马种血液蛋白遗传标记特征及聚类分析	中国	CNKI: SUN: XMS Z. 0. 19 96-04-000	1996. 4. 1		侯文通	侯文通
6	论文	宁强矮马生长激素基因(GH)的遗传变异分析	中国	10. 386 4/j. is sn. 057 8-1752 . 2009. 12. 040	2009. 12. 10		张涛、路宏朝、陈锐、周建军	张涛、路宏朝、陈锐、周建军
7	论文	Y-Single Nucleotide Polymorphisms Diversity in Chinese Indigenous Horse	中国	10. 571 3/ajas . 14. 07 84	2015. 8. 1		Haoyuan Han, Qin Zhang, Kexin Gao, Xiangpeng Yue, Tao Zhang, Ruihua Dang, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei	Haoyuan Han, Qin Zhang, Kexin Gao, Xiangpeng Yue, Tao Zhang, Ruihua Dang, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei
8	论文	Single nucleotide polymorphisms of myostatin gene in Chinese domestic horses	中国	10. 101 6/j. gene. 201 3. 12. 0 27	2014. 3. 1 5		Ran Li, Dong-Hua Liu, Chun-Na Cao, Shao-Qiang Wang, Rui-Hua Dang, Xian-Yong Lan, Hong Chen, Tao Zhang, Wu-Jun Liue, Chu	Ran Li, Dong-Hua Liu, Chun-Na Cao, Shao-Qiang Wang, Rui-Hua Dang, Xian-Yong Lan, Hong Chen, Tao Zhang, Wu-Jun

							-Zhao Lei	Liue, Ch u-Zhao Lei
9	论文	The DMRT3 gene mutation in Chinese horse breeds	中国	10.111 1/age. 12292	2015.6.2		Haoyuan Han, Lulan Zeng, Ruihua Dang, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei	Haoyuan Han, Lulan Zeng, Ruihua Dang, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei
10	论文	Single nucleotide polymorph isms of Kit gene in Chinese indigenou s horses	中国	10.149 43/jjv r.64.1 .81	2016.2.1 8		Haoyuan Han, Chunchun Mao, Ningbo Chen, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei, Ruihua Dang	Haoyuan Han, Chunchun Mao, Ningbo Chen, Xianyong Lan, Hong Chen, Chuzhao Lei, Ruihua Dang

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
党瑞华	1	副教授	西北农林科技大学	负责项目的全面实施；在第2、3、4条宁强马和关中马的分子生物学研究和保种策略制定及选育、技术推广上作出了重大贡献。
张涛	2	教授	陕西理工大学	在第2、4条宁强马和关中马的分子生物学研发方面作了重要贡献。
雷初朝	3	教授	西北农林科技大学	在第2、3、4条宁强马和关中马的分子生物学研究和保种策略制定方面作出了较大贡献。
侯文通	4	教授	西北农林科技大学	负责项目的技术咨询工作；在第1、2、3、4条宁强马和关中马的品种鉴定、分子生物学研究和保种策略制定上作出了重大贡献。
雍兴钰	5	场长	宁强县良种繁育中心	负责宁强马保种方案执行；在第2条宁强马保种策略的执行方面做出重要贡献。
李勤荣	6	高级畜牧师	宁强县良种繁育中心	在第2条宁强马保种策略的执行方面做出重要贡献。
郭全胜	7	技术场长	宝鸡柳林骏逸农业发展有限公司	负责关中马保种方案执行；在第3、4条关中马保种策略的执行、技术推广方面做出重要贡献。
韩浩圆	8	博士	西北农林科技大学	在第2、4条宁强马和关中马的分子生物学研究方面作出了重要贡献。

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	西北农林科技大学作为本项目的主持单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的支撑条件，为本项目提供了相关的仪器设备和研究平台，保证了项目的顺利实施和完成。
陕西理工大学	2	陕西理工大学张涛、路宏朝教授在项目实施期间，给予了相当重要的技术支持，并负责了一部分的分子生物学研究，保证了项目的顺利实施和完成。
宁强县良种繁育中心	3	宁强县良种繁育中心作为本项目的合作单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的畜牧资源，保证了项目的顺利实施和完成。
宝鸡柳林骏逸农业发展有限公司	4	宝鸡柳林骏逸农业发展有限公司关中马保种场作为本项目的合作单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的畜牧资源，保证了项目的顺利实施和完成。

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	论文合著	侯文通/4 李勤荣/6	1991.01-1993.12	发表论文：应用血清 LDH 同工酶对宁强矮马亲缘关系的分析	论文 4
2	论文合著	韩浩圆/8 党瑞华/1 张涛/2 雷初朝/3	2014.01-2015.12	发表论文：Y-Single Nucleotide Polymorphisms Diversity in Chinese Indigenous Horse	论文 7
3	论文合著	党瑞华/1 雷初朝/3	2012.01-2014.12	发表论文：Single nucleotide polymorphisms of myostatin gene in Chinese domestic horses	论文 8
4	论文合著	韩浩圆/8 党瑞华/1 雷初朝/3	2014.01-2016.12	发表论文：The <i>DMRT3</i> gene mutation in Chinese horse breeds	论文 9
5	论文合著	韩浩圆 8 雷初朝/3 党瑞华/1	2014.01-2016.12	发表论文：Single nucleotide polymorphisms of Kit gene in Chinese indigenous horses	论文 10
6	共同推广	党瑞华/1 侯文通/4 雍兴钰/5 李勤荣/6	2013.01-2023.12	通过在保种场应用保种方案，选种选配技术等使宁强马遗传资源得以良好保存，良种得以推广	技术应用证明 1
7	共同推广	党瑞华/1 侯文通/4 郭全胜/7	2013.01-2023.12	通过在保种场应用保种方案，选种选配技术等使关中马遗传资源得以良好保存并向运动型用马转型，良种得以推广	技术应用证明 2

完成人合作关系说明（限 1000 字）

党瑞华（1）、雷初朝（3）、侯文通（4）是西北农林科技大学动物科技学院马属动物遗传资源研究团队的主要人员，侯文通教授从上世纪八十年代开始一直从事马属动物领域研究，最早发掘了宁强马遗传资源并推动鉴定为地方品种，建立国家级保种场。对关中马选育工作也一直提供方案、建议和指导，对本项目做出重要贡献。雷初朝教授从线粒体、Y 染色体、功能基因多态角度对宁强马、关中马进行了较系统研究，对制订宁强马、关中马保种方案发挥了重要作用。党瑞华（1）副教授接续了侯文通（4）教授退休后的工作，在宁强马、关中马保种方案、选育方向制订及技术推广上做了大量工作，对两个保种场开展技术指导多年，取得重大成绩。张涛（2）为西北农林科技大学动物科技学院毕业生，后赴陕西理工大学工作，作为主要研发人员参与并主导了本项目中宁强马的分子生物学研究工作。韩浩圆（8）是雷初朝教授（3）的硕博连读研究生，在读期间参与了关中马、宁强马的分子生物学研究工作，为本项目做出贡献。雍兴钰（5）、李勤荣（6）是宁强县良种繁育中心工作人员，和党瑞华（1）、侯文通（4）长期合作，推广宁强马保种和繁育技术。郭全胜（7）是宝鸡柳林骏逸农业发展有限公司关中马保种场技术场长，长期和党瑞华（1）、侯文通（4）合作，负责关中马保种和选育技术推广工作，对本项目做出较大贡献。

项目二十九

一、项目名称：设施果菜类蔬菜轻简化栽培技术集成创新与应用

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：该项目针对设施果菜类蔬菜产业发展中存在的专用新优品种不足、设施简陋陈旧老化、不便于机械化操作和与轻简化栽培配套的现代农业技术缺乏等瓶颈问题，开展了一系列的技术攻关和创新，取得了一系列重要创新成果。成功培育出高抗TY和根结线虫番茄新品种‘金棚951’，高抗叶霉病、TY和根结线虫番茄新品种‘金棚148’和‘金棚M7’，同时筛选出适宜陕西设施栽培的果菜类蔬菜新优品种60个；创新性提出番茄“双断根嫁接培育双头苗”育苗新技术，并筛选出番茄、线辣椒主栽品种适宜的嫁接砧木和功能性基质育苗组合；因地制宜设计出高保温的“双膜骨架日光温室”和强抗风雪的“椭圆管异型拱型大棚”等2个宜机化新型棚型结构；研发推广了“2ZB-2B型智能蔬菜移栽机”、创新性提出了“东西向大行距高密度栽培模式”，并制定了水肥一体化精准施肥方案，有效提高机械化水平，降低了生产成本，解决了生产中人工成本过高的问题。

该项目育成高抗品种3个，设计宜机化新型棚型2个，研发机械设备1个，出版著作2部，制定地方标准2项，授权专利14件、计算机软著3件，发表论文18篇，制定技术规程5项。近5年累计实施47.99万亩，总增产30.94万吨，总新增纯收益6.38亿元，有力推进了设施果菜类蔬菜产业发展和乡村振兴，实现了良好的经济、社会和生态效益。

该项目成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无异议，符合陕西省科学技术进步奖提名条件，特提名为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

近年来，设施果菜类蔬菜产业已成为陕西省乡村振兴和区域经济发展的重要组成部分，其对于保障我省蔬菜周年供应、丰富人民菜篮子、促进农民增收具有重要意义。然而，随着社会的发展和产业结构调整升级，人工成本越来越高，设施果菜类蔬菜在产业发展过程中，除了比较效益逐年下降外，也暴露出了一些制约其进一步发展的瓶颈问题，亟需解决。如专用新优品种不足、育苗手段落后、棚型结构陈旧落后、种植模式落后、水肥管理粗放、机械化水平较低等。

在新形势下，研发与引进省时、省力、高产、高效、适合设施蔬菜生产的新技术、新设备、新模式，研究和发发展温室蔬菜轻简化栽培技术，成为大势所趋。为此，针对上述设施果菜类蔬菜产业化发展中存在的诸多瓶颈问题，结合当前劳动人口老龄化、劳动力不足日趋严重的实际。从 2019 年开始，西北农林科技大学园艺学院紧紧围绕设施果菜类蔬菜轻简化栽培技术这一核心，以实现减轻劳动强度、节省劳动力、高产优质为目标，与宝鸡、西安、渭南农业科研、推广单位和相关企业联合攻关，开展了新型设施棚型研发创建、专用新品种选育、栽培模式创新、水肥精准管理和机械设备研制，取得了一系列重要创新成果。

1、专用新品种选育与引进

针对陕西设施果菜类蔬菜专用新优品种不足，尤其是抗性强、产量高、品质优品种缺乏的突出问题，通过多年的选育和试验，一是成功选育出高抗 TY 和根结线虫番茄新品种‘金棚 951’，高抗叶霉病、TY 和根结线虫番茄新品种‘金棚 148’和‘金棚 M7’，有效解决了根结线虫及其它土传病害、番茄黄化曲叶病毒病等灾害性病害的发生，提高了产品质量品质和经济效益；二是引进果菜类蔬菜新优品种 10 类 200 个，筛选出 60 个适宜大面积推广的品种，良种覆盖率达到 95%以上。

2、高质量育苗技术

在试验示范的基础上，对传统嫁接方法进行了改进，一是创新提出了番茄“双断根嫁接培育双头苗”育苗新技术，试验、示范、推广了“一砧两用”“单子叶侧芽嫁接”“一穗多用”三种节约型嫁接育苗技术，节约种子成本 80%以上，基质及人工投入降低 40%；二是制定了番茄工厂化穴盘育苗技术规程，为集约化育苗提供了技术支撑；三是筛选出本地番茄、线辣椒主栽品种适宜的嫁接砧木，并建立了嫁接双头苗的质量综合评价体系；四是筛选出最适自制功能性育苗基质组合“国产基质+草根 8 号处理”，为提高蔬菜育苗质量提供一定的理论支撑。

3、宜机化棚型设计优化

为解决我省较大一部分蔬菜大棚种植年代较长，棚型老旧、自动化水平低，并且门太窄、跨度小、立柱多限制了大中型机械的应用的问题，项目组按照

GB/T51424—2022《农业温室结构设计标准》，基于陕西关中地区的气候特点，按照设施结构与种植作物相匹配、农机与农艺融合的要求，**研究设计**出适宜我省应用的高保温性能“双膜骨架日光温室”以及大跨度“椭圆管异型拱型大棚”等2个宜机化设施棚型，并提出了设施蔬菜棚型结构优化参数，有效解决了老旧棚型劳动强度大、自动化水平低、保温效果差、病虫害重、产出率低等问题，切实提高了蔬菜产量和品质。

4、大行距高密度栽培模式

传统的日光温室蔬菜生产多采用南北垄向栽培，虽然采光好，但因南北方向垄长较短，普遍存在机械难利用，工人劳动强度高，工作效率低等问题。在南北垄向栽培模式难以实现机械化的情况下，项目组创新栽培模式，改传统南北向种植行向为东向种植，改传统栽培行距为大行距栽培，提出了陕西日光温室黄瓜、番茄东西向大行距高密度栽培模式参数，经过近几年的试验示范，节本增收效果显著。

5、水肥精准管理技术

项目组在对农户施肥情况调查和设施土壤进行化验的基础上，根据土壤水分和养分条件、设施蔬菜需水需肥特点，确定出设施蔬菜滴灌施肥条件下的经济灌水量和养分的合理用量、养分比例关系，制定出黄瓜、番茄、辣椒、茄子、西葫芦等5种主要蔬菜的水肥精准施肥方案，并明确了操作要点。并针对现有起垄铺带过程中存在的技术问题，研制了“起垄铺带一体化装置”，所起垄面呈凹形、高低平整、增加土壤透气性；所铺滴灌带浅埋，提高植物水肥利用率；同时实现起垄和铺带操作，工作效率高；装置体积小、易拆卸，使用方便。

6、农机农艺融合技术

针对设施蔬菜用工难、用工贵的问题，项目组在加强宜机化棚型研发及改进、轻简化栽培技术推广的同时，加大了蔬菜移栽机的研制和推广力度，研制的“2ZB-2B型智能蔬菜移栽机”2020年8月通过农业机械试验鉴定，该机适用性广、操作便捷、移栽效果好，省时省工，受到广大种植户的以致好评，现已累计销售1200余台。

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、品种评价

陕西省非主要农作物品种登记办公室组织有关专家，对项目组选育的‘金棚 951’‘金棚 148’和‘金棚 M7’品种进行了鉴定。

‘金棚 951’：果实高圆形，无绿肩，粉红，果面光滑，果脐小，红度、亮度、硬度较好，抗裂，可溶性固形物含量 3.4%、番茄素含量 0.0293mg/g、维生素 C 含量 0.1373mg/g、可溶性糖 2.0%，连续座果能力较强，可座 5-6 穗果。高抗番茄黄化曲叶病毒（TY），抗南方根结线虫和叶霉病。中熟，丰产性好。

‘金棚 148’：果实高圆形，无绿肩，粉红，果面光滑，果脐小，红度、亮度、硬度较好，抗裂，可溶性固形物含量 3.9%、番茄素含量 0.0436mg/g、维生素 C 含量 0.1648mg/g、可溶性糖 2.52%，连续座果能力较强，高抗番茄黄化曲叶病毒（TY）、抗南方根结线虫和叶霉病。

‘金棚 M7’：果实扁圆，幼果浅绿肩，成熟果着色均匀，深粉红，果面光滑，亮度高，较硬，风味佳。果实大，一般单果重 250-300g，大得可达 350g 以上。连续座果能力强，5-6 穗果仍然是大果。中早熟，从开花至成熟 45-50 天。高抗南方根结线虫，高抗叶霉病，抗番茄花叶病毒（TMV），抗枯萎病。可溶性固形物 4.2%，Vc19.5mg/100g，番茄红素 5.6mg/100g，可溶性糖 2.72%。

目前 3 个品种均已在生产上示范推广，‘金棚 951’‘金棚 148’以秋延后为主，‘金棚 M7’以春提早为主。

2、2ZB-2B 型智能蔬菜移栽机评价

《中国蔬菜》2018 年第 3 期《低密度蔬菜移栽机的选型与验证分析》作者针对结球生菜、花椰菜、青花菜等低密度移栽蔬菜，选择了 4 种移栽机：洋马 PF2R 全自动双行移栽机、Hortech 蔬菜移栽机、井关 PVHR2-E18 移栽机和鼎铎 2ZB-2B 型移栽机进行大测试，包括栽植品种适应性、作业成本、移栽效率等指标，对每种机械的优劣性进行了详细分析。综合分析得出鼎铎 2ZB-2B 型移栽机具有小巧、灵活、无污染等优势，在节能减排上代表着移栽机的发展方向，对小型棚室具有一定的推广价值和优势。

2023 年 9 月 20 日，在由北京市农业机械试验鉴定推广站、北京市平谷区种

植业服务中心和北京京瓦农业科技创新中心联合主办的设施果类蔬菜机械化移栽作业大比武中，鼎铎 2ZB-2B 型移栽机经过移栽作业演示、试验测试和专家评价，在作业效率、作业质量、便捷性、稳定性、舒适性等综合评比总分排名第 2。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

设计的“双膜骨架日光温室”已在新疆、安徽、陕西的宝鸡、杨凌、西安和甘肃的平凉进行大量推广应用；“大跨度椭圆管异型拱型大棚”已在陕西的宝鸡、西安进行了推广应用。

研制的“2ZB-2B 型智能蔬菜移植机”通过国家农机具检查中心检测和农机推广鉴定，并通过陕西省新产品鉴定。市场需求巨大，目前产品销往浙江，上海，宁夏，北京，新疆，陕西等地区销售在用，并在各个省市有经销商代理销售。通过已销售机器的实际使用情况来看，机器适用性广，操作便捷，移栽效果好，省时省工，深受广大用户的接受，现已累计销售 1200 余台。

该项目 2019~2023 年五年累计实施 47.99 万亩，平均亩增产蔬菜 644.8kg，亩新增产值 1779.7 元，亩新增纯收益 1330.1 元；五年总增产蔬菜 30.94 万吨，新增总产值 8.54 亿元，总新增纯收益 6.38 亿元。

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	动植物新品种	金棚 M7	中国	GPD 番茄 (2018) 610431	2018.07	GPD 番茄 (2018) 610431	西安金鹏种苗公司	郑丽芳 李晓东 周兴炳 蔡义勇 任向辉
2	动植物新品种	金棚 951	中国	GPD 番茄 (2020) 610039	2020.06	GPD 番茄 (2020) 610039	西安金鹏种苗公司	李晓东 郑丽芳 蔡义勇 任向辉 刘 阳
3	动植物新品种	金棚 148	中国	GPD 番茄 (2021) 610045	2021.03	GPD 番茄 (2021) 610045	西安金鹏种苗公司	李晓东 郑丽芳 蔡义勇 任向辉 刘阳
4	地方标准	日光温室越冬茬番茄栽	陕西	DB 61/T 1422-20	2021.01	DB 61/T 1422-2021	西北农林科技	张明科 张碧玲

		培技术规程		21			大学	张万 任苗 庞启勇 张婷 杨兴华
5	地方标准	番茄工厂化穴盘育苗技术规程	陕西	DB 61/T 1647-20 23	2023. 03	DB 61/T 1647-2023	渭南市 农业科学 研究院	孙利萍、 高敏丽 赵银平 张永民 冯红玲 郑文娟 谢忠 乔宏喜 赵增寿 景炜明 史亮 韩蓉
6	实用新型专利	双膜骨架日光温室	中国	ZL 2023218 05077. 7	2023. 12	20250807	宝鸡市 旗鹏现代 农业工程 有限公司	岳红旗 牛建宁
7	实用新型专利	一种椭圆管异型拱型大棚	中国	ZL 2023218 06135. 8	2023. 12	20259220	宝鸡市 旗鹏现代 农业工程 有限公司	岳红旗 牛建宁
8	实用新型专利	一种投苗播种机	中国	ZL20182 1889999 4. 75	2019. 08	9186499	宝鸡市 鼎铎机械 有限公司	付亚斌 陈杰 石宝福 岳崇勤 任晓峰 温玉雷 王琪琛
9	实用新型专利	起垄铺带一体化装置	中国	ZL20212 0080168 . 3	2021. 10	14401261	渭南市 农业科学 研究院	孙利萍 张乐 李倩 张飞 高敏丽 史亮 张华
10	软件著作权	变速箱壳体加工控制系	中国	2022SR1 327997	2021. 12	10282196	宝鸡市 鼎铎机	宝鸡市 鼎铎机

		统软件 v2.0					械有限 公司	械有限 公司
--	--	----------	--	--	--	--	-----------	-----------

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
张明科	1	研究员	西北农林科技大学	负责项目总体设计, 制定研究方案, 组织实施项目计划。主要贡献体现在专用新品种选育与引进、高质量育苗技术、大行距高密度栽培模式和水肥精准管理技术。
刘刚	2	农艺师	宝鸡市园艺技术工作站	全面负责宝鸡市项目实施。主要贡献体现在专用新品种选育与引进、高质量育苗技术和水肥精准管理技术。
张志强	3	农艺师	宝鸡市园艺技术工作站	开展试验示范与技术宣传培训。主要贡献体现在专用新品种选育与引进、高质量育苗技术和水肥精准管理技术。
赵德亮	4	助理农艺师	宝鸡市园艺技术工作站	抓点示范、技术宣传、资料汇总。主要贡献体现在高质量育苗技术和水肥精准管理技术。
杨叶	5	正高级农艺师	宝鸡市园艺技术工作站	开展试验示范与技术宣传培训。主要贡献体现在专用新品种选育与引进、高质量育苗技术和水肥精准管理技术。
孙利萍	6	农艺师	渭南市农业科学研究院	负责渭南市项目实施。主要贡献体现在专用新品种选育与引进、高质量育苗技术和水肥精准管理技术。
郑丽芳	7	农艺师	西安金鹏种苗有限公司	负责金棚系列番茄品种选育与推广。主要贡献体现在专用新品种选育与引进。
陈杰	8	高级工程师	宝鸡市鼎铎机械有限公司	负责轻简化机械的研发与推广。主要贡献体现在农机农艺融合技术。
岳红旗	9	高级工程师	宝鸡市旗鹏现代农业工程有限公司	负责轻简化棚型的研发与推广。主要贡献体现在宜机化棚型设计优化。
张万	10	高级农艺师	泾阳县蔬菜产业服务中心	负责泾阳县项目实施。主要贡献体现在专用新品种选育与引进和水肥精准管理技术。

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	负责该项目总体设计和组织实施, 协调宝鸡市园艺技术工作站、西安金鹏种业有限公司、渭南市农业科学研究院、宝鸡市鼎铎机械有限公司、宝鸡市旗鹏现代农业工程

		有限公司的具体实施。在该项目中起主导作用，负责高质量育苗技术和大行距高密度栽培模式的创新，组织技术标准研制，对该项目的示范推广起到了积极的推动作用。
宝鸡市园艺技术工作站	2	协助该项目主要完成单位西北农林科技大学在宝鸡市示范推广的总体组织与协调，在该项目的技术集成、示范推广过程中提供人员及服务条件支持，对该项目在基层单位的实施起到了全面统筹与协调、组织与实施。
渭南市农业科学研究院	3	负责渭南市项目实施。协助该项目主要完成单位西北农林科技大学在渭南市示范推广的总体组织与协调，在该项目的技术集成、示范推广过程中提供人员及服务条件支持，对该项目在基层单位的实施起到了全面统筹与协调、组织与实施。
西安金鹏种苗有限公司	4	配合该项目主要完成单位西北农林科技大学在品种鉴定、优质抗逆栽培技术的研究集成方面的具体实施，在该项目的研究过程中提供人员与服务条件支持，协助项目的顺利实施。
宝鸡市鼎铎机械有限公司	5	配合该项目主要完成单位西北农林科技大学在轻简化机械的研制与推广方面的具体实施，在该项目的研究过程中提供人员与服务条件支持，协助项目的顺利实施。
宝鸡市旗鹏现代农业工程有限公司	6	配合该项目主要完成单位西北农林科技大学在轻简化棚型的设计与推广方面的具体实施，在该项目的研究过程中提供人员与服务条件支持，协助项目的顺利实施。

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	共同立项、实用新型专利、著作论文合著。	刘刚/2 张志强/3 赵德亮/4 杨叶/5	2019.01.01 ~ 2023.12.31	国家星火计划“设施蔬菜高效栽培技术开发与示范”1项，著作1部，实用新型专利2件，论文8篇。	项目合同、验收证书，著作、专利、论文。
2	共同知识产权、标准、论	孙利萍/6	2019.01.01 ~ 2023.12.31	论文2篇，地方标准1件，实用新型	标准、论文、专利。

	文合著。			专利 2 件。	
3	新品种选育推广。	郑丽芳/7	2019.01.01 ~ 2023.12.31	选育番茄新品种 3 个。	新品种证书。
4	共同知识产权、论文合著。	陈 杰/8	2019.01.01 ~ 2023.12.31	计算机软著 3 件，实用新型专利 7 件，论文 1 篇。	软著、专利、论文。
5	共同知识产权。	岳红旗/9	2019.01.01 ~ 2023.12.31	实用新型专利 3 件。	专利。
6	共同知识产权、标准、著作论文合著。	张 万/10	2019.01.01 ~ 2023.12.31	著作 1 部，论文 2 篇，地方标准 1 件。	著作、标准、论文。

完成人合作关系说明（限 1000 字）

张明科负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。刘刚、张志强、赵德亮、杨叶、孙利萍、郑丽芳、陈杰、岳红旗和张万以分工协作方式开展研究和技术攻关、试验示范及推广应用工作。

张明科与刘刚、张志强、赵德亮、杨叶、孙利萍和张万通过合作立项，围绕果菜新优品种筛选、集约化育苗技术推广、本地番茄，线辣椒嫁接砧木和功能性基质筛选、大行距高密度栽培模式和精准水肥管理等进行合作研究，并开展了施果菜类蔬菜轻简化栽培技术的示范应用和推广工作。

张明科与郑丽芳、刘刚、张志强、孙利萍、张万针对陕西设施果菜类蔬菜专用新优品种不足，尤其是抗性强、产量高、品质优品种缺乏的突出问题，联合开展了高抗TY、叶霉病和根结线虫番茄品种的选育工作，并开展相关品种区试试验。

张明科与陈杰、刘刚、张志强、赵德亮、杨叶针对设施蔬菜缺少适合机械的问题，开展了机械设备的研制与示范推广工作。

张明科与岳红旗、刘刚、张志强、赵德亮、杨叶针对设施蔬菜棚型结构老旧，基于陕西关中地区的气候特点，按照设施结构与种植作物相匹配、农机与农艺融合的要求，开展了新型宜机化棚型的设计优化和推广应用工作。

项目三十

一、项目名称：生猪养殖智能化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：该项目属于现代农业生物技术领域畜牧学中生猪智能化养殖方向的应用研究。该项目组针对我省生猪智慧养殖水平不高导致养殖效率低的关键问题，基于 RFID 射频识别和 ZigBee 无线网络搭建与传输等技术，综合运用现代高精设备和信息处理手段，研发了生猪重要经济性状活体测定技术、生猪个体识别与数据采集技术、猪舍环境监测与智能调控技术及生猪智能管理信息系统，并在省内外大型猪场集成应用示范以上生猪智能化养殖关键技术，实现了猪背膘厚、眼肌面积、瘦肉率、脂肪率和肌内脂肪含量等重要经济性状的活体精准测定及种猪体尺参数非接触智能化测量及生猪体温数据的实时获取；开发了猪舍环境监测与智能控制 APP 及猪舍智能化管理系统，实现了猪舍远程管理和智能调控。该项目经济效益和社会效益明显，对提升我省生猪养殖的智慧管理水平，提高规模化生猪养殖效率，并为优质安全猪肉生产全产业链提供了新的智慧管理平台。

综上，同意推荐申报 2024 年度陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

智慧养殖是现代规模化生猪养殖的发展趋势与重要方向，而智能化水平是智慧养殖的重要基础。该项目组针对我省生猪养殖智能化水平不高、效率低下等关键问题，基于 RFID 射频识别技术和 ZigBee 无线网络搭建与传输技术，综合运用现代高精设备和信息处理手段，研发了生猪重要经济性状活体测定技术、生猪溯源与数据采集技术、猪舍环境监测与智能调控技术及生猪管理信息系统，并在省内外大型猪场集成示范以上生猪智能化养殖关键技术，提升了我省生猪养殖的智能化管理水平，提高了生猪规模化养殖效率，并为优质安全猪肉生产全产业链提供了新的智能化管理平台。科技创新主要体现在以下 4 个方面：

1. 研发了猪重要经济性状的活体精准测定技术

通过 CT 扫描技术获取猪活体特定部位的图像资料，并与屠宰后胴体组成比较分析，建立了可活体精确预测胴体组成的数学模型，实现了对猪胴体脂肪率和瘦肉率活体性状精准测定；进一步采用索氏提取法测定背最长肌、臀中肌和半膜肌肌内脂肪含量，并与 CT 活体评估对应部位肌内脂肪含量进行相关性分析，建

立了可活体精确评估肌肉脂肪含量的数学模型，研发了 CT 活体测定猪肌肉脂肪含量的新技术。

2. 研发了生猪信息溯源与数据采集技术

将 RFID 电子标识技术与二维码技术相结合，利用 RFID 电子耳标及相应的读写器，通过快速批量自动采集生猪档案信息，进而实现了生猪溯源；利用图像处理技术获取生猪体尺数据，实现了生猪生产过程数据的电子信息化管理；开发了猪体尺测量软件，实现了对猪体尺的非接触精准测定；运用红外摄像机以非接触方式获取生猪体温数据，用以精准鉴定母猪发情，以便适时人工授精，该技术显著提高了母猪的利用效率。

3. 研发了猪舍环境监测与智能调控技术

通过 ZigBee 无线网络搭建与传输技术，利用多类型传感器和控制器，自动采集各类环境数据，动态监测猪舍内环控设备的实时状态，对异常参数状况进行预测和报警提醒，构建了猪舍饲养环境数据库；以环境监测数据、猪不同阶段生理需求为基础，实现了猪舍环境参数精细化控制；开发了基于 ZigBee 与 GPRS 的猪舍环境智能化管理系统，实现猪舍环境的远程管理和智能调控。

4. 研发了生猪管理信息系统

基于 Python 开发语言，QT5 开发客户端界面，MySQL 数据库和 Windows 系统运行环境，研发了生猪智能化管理信息系统，实现了猪舍环境和生猪行为信息的录入、更新、查询和删除等功能，该系统具有高安全性、可维护性、可靠性及灵活性等特点，且该系统具有良好的交互性、界面简洁友好、便于操作，保证了系统信息安全。

以上研发技术将在国家核心育种场陕西阳晨牧业股份有限公司和河南省诸美种猪育种集团有限公司及陕西宏德天御农牧有限责任公司等规模化生猪养殖企业现代化猪场集成创新应用与示范，效果良好。

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. 项目验收意见

（1）国家重点研发计划课题验收意见

2021年07月28日，中国农村技术开发中心邀请国内知名专家在武汉对国家重点研发计划课题“种畜禽重要经济性状精准测定技术研发”（课题编号：2017YFD0502002）进行了验收与综合绩效评价。该课题验收意见如下：研发了CT扫描种猪胴体组成和肌肉脂肪含量的活体精准测定技术，以上技术已示范或广泛应用。项目经济效益与社会效益明显，填补了国内该领域的空白。综合绩效评价结果为“优秀”。

（2）陕西省重点研发计划项目验收意见

2021年07月02日，陕西省科技厅组织有关专家对陕西省重点研发计划项目“生猪养殖智能化关键技术研发与示范”（项目编号：2018ZDCXL-NY-02-03）进行了验收。该项目验收意见如下：实现了种猪体尺参数非接触智能化测量及生猪体温数据的实时获取；开发了猪舍环境监测与智能控制APP；建立了可活体精确测定胴体瘦肉率、脂肪率和肌肉脂肪含量的数学模型；开发了猪活体背膘厚和眼肌面积测定技术，以及猪瘦肉率、脂肪率和肌肉脂肪含量的活体精准测定技术。建立了生殖智能化养殖示范点。项目研发的关键技术在相关企业应用后，经济效益与社会效益显著。验收委员会认为，该项目完成了任务书规定指标，同意通过验收。

2. 科技查新结论

2024年06月27日，教育部科技查新工作站（N04）对“生猪养殖智能化关键技术研发与应用”进行了科技查新，查新点为“运用CT高精设备对生猪胴体脂肪率和瘦肉率的活体精准测定与采集技术；运用RFID与二维码的方式来进行生猪个体识别与数据采集，并使用红外摄像技术获取母猪的精准体温，以判断发情与否；开发了基于ZigBee与GPRS的猪舍环境智能化管理系统，实现猪舍环境的远程管理和智能调控；开发了基于Python开发语言，QT5开发客户端界面，MySQL数据库和Windows系统运行环境，研发了生猪智能化管理信息系统”。查新结论为（报告编号：202436000N040070）：该项目组研究内容创新性较强，国内外未见与本项目查新点内容相同的文献报道。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

该项目组研发的生猪养殖智能化关键技术成果，目前正在陕西阳晨牧业股份有限公司、河南省诸美种猪育种集团有限公司和陕西宏德天御农牧有限公司3

家大型规模化生猪养殖企业进行了示范与应用。在该项目组专家指导下，成立了推广应用专项小组，由项目组推广技术负责人李爱赟、张俊和肖锦红总体负责，按照项目组的要求，分别在3家公司不同猪场安装了个体识别与数据采集系统、猪舍环境监测与智能调控系统以及重要经济性状活体精准采集设备。

利用猪体尺测量和体温测量相关设备，结合原有B超和育种设备，开展无接触猪体尺测量、无接触发情排卵预测、背膘测定、肌肉脂肪含量检测等育种新技术应用，同时进行生猪饲养和屠宰试验。经过示范应用，环境温度、湿度得到自动、有效、稳定控制，温度误差1.3%，湿度误差2.2%，空气质量明显改善，产房仔猪成活率提高3.1个百分点，保育猪生长速度提高45.6g/天。通过红外摄像仪监测母猪体表温度预测母猪发情排卵时间，提高发情检出率7.35个百分点，使断奶母猪情期发情率达到了95.58%，减少母猪非生产时间并提高母猪年产胎次，体尺测定省时省力，在节约3个人的基础上，平均每头测定猪节约3.3分钟。环境智能化控制和非接触体尺测量及发情鉴定，对生猪生产和育种具有很强的实用性，尤其在非洲猪瘟常态化，减少进圈频次，减少与猪接触机会，对疫病防控具有重大意义。CT技术是一种新型性状测定育种技术，该技术测定的背膘厚、胴体组成和肌肉脂肪含量等数据具有较高的准确性，同时避免了生猪屠宰工序，在育种和生产中应用效果良好。

该项目成果在应用过程中，通过培训、实操和应用，培养了陕西阳晨牧业股份有限公司杨大平、唐晓番和王德文，河南省诸美种猪育种集团有限公司肖锦红、邹小军和李武章，陕西宏德天御农牧有限公司张俊、陈鹏和唐旭波共9名生猪养殖智能化领域的专业技术人员。

除以上3家负责主要推广应用该技术的公司外，陕西省安康市秦阳晨原种猪有限公司、汉阴金硕现代农业有限公司和宝鸡扶风晨牧业有限公司等多个现代化猪场在项目组的指导下也推广了个体识别与数据采集技术、猪舍环境监测与智能调控技术以及重要经济性状活体精准采集技术。

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	一种利用	中国	ZL201910501	2023-06-02	6017107	西北农	庞卫军

		CT 扫描数据检测猪活体胴体组成的方法		878.6			林科技大学	蔡瑞
2	发明专利	关中黑猪的精液常温保存稀释液	中国	ZL201710619760.4	2021-02-05	4242902	西北农林科技大学	庞卫军
3	发明专利	一种用于猪精液常温保存的稀释制剂	中国	ZL201910294961.0	2021-06-01	4458262	西北农林科技大学	于太永 庞卫军 杨公社
4	实用新型专利	基于6LoWPAN技术的移动式生猪养殖环境监测装置	中国	ZL201920007952.4	2019-01-03	9416222	西北农林科技大学	唐晶磊 张志勇
5	实用新型专利	一种牲畜目标检测识别标记装置	中国	ZL202021449281.6	2020-07-21	12203498	西北农林科技大学	于意 唐晶磊
6	实用新型专利	一种自调整图片采集装置	中国	ZL202021129216.5	2020-06-17	12209292	西北农林科技大学	谢陈 唐晶磊
7	软件著作权	猪体尺测量软件 V2.0	中国	2021SR0914948	2021-01-10	7637574	西北农林科技大学	庞卫军
8	软件著作权	猪胴体组成预测系统 V1.0	中国	2019SR0058882	2018-11-17	3479639	西北农林科技大学	唐晶磊 庞卫军
9	软件著作权	肌内脂肪含量检测软件 V1.0	中国	2019SR0374720	2019-01-18	3795477	西北农林科技大学	褚瑰燕
10	软件著作权	生猪养殖环境监测系统	中国	2020SR1133	2020-08-14	6011997	西北农林科技大学	唐晶磊

		V1.0		301			大学
--	--	------	--	-----	--	--	----

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
庞卫军	1	无/教授	西北农林科技大学	负责项目的全面工作；在主要科技创新点的第1、2、3、4均作了创造性和重大贡献。
蔡瑞	2	无/副教授	西北农林科技大学	负责项目的组织实施和技术研发工作；在主要科技创新点的第1和2作了重要贡献。
唐晶磊	3	无/副教授	西北农林科技大学	负责项目的组织实施和技术研发工作；在主要科技创新点的第3和4作了重要贡献。
李爱赞	4	技术总监/研究员	陕西阳晨牧业股份有限公司	负责项目成果应用示范；在主要科技创新点的第1和3作了主要贡献。
杨公社	5	无/教授	西北农林科技大学	负责项目的组织实施与示范；在主要科技创新点的第1作了重要贡献。
褚瑰燕	6	无/副教授	西北农林科技大学	负责项目部分方案的实施；在主要科技创新点的第2作了部分贡献。
高磊	7	无/副教授	西北农林科技大学	负责项目部分技术应用与示范；在主要科技创新点的第3作了部分贡献。
肖锦红	8	董事长/研究员	河南省诸美种猪育种集团有限公司	负责项目部分方案的实施与示范；在主要科技创新点的第1作了部分贡献。
张俊	9	总经理/无	陕西宏德天御农牧有限责任公司	负责项目部分技术成果应用与示范；在主要科技创新点的第2作了部分贡献。

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	负责整个项目的策划、统筹规划、组织管理和实施完成；研究出生猪养殖智能化技术，并组织项目组合作企业应用相关的理论和技术成果研制产品并推广应用。
陕西阳晨牧业股份有限公司	2	集成项目理论和技术成果，研发相关生猪智能化养殖技术，并将项目成果、研发产品大力推广应用。
河南省诸美种猪育种集团有限公司	3	应用项目组部分理论和技术成果研制相关智能化养殖技术，并将技术成果和研制的产品大力推广应用。
陕西宏德天御农牧有限责任公司	4	组织和参与实施与该项目相关的部分示范与推广项目，并将项目成果和研发产品大力推广应用。

九、完成人合作关系情况

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	共同立项	庞卫军/1 蔡瑞/2	2018-2023	共同立项陕西省重点研发计划项目“生猪养殖智能化关键技术”	附件1

		唐晶磊/3 李爱赞/4		术研发与示范”	
2	共同立项	庞卫军/1 褚瑰燕/6	2017-2023	共同立项国家重点研发计划课题“种畜禽重要经济性状精准测定技术研发”	附件 2
3	共同知识产权	庞卫军/1 杨公社/5	2015-2023	合作研发发明专利“一种用于猪精液常温保存的稀释液剂”	附件 3
4	产业合作	高 磊/7 肖锦红/8 张 俊/9	2017-2023	应用项目组研发的生猪养殖智能化关键技术成果，并建立示范点	附件 4

完成人合作关系说明（限 1000 字）

庞卫军（1）、蔡瑞（2）、杨公社（5）、褚瑰燕（6）和高磊（7）是西北农林科技大学动物科技学院生猪产业科技创新团队的核心成员；唐晶磊（3）是西北农林科技大学信息工程学院智能化技术研发领域的技术骨干；李爱赞（4）是陕西阳晨牧业股份有限公司的育种技术总监；肖锦红（8）是河南省诸美种猪育种集团有限公司的董事长；张俊（9）是陕西宏德天御农牧有限责任公司的总经理。

项目完成人庞卫军、蔡瑞、唐晶磊与李爱赞共同立项陕西省重点研发计划项目“生猪养殖智能化关键技术研发与示范”；项目完成人庞卫军与褚瑰燕共同立项国家重点研发计划课题“种畜禽重要经济性状精准测定技术研发”；项目完成人庞卫军与杨公社共同获批发明专利“一种用于猪精液常温保存的稀释液剂”；项目完成人高磊、肖锦红与张俊共同应用项目组研发的生猪养殖智能化关键技术成果，并建立示范点。此外，西北农林科技大学动物科技学院生猪产业科技创新团队与陕西阳晨牧业股份有限公司有长期的研究推广合作关系，着眼于生猪产业共性难点问题，共同提出并合作完成了一系列科研项目，通过跨学科交叉创新，在生猪智能机养猪技术方面取得关键性突破。陕西宏德天御农牧有限责任公司和河南省诸美种猪育种集团有限公司，充分依托项目组的理论和技术成果，示范生猪养殖智能机技术，进行大力推广应用，创造了很好的经济和社会效益。各方在技术创新研发与推广应用等方面的合作成效以专利、软件著作权及应用示范点等形式体现。

项目三十一

一、项目名称：食用油提质增效加工关键技术与产业化应用

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：该项目针对传统食用油加工与品质调控体系的共性难题，开展了近 20 年的系统研究。建立了油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油风味可控释放与强化新技术，研发了食用油品质高效快速检测新方法。对研究成果进行了产业化应用，近 3 年累计新增产值 114283.0 万元，产生的直接经济效益累计 5506.1 万元，取得了显著的经济效益和社会效益。

该项目产出 3 项登记科研成果，获得中国粮油学会科学技术一等奖 2 项，授权国家专利 16 件（其中国家发明专利 13 件），在国内外知名杂志发表论文 106 篇。第三方评价认为，项目从全产业链创新入手，解决了食用油产业提质增效的关键技术难题，推动了产业转型升级，项目整体技术处于国际先进水平。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介

我国是食用油生产和消费大国。传统食用油生产以油料直接机械压榨法和浸出法为主，方法存在油料中活性物质较低、总体提油率不高、风味品质差及能耗大等问题，近年兴起的水剂法提油方式虽符合安全、营养、绿色的要求，但体系乳化严重，提油率不高等问题制约其发展；在食用油提取、储存、运输和加工等过程中，品质指标检测大多采用化学滴定方法，需要大量化学试剂，操作繁琐，且人为因素对测定结果影响较大。针对传统食用油加工与检测方法体系的共性难题，项目进行了近 20 年系统研究，建立了油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油风味可控释放与强化新技术，研发了食用油品质高效快速检测新方法。

1.建立了油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺

以提升食用油中活性物质为目标，建立基于对时间-温度-湿度精准调控的油料适度萌发预处理技术，改善油料生育酚、酚酸、植物甾醇等有益伴随物的赋存形态、组成和含量，其中 α -生育酚、游离酚酸和游离菜油甾醇含量分别可提高 50%、70%和 80%以上，进而增强食用油的品质。在油脂制取阶段，对传统水剂法提油工艺进行改进，主要分为两个方面：利用糖或盐溶液作为媒介，优化食用

油提取工艺；通过在水相中添加食用级表面活性剂，有效减少了体系乳化。已在企业推广应用于特色植物油料提油，提油率均在 90%以上。方法有效减少了能源消耗和有机溶剂的使用，且糖和盐溶液天然安全、来源广泛、价格低廉，简化了生产过程，节约了成本，同时还提高饼粕蛋白等副产物利用率，提升油料综合利用水平。

2.构建了食用油风味可控释放与强化新技术

通过控制调质、炒制、脱胶等关键工艺过程，建立多重参数与油脂特征风味的关系，调控脂质氧化、美拉德反应、硫苷降解等挥发性成分的释放途径，对吡嗪类、腈类、异硫氰酸酯类等关键香气物质的含量进行针对性提升，实现食用油风味的可控释放与强化。该技术有效激发油料中糖、氨基酸和含硫化合物等风味前体物质的转化与释放，通过适度精炼技术减少食用油在加工过程风味物质的损失，所制取的食用油风味浓郁稳定，特征香型差异显著。同时，解决传统工艺出油率低及生产环节效率低等问题，提升了产品附加值。

3.研发了食用油品质高效快速无损检测方法

项目基于聚乙烯膜的食用油红外光谱采集方法和傅里叶变换红外光谱重组方法，完成了食用油常见指标测定方法构建，包括过氧化值、酸值、碘值、皂化值、反式脂肪酸、羰基值、极性物质等重要质量指标快速定量检测；将近红外光谱的自动化检测方法应用于食用油加工过程中实时监测；将电导率法和电子鼻法应用于食用油品质、鉴伪和氧化判别检测；并建立色泽、黏度及折光指数等物理性指标预测化学性指标的油品品质监控方法。所研发方法对食用油各项指标检测均具有良好普适性，已应用于大豆油、菜籽油、花生油、玉米油、芝麻油、核桃油、亚麻籽油和猪油等常见食用油快速检测。

项目已成功应用于食用油产业的提质增效，已在西安邦淇制油科技有限公司、渭南长安花粮油有限公司、陕西关中油坊油脂有限公司、宁夏金双禾粮油有限公司、宁夏兴灵粮油有限公司等企业进行推广应用。2021-2023 年累计新增产值 114283.0 万元，新增利润总额 2992.7 万元，新增所得税 983.5 万元，节支 3496.9 万元，所获直接经济效益累计达到 5506.1 万元。项目登记成果 3 项，获得中国粮油学会科学技术一等奖 2 项，公开发表学术论文 106 篇，其中 SCI/EI 论文 65 篇；联合出版英文专著 1 部；获授权专利 16 件，其中国家发明专利 13 件。

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. 科技成果评价

（1）2019年12月，陕西省技术转移中心组织专家对“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”进行科技成果评价：①对文冠果、核桃、杏仁、南瓜籽等特色油料的水剂法制油关键技术进行了研究。利用糖、盐溶液作为媒介，超声波辅助提高了制油效率，提油率达到90%以上，提高了蛋白的利用率，简化了工艺过程，缩短了加工时间，降低了生产成本。②研究了水剂法制油乳化层形成和破乳机制，创新性将表面活性剂用于制油过程，进一步提高了制油效率，对特色木本和草本油料的高值化利用提供了一种新途径。整体技术处于国际先进水平。

（2）2019年12月，陕西省技术转移中心组织专家对“食用油高效快速无损检测方法创新与应用”进行科技成果评价：①构建了食用油品质高效快速无损检测方法，与传统方法相比，显著提高了检测精度和检测效率，降低了能耗及化学试剂的使用，简化了操作过程，降低了检测成本，方法具有普适性。②研究了煎炸过程中煎炸油品质劣变规律，创新性地建立了物理性指标（水分、含油率、折光指数、色泽、黏度、比重等）与化学性指标（酸值、过氧化值、羰基值、碘值、皂化值及极性值等）之间的关联，为实现煎炸油在线快速检测建立了科学基础。③基于傅里叶变换红外光谱重组等技术构建的食用油掺伪定性定量鉴别方法，具有良好的鉴别效果。整体技术处于国际先进水平。

（3）木本油脂品质评价与调控关键技术研究

2023年3月，陕西省技术转移中心组织专家对“木本油脂品质评价与调控关键技术研究”进行科技成果评价：①分析方法创新：分别以甘油三酯、风味组分和色素为特征物质组，结合机器学习手段，构建了核桃油、油茶籽油和橄榄油三种木本油脂的鉴定鉴伪新方法；基于静电纺丝制备出可调节的碳纤维，建立了Hemin@CNFs电极对油脂中塑化剂的电化学快速检测方法；联用固相萃取、皂化和GC-MS技术，实现了对核桃油、油茶籽油和橄榄油中角鲨烯、生育酚、游离和结合态植物甾醇等14种微量营养成分的同步检测。②风险因子脱除：建立了一种甘油单酯脂肪酶降解核桃油、油茶籽油和橄榄油中的甘油单酯的方法，有效降低了油脂中缩水甘油酯及3-氯丙醇脂肪酸酯的含量，其降解率分别达到86%

和 83%。③油脂氧化劣变控制：设计了“只出不进”的新型油脂包装形式；或通过 α -生育酚添加时机及添加量的调控，使核桃油、油茶籽油和橄榄油的氧化减缓程度达到 30%以上。

2.国家授权专利情况

获国家发明专利 13 件，实用新型专利 3 件。其中，（1）提供了一种萌发亚麻籽及食用油的制备方法，提高了亚麻籽及其油脂活性伴随物含量。（2）开发了一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油的方法，提供了一种快速绿色安全提油新方法。（3）建立了一种强化菜籽油香味的加工方法，制备的菜籽油风味浓郁，色泽清亮，且简化浓香菜籽油生产加工工艺。（4）开发了一种连续式可变光程的近红外检测流通池，有效解决流通池气泡滞留问题，实现了样品连续定性和定量检测。（5）基于紫外光谱仪、傅立叶红外光谱仪、反转电极法等建立的食用植物油掺伪定量检测方法，应用简便、精密度高、仪器价格低廉，便于推广应用。（6）基于涂膜食用植物油红外透射光谱，创新性地提出了透射光谱采集新方法，采集速度快且检测精度高。（7）利用电导仪、油脂氧化酸败仪和区域熔炼仪作为检测工具，测定食用植物油的过氧化值、酸值、氧化诱导期和蜡质等食用植物油脂品质的重要指标，简化操作过程，减少使用有毒有害试剂。

3.本项目相关研究成果的获奖情况

（1）“食用油绿色加工及品质调控关键技术与产业化应用”获得中国粮油学会科学技术一等奖

2022 年 10 月，本项目的部分成果“食用油绿色加工及品质调控关键技术与产业化应用”获得中国粮油学会科学技术一等奖。主要内容：建立糖和盐溶液辅助水剂法绿色提油新工艺，提油率可达 90%以上，降低能源消耗和有机溶剂的使用，同时提高饼粕蛋白等副产物利用率，提高油料的综合加工水平；开创食用油品质高效快速无损检测方法，基于聚乙烯膜-傅里叶红外光谱采集技术和光谱重组技术，完成食用油常见指标定量测定方法构建，并将傅里叶变换近红外技术应用于食用油加工过程中的实时监测和检测，以及将电导率法、可见分光光度法和电子鼻法应用于食用油品质、鉴伪和氧化判别检测，所构建方法对食用油检测均具有良好普适性；研发煎炸油物理性指标预测化学性指标的关键调控技术，揭示

煎炸油物理性指标与化学性指标之间相关性，建立煎炸过程中油品品质监控方法，对煎炸油安全控制具有重要意义。

(2)“菜籽油精深加工关键技术创新及产业化”获得中国粮油学会科学技术一等奖

2021年10月，本项目的部分成果“菜籽油精深加工关键技术创新及产业化”获得中国粮油学会科学技术一等奖。主要内容：通过开发菜籽油适度加工、浓香菜籽油制备及特征风味研究、菜籽油安全生产及风险防控体系、菜籽蛋白和多肽开发工艺和菜籽油精炼副产品深度开发利用等系列关键技术，解决了我国菜籽加工工艺待优化、资源利用率低和产品结构单一等多项难题，对我国菜籽油提质增效加工起到积极推动作用。

五、应用情况

该项目建立油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油风味可控释放与强化新技术，研发了食用油品质高效快速检测新方法。项目研究成果主要在陕西关中油坊油脂有限公司、西安邦淇制油科技有限公司、渭南长安花粮油有限公司、宁夏金双禾粮油有限公司、宁夏兴灵粮油有限公司等企业进行推广应用，取得了良好的经济和社会效益，推动了食用油产业的快速发展。在食用油提质增效关键技术与产业化应用方面，2021-2023年累计新增产值114283.0万元，新增利润总额2992.7万元，新增所得税983.5万元，节支3496.9万元，所获直接经济效益累计达到5506.1万元。

陕西关中油坊油脂有限公司依托该项目研发的糖、盐辅助水剂法提油新技术和“一种基于电导率的食用油酸值测定方法”“一种基于电导率的食用油过氧化值测定方法”“一种基于涂膜食用油红外透射光谱采集方法”3件发明专利，结合工厂实际情况适当调整操作参数，解决了油脂冷榨法提取与高温除杂的矛盾，攻克了提取过程中油脂氧化酸败和品质下降等难题。此外，亚麻籽和核桃出油率大幅度提升，应用辅助水剂法年加工油料4万t，生产亚麻籽油、核桃油2万t。实现了亚麻籽油全过程冷榨生产标准化、一体化经营，引领行业技术革新，推动了宝鸡市及周边地区油脂产业的快速发展。专利成果的应用节约了油脂品质指标的检测费用和人力成本，提高了检测效率，年检测油脂品质指标近1万个。

2021-2023 年累计新增产值 593.0 万元，新增利润 14.9 万元，新增税收 5.1 万元，通过技术改进累计节支 27.9 万元。

西安邦淇制油科技有限公司通过产学研紧密结合，依托食用油绿色加工及品质调控关键技术，坚持行业示范和引领理念，年检测油脂品质指标近 4 万个。2021-2023 年累计新增产值 61589.0 万元，新增利润 1388.4 万元，新增税收 527.7 万元，累计节支 1776.0 万元。通过示范和引领，形成了高科技推动企业发展的良好模式。邦淇牌系列食用油被评为省级“名牌产品”，被中国粮食协会、中国植物油协会授予“放心粮油”称号。公司先后被评定为“陕西省农业产业化经营重点龙头企业”“中国食用油加工企业 50 强”“陕西食用油加工企业 10 强”“全国食用油加工企业 50 强”。

渭南长安花粮油有限公司应用食用油风味可控释放与强化新技术，有效激发油料中风味前体物质的转化与释放，减少精炼过程风味物质的损失，所制取油脂风味浓郁稳定，对企业浓香食用油加工及香型调控提供了有力的技术支撑，进一步保障了产品品质。2021-2023 年累计新增产值 43127.0 万元，新增利润 1304.5 万元，新增税收 367.0 万元，累计节支 1405.0 万元。

宁夏兴灵粮油有限公司依托食用油萌发预处理关键技术，丰富了亚麻籽油加工形式，应用适度萌发预处理技术，有效提高了油品营养品质，提升了产品附加值，进一步增加企业生产效益。2021-2023 年累计新增产值 5324.0 万元，新增利润 169.3 万元，新增税收 49.4 万元，节支 169.9 万元。

宁夏金双禾粮油有限公司依托食用油风味可控释放与强化新技术，应用油脂香型识别控制新思路，丰富了亚麻籽油风味和产品类型，具有良好的应用前景。2021-2023 年累计新增产值 3650.0 万元，新增利润 115.6 万元，新增税收 34.3 万元，节支 118.1 万元。

六、主要知识产权和标准规范目录

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	一种萌发亚麻籽及食用	中国	ZL202111239071.3	2023.10.31	第 6443	西北农林科技大学	于修焯;董瑶瑶;张旭萍;

		油的制备方法				185号		张妍; 李琪; 高媛
2	发明专利	一种强化菜籽油香味的加工方法及菜籽油	中国	ZL201910174456.2	2022.04.22	第5103826号	长安花粮油股份有限公司; 西北农林科技大学; 渭南石羊长安花粮油有限公司	于修焯; 欧阳韶晖; 徐怀德; 魏存成; 刘恒; 张杰; 马世康
3	发明专利	一种基于涂膜食用油红外透射光谱采集方法	中国	ZL201310123450.5	2015.05.27	第1679655号	西北农林科技大学	于修焯; 孙黛君; 朱旭菲; 李清华; 杜双奎; 董晓斌
4	发明专利	一种沙棘籽油掺伪的检测方法	中国	ZL201510632998.1	2017.11.21	第270945号	西北农林科技大学	于修焯; 高锦明; 汤江江; 张鞍灵; 郭鑫
5	发明专利	一种核桃油中诱导期的快速检测方法	中国	ZL202111234422.1	2022.02.18	第6134810号	西北农林科技大学	于修焯; 温毓秀; 周笙; 孙逸雯; 文莎莎; 琪; 杜双奎
6	发明专利	一种基于电导率的食用油酸值测定方法	中国	ZL201010275565.2	2012.08.29	第1033736号	西北农林科技大学	于修焯; 杜双奎; 杨晨; 宋丽娟; 李志成
7	发明专利	一种基于电导率的食用油过氧化值测定方法	中国	ZL201210324117.6	2014.06.11	第1418185号	西北农林科技大学	于修焯; 李清华; 杜双奎; 高锦明; 许春瑾
8	发明专利	一种基于紫外光谱花生	中国	ZL201110154074.7	2012.08.08	第1020818号	西北农林科技大学	于修焯; 杨晨; 杜双奎; ;

		油掺伪定量检测的方法				号		高锦明;李志成
9	发明专利	一种基于超声波辅助浸提测定植物油料含油量的方法	中国	ZL201010190375.0	2011.05.11	第778461号	西北农林科技大学	于修焯;杜双奎;李志西;宋丽娟;李志成
10	发明专利	一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油方法	中国	ZL201310046092.2	2014.01.29	第1342130号	陕西关中油坊油脂有限公司	杨会军;于修焯;张建新;宋海库

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
于修焯	1	副院长/教授	西北农林科技大学	全面负责项目总体规划,项目指导,项目规划设计和应用等工作。建立了油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺,构建了食用油风味可控释放与强化新技术,研发了食用油品质高效快速检测新方法。主持食用油加工提质增效国家自然科学基金等课题10余项,获国家发明专利16项,发表高水平论文106篇。
李琪	2	副教授	西北农林科技大学	负责“木本油脂品质评价与调控关键技术研究”的技术推广,参加油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺,食用油风味可控释放与强化新技术,食用油品质高效快速检测新方法等科研成果的部分研究工作。其中以第一作者身份撰写并发表SCI论文10余篇,为此项目的重要贡献者。
杨会军	3	总经理/高级工程师	陕西关中油坊油脂有限公司	负责“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”的相关技术与成果在陕西关中油坊油脂有限公司的应用推广工作。并研发了一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油的方法及一种亚麻籽油功能饮品及制备方法,获国家发明专利2项,并以第三作者发表中文核心期刊论文1篇,为此项目的重要贡献者。
董瑶瑶	4	其他	西北农林科	参加油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工

			技大学	艺的部分研究性工作,研究了植物油游离脂肪酸含量分析方法,其中以第一作者身份撰写并发表SCI论文2篇,授权专利1项,为此项目的重要贡献者。
高媛	5	副教授	西北农林科技大学	参加食用油风味可控释放与强化新技术的部分研究性工作。撰写并发表SCI论文10余篇,为此项目的重要贡献者。
黄丹	6	经理/高级工程师	渭南长安花粮油有限公司	负责“食用油高效快速无损检测方法创新与应用”及“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”的相关技术与成果在渭南长安花粮油有限公司的应用推广工作,为此项目的重要贡献者。
李泳霖	7	其他	西北农林科技大学	负责食用油品质高效快速检测新方法等科研成果的部分研究性工作。其中以第一作者身份撰写并发表SCI论文3篇,为此项目的重要贡献者。
郑小梅	8	经理/高级工程师	陕西关中油坊油脂有限公司	参与研发了一种亚麻籽油功能饮品及制备方法,获国家发明专利1项,为此项目的重要贡献者。
张静	9	副教授	西北农林科技大学	负责“食用油高效快速无损检测方法创新与应用”及“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”的技术推广,为此项目的重要贡献者。
欧阳韶晖	10	副研究员	西北农林科技大学	负责“食用油高效快速无损检测方法创新与应用”及“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”的技术推广,为此项目的重要贡献者。

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	负责项目的设计、申报、实施和验收评价工作。建立了油料适度萌发和糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺,构建了食用油风味可控释放与强化新技术,研发了食用油品质高效快速检测新方法,全面负责项目成果的推广应用。
陕西关中油坊油脂有限公司	2	主要负责“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”和“木本油脂品质评价与调控关键技术研究”的推广应用。结合工厂实际适当调整操作参数,大大提高了油料的出油率,所提取的食用油理化指标均符合国家相关食品安全标准,应用效果良好。
渭南长安花粮油	3	主要负责项目技术中“食用油高效快速无损检测方法创新与应

有限公司		用”及“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”和“食用油风味可控释放与强化新技术”的推广应用。提高了工厂食用油的品质，取得了良好的经济和社会效益。
------	--	---

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	论文合著	于修焯/1、李琪/2、董瑶瑶/4、高媛/5	2016.09.01-2023.12.31	在国际期刊杂志《Food Chemistry》合作发表 SCI 论文 “Dynamics of composition, structure, and metabolism of three energy substances in flaxseed (<i>Linum usitatissimum</i> L.) during germination”	论文
2	共同知识 产权	于修焯/1、李琪/2、高媛/5、李泳霖/7	2020.09.01-2023.12.31	共同合作获国家发明专利 2 项：“一种特级初榨橄榄油掺假橄榄果渣油的快速检测方法”“一种葵花籽油中蜡质的快速检测方法” 国家发明专利	专利
3	共同知识 产权	于修焯/1、杨会军/3、郑小梅/8	2014.01.01-2023.12.31	共同合作获国家发明专利 2 项：“一种亚麻籽油功能饮品及制备方法”“一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油方法”	专利
4	产业合作	于修焯/1、黄丹/6	2018.07.01-2023.12.31	产业合作，取得良好经济和社会效益	合作协议
5	共同立项	于修焯/1、张静/9、欧阳韶晖/10	2014.01.01-2023.12.31	共同承担企业横向项目“亚麻籽油深加工技术研究”	合作协议

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目完成人及工作单位包括：于修焯、李琪、董瑶瑶、高媛、李泳霖、欧阳韶晖、张静（西北农林科技大学），杨会军、郑小梅（陕西关中油坊油脂有限公司），黄丹（渭南长安花粮油有限公司）。

于修焯负责项目总体设计、实施方案制定、任务分工落实。

于修焯与李琪、高媛、董瑶瑶从 2016 年开始合作，已在国际期刊杂志《Food Chemistry》合作发表 SCI 论文“Dynamics of composition, structure, and metabolism of three energy substances in flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) during germination”。

于修焯等与李泳霖共同申报并授权“一种特级初榨橄榄油掺假橄榄果渣油的快速检测方法”“一种葵花籽油中蜡质的快速检测方法”国家发明专利 2 项。

于修焯等与杨会军、郑小梅从 2010 年“亚麻籽油深加工技术研究”项目开始合作。研究改良的水剂法提取亚麻籽油、核桃油等，并解决了提取过程中亚麻籽油的氧化劣变和品质下降等问题，并获国家发明专利 2 项（“一种亚麻籽油功能饮品及制备方法”和“一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油方法”）。同时，组织了项目技术在陕西关中油坊油脂有限公司的应用与推广。

于修焯等与黄丹从 2016 年开展产业合作，应用食用油绿色加工工艺及品质调控关键技术，组织了项目技术在渭南长安花粮油有限公司和西安邦淇制油科技有限公司的推广应用。有效简化了食用油提取操作过程，缩短了提取时间，降低了提取成本，同时对工厂食用油加工及安全监管也提供了有力的技术支撑，进一步保障了产品品质，提高了工厂经济效益，并为该研究成果在更大规模生产推广应用提供参考。

于修焯、欧阳韶晖、张静从 2010 年“亚麻籽油深加工技术研究”项目开始合作。同时，组织了项目技术在陕西关中油坊油脂有限公司、渭南长安花粮油有限公司、西安邦淇制油科技有限公司等多家企业的应用与推广。

项目三十二

一、项目名称：食源性营养功能因子稳态化递送技术创新及其在健康产品中的应用

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：现代食品工业越来越注重消费者对营养和健康的需求，因此食源性营养功能因子，包括不饱和脂肪酸、多酚和类胡萝卜素等因具有优异的生理活性如清除自由基、抗氧化、抗炎、降血脂和降血糖等而被广泛应用于各类食品体系。然而，大多数营养功能因子与食品基质的相容性差，在加工、贮藏及胃肠环境中不能维持较高的稳定性，生物利用率低，这一直是制约营养健康食品发展的重大难题。为了提高营养功能因子在食品生产加工过程中的稳定性及消化后的生物利用率，本项目在国家自然科学基金、陕西省重点研发计划等课题支持下，经过多年产学研技术攻关，创制了多项营养功能因子稳态化关键技术，突破了单一食品组分稳定性差、包埋和递送效率低的技术瓶颈，有效构建了基于蛋白质-多酚-多糖的功能性纳米递送体系；基于界面调控技术，全面阐明了乳液的稳定机理，设计并开发了多种负载营养功能因子的结构化乳液体系；系统探究了多元营养功能因子的共包封和稳态化，实现了不同极性功能营养因子的协同增效；建立了营养功能因子“体外-细胞-动物”的构效、量效的多维评价方法，开发了番茄红素软胶囊、水溶性叶黄素等营养健康食品十余种。该项目获批发明专利 12 项，发表高质量论文 50 余篇，部分相关成果已转化应用，取得了良好的经济和社会效益。

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，**推荐该项目申报陕西省科技进步奖二等奖。**

三、项目简介：

食源性营养功能因子是开发功能食品的关键。为了提高营养功能因子与食品基质的相容性，确保营养功能因子在食品生产加工过程中的稳定性及消化后具有较高的生物利用率，通常需要借助稳态化递送体系将其添加到食品中。目前，营养功能因子的稳态化关键技术一直被少数国外公司垄断，严重制约我国功能食品行业发展。因此，开发具有自主知识产权的营养功能因子稳态化技术并实现产业化应用是促进我国功能食品行业发展亟待解决的问题。本项目联合西北农林科技大学、陕西功能食品工程中心有限公司和晨光生物科技集团股份有限公司，在国

国家自然科学基金、陕西省重点研发计划等课题支持下,经过多年产学研技术攻关,突破了多项关键技术,包括构建分子互作型壁材、诱导自上而下的胶体物质层层自组装和运用界面工程优化体系稳定性、促进多营养因子协同增效等。该项目主要取得以下主要成果:

1. 发明了分子自组装与共价结合制备功能性纳米载体技术,探明了不同分子复合物的形成规律,突破了单一食品组分稳定性差、包埋和递送效率低的技术瓶颈,有效构建了基于蛋白质-多酚-多糖的类胡萝卜素及多酚递送体系,为功能化纳米递送体系的设计、功能食品开发以及蛋白质-多酚-多糖三元复合物在功能性食品领域中的应用提供科学依据和理论指导。

2. 设计了结构化食品乳液体系,解析了乳液界面性质与功能之间的构效关系。同时,利用乳液设计原理,发明了发酵/高压均质协同界面修饰技术,有效地提高了类胡萝卜素的稳定性和生物利用率,生物利用率最高可达 61.5%。相关技术成功获得多项发明专利授权,为提高营养功能因子生物利用率提供了有效方法。这为推动我国富含多酚和类胡萝卜素功能食品产业的发展开辟了新途径。

3. 开发了多元食源性营养功能因子共递送体系,包括纳米颗粒、乳液和脂质体等,系统探究了多元营养功能因子的共包封和稳态化,实现了姜黄素与茶多酚、姜黄素与白藜芦醇、鱼油(二十二碳六烯酸, DHA)与益生菌的协同增效,为进一步拓展功能因子在食品、医药卫生、功能材料等领域的应用奠定基础。

4. 建立了食物功能组分“体外-细胞-动物”的构效、量效的多维评价技术,创制了具有改善认知和记忆功能的纳米乳液、膜修饰脂质体、纳米颗粒及微胶囊等产品,实现了产品功能设计与组效、量效创新。

本项目围绕不饱和脂肪酸、多酚和类胡萝卜素等营养功能因子,应用多种技术手段构建了不同形式的具有良好生物相容性和稳定性的递送载体,有效提高了营养功能因子的水溶性、稳定性和生物利用率,突破了疏水性营养功能因子在健康功能食品开发上的应用限制。研究成果获授权专利 12 项,完成人近 5 年以第一或通讯作者在 *Annual Review of Food Science and Technology*、*Journal of Agricultural and Food Chemistry*、*Biomaterials*、*Food Hydrocolloids*、*中国食品学报*等期刊发表论文 50 余篇,其中 ESI 高被引论文 8 篇,封面论文 5 篇。第一完成人多次入围全球前 2% 顶尖科学家榜单及 Clarivate 全球高被引学者榜单,先后

入选国家农业部神农青年英才、人社部香江学者、陕西省青年科技新星。项目开发了 10 余款特色营养健康食品（番茄红素软胶囊、叶黄素越橘胡萝卜素软胶囊、姜黄葛根胶囊、鱼油软胶囊等），在全国多家单位成功应用转化，取得了良好的经济效益和社会效益，有力推动了功能食品行业的发展。

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.项目验收意见

2023 年 10 月，陕西省科学技术厅组织有关专家，对西北农林科技大学承担的陕西省青年科技新星计划项目“蛋白质-多糖乳液凝胶的构建及应用（项目编号: 2020KJXX-034）”进行了验收，与会专家一致认为：本项目针对疏水性食品功能因子（如番茄红素、姜黄素、白藜芦醇）水溶性差和稳定性低的问题，通过构建蛋白质和多糖乳液凝胶，有效地提高了这些功能因子的分散性、稳定性和缓释性质。研究采用酶促和物理法制备乳清蛋白乳液凝胶，并通过对蛋白质和多糖分子的控制组装，制备具有特定结构的食品凝胶。研究结果表明双交联乳液凝胶能有效提高功能因子的生物可及性。

2024 年 5 月，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“富含多酚的植物基仿生复乳凝胶的创制与其改善认知记忆的功效评价（项目编号: 2022NY-009）”进行了验收，并形成如下验收意见：（1）该项目聚焦于设计和构建新型 W/O/W 复乳体系，旨在实现对不同极性功能因子姜黄素和 EGCG 的有效包埋和传递，以提升其在食品中的应用效率和生物利用率；采用热诱导和酶交联方法制备豌豆分离蛋白微胶囊颗粒，探究其与海藻酸钠之间的非共价和共价相互作用。通过优化界面组成和结构，成功构建了具有优异环境稳定性和 pH 响应性复乳体系，实现了对姜黄素和 EGCG 的高效共递送和控释。同时，通过 LPS 诱导的炎症小鼠模型评估了姜黄素和 EGCG 复乳体系对炎症小鼠认知记忆障碍和神经炎症的干预效果，结果显示姜黄素和 EGCG 复乳体系具有优异的神经保护效果；（2）掌握了复乳形成的关键技术，为具有改善记忆和认知的功能性食品提供了依据和技术支持；获国家专利 3 项；发表学术论文 14 篇；荣获教育部自然科学奖二等奖，陕西省高等学校科学技术奖一等奖。

2.查新结果显示项目成果具有多项创新（教育部科技查新工作站（N04）查新）

通过对相关文献的阅读、分析和比较，结论如下：

① 关于利用蛋白质、多糖、多酚分子自组装与共价结合技术制备纳米颗粒体系，目前已有研究方向有：蛋白质、多糖和多酚三者中两两结合来制备递送体系，以多糖、多酚结合制备二元复合物，以蛋白、多糖结合制备纳米颗粒载体，用于功能因子的包埋和递送，以提高功能因子的稳定性。关于利用蛋白质、多糖、多酚之间的非共价和共价相互作用，制备蛋白质-多酚-多糖三元复合物纳米颗粒，探究载体组分之间构效关系，并利用其递送营养功能因子，与二元复合物体系相比基于三元复合物制备的递送体系可显著提高功能因子稳定性及生物可及性。目前在检索范围内，除了项目组的文献外，未见到相关的中英文文献报道。

② 关于基于结构化乳液，设计双交联食品乳液凝胶体系，解析双交联乳液凝胶性质与功能之间的构效关系，现有文献大多集中以乳液体系包封功能因子（如鱼油），该类乳液体系包封的鱼油浓度（5%）较低且只着重于提高鱼油的稳定性和抗氧化性；或以乳液为基础制备双交联乳液凝胶，探究乳液凝胶的空间网络结构、持水性、稳定性等，并将其用于植物基制品、医学材料或作为脂肪替代品，对于成凝胶前的乳液结构的研究相对较少。关于利用高压均质协同界面修饰技术制备不同界面层乳液，利用技术生产出物理稳定性好且鱼油浓度（30 wt% 或 40 wt%）高的乳液，在此基础上通过 TG 酶和 Ca^{2+} 双交联制备了乳液凝胶，用于递送功能因子。目前在检索范围内，除了项目组的文献外，未见到相关的中英文文献报道。

③ 关于开发多元营养功能因子（鱼油、姜黄素、EGCG 等）共包埋体系（纳米颗粒、乳液），明确共包埋体系的稳定性及功能因子协同增效的研究，现有文献大多集中于实现多元营养功能因子的共包埋，以改善其环境稳定性，并通过体外实验探究其生物可及性，通过动物实验及细胞实验评估不同功能因子协同增效的研究相对较少。关于在制备多功能因子（姜黄素和 EGCG、鱼油和益生菌）共递送体系的基础上，从体外、细胞、动物层面多维度探究了不同功能因子生物活性存在的协同效果，探究益生菌与鱼油共包封体系协同改善肠道健康，明确“体外-细胞-动物”技术评价共包封体系稳态化及功能因子协同增效的研究，目前在检索范围内，除项目组文献外，未见到相关中英文文献报道。

3.国内外对本项目研究成果的引用和评价

该项目的研究成果先后在 *Journal of Agricultural and Food Chemistry*、*Food Hydrocolloids*、*Biomaterials* 等国际高水平期刊上发表, 并被得到国内外知名学者的高度评价和引用。其中, 题为“Co-encapsulation of epigallocatechin gallate (EGCG) and curcumin by two proteins-based nanoparticles: Role of EGCG” 的论文获选 ***Journal of Agricultural and Food Chemistry* 前封面论文**, 被 *Advanced Functional Materials* 等国际知名期刊引用 **85** 次。2020 年发表在 *Food Hydrocolloids* 期刊的论文“Structure, rheology and functionality of whey protein emulsion gels: Effects of double cross-linking with transglutaminase and calcium”被 *Trends in Food Science & Technology* 等国际知名期刊引用 **173** 次, 属于**高被引论文**。2021 年发表在 *Biomaterials* 期刊的论文“Tailoring the properties of double-crosslinked emulsion gels using structural design principles: Physical characteristics, stability, and delivery of lycopene” 被 *Food Hydrocolloids* 等期刊引用 **57** 次。2023 年发表的论文“Lactoferrin-based ternary composite nanoparticles with enhanced dispersibility and stability for curcumin delivery” 获选 ***ACS Applied Materials & Interfaces* 封面论文**, 并被 *Small* 等期刊引用 **21** 次。比利时根特大学的国际知名科学家 Paul Van der Meeren 教授在国际食品顶级期刊“*Trends in Food Science & Technology*, 2022, 119, 272-287.” 发表的综述论文中充分肯定了本项目关于谷氨酰胺转氨酶结合钙离子交联制备乳液凝胶的有关结果“由热处理结合钙离子交联制备得到的水包油乳液填充式凝胶颗粒在控释亲脂分子方面非常有潜力。然而, 一些热敏成分容易在加热过程中受到破坏。因此, 酶交联是一种制备水凝胶可供替代的方法”: “However, it should be noted that some sensitive ingredients can be vulnerable during heat treatment. Alternatively, the enzymatic cross-linking reaction can be used to fabricate hydrogels.”。

4.主流媒体宣传报道

本项目相关成果先后受到《科学网》、*ScienceDaily*、《人民网》、《中国食品报》、《中国组织人事报》等 10 余家国内平台广泛报道, 并被多个平台转载, 得到社会各界的普遍认可和好评。其中《中国食品报》报道称: 西北农林科技大学刘夫国教授团队成功开发了一种豌豆蛋白-多酚-铁离子复合物, 并应用于 β -胡萝

卜素高内相乳液的制备，为疏水性活性物质的体内递送提供了一种稳定且有效的策略。相关研究成果已相继发表在国际学术刊物 Food Hydrocolloids 上发表，标志着豌豆蛋白及其衍生复合物在食品科学领域的应用取得了重要进展。这项研究不仅发掘了豌豆蛋白基功能性食品的巨大潜力，还为豌豆蛋白更广泛、更深层次的应用创造了新契机。《中国组织人事报》报道称：西北农林科技大学博士生导师刘夫国所在的西北功能食品博士后科研创新团队围绕食品营养和功能食品开展应用基础研究和产品创制工作，破解了食品功能因子递送技术难题，促进了中西部食品营养学学科发展。

5. 获奖情况

① 刘夫国、王玉堂等申报的“食品营养因子稳态化技术及功效评价研究”获 2023 年陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖。

② 依托该项目指导的大学生创新创业竞赛项目获评多项国家级和省部级奖励，代表性奖励如下：项目“两种蛋白纳米颗粒对 EGCG 和姜黄素实现共包埋：EGCG 的作用”获全国一等奖（教育部高等学校食品科学与工程类专业教学指导委员会）；项目“pH 偏移和超声联合辅助美拉德反应制备豌豆蛋白-菊粉复合物及其对藻油乳液理化性质稳定性的影响”获全国一等奖（全国大学生生命科学竞赛委员会）；项目“利用乳液设计原理物提高番茄红素在均质番茄浆中的稳定性和生物可及性”获全国一等奖（全国大学生生命科学竞赛委员会）。

③ 项目第一完成人刘夫国获香江学者奖、先后获评陕西省青年科技新星和国家农业部神农青年英才。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

项目团队历经近五年的协同创新合作与技术攻关，成功提升了多种蛋白质的功能特性，设计了先进的蛋白质递送体系，并开发了多种食源性营养功能因子（如多酚和类胡萝卜素等）的稳态化递送技术。此外，团队先后优化了类胡萝卜素、多酚纳米颗粒、乳液和微胶囊以及多元功能因子共递送体系的制备工艺，并系统评价了这些产品在调节肠道健康、降血脂、降血糖、改善神经炎症、增强记忆和认知能力等方面的生理功能。项目获批中国发明专利 10 项，国际专利 2 项，解决了自主知识产权富含营养因子功能食品的产业化关键技术，为技术转化和应用打下了坚实基础。

该项目的技术成果已成功应用于多个大型功能食品和保健品企业,包括西安金牛生物工程有限公司、陕西瑞绿园银杏科技有限公司、陕西今正药业有限公司和晨光生物科技集团股份有限公司等。项目的实施不仅延长了食源性营养功能因子行业的产业链,提升了产品附加值,还对农业结构调整、产业结构优化和产品技术升级起到了重要的推动作用。

上述企业应用本项目技术,具体如下:

主要应用单位情况表

序号	单位名称	应用的技术	应用对象及规模	应用起止时间	单位联系人/电话
1	西安金牛生物工程有限公司	番茄红素微囊化技术	应用项目技术转化的盛坤牌番茄红素软胶囊(保健食品),截止2023年末,新增销售额4601.1万元,新增利润461.7万元。	2021-2023年	涂伟 15002977912
2	陕西瑞绿园银杏科技有限公司	人参活性因子稳态化递送技术	应用项目技术转化的珠尘缘牌灵芝人参胶囊(保健食品),截止2023年末,新增销售额5264.2万元,新增利润542.3万元。	2021-2023年	杨越鹏 15319034800
3	陕西今正药业有限公司	鱼油稳态化加工技术	应用项目技术转化的鱼油稳态化技术生产的辅美牌鱼油软胶囊(保健食品),截止2023年末,新增销售额2048.51万元,新增利润167.98万元。	2022-2023年	景建利 15829296613
4	晨光生物科技集团股份有限公司	类胡萝卜素稳态化递送技术	在项目实施过程中对所创新的类胡萝卜素稳态化递送技术进行推广应用,实现规模化生产。2021-2023年共新增销售额7575.55万元,新增利润795.43万元,经济效益明显。	2021-2023年	焦争亮 17713009167

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	Methods for improving lycopene release rate and lycopene bioavailability in tomatoes	澳大利亚	AU2021104594A4	2021-09-08	2021104594	西北农林科技大学	刘夫国 马翠翠 陆玉言 刘学波
2	发明专利	一种改善大脑认知记忆和神经炎症的复合脂质体及其制备方法	中国	ZL202210071455.7	2023-09-08	6306706	西北农林科技大学	刘夫国 徐文洽 马德雪 王玉堂 刘学波
3	发明专利	一种辅助降低血糖的紫锥菊功能饮料	中国	ZL201710046091.6	2021-03-26	4319527	西北农林科技大学	刘学波 牛雅杰 王玉堂
4	发明专利	一种水溶叶黄素及其制备方法和应用	中国	ZL202211338972.2	2023-12-12	6549025	晨光生物科技股份有限公司	徐建中 齐立军 卢颖 张笑颖
5	发明专利	一种高浓度鱼油纳米乳液的制备方法	中国	ZL201811357373.9	2022-08-05	5365025	西北农林科技大学	刘夫国 刘学波 马翠翠 刘志刚 王玉堂
6	论文	Tailoring the properties of double-crosslinked emulsion gels using structural design principles: Physical characteristics, stability, and delivery of lycopene	荷兰	Doi: 10.1016/j.biomaterials.2021.121265	2021-12-18	Biomaterials, 2022, 280, 121265	西北农林科技大学	刘夫国 梁秀萍 晏珺 赵涉良 李思琪 刘学波 McClements David Julian 魏涛
7	论文	Lactoferrin-based ternary composite nanoparticles with enhanced dispersibility	美国	Doi: 10.1021/acsami.2c20816	2023-03-09	ACS Applied Materials & Interfaces, 2023, 15, 14, 18166-18181	西北农林科技大学	李雪琪 何翼洋 张赛睿 顾青卓 McClements David Julian

		and stability for curcumin delivery						陈帅 刘学波 刘夫国
8	论文	Co-encapsulation of epigallocatechin gallate (EGCG) and curcumin by two proteins-based nanoparticles: Role of EGCG	美国	Doi: 10.1021/acs.jafc.9b04415	2019-12-04	Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2019, 67, 13228-13236	西北农林科技大学	闫晓佳 张鑫璐 McClements David Julian 邹立强 刘学波 刘夫国
9	论文	Structure, rheology and functionality of whey protein emulsion gels: Effects of double cross-linking with transglutaminase and calcium	荷兰	Doi: 10.1016/j.foodhyd.2019.105569	2020-05-01	Food Hydrocolloids, 2020, 102, 105569	西北农林科技大学	梁秀萍 马翠翠 闫晓佳 曾焕煌 McClements David Julian 刘学波 刘夫国
10	论文	清热利湿颗粒的安全性毒理学评价	中国	Doi: 10.16421/j.cnki.1002-3127.2023.06.007	2023-12-25	毒理学杂志, 2023, 37, 543-545	陕西功能食品工程中心有限公司	乔青莲 王萌 贾曼 吴凯 翟瑞雪

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
刘夫国	1	教授	西北农林科技大学	主要负责总体技术方案设计与组织实施。系统阐明了食品体系蛋白质、多糖、多酚的自组装与共价结合机理；设计并开发多元食品功能因子递送体系，实现了不同极性功能因子的协同增效等；创制了具有改善认知和记忆功能的纳米乳液、膜修饰脂质体、纳米颗粒、微胶囊等产品
王萌	2	副主任/高级工程师	陕西功能食品工程中心有限公司	对食源性营养功能因子的毒理学及生物活性进行了评估，为营养功能因子稳态化技术的落地转化搭建了平台
王玉堂	3	教授	西北农林科技大学	利用高效液相色谱、质谱等手段，深入分析了不同递送体系对营养功能因子

				生物利用度的改善效果
徐建中	4	高级工程师	晨光生物科技集团股份有限公司	开发了水溶性叶黄素制剂, 实现了叶黄素相关产品的落地转化
马翠翠	5	实验师	西北农林科技大学	系统阐明了食品体系中蛋白质、多糖、多酚的相互作用机理, 探索了乳液及乳液凝胶微结构调控功能因子稳定性的途径
卢颖	6	副总经理/工程师	晨光生物科技集团股份有限公司	优化配方和工艺参数, 实现了叶黄素相关产品的规模化生产和市场转化
闫晓佳	7	无	西北农林科技大学	设计开发多元食品功能因子递送体系, 实现了多元营养功能因子的协同增效
顾青卓	8	无	西北农林科技大学	开发蛋白质-多糖-多酚纳米颗粒递送体系, 明析了功能因子的稳态化机制

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	系统阐明了食品体系蛋白质、多糖、多酚的自组装与共价结合机理, 设计并开发营养功能因子递送体系, 实现了不同极性功能因子的协同增效等, 创制了具有良好健康功效的结构化乳液、脂质体、纳米颗粒、微胶囊等产品。
陕西功能食品工程中心有限公司	2	建立了食物功能组分“体外-细胞-动物”的构效、量效的多维评价技术, 创新了食源性功能因子毒理学及生物活性的评价方法, 进行健康产品技术推广和产业化实施工作。
晨光生物科技集团股份有限公司	3	主导创新天然类胡萝卜素应用制剂制备关键技术与装备集成, 在高含量天然类胡萝卜素应用制剂产业化制备关键技术项目实施、技术创新和应用方面均做出了较大贡献。

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	产业合作	刘夫国 1 王萌 2	2018-2023	产业合作：开发番茄红素、多酚等功能食品 合作指导李坤完成硕士毕业论文《超声辅助山羊乳清蛋白糖基化及其在姜黄素乳液中的应用》	应用证明 研究生毕业论文
2	共同知识产权	刘夫国 1 王玉堂 3	2017-2023	专利：一种改善大脑认知记忆和神经炎症的复合脂质体及其制备方法 专利：一种高浓度鱼油纳米乳液的制备方法	专利证书
3	产业合作 共同立项	刘夫国 1 徐建中 4 卢颖 6	2018-2023	产业合作：开发叶黄素功能食品 共同立项：叶黄素制剂产品开发及评价	应用证明 项目合同书
4	共同知识产权 论文合著	刘夫国 1 马翠翠 5	2017-2023	专利：Methods for improving lycopene release rate and lycopene bioavailability in tomatoes 专利：一种高浓度鱼油纳米乳液的制备方法 论文：Structure, rheology and functionality of whey protein emulsion gels: Effects of double cross-linking with transglutaminase and calcium	专利证书 论文
6	论文合著	刘夫国 1 闫晓佳 7	2018-2023	论文：Co-encapsulation of epigallocatechin gallate (EGCG) and curcumin by two proteins-based nanoparticles: Role of EGCG	论文

7	论文合著	刘夫国 1 顾青卓 8	2021-2023	论文: Lactoferrin-based ternary composite nanoparticles with enhanced dispersibility and stability for curcumin delivery	论文
---	------	----------------	-----------	--	----

完成人合作关系说明（限 1000 字）

刘夫国、王玉堂、马翠翠、闫晓佳、顾青卓同属西北农林科技大学食品科学与工程学院；王萌隶属于陕西功能食品工程中心有限公司；徐建中、卢颖同属于晨光生物科技集团股份有限公司，8 位完成人共同开展项目的研究工作。刘夫国主要负责总体技术方案设计与组织实施。其余完成人以分工协作方式开展基础理论研究、技术和产品开发以及技术推广应用。

刘夫国与陕西功能食品工程中心有限公司王萌合作进行了番茄红素等功能因子稳态化技术的落地转化，并合作指导硕士研究生李坤完成毕业论文，对功能因子姜黄素进行包封递送，开发了姜黄素复配羊乳。刘夫国与王玉堂共同研制了一种高浓度的鱼油纳米乳液，该乳液可用于开发具有改善大脑认知记忆的功能食品；合作制备出了能够同时负载不同极性功能因子（姜黄素和 EGCG）的脂质体，利用乳铁蛋白和透明质酸对脂质体进行表面修饰，有效增强了脂质体的稳定性，且所得复合脂质体具有良好的稳定性和自由基清除效率，显著抑制了脂多糖诱导的认知功能障碍，共同授权专利 2 项。刘夫国与晨光生物科技集团股份有限公司的徐建中、卢颖共同合作开展了“叶黄素制剂产品开发及评价”项目。通过该项目创新的技术应用，显著提高了叶黄素制剂的稳定性和生物利用率，使产品的市场占有率大幅提升，带来了可观的经济效益。刘夫国与马翠翠合作阐明了食品体系中蛋白质、多糖、多酚的相互作用机理，探索了乳液及乳液凝胶微结构对营养功能因子生物利用度的影响，共同授权专利 2 项，合作发表论文 1 篇。刘夫国与闫晓佳合作开展多元食品功能因子递送体系的研究工作，合作发表论文 1 篇。刘夫国与顾青卓共同开展纳米颗粒递送体系的研究工作，合作发表论文 1 篇。

项目三十三

一、项目名称：西北旱区农业水土资源价值评估关键技术创新与应用

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：该成果立足西北旱区在农业现代化建设与生态文明建设的战略地位和战略需求，补充和完善了农业水土资源价值评估理论，创新准确评估农业自然资源全价值的关键技术，建立了西北旱区农业水土资源价值评估和应用体系，为优化中国西北旱区农业水土资源配置、确保粮食安全、实现农业现代化、生态文明等战略的多目标兼容实践，提供精确且坚实的数据支撑；对于丰富和完善我国农业资源价值研究理论与实证研究，完善水土资源多目标配置政策内容和提升政策执行效果，具有重要意义和价值。该成果研究内容翔实，研究成果丰富，产生了较好的学术影响力、社会反响和经济效益，获得了 2022 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖。

成果材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。**特提名为陕西省科技进步奖一等奖。**

三、项目简介：

本项目属于资源经济学学科及应用领域。

西北旱区是国家重要的生态安全屏障区、农牧交错区和特色优势农产品产区，在全国农业可持续发展中具有特殊的重要地位，但水资源相对短缺、土地土壤沙化与盐碱化问题严重、农牧业发展基础薄弱等问题较为突出。促进西北旱区农业现代化发展，科学、准确评估其农业自然资源多重服务的全价值，构建多目标协同的农业可持续发展方案是其重要前提。然而，西北旱区农业资源具有显著的时空异质性，且资源利用受到农业及地域文化、风俗等影响。在这一现实背景下，如何构建出全面反映该地区农业自然资源全价值的科学指标体系，是资源价值评估研究领域的难点和关键。

针对上述问题，本项目立足西北旱区农业发展阶段及现实战略需求，以多学科交叉融合为基础，以理论创新为突破，以选择实验法（Choice Experiment）作为关键方法，以解决评估资源非市场价值和提供可靠的资源全价值为关键问题，建立了符合西北旱区的农业水土资源价值评估体系，测算、分析、应用推广相应评估结果，为相关主体均衡资源多重服务、实现资源配置多目标兼容，提供充分

且精确的数据支撑；CE 评估结果可以充分体现公众意愿，在西北旱区实现“绿山青山”向“金山银山”转化、农业水土资源数量管理向质量管理转型等实践中，实现降低政策执行成本和提升政策执行效果，提供了理论和实证依据，项目取得了以下几方面的进展和创新性：

1.解决了水土资源价值评估中功能表达的关键指标选择技术。(1) 通过生态模型和随机效用模型的结合创新性地构建了选择实验法在描述相似生态恢复结果的可替代生态指标理论模型；(2) 创造性地引入了 CE 在价值评估中的“等价指标”甄别了生态属性及对应的生态指标，首次揭示了描述资源价值“中间指标”、“最终指标”及在信息传递过程中效用内涵与替代关系；(3) 验证了可替代生态指标在生态功能表达、信息传递及公众福利的内在关联与稳健性，有助于纠正和避免价值评估中指标选择技术方面存在的重复、漏选等问题。

2.拓展农业水土资源价值评估技术与方法。(1) 根据公共政策对水土资源生态属性带来的变化，设计反映水土资源价值生态基础的价值衡量指标体系；将农业嵌入社会—生态—经济大系统，通过揭示衡量指标生态属性和与之对应的公众福利函数的关联机理，创造性建立了农业水土资源价值评估指标及其层次的指标体系；(2) 从社会生态经济系统的视野，纳入生态文明、乡村振兴战略等多目标对农业水土资源多重服务的均衡需求，构建 CE 评估西部旱区典型农业水土资源价值的应用体系。

3.揭示农业水土资源价值的实证研究与信息。(1) 运用构建的 CE 应用体系，测算了西北旱区典型流域水资源、草原资源、耕地资源等非市场价值。如，黑河流域针对最佳改善方案的价值为 368.757 元/户，其中上、中、下游分别为 593.228 元/户、249.462 元/户、1092.947 元/户；再如，武威市耕地的非市场价值为：在 2015-2024 年期间，武威市城镇居民和农村居民的每年支付愿意（边际价值）分别为 185.22 元/户、212.21 元/户；(2) 揭示了典型农业水土资源非市场价值及公众支付意愿的空间及群体异质性，提出将空间、群体等因素纳入资源价值评估的必要性和具体实证方法；(3) 通过 Meta 回归分析、条件价值评估法以及条件排序等多种方法，验证了所构建和应用的 CE 评估结果具有稳健性。

4.应用农业水土资源价值评估结果提出西北旱区农业水土资源管理优化政策保障体系。(1) 评价四大生态恢复工程效果，在理论上，厘清了政府农业水土

资源管理的边界及程度，为管理现代化提供理论支撑；实践上，适应西北农业水土资源分布的广阔性、监测的复杂性和利用的不可逆性等客观因素，在实现水土资源持续利用的同时降低管理成本；（2）评价资源管理政策，揭示农业水土资源不同服务的公众偏好次序，为资源配置决策、技术开发与布局等提供优先序选择。例如，渭河流域居民对流域生态系统服务的偏好次序为：水质>流失强度>水量>林地覆盖率>治理面积>旅游指数>景观指数；禁牧区的偏好顺序为：草原景观>地下水位>植被覆盖程度；草畜平衡区偏好顺序为：地下水位>植被覆盖程度>生物多样性等结合空间异质性和群体异质性；（3）揭示了农业水土资源价值产生系统性差异、资源公共政策的公众差别化需求及决策完善之处。

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）

经过十余年持续研究与积累，注重多学科交叉，按照“理论—实证—检验—试用—理论完善与实证改进—推介应用”思路，获得了相对系统性成果，并取得相应的社会认可。针对西北旱区农业水土资源配置与管理的关键问题，从评估理论创新、评估体系构建、评估体系应用、评估结果应用等几方面形成了西北旱区农业水土资源价值评估理论、实证和实践的系统性成果；探究了选择实验法评估农业水土资源价值的指标表达机理、构建了西北旱区农业水土资源价值评估的CE应用体系、评估了西北旱区典型农业水土资源的非市场价值及公众支付意愿、揭示了西北旱区农业水土资源价值系统性差异、资源公共政策公众差别化需求及决策完善之处。该成果获批陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖特等奖（2022）。团队先后获批国家林业草原局“林业和草原科技创新团队”（2021）、陕西省“三秦学者”（创全国一流团队）（2021）、陕西省“农业资源管理”111引智基地（2021）、陕西省“农业资源管理”111引智基地（2021）、陕西省首批哲社重点研究基地“陕西农村经济与社会发展协同创新研究中心”（2016）等。

近年来，团队在《中国科学院院刊》、《经济研究》、《管理世界》、ERE、Energy、CJAE等中英文期刊发表论文315篇，出版专著十余部，多篇论文被Nature、Science等期刊论文或院士团队引用。第一完成人及所在单位作为唯一入选的中国作者和机构，成果入选Post-Faustmann Forest Resource Economics（Springer，2013）。关于西北地区旱区农业水土资源的论文，多年入选ESI 1%、高PSCI、

高被引、高下载论文等。第一完成人及团队近年来应邀参加 IAMO Forum 2019, 2020, 2021、香山科学会议、中美农业圆桌论坛、2022 乡村振兴荆楚论坛、生态文明国际论坛（贵阳）等国内外学术会议并完成学术报告近百场（次），在生态文明国际论坛（贵阳，2021）完成的“生态服务价值与产业转型”报告，获得世界自然保护联盟（IUNC）主席张新胜发专函致谢。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

成果在建立西北旱区农业水土资源价值评估体系的建立、拓展农业水土资源价值评估技术与方法等方面提供了坚实的理论支撑与可靠的资源非市场价值数据。（1）提交“贯彻落实党的十九大精神 以自然资源资产核算为抓手持续推进我省生态环境保护”、“关于完善渭河流域跨界生态补偿机制的建议”、“‘四水四定’落实不到位问题值得重视宜综合施策系统推动解决”等政策建议十余份，得到国家发展改革委员会、陕西省决策咨询委员会、中办等领导多次肯定性批示。

（2）成果被陕西省水利电力勘测设计研究院、铜川市人民政府、杨凌示范区水务局等政府部门采纳，为在西北旱区实现多目标资源配置及非市场价值转换提供了科学决策依据，推动政府部门降低政策执行成本，提升政策执行效果。（3）成果被陕西嘉明空间信息技术有限公司、甘肃大河科技有限公司等多家西北旱区涉农企业应用，对构建西北旱区水土资源配置的多目标协同框架，实现企业发展、地区公众增收、政府增税等方面具有重要价值，取得了显著的社会效益与经济效益。

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	论文	自然资源非市场价值评估的选择实验法:原理及应用分析	中国	CN KI: SU N:Z RZ Y.0. 201 3-0	2013 年 7 月 15 日	资源科学	西北农林科技大学	樊辉; 赵敏娟

				7-0 03				
2	论文	青藏高原生态资产的价值评估	中国	10.1 184 9/zr zyx b.20 03.0 2.01 0.	2003-04- 15	自然资源 学报	中国科学院地 理科学与资源 研究所	谢高 地；鲁 春霞； 冷允 法；郑 度；李 双成
3	论文	河西走廊山地-荒漠-绿洲复合生态系统耦合模式及耦合宏观经济价值分析--以肃南山地-张掖北山地区荒漠-临泽绿洲为例	中国	10.3 321 /j.is sn:1 000 -09 33.2 004. 05.0 16.	2004年5 月25	生态学报	兰州大 学	林慧 龙；肖 金玉； 侯扶江
4	论文	Suitability evaluation of large-scale farmland transfer on the Loess Plateau of Northern Shaanxi, China	中国	10.1 002 /ldr. 331 3	2019年6 月4日	Land Degradati on & Developm ent	西北农 林科技 大学	Xue Zhou, Wei Chen, Yanan Wang, Daojun Zhang, Qian Wang, Minjua n Zhao, Xianli

								Xia
5	论文	耕地保护政策的社会福利分析:基于选择实验的非市场价值评估	中国	CN KI: SU N:N JW T.O. 201 7-0 2-0 05	2017年2月23日	农业经济问题	西北农林科技大学	姚柳 杨; 赵敏娟; 徐涛
6	论文	Grassland conservation programs, vegetation rehabilitation and spatial dependency in Inner Mongolia	中国	10.1 016 /j.la ndu sep ol.2 017. 03.0 18	2017年5月29日	Land Use Policy	西北农林科技大学	Haibin Chen, Liqun Shao, Minjua n Zhao, Xing Zhang, Daojun Zhang
7	论文	外部性视角下的节水灌溉技术补偿标准核算——基于选择实验法	中国	CN KI: SU N:Z RZ X.O. 201 8-0 7-0 02	2018年7月28日	自然资源学报	西北农林科技大学	徐涛; 赵敏娟; 乔丹; 史恒通
8	论文	公众对黑河流域生态系统服务消费偏好及	中国	10.1 324 9/j.c	2019年2月15日	地理科学	陕西师范大学、西	史恒通; 睢

		支付意愿研究-- 基于选择实验 法的实证分析		nki. sgs. 201 9.02 .019			北农林 科技大 学	党臣; 吴海 霞; 赵 敏娟;
9	论文	Application of a DPSIR modeling framework to assess spatial-temporal differences of water poverty in china, Journal of the American Water	中国	10.1 111/ 175 2-1 688. 127 24	2019年1 月17日	Journal of the American Water Resources Associatio n	西北农 林科技 大学	Wenxin Liu, Caizhi Sun, Minjua n Zhao, Yongji e Wu
10	论文	基于 Meta 回归 方法的中国内 陆河流域生态 系统服务价值 再评估	中国	10.1 182 1/dl xb2 019 050 15	2019年5 月20日	地理学报	西北农 林科技 大学	颜俨; 姚柳 杨; 郎 亮明; 赵敏娟

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
赵敏娟	1	校长/教授	西安财经大学/西 北农林科技大学	负责项目的总体计划实施。围绕实现西北旱区农业水土资源系统内各属性功能及提供的各种产品与服务的价值特征和经济社会发展带来的资源需求，基于随机效用理论，创新性将生态模型与经济模型相结合，构建了选择实验法的评价指标体系，评估了典型农业水土资源全价值，揭示了公众对农业水土资源政策的偏好与支持。
谢高地	2	研究员	中国科学院地理 科学与资源研究 所/中国科学院地	以生态资产的综合评估为研究核心，在生态服务价值当量因子表的基础上，形成了各类生态系统生态服务价值基准单价表，

			理科学与资源研究所	并将基准生态服务单价根据生物量因子进一步订正，逐项评估了青藏高原各种生态系统的各项生态服务价值，揭示其生态系统的整体价值与各项生态服务价值，强调青藏高原生态系统在区域生命支持系统中所起的重要作用。
林慧龙	3	教授	兰州大学/兰州大学	运用能值分析理论和方法，把自然环境系统与人类经济系统有机地联系和统一起来，有助于整个生态环境生产和社会经济发展的协调进行，科学评价自然资源对社会经济的真实贡献。同时设计研发了基于草地综合分类系统的草地 NPP 分类指数模型应用系统 V1.0 以及高寒草甸放牧侵蚀风险评价系统 V1.0，为草地自然资源价值评估提供了技术保障。
侯扶江	4	兰州大学草地农业科技学院院长/教授	兰州大学/兰州大学	应用合作对策理论提出河西走廊山地-荒漠-绿洲复合生态系统的 4 个可行的耦合模式，测算出在一定能值投入水平和科学管理力度下，4 种耦合模式分别增加肃南山地-张掖北山荒漠-临泽绿洲动物生产系统和绿洲植物生产系统的宏观经济价值 3.67、4.02、1.03 和 4.6 倍，筛选出第四种耦合模式为其中的最佳策略组合。研究方法避免了传统的纯货币评价分析方法对耦合产出所含环境资源评价的缺失，使得对耦合效应的评价价值较为客观真实。为西北水土资源价值保持与增值提供了实证依据。
姚柳杨	5	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	以耕地资源非市场价值的提升为目的评估了休耕政策的社会福利。主要设计了选择实验评估休耕政策的社会福利及其空间异质性;并对比了条件价值评估、条件排序与选择实验结果的差异;使用 Meta 回归模型对福利评估的结果进行效益转移分析。实现了在 CE 在农业耕地资源非市场价值评

				估领域的具体应用，揭示了农业自然资源在耕地层面的价值信息。
陈海滨	6	教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	基于准自然政策实验环境建立了一个空间面板模型，使用了 SPOT-GETATION NDVI 数据、多站地面气象观测和 2000 年至 2013 年 88 个县的面板数据集对内蒙古实施的三项全国性的草原保护计划项目对植被恢复的影响进行研究，同时也检测了项目实施过程中草地管理单元之间的空间相互依赖关系。研究发现北京-天津风沙源控制计划和退牧计划的注册预计将使归一化植被指数 (NDVI) 值增加，总体上显著促进草地植被恢复。
徐涛	7	副教授	海南大学/海南大学	基于选择实验法构建了节水灌溉技术采用的非市场化收益评估指标体系，并且通过 RPL 模型估计和补偿剩余计算了技术采用的非市场化收益。并基于选择实验法设计了由不同政策属性构成的多种备选政策情境以反映农户政策偏好的效用函数。不仅为揭示农户层面的政策偏好提供了可行思路，也拓展了 CE 的应用范围。
陈伟	8	副教授	西北农林科技大学/西北农林科技大学	本研究从农业资源禀赋和景观生态学的角度出发，建立了综合土地质量评价体系，分析了农地大规模流转的地理环境与社会经济条件。基于评价结果，对农地大规模流转的适宜用地类型进行了分类，并评估了农地大规模流转的综合质量和景观连通性是否适宜，以确保促进大规模农地流转发展与生态保护的平衡。
史恒通	9	副教授	陕西师范大学/陕西师范大学	以黑河流域生态系统服务改善为例,运用选择实验法研究公众对流域生态系统服务的消费偏好及偏好异质性,进一步结合 Mixed logit 模型和潜类别模型 2 种计量模型对偏好异质性的来源和形式进行验证和分析,并

				测算流域公众对流域生态系统服务改善的支付意愿。不仅为建立和完善反映市场供求关系和资源稀缺程度、体现价值的资源有偿使用和生态补偿制度具有重要作用，且为进一步完善西北旱区水土资源价值评估及价值实现机制提供重要理论与实践支撑。
--	--	--	--	--

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	负责项目的总体计划实施，在项目组开展关于西北旱区农业水土资源价值评估研究中提供了强有力的人力支持和时间保障，保证项目组能够及时、准确获得水土资源相关数据，确保项目能够顺利实施和完成，促进项目研究在水土资源价值评估研究中理论、实证及应用方面取得重要成果，对生态产品价值实现发展体系及政策建立具有重要参考价值。识别了西北旱区水土资源系统内各属性功能及提供的各种产品与服务的价值特征，匹配经济社会发展带来的资源需求，基于随机效用理论，将经济模型与生态模型相结合，构建了选择实验法的评价指标体系；并在此基础上协助项目组运用选择实验法评估水土资源价值，分析公众在水土自然资源治理过程中的福利变动、动力机制、综合环境效应、治理意愿等，着力提高水土资源治理的执行效果。
中国科学院地理科学与资源研究所	2	项目执行过程中，中国科学院地理科学与资源研究所在项目组开展关于西北旱区农业水土资源价值评估研究方面提供了强有力的人力支持，对我国农业自然资源治理体系及政策建立具有重要参考价值。通过为期 1 年的调查形成一个独立的价值评价体系，综合了对我国专业人士进行的生态问卷调查结果，建立了中国陆地生态系统单位面积服务价值表，通过了生物量等因子的校正，对青藏高原不同生态资产的服务价值进行了估算，揭示其生态系统的整体价值与各项

		生态服务价值,强调青藏高原生态系统在区域生命支持系统中所起的重要作用,对青藏高原为人类提供的生命支持服务有一个恰当的认识。
兰州大学	3	项目执行过程中,兰州大学在项目组开展关于西北旱区农业水土资源价值评估研究研究方面提供了重大支持。应用了合作对策理论和能值分析理论,综合分析了系统的经济、生态、社会效益,筛选出了最佳策略组合,把自然环境系统与人类经济系统有机地联系和统一起来,有助于整个生态环境生产和社会经济发展的协调进行,科学评价自然资源对社会经济的真实贡献,对国家、地区可持续发展的方针制定具有科学指导意义。
海南大学	4	在项目执行过程中,海南大学在项目组开展关于西北旱区农业水土资源价值评估研究等实地调查方面提供了强有力的人力支持和时间保障。基于选择实验法构建了节水灌溉技术采用的非市场化收益评估指标体系,并且通过 RPL 模型估计和补偿剩余计算了技术采用的非市场化收益。同时基于选择实验法设计了由不同政策属性构成的多种备选政策情境以反映农户政策偏好的效用函数。这些研究不仅为揭示农户层面的政策偏好提供了可行思路,也拓展了选择实验法的应用范围,使得选择实验应用体系在评估农业水资源非市场价值方面具有更为广泛的用途。
陕西师范大学	5	在项目执行过程中,陕西师范大学在项目组开展关于西北旱区农业水土资源价值评估研究等实地调查方面提供了强有力的人力支持和时间保障。将水资源的非市场价值研究纳入虚拟水贸易的研究框架之中,以非市场价值为依据确定水资源生态补偿标准和政策制定的出发点。结合陕西省渭河流域四种粮食作物的生产和消费数据测算了陕西省渭河流域的虚拟水贸易足迹及其市场价值。并且以流域的居民对流域水资源的生态系统服务支付意愿为研究对象,遵循随机效

		用理论,采用资源环境价值评估中的选择实验法对陕西省渭河流域的居民进行实地调研,对流域水资源的非市场价值进行评估,检验和识别了流域居民对流域生态系统服务功能偏好的异质性,提高了水资源生态补偿标准和政策制定执行效果。
--	--	--

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	共同立项	赵敏娟、谢高地/第 1、第 2	2000-至今	项目合作	附件
2	产业合作	赵敏娟、林慧龙/第 1、第 3	2000-至今	产业合作	附件
3	产业合作	赵敏娟、侯扶江/第 1、第 4	2000-至今	产业合作	附件
4	论文合著	赵敏娟、姚柳杨/第 1、第 5	2010-至今	项目合作、代表作论文 5	附件
5	论文合著	赵敏娟、陈海滨/第 1、第 6	2010-至今	代表作论文 6	附件
6	论文合著	赵敏娟、徐涛/第 1、第 7	2010-至今	代表作论文 7	附件
7	论文合著	赵敏娟、陈伟/第 1、第 8	2010-至今	代表性论文 4	附件
8	论文合著	赵敏娟、史恒通/第 1、第 9	2010-至今	代表性论文 8	附件

完成人合作关系说明（限 1000 字）

项目实施期间，赵敏娟（西北农林科技大学）负责项目主持工作，谢高地（中国科学院地理科学与资源研究所），侯扶江（兰州大学），姚柳杨（西北农林科技大学），陈海滨（西北农林科技大学），陈伟（西北农林科技大学），徐涛（海南大学），史恒通（陕西师范大学）合作参与项目的研究工作。

西北农林科技大学的赵敏娟教授、姚柳杨教授、陈海滨教授、陈伟教授组建一个专门的科研团队，在科研项目、论文发表等方面有着密不可分的合作关系，长期以来在自然资源价值评估体系构建，农业耕地资源价值评估和休耕政策的社会福利评估，公众水土资源治理过程的福利变动、动力机制、综合环境效应分析，公众对水土资源政策的偏好和支持分析等方面开展了深入的合作研究。在《Ecological Economics》、《中国农村经济》、《农业经济问题》等国内外知名学术期刊上共同发表了超过 30 篇的学术论文。

中国科学院地理科学与资源研究所的谢高地研究员是赵敏娟教授的良好科研合作伙伴，在生态资产的价值评估方面展开密切合作。评估了青藏高原各种生态系统的各项生态服务价值，揭示了其生态系统的整体价值与各项生态服务价值，强调该生态系统在区域生命支持系统中所起的重要作用。有力支撑项目相关的农业水土资源价值评估关键技术创新与应用。

兰州大学的侯扶江教授和林慧龙教授与赵敏娟教授在产业合作上开展合作研究工作，和赵敏娟教授合作进行了西北旱区草地价值评估与保持。测算出在一定能值投入水平和科学管理力度下，多种耦合模式对增加肃南山地-张掖北山荒漠-临泽绿洲动物生产系统和绿洲植物生产系统的宏观经济价值的贡献。探索出的研究方法纳入了耦合产出所含环境资源评价，为项目涉及的西北旱区水土资源价值保持与增值提供了实证依据。

海南大学的徐涛副教授于 2012 年至 2018 年期间师从赵敏娟教授进行研究工作。后任职海南大学。从 2012 年起至今，徐涛与西北农林科技大学的赵敏娟教授团队展开了密切的合作，主要研究方向包括节水灌溉技术的采用、内陆河生态系统的恢复等方面。在《中国农村观察》、《农业经济问题》《农业技术经济》等国内外知名学术期刊上共同发表了 10 余篇的学术论文。

陕西师范大学的史恒通教授于 2010 年至 2016 年期间师从赵敏娟教授进行研究工作，后任职于陕西师范大学。从 2010 年起至今，史恒通与西北农林科技大学的赵敏娟教授团队展开了密切的合作，主要研究方向包括资源经济与环境管理、生态经济学、非市场价值评估与农业经济学。主持国家自然科学基金、教育部人文社会科学基金、中国博士后科学基金等多项国家级和省部级课题，在《中国农村经济》《Ecological Indicators》等国内外核心期刊共同发表论文 10 余篇。

项目三十四

一、项目名称：小麦白粉病灾变机理及绿色防控关键技术与示范

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：白粉病是我国小麦上最重要病害之一，对小麦安全生产造成严重威胁。病害流行规律不清，缺乏及时有效的监测预警体系以及抗病品种匮乏、防治药剂单一老化是目前白粉病防治中的突出问题，针对这些重大生产问题，由西北农林科技大学联合陕西省植物保护工作站、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等多家单位经过 10 余年的联合攻关，明确了陕西省小麦白粉病成灾机理及流行区划，首次查明了影响白粉菌越夏的关键气象因素及其在我国的越夏区域；自主研发出我国首个小麦白粉病自动化监测预警设备和系统，实现了病害智能化和自动化监测预警；摸清了陕西省及我国小麦白粉菌的毒性结构变异动态、生产和后备小麦品种的抗白粉性及抗白粉病基因应用分布情况，发掘和定位抗白粉病新基因/QTL 位点 11 个并开发了其分子辅助选择育种标记，进一步解析了小麦抗白粉病分子机理；揭示了小麦白粉菌对三唑酮的抗药性水平，研发了生物源制剂芽孢杆菌 CC09 可湿性粉剂，防效与三唑酮相当；集成制定了“品种布局、源头封锁、自动预警、应急防控”的小麦白粉病综合治理策略并大面积示范推广，有效控制病害危害的同时降低了农药用量，经济、社会和生态效益显著。

该项目创新性和实用性强，成果系统，内容丰富，有广阔的应用前景和推广价值。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介

该项目属于农业科学植物保护学科领域。

小麦是我国重要的粮食作物之一，白粉病是小麦上危害最严重的三大病害之一。我国每年发生面积超过 1 亿亩，陕西省常年发生面积 400~600 万亩，严重影响小麦的产量和品质。由于对该病害的发生流行规律认知不清，缺乏有效的监测预警体系和优良的抗病品种，防治药剂单一老化，造成小麦白粉病的发生流行范围和危害程度有逐年加重的趋势，严重威胁国家粮食安全。

针对上述重大生产难题，在多个省部级课题的资助下，由西北农林科技大学、陕西省植物保护工作站、中国农业科学院植物保护研究所和全国农业技术推广

服务中心等多家单位历经近 20 年联合攻关，系统调查研究了小麦白粉病的发生流行规律和越夏规律、病菌群体毒性变异动态，挖掘抗病新基因，研发病害预测预警和绿色防控关键新技术、新方法，取得以下主要成果：

1. 揭示了陕西省小麦白粉病成灾机理及流行区划，首次查明了影响白粉菌越夏的关键气象因素及其在我国的越夏区域，为白粉病流行预测和分区治理提供了科学依据。

(1) 经连续多年对陕西省小麦白粉病发生、传播、危害以及越夏情况的系统调查，将陕西省小麦白粉病发生区域划分为秦岭北麓常发重病区、渭北旱塬常发区、关中东部平川扩散区和关中西部新灌区易发重病区四个流行区域。(2) 通过测定2008至2013年我国小麦白粉菌群体对温度的敏感性，发现大部分菌株的ET50值在23℃和24℃之间，温度对病害的终止阈值平均为26.65℃；ET50值与毒性多样性之间存在显著的负相关；③明确了温度是影响小麦白粉菌越夏的关键气象因素，平均温度26.2℃为越夏的阈值；查明了小麦白粉菌在我国越夏范围主要为陕西西部和北部、甘肃东部和南部、河南和河北西部、宁夏南部、四川南部和西北部、云南北部和南部、贵州西北部地区等地区的山区和高海拔地区，这些地区形成一个窄的南北越夏区域。

2. 揭示了我国小麦白粉菌群体毒性变异动态，挖掘和定位抗白粉病新基因/QTL 位点 11 个，解析了抗白粉病分子机制；研发出生物源农药解淀粉芽孢杆菌 CC09，为抗病育种、品种合理布局及病害防控提供了科学依据。

(1) 2008 至 2017 年，从陕西省、河南省等分离鉴定白粉菌菌系 1000 余份，白粉菌系对 *Pm21* 等抗性基因的毒性频率较低，对 *Pm1* 等基因毒性频率较高；不同地理群体遗传多样性存在差异，群体之间存在一定的基因流；(2) 2007 至 2023 年，共对 3814 份陕西省区试小麦品种及高代品系等进行了成株期抗白粉病鉴定，鉴定结果为陕西省小麦新品种审定和各育种单位在早期淘汰高感品种供了科学依据；(3) 利用基因推导和分子标记检测法明确了我国主要麦区小麦品种(系)抗白粉病基因分布情况；从山疙瘩、天选 45 等小麦农家品种和生产品种中鉴定抗白粉病新基因/QTLs 位点 11 个，开发了分子辅助选择育种标记；揭示了 *TaGSTU6*、*TaPOD70* 等基因的抗白粉病分子机理；(4) 我国小麦白粉菌抗性菌株所占比例已由 2007 年的 86.61% 上升到 2012 年 99.22%，平均 EC50 由 57.25mg/L

上升到 109.97mg/L，平均抗性水平由 27.39 倍上升到 34.92 倍；（5）以从健康樟树叶片中分离获得的广谱抗真菌内生解淀粉芽孢杆菌 CC09 菌株为材料，研制了符合国标的解淀粉芽孢杆菌 CC09 菌株可湿性粉剂（100 亿活芽孢/g），其 30 倍稀释液对小麦白粉病的防治效果与 15%三唑酮可湿性粉剂相当。

3. 建立了小麦白粉病的预测预报模型，自主研发出我国首个小麦白粉病自动化监测预警设备和系统，实现了病害智能化和自动化监测预警。

（1）建立了小麦白粉病的预测预报模型，并对其实用性、时效性和准确性评价；（2）集成温度、降雨量、相对湿度、露点温度、叶片表明湿润时间、日照时数、10cm 土壤含水量、10cm 土壤温度、20cm 土壤含水量、20cm 土壤温度等 10 种环境因子传感器、数据微处理芯片、无线数据传输及太阳能供电等模块，自主研发了小麦白粉病自动预报器；（3）预警系统包括田间自动预报器、监测预警平台、云端数据库及分析系统和终端可视系统等，实现了数据的自动采集、存储、运算以及预测结果的展示，并通过神经网络自学习算法提高预测的准确性，在陕西省西安市长安和周至，渭南市富平和合阳，咸阳市武功和兴平，铜川市耀州区，宝鸡市眉县，杨凌示范区，以及河南南阳和安阳，四川雅安、南充、巴中，山东章丘，新疆喀什，西藏林芝等地区应用，预测准确率达 86.7%以上。

4. 制定了“品种布局、源头封锁、自动预警、应急防控”的治理策略，构建了全程绿色防控技术体系，大面积示范推广后，有效控制了病害危害，降低了农药使用量，保障了小麦生产安全。

（1）集成项目组多年研究成果，制定了《小麦主要病虫害全生育期综合防治技术规程》国家行业标准（NB61/T 1013-2016）和《小麦白粉病防控技术规程》陕西省地方标准（DB61/T 1013-2016），并编著了《小麦白粉病测报与防治技术研究》专著，全程指导小麦白粉病的防控。（2）综合考虑小麦生长期、温湿度环境、病虫害发生情况等，利用自动化预报器结果，因地制宜协调应用种植抗病品种、生态和农艺调控、种子处理、后期药剂防治等综合防治策略，渭北旱塬和秦岭北麓白粉菌越冬区，宜采取选用抗病品种、农艺调控、苗期预防和流行期药剂防治等措施；关中灌区和陕南白粉病和条锈病混发区，宜采取兼防措施的分区治理方案。（3）成果在陕西省小麦白粉病常发区的渭南、咸阳、宝鸡、汉中和河南、山西等地大面积推广应用，取得显著的经济、社会和生态效益。

该成果共发表研究论文 113 篇，其中 SCI 论文 15 篇，撰写专著 2 部；制定国家行业标准 1 项，陕西省地方标准 2 项；授权国家发明专利 1 项，软件著作权 1 件。

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.小麦白粉病自动化监测预警成果验收意见

2017 年 12 月 24 日，经中国农学会组织专家对小麦白粉病自动化监测预警成果进行了评价，专家一致认为该项研究相关技术整体达到国际先进水平，在自动化预报器研制和实时预警平台的研建上处于国际领先水平。并准予入选国家成果库。

2.农业部行业科研专项(201303016)验收意见

农业农村部科技教育司组织有关专家,于 2018 年 6 月 7 日在北京对公益性行业(农业)科研专项“禾谷类白粉病和赤霉病综合治理技术与示范”(201303016)进行了会议验收。验收专家组认真听取了项目第一承担单位及各协作单位的汇报，审阅了有关资料，经过质疑和充分讨论，形成如下验收意见：

(1) 项目根据“关键技术研发-技术集成-示范推广”的技术路线，研究了新型耕作制度和气候变化下的禾谷类白粉和赤霉病菌群体发生规律，明确了不同生态区病菌群体结构的时空变化规律，探明了小麦赤霉病致病菌和玉米穗茎腐病病菌的种类及关系；选育了一批对白粉病和赤霉病具有抗性的新种质和新品种；研发出防治病害的新药剂；开发并完善了病害预测和毒素监测技术；研发了麦类白粉病和赤霉病监测预警系统和决策支持系统；构建了适用于不同生态区的病害综合防控技术体系和模式。技术路线具有创新性。

(2) 项目获得国家科技进步奖二等奖 1 项、省部级科技进步奖 4 项、国家发明专利金奖 1 项、优秀科普作品奖 1 项，省部级科技成果鉴定 3 项；已申请国家发明专利 36 件，其中获授权专利 23 件，登记软件著作权 2 项，申请并获得新品种权 2 项，制定行业标准 2 项、地方标准 3 项；审定新品种 7 个，其中国审品种 2 个、地方审定品种 5 个，授权品种 2 个，登记大麦新品种 2 个；研发并转化登记新产品 2 个；发表文章 142 篇(其中 SCI 源论文 60 篇，核心期刊 82 篇)，参编和翻译著作 3 部。通过本项目的实施，培养国家级人才计划 3 名、省(部)级人

才计划 2 名，培养研究生 56 名。

(3) 项目研发成果在 5 个不同生态区示范应用，累计示范面积 5 万亩，辐射面积 500 多万亩，小麦平均亩产增加 38.96 公斤、增收节支 9.2 亿元。培训技术人员 1300 余人、农民 3.5 万人次，发放技术手册 4000 余份、明白纸 30 余万份。项目建立了产学研合作机制，充分发挥国家和地方农业科研教学机构、植保和农业技术推广部门优势和特点，与小麦和大麦产业技术体系紧密结合，研究成果及时有效的在生产上得到示范应用，有力推动了禾谷类白粉病和赤霉病综合防治技术的进步，取得了明显的经济、社会和生态效益，为禾谷类作物稳产高产和食品安全提供了科技支撑。

该项目已完成任务书中规定的各项考核指标和研究任务，专家组一致同意通过业务验收。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

2020-2022 年，利用本项目研究成果在陕西省大面积推广，使小麦白粉病预测准确率达 95% 以上。通过系统监测、提前预报和精准防治，小麦白粉病发生面积逐年下降。三年累计推广面积 3049 万亩，共挽回小麦损失 39.09 万吨，折合 7.82 亿元。另外由于种植抗病品种和准确预报减少了农药的使用量，累计减少防治 2493 万亩，降低成本 3.74 亿元。合计效益 11.56 亿元。

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	国家行业标准	小麦主要病虫害全生育期综合防治技术规程	中国		2018-07-27	NY/T 3302-2018	全国农业技术推广服务中心、西北农林科技大学等	赵中华、王保通、康振生、陈万权、武予清、马忠华、杨立军、陈

								剑平、程登发、陈怀谷、王晓杰、喻大昭、张芸慧
2	陕西省地方标准	小麦白粉病防控技术规程	中国		2016-02-24	DB61/T 1013-2016	西北农林科技大学植保学院、杨凌现代农业产业标准化研究推广中心	李强、王保通、康振生、陈宏、王亚红、文耀东、王渊、周永明
3	陕西省地方标准	小麦品种抗白粉病鉴定技术规程	中国		2016-02-24	DB61/T 1014-2016	西北农林科技大学植保学院、杨凌现代农业产业标准化研究推广中心	王保通、李强、姚撑民、康振生、周永明
4	国家发明专利	一种白粉病预报方法及其装置	中国	ZL. 2016 1 079312 6.8	2018-10-02	3096336	中国农业科学院植物保护研	周益林、胡小平

							究所、西北农林科技大学、西安黄氏生物工程有限公司	
5	软件著作权	小麦白粉病自动化监测预警系统 V1.0	中国	2019SR1065597	2019-10-21	软著登字第4486354号	西安黄氏生物工程有限公司	西安黄氏生物工程有限公司

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
王保通	1	教授	西北农林科技大学	1.负责项目的总体设计和实施；2. 小麦白粉病流行规律研究；3. 小麦白粉病抗药性监测和生物源农药的开发；4. 小麦白粉病综合防治技术研发。主要贡献体现在研究成果 1、2、3、4。
张战利	2	高级农艺师	陕西省植物保护工作站	1. 小麦白粉病流行规律研究；2. 小麦白粉病综合防治技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果 1 和 4。
胡小平	3	院长/教授	西北农林科技大学	1.小麦白粉病自动监测预报器的研制；2. 小麦白粉病发生流行预测预报模型；3. 小麦白粉病流行规律调查。主要贡献体现在研究成果 1、2 和 3。
周益林	4	研究员	中国农业科学院植物保护研究所	1. 小麦白粉菌毒性结构、越冬范围调查；2. 小麦抗白粉病基因推导；3. 农家品种抗白粉病基因的鉴定和定位；4. 小麦白粉病流行预测预报模型。主要贡献体现在研究成果 1、2、3。
李 强	5	副研究员	西北农林科技大学	1.小麦白粉菌毒性结构监测与遗传多样性研究；2. 小麦新育成品种（系）抗白粉病评价；3. 小麦生产品种抗白粉病基因的发掘和定位。主要贡献体现在研究成果 1、2 和 3。
刘万才	6	首席/研究员	全国农业技术推广服务中心	1.小麦白粉病发生规律研究；2.小麦白粉病自动化监测预警系统；3.小麦白粉病综合防控技术示范。主要贡献在研究成果 1 和 4
黄卫利	7	农艺师	西安黄氏生物工程有限公司	主要负责小麦白粉病自动监测预警器的开发和推广。主要贡献体现在研究成果 3。

白应文	8	农艺师	宝鸡市农业技术推广服务中心	主要负责宝鸡市小麦白粉病综合防治技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果4。
贾育恒	9	站长/研究员	咸阳市植物检疫站	主要负责咸阳市小麦白粉病综合防治技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果4。
贺亚红	10	高级农艺师	渭南市临渭区农业技术推广中心	主要负责渭南市小麦白粉病综合防治技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果4。
王国军	11	高级农艺师	汉中市农业科学研究所	主要负责汉中市小麦白粉病综合防治技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果4。

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	在项目立项、实施、推广和应用过程中，发挥了重要的组织协调、管理和落实作用，保证了项目任务顺利实施。主要负责陕西省小麦白粉病发生流行规律，白粉菌群体毒性结构和遗传多样性，新育成品种（系）抗白粉病鉴定和评价，小麦白粉菌对三唑酮的抗药性监测，生物源农药的开发，小麦白粉病自动监测预警器的开发以及白粉病综合防治技术的示范和推广。
陕西省植物保护工作总站	2	在成果的推广和应用过程中发挥了重要的组织协调和落实作用。制定小麦白粉病综合防控技术试验示范方案，在陕西省主要麦区建立小麦白粉病综合防治示范区，并开展技术示范、培训及推广工作，确保了项目的顺利实施。
中国农业科学院植物保护研究所	3	主要开展了我国小麦白粉菌群体毒性结构监测，对温度的敏感性和越冬区划研究，抗药性监测，小麦抗白粉病基因推导，农家品种抗白粉病基因的鉴定和定位以及小麦白粉病流行预测模型的构建等研发工作。
全国农业技术推广服务中心	4	主要开展了小麦白粉病发生规律研究，小麦白粉病综合防控技术研究与示范。
宝鸡市农业技术推广服务中心	5	在宝鸡市建立了小麦白粉病综合防治示范区，开展白粉病防控关键技术示范、培训及推广工作。
西安黄氏生物工程有限公司	6	主要开展了小麦白粉病自动监测预报器的研发、试验示范和推广工作。
咸阳市植物检疫站	7	在咸阳市建立了小麦白粉病综合防治示范区，开展白粉病防控关键技术示范、培训及推广工作。

九、完成人合作关系情况

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	共同立项	王保通/1 胡小平/3 周益林/4 李 强/5	2007	2022	立项题目：小麦白粉病菌和赤霉病菌的群体遗传结构及其时空动态
2	共同立项	王保通/1	2012	2022	立项题目：小麦主

		胡小平/3 李 强/5			要病虫害综合防治 技术研究
3	共同知识 产权	王保通/1 胡小平/3 周益林/4 李 强/5 刘万才/6 黄卫利/7	2007	2022	论文、标准、专利、 软件、设备
4	共同研究 与应用	张战利/2 白应文/8 贾育恒/9 贺亚红/10 王国军/11	2007	2022	示范推广

完成人合作关系说明（限 1000 字）

王保通负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。张战利、胡小平、周益林、李强、刘万才、黄卫利、白应文、贾育恒、贺亚红和王国军以分工合作的方式开展基础理论研究、技术研发、试验示范及推广应用工作。

王保通与周益林、胡小平、李强通过合作立项，围绕小麦白粉菌的发生流行与越冬规律、白粉菌毒性结构和遗传多样性、病害预测预报、抗病资源的筛选、绿色防控药剂和关键防控技术的开发等开展了合作研究，并开展了小麦白粉病综合防控技术的示范应用和技术推广工作。

王保通与张战利、刘万才、白应文、贾育恒、贺亚红、王国军合作开展了小麦白粉病发生流行情况调查、防治技术研究，并在陕西不同麦区开展了小麦白粉病防控关键技术的试验示范及技术推广工作。

胡小平、周益林与黄卫利合作开发了小麦白粉病自动监测预报器，并参与了该产品的试验示范和推广工作。

项目三十五

一、项目名称：优质高产广适应油菜新品种陕油 803 和陕油 1732 的选育及利用

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：该项目针对我国油菜产能不足，传统育种过度依赖育种者的经验，油菜杂种优势预测及优势群划分研究薄弱等关键问题，项目组 30 多年来通过多种渠道从国内外引进 574 份油菜资源，通过田间表型、室内品质检测及分子标记辅助选择等技术，筛选或创制出骨干优异资源 55 份。成功研发出一种快速鉴定油菜细胞质类型的一步多重 PCR 方法，只需 3-4 周时间，可以准确鉴定出油菜中几种常见的细胞质类型。研究提出了产量特殊配合力法和杨氏简法为划分油菜杂种优势群的最优方法，中国南方及北方油菜材料形成了不同的杂种优势群，国外春性及冬性油菜在我国半冬性油菜育种中具有利用价值，特别是春性油菜在高含油量育种中应予以重视；采用具有北方血缘的恢复系与具有南方血缘的细胞质雄性不育系，选育出高产、优质、广适的油菜新品种陕油 803 和陕油 1732。到 2023 年，这两个品种在陕西、甘肃、安徽、湖北、湖南、江西等省区累计推广 492 万亩，累计增产优质油菜籽 5349.09 万 kg，新增产值 29954.92 万元，新增纯收益 26060.78 万元，取得了较大的社会经济效益。项目实施期间，完成验收科技项目 7 项；获国家发明专利授权 1 项，发表科研论文 21 篇，其中 11 篇 SCI 论文，培养博、硕士研究生 5 人，和本科生 5 人。

成果资料齐全，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科技进步奖提名条件。

提名该项目为**陕西省科技进步奖二等奖**。

三、项目简介：

油菜是我国最重要的油料作物，是人类食用植物油的重要来源，也是动物饲料中蛋白质的重要来源。该项目针对我国油菜产能不足，传统育种过度依赖育种者的经验，油菜杂种优势预测及优势群划分研究薄弱等关键问题，项目组 30 多年来通过多种渠道从国内外引进 574 份油菜资源，通过田间表型，室内品质检测及分子标记辅助选择等技术，筛选或创制出骨干优异资源 55 份。成功研发出一种快速鉴定油菜细胞质类型的一步多重 PCR 方法，只需 3-4 周时间，可以准确可靠鉴定出 Nap、Po1 CMS /Shaan 2A、Cam 和 Ogu CMS 等几种常见的油菜细胞质类

型。研究提出了产量特殊配合力法和杨氏简法为划分油菜杂种优势群的最优方法，中国南方及北方油菜材料形成了不同的杂种优势群，国外春性及冬性油菜在我国半冬性油菜育种中具有利用价值，特别是春性油菜在高含油量育种中应予以重视；采用具有北方血缘的恢复系与具有南方血缘的细胞质雄性不育系，选育出高产、优质、广适的油菜新品种陕油 803 和陕油 1732。陕油 803 于 2012 年通过了国家农作物品种审定委员会审定，2022 年在湖北、江西扩区登记，2023 年在湖南扩区登记。陕油 1732 于 2020 年在陕西关中、陕南灌区、山西运城、甘肃陇南秋播区登记，2022 年在江苏及安徽淮河以南、浙江、上海冬油菜区扩区登记。这两个品种具有以下优点：1、产量优势明显。陕油 803 在我国黄淮区及长江中游区试验中，共计 64 点试验点，57 点增产，比对照增产 5.14%。陕油 1732 在陕西关中、陕南、山西运城、甘肃陇南及长江下游区试验中，共计 49 点试验点，32 点增产，比对照增产 4.05%。2、品质优良。陕油 803 含油量 41.32%，芥酸含量 0.05%，硫甙含量 24.22 微摩尔/克。陕油 1732 含油量 41.18%，芥酸含量 0.025%，硫甙含量 24.05 微摩尔/克。达到了国际双低标准。3、抗（耐）病性强。陕油 803 菌核病发病率 7.48%，病圃诱发鉴定为低感。陕油 1732 菌核病田间发病率 11.52%，病圃诱发鉴定为低感。4、适应性广。陕油 803 登记区域为我国黄淮区及长江中游区。陕油 1732 登记区域为陕西关中、陕南、山西运城、甘肃陇南及长江下游区。陕油 803 抗寒、早熟，落黄好。陕油 1732 抗倒性强。到 2023 年，这两个品种在陕西、甘肃、安徽、湖北、湖南、江西等省区累计推广 492 万亩，累计增产优质油菜籽 5349.09 万 kg，新增产值 29954.92 万元，新增纯收益 26060.78 万元，取得了较大的社会经济效益。

项目实施期间，完成验收科技项目 7 项；获国家发明专利授权 1 项，发表科研论文 21 篇，其中 11 篇 SCI 论文，培养博、硕士研究生 5 人，本科生 5 人。

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. 品种审定（登记）意见

“陕油 803”于 2012 年通过国家农作物品种审定委员会审定；2022 年在湖北、江西扩区登记；2023 年在湖南扩区登记。适宜在黄淮区冬油菜区（江苏和安徽两省淮河以北、河南、陕西关中、山西运城和甘肃陇南）和长江中游冬油菜区（湖北、江西和湖南）秋季种植。

“陕油 1732”于 2020 年在陕西关中、陕南灌区、山西运城、甘肃陇南秋播区登记；2022 年在江苏和安徽两省淮河以南、浙江、上海冬油菜区扩区登记。适宜在陕西关中、陕南灌区、山西运城、甘肃陇南、江苏和安徽两省淮河以南、浙江、上海秋季种植。

2、国家相关部门检测报告

2.1 品质检测报告

“陕油 803”品质检测结果

农业部油料及制品质量监督检测中心品质检测结果，黄淮区芥酸含量 0.05%，硫甙含量 24.22 $\mu\text{mol/g}$ (饼)，含油量为 41.32%。

“陕油 1732”品质检测结果

农业部油料及制品质量监督检测中心品质检测结果，黄淮区芥酸含量 0.05%，硫甙含量 27.94 $\mu\text{mol/g}$ (饼)，含油量 41.41%。长江下游区芥酸含量 0.08%，硫甙含量 22.17 $\mu\text{mol/g}$ (饼)，含油量 43.67%。陕西省杂交油菜研究中心品质检测结果，陕西关中区芥酸含量 0.0%，硫甙含量 26.2 $\mu\text{mol/g}$ (饼)，含油量 40.95%。陕南灌区芥酸含量 0.0%，硫甙含量 19.35 $\mu\text{mol/g}$ (饼)，含油量 42.46%。

2.2 抗病性鉴定报告

“陕油 803”抗病性鉴定结果

2010-2012 年，经国家黄淮区试及中国农科院油料作物研究所接种鉴定，两年平均菌核病发病率 7.48%，病指为 4.93；病毒病发病率为 0.29%，病指为 1.40。菌核病病圃鉴定结果为低感。

“陕油 1732”抗病性鉴定结果

国家区试及中国农科院油料作物研究所接种抗病性鉴定：2017-2018 年，黄淮区菌核病田间发病率 17.23%，病情指数 14.15，病圃诱发鉴定结果为低感。2019-2021 年，长下区菌核病田间发病率 17.58%，病情指数 9.36，病圃诱发鉴定为低感。病毒病田间发病率 0%，病情指数 0。

陕西省联合区试及西北农林科技大学植物保护学院鉴定：2018-2019 年，陕西关中区菌核病田间发病率 5.81%，病圃诱发鉴定为中抗。2017-2019 年，陕南灌区菌核病田间发病率 1.92%，病圃诱发鉴定为低抗。

3、发表文章被引用情况

本研究的理论成果（论文）受到国内外的广泛关注，其中附件所列的 6 篇文章（附件 5~10），被引用 140 次。其中；附件 6 “Genetic distances revealed by

morphological characters, isozymes, proteins and RAPD markers and their relationships with hybrid performance in oilseed rape (*Brassica napus* L.)”被引用 72 次；附件 8 “Relationship between genetic distance, combining ability and heterosis in rapeseed(*Brassica napus* L.)”被引用 37 次；附件 5 “Identification of cytoplasm types in rapeseed (*Brassica napus* L.) accessions by a multiplex PCR assay” 被引用 17 次。

4、科技查新结论

通过对相关文献的阅读、分析和比较，结论如下：

1. 细胞质雄性不育已被广泛用作油菜杂交生产中有效的授粉控制系统。油菜细胞质类型的精准鉴定是最为基础和核心的工作。有关细胞质类型的研究已有文献报告[57, 61-65]，主要是通过普通遗传学方法、线粒体特异性标记等。但利用基于细胞质雄性不育基因的特异序列开发一步多重 PCR 技术方法，并用于快速鉴定油菜细胞质类型，除项目组文献报道外[1-2, 56, 58-60]，未见其他国内外相关报道。

2. 油菜具有明显的杂种优势，杂交油菜育种的关键是选育高产、优质的杂交组合，亲本材料选育及其配合力分析是杂交组合选育的基础，亲本材料遗传多样性、配合力和遗传力大小、以及杂种优势群划分是评价和配制强优势杂交组合的重要依据。关于利用油菜遗传多样性、配合力和杂种优势分析等方法选育杂交油菜品种的相关报道很多[5-45, 69, 74-76, 78-81]。但综合利用“遗传多样性 + 分子标记 + 产量特殊配合力法和杨氏简法杂种优势群划分方法”提出一种快速选育强优势油菜杂交种的技术，特别强调国外春性及冬性油菜在我国半冬性油菜育种中的利用价值，尤其是春性油菜在高含油量育种中的利用潜力除项目组文献外[3-4, 66-68, 70-73]，未见其他文献报道。

3. 油菜是我国乃至世界的主要油料作物，关于优质高产广适应油菜品种选育研究已有较多文献报道，如宜油 42、汉油 16、巡油 919、南油 658、川早油 1 号、德天 158、渝南油 683、华油杂 13 号、浙油 50 等[47-55]，但提出将中国南方和北方油菜材料划分为不同的杂种优势群，并采用具有北方血缘的恢复系与具有南方血缘的细胞质雄性不育系，选育出优质、高产、广适应的油菜新品种陕油 803 和陕油 1732，除项目组文献外[46, 66-68, 77]，未见其他文献报道。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

1. 应用情况

“陕油 803”“陕油 1732”通过国家审定或登记后，在陕西汉中、安康、关

中、商洛、甘肃、河南、山西、湖南、湖北、江西、上海、安徽、江苏、浙江等省适宜区域进行分点、分片种植，示范推广。“**陕油 803**”在黄淮区推广面积 132 万亩，平均亩产 224.56Kg, 对照亩产 208.64kg, 增产 7.63%，累计增产 2101.35 万 Kg, 新增产值 11767.54 万元，新增纯收益 10237.76 万元。“**陕油 803**”在长江中游区推广面积 145 万亩，平均亩产 213.47Kg, 对照亩产 204.28kg, 增产 4.50%，累计增产 1332.91 万 Kg, 新增产值 7464.30 万元，新增纯收益 6493.94 万元。

“**陕油 1732**”在黄淮区推广面积 45 万亩，平均亩产 267.77Kg, 对照亩产 250.02 kg, 增产 7.10%，累计增产 798.81 万 Kg, 新增产值 4473.33 万元，新增纯收益 3891.80 万元。“**陕油 1732**”在长江下游区推广面积 170.00 万亩，平均亩产 205.50 Kg, 对照亩产 198.94kg, 增产 3.30%，累计增产 1116.03 万 Kg, 新增产值 6249.75 万元，新增纯收益 5437.28 万元。

2021 年-2023 年“**陕油 803**”“**陕油 1732**”累计有效推广种植面积 492 万亩，累计增产 5349.09 万 Kg, 新增产值 29954.92 万元，新增纯收益 26060.78 万元，取得了较大的社会经济效益。使企业增效，农民增收，加大了西北农林科技大学选育的油菜品种在陕西和国家三大油菜主产区的覆盖面积，提升了我校的影响力，对陕西油菜乃至我国油菜产业发展意义重大。

2.经济效益和社会效益

2.1 经济效益

“**陕油 803**”，2012 年通过国家农作物品种审定委员会审定；2022 年在湖北、江西扩区登记；2023 年在湖南扩区登记。适宜在黄淮区冬油菜区江苏和安徽两省淮河以北、河南、陕西关中、山西运城、甘肃陇南、长江中游湖北、江西、湖南冬油菜区秋季种植。2021 年-2023 年在陕西关中、商洛、甘肃陇南、河南、山西运城、湖南、湖北、江西等省适宜区域进行分点、分片种植，示范推广。“**陕油 1732**”于 2020 年在陕西关中、陕南灌区、山西运城、甘肃陇南秋播区登记；2022 年在江苏和安徽两省淮河以南、浙江、上海冬油菜区扩区登记。2021 年-2023 年在陕西汉中、安康、关中、商洛、甘肃陇南、河南、山西运城、上海、安徽、江苏、浙江等省适宜区域进行分点、分片种植，示范推广。3 年来两个品种累计有效推广种植面积 492 万亩，新增总产量 5349.09 万 Kg, 新增总产值 29954.92 万元，新增纯收益 26060.78 万元。

所列经济效益的有关说明及计算依据：四川省农科院《农业科技工作的经济评价方法》一书进行计算分析。

新增总产值=单位面积新增产量×累计有效使用面积×油菜平均价格

新增总纯收益=新增总产值-（推广费+新增生产费）

2.2 社会效益

“陕油 803”“陕油 1732”油菜新品种在适宜地区推广，对农业产业结构的调整，解决我国居民食用油自给具有重要意义，加速了油菜新品种更新换代，提升了油菜产业的整体技术水平和效益，推动了油菜产业发展。低芥酸菜籽油可满足人民生活水平需要，低硫饼粕可作为饲料工业的高蛋白原料，用于发展畜牧业，增加利税及收益率，提高了油菜籽的商品转化率及资源的综合利用率。

从区域经济发展的角度来看，项目实施，不但为地方政府提供良好的税收，而且还有利于杨凌示范区种子产业的发展壮大，使杨凌示范区能在较短的时间内形成西北乃至全国的种子产业中心，同时也扩大了西北农林科技大学科学研究的影响力。从技术进步角度来看，项目的实施不仅将科技成果迅速转化为生产力，提高了科技成果对经济发展的贡献率，而且还将会产生强大的技术外溢效应。可以提高项目实施地区农民的耕作水平，市场意识和科学管理水平，使重视农业科技的观念深入人心。

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	其他	陕油 803	中国	无	2012.12.24	国 审 油 2012011(农 业部国家农 作物品种审 定委员会)	西北农 林科技 大学	西北农 林科技 大学
2	其他	陕油 803	中国	无	2019.6.13	GPD 油 菜 (2019)6100 95 (中华人 民共和国农 业农村部)	西北农 林科技 大学	胡胜武、 赵惠贤、 庞红喜、 于澄宇、 郭媛、田 洪云、信 晓阳
3	其他	陕油 1732	中国	无	2020.11.12	GPD 油 菜 (2020)6102 54(中华人 民共和国农 业农村部)	西北农 林科技 大学	胡胜武、 白金全、 郭媛、孙 健、陈明 训、张东 锁、孙妍 妍
4	发明专利	建立油菜细胞质类型特异 PCR 标记以及快速鉴定油菜细胞质类型的方法	中国	CN1016 08198A	2012.5.23	ZL2009100 22297.0	西北农 林科技 大学	胡胜武， 赵惠贤， 李占杰
5	论文	Identification of cytoplasm types in rapeseed (<i>Brassica</i>	德国	无	2010	Theor Appl Genet. 121,643-650	西北农 林科技 大学	Zhao HX (赵 惠贤)， Li ZJ (李占

		<i>napus</i> L.) accessions by a multiplex PCR assay						杰), Hu SW (胡 胜武), Sun GL, Chang JJ (常建 军), Zhang ZH (张 泽华)
6	论文	Genetic distances revealed by morphologic al characters, isozymes, proteins and RAPD markers and their relationships with hybrid performance in oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.)	德国	无	2005	Theor Appl Genet, 110: 511-518	西北农 林科技 大学	Yu CY (于澄 宇), Hu SW (胡 胜武), Zhao HX (赵 惠贤), Guo AG (郭蔼 光), Sun GL
7	论文	Heterosis and combining ability analysis in Chinese semi-winter	荷兰	无	2018	Euphytica, 214:134	西北农 林科技 大学	Channa SA, Tian HY (田 洪云), Moham med MI, Zhang

		× exotic accessions of rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)						RJ, Faisal S, Guo Y (郭媛), Klima M, Stamm M, Hu SW (胡 胜武)
8	论文	Relationship between genetic distance, combining ability and heterosis in rapeseed(<i>Bra ssica napus</i> L.)	荷兰	无	2017	Euphytica, 213:1	西北农 林科技 大学	Tian HY (田洪 云) , Channa SA, Hu SW (胡 胜武)
9	论文	Heterotic grouping and the heterotic pattern among Chinese rapeseed accessions (<i>Brassica napus</i> L.)	美国	无	2015	Agronomy Journal. 107(4):1321 -1330	西北农 林科技 大学	Tian HY (田洪 云) , Channa SA, Hu SW (胡 胜武)
10	论文	Genetic diversity of rapeseed accessions	美国	无	2012	Crop Science. 52:201-210	西北农 林科技 大学	Li W, Jiang W, Zhao ZX (赵

		from different geographic locations revealed by expressed sequence tag-simple repeat and random amplified polymorphic DNA markers						惠贤), Vyvadilo va M, Stamm MJ, Hu SW (胡 胜武)
--	--	--	--	--	--	--	--	--

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
胡胜武	1	教授	西北农林科技大学	项目总体设计、课题立项、项目实施、品种选育、审定及示范推广, 论文撰写及专利申请等。对应创新点 1、2、3, 附件 1-10。
赵惠贤	2	教授	西北农林科技大学	参与项目总体设计、课题立项、项目实施, 品种选育、论文撰写及专利申请等。对应创新点 1、2、3, 附件 1、2、4、5、10。
张登辉	3	农艺师	西北农林科技大学	负责“陕油 803”“陕油 1732”示范及推广工作。对应创新点 3, 附件“陕油 803 及陕油 1732 应用证明”(杨凌金诺种业有限公司)。
于澄宇	4	副教授	西北农林科技大学	参与“陕油 803”选育及油菜杂种优势机理研究。对应创新点 2、3, 附件 1、2、6。
田洪云	5	讲师	安康学院/西北农林科技大学	参与“陕油 803”选育, 主要完成油菜杂种优势机理及杂种优势群划分研究。

				对应创新点 2、3，附件 1、2、7、8、9。
孙健	6	工程师	吉林省农业科学院 /陕西凌渭生态农业 发展有限公司	参加油菜品种“陕油 1732”选育及示范推广工作。对应创新点 3，附件 3。
庞红喜	7	副教授	西北农林科技大学	参与“陕油 803”示范工作。对应创新点 3，附件 1、2。
李铁锁	8	农艺师	商州区江山景区建 设管理委员会	策划推动油菜品种“陕油 803”在商洛市的示范推广。对应创新点 3，附件陕油 803、陕油 1732 应用证明（商洛市农业技术推广站）。
白金全	9	工程师	陕西凌渭生态农业 发展有限公司	参与油菜品种“陕油 1732”示范推广。对应创新点 3，附件 3

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	在本项研究中，提供主要研究人员工资，试验地、实验室平台，积极帮助科研立项，组织申报品种及专利申请等，在人力、物力和财力等方面给予大力支持。
陕西凌渭生态农业发展有限公司	2	在本项研究中，提供部分科研资金，参加油菜品种“陕油 1732”示范推广工作。
商州区江山景区建设管理委员会	3	在本项研究中，承担油菜品种“陕油 803”在商洛市的示范推广。

九、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	证明材料
1	共同知 识产权	胡胜武/1, 赵惠贤/2, 庞红喜/7, 于澄宇/4, 田洪云/5	1997 年	2012 年	植物新品种 (陕油 803)	附件 1: 陕油 803 国家审定证书; 附件 2: 陕油 803 国家登记证书
2	共同知	胡胜武/1,	2017 年	2022 年	植物新品种	附件 3: 陕油

	识产权	白金全/9, 孙健/6			(陕油 1732)	1732 国家登记 证书
3	共同专 利	胡胜武 /1, 赵惠 贤/2	1998 年	2012 年	专利(建立油菜 细胞质类型特异 PCR 标记以及快 速鉴定油菜细胞 质类型的方法)	附 件 4 : ZL200910022297.0
4	论文合 著	赵惠贤 /2, 胡胜 武/1	1998 年	2010 年	Identification of cytoplasm types in rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.) accessions by a multiplex PCR assay.	附件 5 ; Theor Appl Genet. 2010,121,643-650
5	论文合 著	于澄宇 /4, 胡胜 武/1, 赵 惠贤/2	2000 年	2005 年	Genetic distances revealed by morphological characters, isozymes, proteins and RAPD markers and their relationships with hybrid performance in oilseed rape (<i>Brassica napus</i> L.)	附件 6 : Theor Appl Genet,2005, 110: 511-518
6	论文合	田洪云	2008 年	2015 年	Heterosis and	附件 7: Euphytica,

	著	/5, 胡胜武/1			combining ability analysis in Chinese semi-winter × exotic accessions of rapeseed (<i>Brassica napus</i> L.)	2018, 214: 134
7	论文合著	田洪云/5, 胡胜武/1	2008年	2015年	Relationship between genetic distance, combining ability and heterosis in rapeseed(<i>Brassica napus</i> L.)	附件 8: Euphytica, 2017, 213: 1
8	论文合著	田洪云/5, 胡胜武/1	2008年	2015年	Heterotic grouping and the heterotic pattern among Chinese rapeseed accessions (<i>Brassica napus</i> L.)	附件 9: Agronomy J, 2015, 107(4):1321-1330
9	论文合著	赵惠贤/2, 胡胜武/1	2008年	2012年	Genetic diversity of rapeseed accessions from different geographic locations revealed	附件 10 : Crop Science, 2012, 52: 201-210

					by EST-SSR and RAPD markers	
10	产业合作	胡胜武/1, 张登辉/3、李铁锁/8	2012年	2023年	陕油 803、陕油 1732 推广证明	附件：陕油 803、陕油 1732 应用证明（杨凌金诺种业有限公司）；陕油 803、陕油 1732 应用证明（商洛市农技推广站）

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目 1997 年开始实施，2010 年育成“陕油 803”，2018 年育成“陕油 1732”。1997 年-2004 年，主要开展油菜品种资源收集、评价及鉴定，亲本改良，不育系、保持系和恢复系的选育工作。2004 年-2010 年，主要开展强优势杂交组合的筛选及多年多点鉴定。2010 年-2023 年，主要开展品种参试、审定/登记、亲本提纯及杂交种生产、高产栽培技术研究、品种示范及推广工作，同时开展雄性不育机理、杂种优势群划分、杂种优势预测等重要基础研究。项目完成人在品种选育、栽培、示范推广及基础研究方面各有侧重，合作开展各项工作，在项目执行的各个时期参加了相应的工作。

胡胜武是项目主持人，全面负责、协调统筹。赵惠贤、于澄宇、庞红喜、田洪云等在 1997 年-2023 年不同时间段加入本项目执行和品种选育、审定或登记工作。品种育成之后，开展雄性不育机理、杂种优势群划分、杂种优势预测等重要基础研究。合作方式为共同立项、共同知识产权、论文合著。合作成果是“陕油 803”和“陕油 1732”油菜新品种选育、研究论文、发明专利等。证明材料为品种审定证书、专利证书、研究论文等。张登辉、孙健、李铁锁、白金全从 2012 年-2023 年不同时期，从事“陕油 803”和“陕油 1732”示范推广、种子生产、品种布局和推广宣传等工作，合作方式为产业合作及其他。合作成果是陕油 803、陕油 1732 的推广应用和社会贡献。全体完成人责任分工明确，相互协作，保障了项目的顺利进行。

承诺：本人作为项目第一完成人，对项目合作人合作关系以及上述内容的真实性负责，特此声明。

项目三十六

一、项目名称：优质抗赤霉病小麦新品种西农 511 的选育与应用

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：黄淮麦区是我国重要的小麦生产区，但近十年来，冬春气温、湿度变化剧烈，多种病害如条锈病、赤霉病常发、重发，倒春寒、干热风等频发，急需高产、抗病、抗逆、优质的小麦新品种。西农 511 于 2018 年 5 月通过国家审定后，在陕西、河南、安徽、江苏等省大面积推广，累计推广 2879.0 万亩，受到农民和粮食收购企业的欢迎。这说明该品种具备了高产、优质、抗逆、抗性好和稳产等综合优良性状，满足了市场需求。从育种技术和经验来看，该品种实现了在充分挖掘基因资源的基础上，通过优质、抗病、高产性状的累加，把优质、抗病、抗逆、高产等育种目标性状有效聚合的目标。期间结合现代分子、生化标记技术，构建了早代多性状综合鉴定的后代选择体系，为优质强筋抗逆抗病高产小麦新品种选育奠定了基础和范例。提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

小麦是我国的主要口粮作物之一，其产量和品质的提高关系到国家的粮食安全和人民生活水平的提升。黄淮麦区是我国重要的小麦生产区，但近十年来，冬春气温、湿度变化剧烈，多种病害如条锈病、赤霉病常发、重发，倒春寒、干热风等频发，急需高产、抗逆、抗病、优质的小麦新品种。项目组围绕高产、优质强筋、多抗小麦新品种的重大需求，通过构建早代多性状综合鉴定的后代选择体系与精准高效的抗病、优质、高产性状的遗传累加和聚合技术，把优质强筋、抗逆、抗病高产等育种目标性状有效聚合，培育出适宜黄淮麦区种植的优质强筋、抗病高产的小麦新品种西农 511。

西农 511 冬性，中熟。幼苗匍匐，生长旺盛，冬季抗寒性好。分蘖力强，成穗率高。耐倒春寒能力好，适应性强。穗纺锤形，长芒，白粒，角质。株型较紧凑，茎秆粗壮弹性好，抗倒伏能力强。根系活力强，耐后期高温，抗干热风，成熟落黄好。综合抗病性强：在黄淮南片麦区叶锈病和纹枯病田间自然发病较轻，黄花叶病毒病抗性较好，高抗条锈病，尤其是赤霉病田间自然发病较轻。2017 和 2018 年农业部小麦联合攻关在河南南阳鉴定赤霉病抗性达到中抗。主要品质指标达到强筋标准且稳定性好。

在研究西农 511 优质强筋多抗的栽培生理基础上,制订了西农 511 标准化优质高产栽培技术规程,实现了新品种良种良法配套。通过“高校+种子企业+合作社+加工企业”的优质小麦产业化推广模式,加快了品种的应用与推广。西农 511 通过国家审定后,在陕西、河南、安徽、江苏等省大面积推广,累计推广 2879.0 万亩,累计新增产量 71975.0 万公斤, 累计新增社会效益 118902.70 万元。项目对行业科技进步的促进作用十分显著。

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. 检测、鉴定报告及公告

1.1 农业农村部品种审定公告(第 18 号): 西农 511 半冬性,茎秆弹性好,抗倒伏。品质优良,达到强筋小麦标准。综合抗病性好,抗条锈病。

1.2 国家品质检测报告:籽粒容重 815 克/升、820 克/升,蛋白质含量 14.00%、14.68%,湿面筋含量 28.2%、32.2%,稳定时间 11.2 分钟、13.6 分钟。2017 年主要品质指标达到强筋小麦标准。

1.3 国家抗病性鉴定报告:中抗条锈病,中感叶锈病、纹枯病,高感白粉病、赤霉病。

1.4 农业农村部推介主导品种公告:2022 年、2023 年和 2024 年(连续三年)为农业农村部发布粮油生产主导品种;2022 年全国小麦十大品种之第五名;

1.5 西农 511 在 2023 年入选农业农村部首次发布的《国家农作物优良品种推广目录》;

2. 科技评价

2.1 2018 年 5 月,农业部在河北石家庄发布国家小麦联合攻关组研发、选拔出第一批绿色抗赤霉病品种,例如,适宜黄淮麦区种植的西农 511、徐农 029、紫麦 19、郑麦 9023、濮兴 8 号、宛麦 202、瑞华麦 520、徐麦 31、西农 3517 九个品种,以及适宜长江中下游麦区种植的宁麦 26 等品种。

2.2 学术论文中的评价:刘新伦等(2017)通过赤霉病菌(*Fusarium graminearum*)人工接种鉴定,西农 509、西农 529 和西农 511 的赤霉病抗性与中抗对照品种扬麦 158 的抗性水平相当,表现为中抗。

2.3 西农 511 具有耐盐碱特性，在 2023 年入选农业农村部发布的首批 711 份耐盐碱优异作物种质资源名单；

2.4 西农 511 品质优良，在 2019 年“首届黄淮麦区优质强筋小麦品种质量鉴评会”评定为面包、面条、馒头优质强筋小麦品种；

3. 社会评价

3.1 人民网（2018 年 5 月 17 日）：抗寒性大幅改善 陕西小麦新品种“西农 511”通过国审；

3.2 中国农科新闻网（2023 年 9 月 27 日）：入列国家方阵！“西农 511”小麦品种推广面积全国第五；

3.3 农民日报（2018 年 5 月 29 日）：西农 511：综合抗性好。

3.4 陕西省 2022 年全省秋播小麦油菜品种布局：关中灌区高产区，以西农 511、伟隆 169、西农 3517 为主栽品种；搭配种植西农 20、西农 805、西农 889、陕垦 6 号、西农 938、西农 857、致胜 5 号、西麦 158。

3.5 陕西省关于 2023 年全省秋播小麦油菜品种布局：关中灌区高产区，以西农 511、伟隆 169、西农 3517 为主栽品种；搭配种植西农 805、西农 857。

3.6 河南省关于 2021 年小麦品种布局：中南部麦区包括郑州、许昌、漯河、驻马店、平顶山及南阳中北部水浇地，早中茬以百农 207、百农 4199、郑麦 379、周麦 36 号、西农 511、郑麦 1860、西农 979、周麦 27 号、郑麦 7698、周麦 22 号、丰德存麦 5 号、百农 AK58、郑麦 583、中麦 895、囤麦 127、郑麦 0943、中麦 578、泛麦 8 号、平安 11 号、郑麦 369 为主。

3.7 河南省关于 2022 年小麦品种布局：中南部麦区早中茬以郑麦 379、百农 4199、郑麦 1860、周麦 36 号、西农 511、郑麦 7698、西农 979、周麦 27 号、百农 207、周麦 22 号、丰德存麦 5 号、郑麦 136、百农 AK58、郑麦 583、囤麦 127、郑麦 0943、中麦 578、泛麦 8 号、平安 11 号、郑麦 369 为主。

3.8 河南省关于 2023 年小麦品种布局：北部麦区早中茬以百农 207、郑麦 1860、百农 4199、周麦 36 号、郑麦 136、新麦 26、郑麦 379、周麦 27 号、平安 11 号、中麦 578、西农 511、丰德存麦 5 号、丰德存麦 20 号、百农 AK58、囤麦 127、冠麦 2 号、泛麦 8 号、百农 307、洛麦 26、郑麦 22、滑育麦 1 号等品种为主。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

西农 511 通过审定后，在陕西、河南、安徽、江苏等省大面积推广，累计推广 2879.0 万亩，累计新增产量 71975.0 万公斤，累计新增社会经济效益 118902.70 万元。

西农 511 具有优质强筋、抗条锈病、落黄好等特点，育成后先后提供给国内多个育种单位作为亲本在育种中应用，已培育出西农 5813 省审品种，郑麦 2166 和 KT2021 两个新品系。项目对行业科技进步的促进作用十分显著。

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	植物新品种权	西农 511	中国	国审麦 20180040	2018 年 5 月 1 日	2018-1-0040	西北农林科技大学	西北农林科技大学
2	标准	小麦—西农 511	中国	T/YLNK14-2020	2020 年 10 月 20 日	T/YLNK14-2020	西北农林科技大学	吉万全，张荣琦，陈春环等
3	标准	西农 511 优质高产栽培技术规程	中国	T/YLNK15-2020	2020 年 10 月 20 日	T/YLNK15-2020	西北农林科技大学	吉万全，张荣琦，陈春环

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
吉万全	1	教授	西北农林科技大学	设计、组织、实施完成
赵继新	2	副研究员	西北农林科技大学	新品种的培育与示范推广
张荣琦	3	推广研究员	西北农林科技大学	新品种的培育
陈春环	4	高级农艺师	西北农林科技大学	新品种的培育与示范推广
王长有	5	副研究员	西北农林科技大学	新品种的培育
刘新伦	6	副研究员	西北农林科技大学	新品种的示范与推广
邓平川	7	副教授	西北农林科技大学	新品种的示范与推广
李停栋	8	教授	西北农林科技大学	新品种的示范与推广
安萌	9	农艺师	陕西省种子工作总站	新品种的推广
忽瑞	10	农艺师	陕西省种子工作总站	新品种的推广

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	1. 全面组织项目实施。主持开展项目立项、协调与管理工 作，为各项研发任务的顺利完成提供保障； 2. 创建作物育种平台，提升 育种效率，优化育种方法，选育出具有本单位自主知识产权的小麦新 品种“西农 511”； 3. 组织开展西农 511 品种的优质高产生理、逆 境生理研究，集成优质高效栽培技术； 4. 成果转化方面，负责制定 推广目标和方案，规划示范和推广区域，保障育种家种源。在黄淮麦 区建立二十五个示范园，组织地方农业部门和河南许科种业、陕西大 唐种业、徐州大华等多家单位共同建立大面积示范基地和繁殖基地， 共同宣传推广等。至 2023 年累计推广面积 2879.0 万亩，实现了成 果的快速转化和生产应用。

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	共同立项、共同知识产 权、共同制定标准、论 文合著以及产业合作	赵继新/2	2006-2023	西农 511 小麦新品种 育成和推广种植、研 究论文	品种审定证书、研究论文
2	共同立项、共同知识产 权、共同制定标准、论 文合著以及产业合作	张荣琦/3	2006-2023	西农 511 小麦新品种 育成和推广种植、研 究论文	品种审定证书、团体标准、 研究论文
3	共同立项、共同知识产 权、共同制定标准、论 文合著以及产业合作	陈春环 /4	2006-2023	西农 511 小麦新品种 育成和推广种植、研 究论文	品种审定证书、团体标准、 研究论文
4	共同立项、共同知识产 权、共同制定标准、论 文合著以及产业合作	王长有/5	2006-2023	西农 511 小麦新品种 育成和推广种植、研 究论文	品种审定证书、团体标准、 研究论文
5	共同立项、共同知识产	刘新伦/6	2006-2023	西农 511 小麦新品种 育成和推广种植、研	品种审定证书、团体标准、

	权、共同制定标准、论文合著以及产业合作			究论文	研究论文
6	共同立项、共同知识产权、共同制定标准、论文合著以及产业合作	邓平川/7	2020-2023	西农 511 小麦新品种育成和推广种植、研究论文	研究论文
7	共同立项、共同知识产权、共同制定标准、论文合著以及产业合作	李停栋/8	2021-2023	西农 511 小麦新品种育成和推广种植、研究论文	研究论文
8	产业合作与其他	安 萌/9	2020-2023	西农 511 小麦新品种推广种植	推广面积与社会贡献
9	品种推广与产业合作	忽 瑞/10	2020-2023	西农 511 小麦新品种推广种植	推广面积与社会贡献

完成人合作关系说明（限 1000 字）

本项目 2006 年开始实施,经过 5 年的杂交选育,于 2011 年育成。分别于 2012 年和 2015 年参加陕西省和国家小麦品种审定试验,2015 年和 2018 年分别通过陕西省和国家审定,定名西农 511;2015 年至 2023 年主要开展西农 511 的栽培技术研究,重要形状遗传研究以及种子生产、品种示范、提纯复壮和宣传推广工作。项目完成人在品种选育和推广方面各有侧重,合作开展各项工作,在项目运行的各个时期参加了相应的工作。吉万全是项目主持人,全面负责、协调统筹。赵继新、张荣琦、陈春环、王长有、刘新伦、邓平川、李停栋等在 2006 至 2021 年不同时间加入项目执行和品种选育示范与推广工作中。品种审定之后,持续开展品种改良和特性的遗传研究,兼顾品种的推广和生产应用等工作。合作方式为共同立项、共同知识产权、共同制定标准、论文合著以及产业合作,合作成果是西农 511 小麦新品种育成和推广种植、研究论文、发明专利等,证明材料为品种审定证书、团体标准、研究论文等。

安萌和忽瑞从 2020 年起在品种示范推广工作中,从事了品种适应性评价、栽培技术研究、种植技术示范、种子生产、品种布局和推广等工作。合作方式为产业合作及其他。合作成果是西农 511 的推广面积和社会贡献。

全体完成人责任分工,相互协作,保障了项目的顺利进行。

承诺: 本人作为项目第一完成人,对本项目完成人合作关系以及上述内容的真实性负责,特此声明。

项目三十七

一、项目名称：优质饲草丰产栽培及高效利用关键技术与示范

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：优质饲草供给能力是实现陕西省“陕北肉羊、渭北肉牛、关中奶畜”畜牧业发展的关键。然而，陕西省饲草供给的关键技术环节存在着良种缺乏、水肥利用效率低、栽培技术不够完善、饲草收获加工效率不高等问题。为进一步提升陕西省饲草供给的能力，西北农林科技大学联合陕西大唐种业股份有限公司组建了研发和推广团队，依托国家牧草产业技术体系榆林综合试验站、榆林国家草品种区域试验点、大唐种业杨凌育种研发中心等平台，在科技部“十二五”科技支撑课题（2011BAD17B05）和陕西省科技计划项目（2003K02-G16-03）等课题的资助下，选育了优质高产饲草新品种“杰斯顿”紫花苜蓿、“大唐 136”青贮玉米、“大唐 8”青贮玉米及巴青垂穗披碱草，整合形成了生态型饲草新品种的栽培技术方案并通过田间试验示范，显著提升了饲草收获和加工的理论 and 关键技术。该项目在大面积示范推广中显著提高了饲草产量及品质，提高了生产过程中水肥等资源的利用效率，降低了饲草在收获和加工等环节的损耗。社会、经济和生态效益明显，显著提升了优质饲草的供给能力，推动了黄土高原草畜产业的可持续发展。

提名该项目为科学技术进步奖二等奖。

三、项目简介：

陕西省优质饲草供给的关键技术环节存在着良种缺乏、栽培技术不够完善、饲草收获加工效率不高等问题。本项目针对上述重大理论问题和技术瓶颈，从选育优质高产饲草新品种入手，整合形成了基于资源高效利用的饲草栽培与加工技术体系并通过试验示范，达到了饲草资源高效利用的目的。主要创新性成果如下：

1.选育紫花苜蓿等饲草新品种 4 个，探明其适应干旱、盐碱和低温的分子机制

（1）在收集各类饲草种质资源 1500 份的基础上，创制了温室快速评价和研究的牧草专用培养钵 30000 个，利用 1200 m² 的全自动温室和 500 亩的试验考种基地，通过温室及田间的农艺性状评价，筛选出高产、高效青贮玉米育种材料 100 份，抗旱耐盐苜蓿材料 50 份，披碱草等种质材料 20 份，构建了温室评价—田间试验—生产示范的育种体系。

(2) 筛选出紫花苜蓿新材料 5 个, 其中“杰斯顿”紫花苜蓿品种 2020 年通过国家审定。筛选出青贮玉米新材料 10 个, 选育出适宜陕西种植的青贮玉米品种“大唐 136”和“大唐 8”, 具有干物质和淀粉含量高的特点, 符合养殖业对玉米品质“双 30”的要求, 选育巴青垂穗披碱草新品种产量高, 营养价值高, 适口性好, 抗逆性强, 适应性广等特点, 可在陕北和青藏高原 3000-4800 m 地区种植, 推广种植 4.5 万余亩。

(3) 明确了调控紫花苜蓿等牧草抗旱、抗寒、耐盐的关键基因, 揭示了 *MsZEP* 和 *MsDUF* 等基因调控饲草抗旱耐盐的分子机制, 解析了 *Aux-IAA* 转录因子在响应根的向水性方面的重要作用, 构建了巴青垂穗披碱草抗寒耐盐的应答模型, 为饲草育种工作提供了科学依据。

2. 创新紫花苜蓿等饲草高效栽培技术体系, 推广增产效益显著

(1) 针对陕北地区低温、干旱和春季风沙的环境条件, 创新了多年生饲草越冬及返青期的管护技术, 并从饲草、土壤和微生物三个方面揭示了管理措施调控饲草营养物质转运及利用的生物学机制。

(2) 在关中地区构建了以“豆禾间套作”为一体的饲草集约高效栽培模式, 充分利用雨热同季对玉米生产的有利条件, 春季收获 2 茬苜蓿后硬茬套种青贮玉米, 全年效益较传统小麦—玉米模式提高了 15% 以上, 有效助推了国家“粮改饲”政策的落地。

(3) 建立了青贮玉米/一年生豆科牧草间作模式, 调整毛苕子、箭筈豌豆、饲用大豆与禾本科牧草冠层结构, 调整叶倾角变化, 延长冠层绿期, 有效提升光合利用效率和补偿性生长优势, 增加系统生产力和土地利用率, 实现种地养地并行。

3. 创建饲草的收获与草产品加工新工艺, 确保饲草高效利用

(1) 针对陕北地区苜蓿收获过程中沙土等杂质多和传统干燥中叶片易脱落的困难, 应用牧草振筛机分离沙土, 牧草干燥机械快速干燥工艺, 显著提升了苜蓿草产品的质量, 其中特级和一级苜蓿干草成品率达 80%, 满足了奶牛养殖对高品质苜蓿的需求。

(2) 针对关中地区夏秋多雨影响苜蓿收获和干草调制的问题, 选择植株高度 60 cm 以上、7 d 以上的晴朗天气刈割, 年收获青干草 4-5 茬, 避免后期苜蓿收获受降雨的干扰, 产量提高 1 倍以上。

(3) 利用同位素示踪技术, 解析了饲草中水分氢氧同位素在加工过程中的动

态变化，为饲草加工提供了新依据。

4.创新饲草天然产物提取利用及健康养殖新理念

优化了菊苣等饲草天然产物提取工艺，发现了菊苣根和叶的提取物具有降脂活性、除草活性和抑虫活性；明确了不同品种胡枝子黄酮类化学成分，发现黄酮具有抗氧化能力，提高了饲草天然产物的提取效率。

发现了添加适量菊苣根水提物等饲草天然产物，能够提高家禽的生产性能和健康状况，为健康养殖提供了新思路和新途径。

项目实施期间以榆林、渭南和宝鸡为中心，辐射带动了良种和技术在全省的示范推广，取得良好的示范效果和辐射带动引领作用。近3年，累计推广青贮玉米100万亩，苜蓿50万亩，形成产值20.75亿元，形成效益2.455亿元。有力地促进了草畜产业的快速发展。

审定紫花苜蓿新品种1个，青贮玉米新品种2个，垂穗披碱草新品种1个，地方标准1项，认定成果1项，获国家授权发明专利8件，软件著作权4项，发表学术论文67篇，培养研究生81名。

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. 项目验收意见

陕西省科技厅2007年组织有关专家，对研究团队承担的陕西省科技攻关项目“优质高效草食畜牧业综合技术研究及产业化”（2002K01-G05-01）和“新引加拿大高效牧草区域试验与技术示范”（2003K02-G16-03）进行了验收。验收专家一致认为，项目组筛选出的高产紫花苜蓿品种在我省关中地区及我国同类地区生产效益较高，为我省发展草食畜牧业，推进草畜一体化提供了保障。

陕西省科技厅2013年4月组织有关专家，对研究团队承担的陕西省国际科技合作项目“接种根瘤菌提高苜蓿抗旱性研究及新种质示范（2010KW-20）”进行了验收。专家组一致认为，该项目以共生微生物提高饲草抗逆性为关键技术核心，通过筛选苜蓿高效共生的微生物菌株，阐明了根瘤菌调控宿主植物生理生化过程提高抗旱性的生物学机制，为实现微生物菌肥提高旱区苜蓿生产的潜力奠定了理论基础。

陕西省科技厅2011和2018年分别组织有关专家，对研究团队承担的两个陕西省国际科技合作项目“陕西沙区及黄土高原地区林草新品种选育与高效栽培技

术研究”(2009K01-19)和“苜蓿种质资源圃建立及优良品种示范推广”(2005KW-05)进行了验收。验收专家一致认为,该项目筛选的放牧者、三得利、中苜1号、全能四个苜蓿品种产量高、品质优,适宜在陕北和关中地区种植,推广潜力较高;对苜蓿种质资源进行收集、性状鉴定以及优异基因的挖掘,为发挥区域优势种质资源优势,培育牧草新品种奠定了基础。

科技部2016年9月组织有关专家,对研究团队承担的国家科技支撑计划课题“草业与草原可持续发展关键技术研究及示范”(2011BAD17B05)进行了验收。专家组一致认为,该项目着眼于农区半农区牧草生产和草畜转化中面临的关键技术问题,从优质牧草种植、加工调制和家畜高效利用等技术的创新、集成与示范着手,建立草畜优质高产高效耦合生产技术体系,优化草畜配置,提升草畜转化水平,促进了节粮型草食畜牧业的发展。

2. 品种审定意见及检测报告

经第七届全国草品种委员会审定“杰斯顿”紫花苜蓿(登记号585),该品种为引进品种。该品种突出优点:①根系发达,分枝多叶量丰富,品质好,干草产量12-15吨/公顷;②耐旱、抗寒性强;③适应性强,连续10年的区域生产试验表明,杰斯顿紫花苜蓿适宜在我国西北及华北地区种植,经农业农村部公告,该品种可以在适应区域推广应用,近5年已推广应用5000余亩,可作为优质饲草兼顾生态建设。

选育了适应黄土高原干旱环境和西藏高寒低氧环境的高产优质牧草是解决家畜缺草和生态环境建设的必由之路。研究团队选育了巴青垂穗披碱草,经西藏自治区第二届草品种审定委员会审定野生栽培品种。该品种突出优点:①产量高,营养价值高,适口性好;②抗逆性强;③适应性广,可在黄土高原大部份地区和青藏高原3000-4800m地区种植,近5年已在青藏高原推广种植5万余亩。

陕西省农作物品种审定委员会于2014年8月第四十七次会议审定通过了(陕审玉2014018号)“大唐136”青贮玉米品种。该品种以G10和G09为父母本,采用杂交育种方法选育,该品种适宜在陕南海拔900米以下的山区、平坝春播区种植,两年区试627.8kg。西北农林科技大学植物保护学院2020年秋季在杨凌示范区秦丰村大唐种业青贮玉米示范园和陕西省三原县安乐镇对“大唐136”等品种进行了抗病性的检测,结果显示,该品种对南方锈病和茎腐病等都具有较高的抗性。

陕西省农作物品种审定委员于 2019 年 7 月第五十二次会议审定通过了（陕审玉 2019060 号）“大唐 8”青贮玉米品种，适宜西安、宝鸡、咸阳、渭南、铜川和榆林等六地市青贮玉米区种植。两年区试干物质平均亩产 1536.85 公斤，鲜物质平均百产 4640.72 公斤。该品种以 T3105 和 D3109 为父母本，采用杂交育种方法选育，在关中地区夏播生产效益较高。淀粉含量 31.88%，中性洗涤纤维含量 38.79%，酸性洗涤纤维含量 16.35%，粗蛋白含量 8.69%；抗茎腐病、小斑病、弯孢叶斑病、瘤黑粉病，高抗南方锈病。

3. 科技查新结论

“优质饲草丰产栽培及高效利用关键技术研究示范”项目通过大田选育、室内控制研究和推广示范的方法，创建了高效精准的高产、抗旱、耐盐饲草新种质评价体系，筛选及培育了高产优质多抗青贮玉米新品种“大唐 136”、“大唐 220”和紫花苜蓿“杰斯顿”、“三得利”、“放牧者”、巴青垂穗披碱草等多个新品种。揭示了饲草高产、抗旱、耐盐的分子生物学机制，制订出高产优质生态型饲草新品种的标准化栽培技术规程，实现了水肥资源的高效利用；研究了基于同位素理论改善饲草收获加工效率的途径；通过“高校+企业”的推广模式，辐射带动了良种和技术在全省的广泛应用，加快了品种利用与推广。通过对相关文献的阅读、分析和比较，认为该查询项目：“优质饲草丰产栽培及高效利用关键技术研究示范”，除项目组报道的文献外，国内外未见相同中英文文献报道。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

在科技部“十二五”科技支撑计划、陕西省重点研发项目和陕西省农业协同创新与推广联盟推广项目等资助下，项目研究成果按照边研究边应用推广的思路，通过与企业、协会和农科院的合作，通过共同研究、技术培训、推广示范等方式将本项目研究成果向生产单位和个人进行了成功的推广应用。

(1) 选育出“杰斯顿”紫花苜蓿和“大唐 136”“大唐 8”青贮玉米新品种，创建了高效栽培技术体系。目前，本成果已在陕西盛春生态农业有限公司、杨凌金粟农业科技有限公司和榆林鑫兴态农贸有限公司等多家企业和科研院所进行推广应用。近三年，累计示范推广形成产值 20.75 亿元，形成效益 2.455 亿元。其中推广示范青贮玉米 100.00 万亩，增加鲜草供给 350.00 万吨，形成产值 12.25 亿元，新增效益 1.23 亿元；推广示范苜蓿 50.00 万亩，增加干草供给 40.00 万吨，形成产值 8.00 亿元，新增效益 1.20 亿元；技术培训 5500 余人

次，有效解决了黄土高原草食畜牧业发展中饲草良种缺乏、水肥利用效率低、栽培技术不够完善等问题，助推了陕西省“陕北肉羊、渭北肉牛、关中奶畜”产业规划。

(2) 巴青垂穗披碱草新品种用于黄土高原和青藏高原人工草地建植和天然草地改良，近5年在西藏推广示范4.50万亩，技术培训3000余人次，有效促进了黄土高原和青藏高原草食畜牧业健康发展及生态修复。

主要应用单位情况表					
序号	单位名称	应用技术	对象及规模	起止时间	联系人/电话
1	杨凌金粟农业科技有限公司	新品种及栽培加工技术	10万亩青贮玉米	2020-2022	郭金粟 15353676398
2	韩城市农创优品生态农业专业合作社	新品种及栽培加工技术	10万亩青贮玉米	2020-2022	阮成钢
3	陕西爱德生态农业有限公司	新品种及栽培加工技术	15万亩青贮玉米和10万亩苜蓿	2020-2022	姚瑶 13309138477
4	陕西盛春生态农业有限公司	新品种及栽培加工技术	15万亩青贮玉米和5万亩苜蓿	2020-2022	姚瑶 13488331128
5	陕西凌峰现代农业发展有限公司	新品种及栽培加工技术	10万亩青贮玉米	2020-2022	孙联锋 13759991568
6	陕西杨凌初心现代农业科技有限公司	新品种及栽培加工技术	5万亩苜蓿	2020-2022	李旭 18992056333
7	陕西起源农业科技有限责任公司	新品种及栽培加工技术	5万亩青贮玉米	2020-2022	阎岩 18829196008
8	府谷县鑫兴泰农贸有限公司	新品种及栽培加工技术	20万亩青贮玉米和20万亩苜蓿	2020-2022	王鑫 15719224222
9	府谷县哈拉寨农业开发有限	新品种及栽培加工技术	10万亩青贮玉米和5万	2020-2022	石磊 13259385915

	公司		亩苜蓿		
10	陕西聚福合创农业科技有 限公司	新品种及栽 培加工技术	5 万亩青贮 玉米和 5 万 亩苜蓿	2020- 2022	吴维钢
11	西藏百吉纳农 业开发有限公 司	新品种及栽 培技术	4.5 万亩 巴 青 垂穗披碱草	2017- 2021	赫振明 18880482331

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
1	植物 新品 种权	大唐 136 号	中国	陕审玉 2014018	2014.8	201901210 6	陕西大唐种 业股份有限 公司
2	植物 新品 种权	大唐 8 号	中国	陕审玉 20190060	2019.7	2019-58-0 091	陕西大唐种 业股份有限 公司
3	植物 新品 种权	杰斯顿紫花苜蓿	中国	品种登记 号 585	2020.12	品种登记 号 585	西北农林科 技大学、甘肃 亚盛田园牧 歌草业集团 有限责任公 司、北京正道 农业股份有 限公司、蓝德 雷（北京）贸 易有限公司
4	植物 新品 种权	巴青垂穗披碱草	中国	品种登记 号 XZCS001	2020.12	品种登记 号 XZCS001	西藏农牧学 院、西北农林 科技大学、中 国科学院地 理科学资源 研究所、西藏 自治区农业 农村厅
5	实用 新型 专利	一种适用于共生植物 根系多室分根培养的 装置	中国	ZL.20182 1584224. 1	2019.5	8798480	西北农林科 技大学
6	实用 新型 专利	一种提高苜蓿消化率 的栽培方法	中国	CN20161 0052705. 7	2016.1	3118052	西北农林科 技大学
7	计算 机软 件著 作权	紫花苜蓿营养价值评 定系统	中国	2016SR21 6622	2016.5	1395239	西北农林科 技大学

8	计算机软件著作权	青饲玉米的产业化管理系统	中国	2016SR216617	2016.5	1395234	西北农林科技大学
9	计算机软件著作权	玉米秸秆微储饲料制作系统	中国	2016SR2156596	2016.6	1335213	西北农林科技大学
10	其他	粮饲通用型玉米新品种及栽培技术	中国	企业标准	2018.5	企业标准	陕西大唐种业股份有限公司

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
杨培志	1	院长/教授	西北农林科技大学	全面负责项目总体设计和规划,系统的开展了种质资源收集与育种工作,选育出“杰斯顿”紫花苜蓿品种、青贮玉米品种“大唐 136”和“大唐 220”、巴青垂穗披碱草新品种,明确了这些品种的抗逆机理研究;集中开展了优质饲草品种的环境适应性和丰产栽培机制的研究,阐明了紫花苜蓿和青贮玉米在不同生境和复合栽培模式下资源高效循环利用的生物学机理;研发了饲草杂质分离技术与饲草快速干燥工艺,提高了饲草收获效率;优化了菊苣菊粉等天然产物提取工艺。对科技创新点 1~3 均有主要创造性贡献。
呼天明	2	教授	西北农林科技大学	主要收集各类饲草种质资源,创制了温室快速评价和研究的牧草专用培养钵,通过温室及田间的农艺性状评价,筛选育种材料,形成了温室评价—田间试验—生产示范的育种体系;明确了调控紫花苜蓿等牧草抗旱、抗寒、耐盐的关键基因;创新了多年生饲草越冬及返青期的管护及饲草的收获与草产品加工技术,对科技创新点 1~3 均有重要贡

				献。
卜建军	3	正高级	陕西大唐种业股份有限公司	全面负责青贮玉米区域试验,筛选出青贮玉米新材料 10 个,选育出适宜陕西种植的青贮玉米品种“大唐 136”和“大唐 8”,具有干物质和淀粉含量高的特点,符合养殖业对玉米品质“双 30”的要求,连续多年主导承办了多届陕西省青贮玉米展示示范大会,对科技创新点 1 有直接的贡献。
何树斌	4	副高级	西北农林科技大学	与第一、第二完成人共同完成了陕西省科技计划项目和陕西省农业协同创新与推广联盟推广项目,围绕饲草高效栽培技术,开展了牧草新品种的筛选工作,在关中地区构建了以“豆禾间套作”为一体的饲草集约高效栽培模式,提出了旱作农业区节水节肥型饲草栽培技术,对创新点 3 有直接贡献。
付娟娟	5	副高级	西北农林科技大学	主要开展了垂穗披碱草种质资源的收集及相关功能基因的研究,解析了巴青垂穗披碱草低温适应机制,明确了油菜素内酯、褪黑素和钙离子等次生信使与 CBF 依赖的低温应答通路的关系,构建了巴青垂穗披碱草抗寒耐盐的应答模型,对创新点 1 有直接贡献。
孙雯姿	6	讲师	西北农林科技大学	创新利用同位素示踪技术,追踪新鲜牧草与其制成的青贮饲料间水分差异。发现晾晒使青贮饲料水分的 $\delta^{18}O$ 和 δ^2H 低于新鲜牧草 13%和 70%,分析了饲草中水分氢氧同位素在青贮加工过程中的动态变化,对创新点 3 有直接贡献。
张伟	7	副教授	西北农林科技大学	参与了饲草新品种的筛选及的抗旱机理的研究;优化了紫花苜蓿的刈割和灌

				溉制度,创新了不同休眠级紫花苜蓿越冬及返青期的管护技术,有效提高了紫花苜蓿越冬率和返青能力,并从饲草(品种特异性、休眠类型)、土壤(水分、养分)、微生物(核心功能微生物组群及多样性)三个方面揭示了管理措施调控饲草营养物质转运及利用的生物学机制,对创新点 3 有直接贡献。
王少利	8	其他	陕西大唐种业股份有限公司	负责了饲草新品种选育及推广工作,近三年推广示范青贮玉米 100 万亩,对创新点 1 有直接贡献。
王亚芳	9	副高级	西北农林科技大学	参与了玉米和紫花苜蓿饲草新品种的筛选及抗旱机理的研究,采用石墨粉标记的方法揭示了玉米初生根向水性的机制,阐明了 Aux-IAA 转录因子在根系响应向水性的重要作用,对创新点 1 有直接贡献。

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	西北农林科技大学作为项目第一完成单位,主要完成了项目技术方案、技术路线的制定及相关项目的组织、申报与实施。在研发过程中,为科研人员提供了主要的仪器设备及平台等条件,保障了研发项目的顺利进行。在成果推广和应用过程中,发挥了重要的组织协调、管理和落实作用,保证了项目任务顺利实施和目标的全面实现。在本项目中,重点开展种质资源的收集评价、饲草高效栽培技术和饲草加工利用与产品溯源等关键技术的研究工作。利用榆林国家草品种区域试验点、牧草产业技术体系榆林综合试验站等平台,在榆林、宝鸡和渭南等地区的农业科技工作者提供了大量技术服务和培训,助力了新品种新技术的应用推广,直接和间接提升了这些地区优质饲草供给能力和研究水平,推动和促进了区域草牧业的发展。
陕西大唐种业股	2	陕西大唐种业股份有限公司作为主要参与单位完成了青贮

份有限公司		玉米区域试验，筛选出了适宜陕西种植的青贮玉米品种，举办了全国（西北）玉米新品种展示会，承担了陕西省青贮玉米展示大会，为青贮玉米新品种的推广做出了贡献。
-------	--	---

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	新品种选育	杨培志/1 呼天明/2 卜建军/3 王少利/8	2010年-2022年	建立了抗旱、耐盐、高产牧草新品种筛选体系，合作选育大唐系列高产青贮玉米新品种，并组织了新品种在陕西的示范推广。	品种证书
2	示范推广	杨培志/1 何树斌/4 付娟娟/5 王少利/8 张伟/7	2010年-2022年	通过国家牧草产业技术体系等平台，推动了新品种及相关配套技术在陕西省的示范与推广。	应用证明
3	论文合著	呼天明/1 杨培志/2 何树斌/4 付娟娟/5 孙雯姿/6 张伟/7 王亚芳/9	2010年-2022年	揭示了饲草抗旱、耐盐高产的分子生物学机制，创新了饲草栽培技术体系，阐明了饲草资源高效利用的生物学机制，为饲草分子育种设计、抗逆饲草新品种	成果登记证书

				的选育及栽培管理提供了重要的科学依据。	
--	--	--	--	---------------------	--

完成人合作关系说明（限 1000 字）

该项目由杨培志、呼天明（西北农林科技大学）、卜建军（陕西大唐种业股份有限公司）、何树斌、付娟娟、孙雯姿、张伟（西北农林科技大学）、王少利（陕西大唐种业股份有限公司）和王亚芳（西北农林科技大学）9人共同完成。项目在实施过程中第一完成人杨培志负责项目的总体设计、实施方案的制定及任务分工，其余完成人分工明确、优势互补、联合攻关，顺利完成了基础理论研究和技术研发、试验示范及推广应用工作。项目第一完成人与项目组的其他人员均属长期合作关系，具体如下：

第二完成人呼天明与第一完成人共同完成了陕西省科技计划项目和陕西省农业协同创新与推广联盟推广项目，成果体现在科技创新第 1、2、3 点。

第三完成人卜建军作为研发团队的核心成员全面协助第一完成人进行了新品种选育及示范推广，成果体现在科技创新第 1、3 点。

第四完成人何树斌与第一、第二完成人共同完成了陕西省科技计划项目和陕西省农业协同创新与推广联盟推广项目，创新了饲草栽培模式，成果体现在科技创新第 2 点。

第五完成人付娟娟和第九完成人王亚芳在攻读博士学位期间参与了科技部和陕西省农业协同创新与推广联盟等项目，毕业留校工作后，在第一完成人的指导下开展了饲草逆境生物学和分子设计育种等相关研究工作，成果体现在科技创新第 1、2 点。

第六完成人孙雯姿与第一、第二完成人合作研究，围绕饲草收获与草产品加工开展了研究工作，其成果体现在科技创新第 3 点。

第七完成人张伟与第一、第二完成人合作研究，围绕饲草收获与草产品加工开展了研究工作，其成果体现在科技创新第 2、3 点。

第八完成人王少利与第一、第二、第三完成人合作研究，围绕饲草新品种的田间试验示范、技术推广做了大量工作，其成果体现在科技创新第 1、3 点。

项目三十八

一、项目名称：植物源防腐剂改善人工林木材耐腐性关键技术及应用

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：随着世界性天然林资源的枯竭和国家天然林保护工程的实施，人工林木材的大量利用已成为解决木材供需矛盾的重要途径，但人工林木材常常因为材质疏松、易腐朽导致其使用大大受限。在我国“双碳”战略深入推进和新质生产力加速发展的时代背景下，绿色环保技术在各行业中的应用变得尤为重要。植物源木材防腐剂是近年来新兴的环保型木材防腐剂，能够替代传统的金属成分防腐剂，降低重金属给人体和环境造成的潜在危害，市场前景巨大。该项目针对严重制约植物源木材防腐剂发展的来源少、易流失的问题，与企业联合攻关现了农林加工废弃物魔芋飞粉提取物对木材腐朽菌具有较强的抑制作用，并形成了提取物浸注、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、酶促香草醛接枝等 5 项木材防腐关键技术。该项目开发的植物源防腐剂在市场上部分替代金属防腐剂，增加了企业收入，降低了农林加工废弃物和重金属防腐剂对环境的污染，经济、社会、生态效益显著。本项目不仅开辟了农林废弃物高效利用的新路径，更为人工林的可持续发展以及国家“双碳”目标的实现贡献了重要力量，对于推动新质生产力的发展，促进技术创新和产业升级，加速木材防腐行业的绿色转型具有重要意义。

提名该项目为陕西省科学技术进步二等奖。

三、项目简介：

为了扩大植物源木材防腐剂的来源、降低成本，并解决植物源防腐剂在木材内难以有效固着的技术难题，本项目以农林加工剩余物魔芋飞粉为代表，研究以加工废弃物为原料的植物源抑菌成分的提取、分离及鉴定技术，首次发现魔芋飞粉提取物及其抑菌成分肉桂醛、香草醛、水杨酸和槲皮素对木材腐朽菌具有抑制作用，探明了这几种植物源有机物的抑菌机理。针对抑菌成分在改性木材中有效固着的技术难点，形成了魔芋飞粉提取物浸渍、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、酶促香草醛接枝改善木材耐久性和防霉性 5 项关键技术，改性杨木的耐腐性达到 II 级耐腐或 I 级强耐腐，解决了有机防腐剂在木材内高效固着的技术难题，实现了有机防腐剂制备和防腐剂处理关键技术的突破。

1. 发明魔芋飞粉提取物制备木材防腐剂技术，创建了以农林加工剩余物为原料制备木材防腐剂的新模式，有效缓解了植物源防腐剂原料少、成本高的瓶颈问题。首次发现魔芋飞粉提取物及其抑菌活性成分肉桂醛、香草醛、水杨酸和槲皮素对木材腐朽菌具有抑制作用，系统揭示了这几种植物源有机物的抑菌机理，创新地推动了我国环保型木材防腐剂的发展。

2. 开发了肉桂醛/壳聚糖交联体系改善木材防腐性和防霉性技术，解决了植物提取的可挥发性抑菌成分在木材内有效固着的难题。首创了肉桂醛/壳聚糖交联体系木材防腐剂，通过席夫碱反应，将肉桂醛接枝在长链的壳聚糖分子上，并通过壳聚糖形成的三维网状交联结构固定肉桂醛/壳聚糖交联体系中一部分肉桂醛通过席夫碱反应被接枝在壳聚糖长链分子上，其余游离的肉桂醛被固定在壳聚糖形成网状交联体系内，壳聚糖的羟基与木材羟基产生氢键结合，将交联体系有效固定在改性木材内，缓解了抑菌成分肉桂醛的挥发。肉桂醛通过抑制木材腐朽菌的纤维素、半纤维素和木质素酶活性、破坏其细胞膜功能、抑制呼吸和能量代谢，降低总蛋白水平从而提高处理木材的防腐性和防霉性，改性杨木的防腐性达到 I 级，对霉菌防治效力达 95.83%。此技术有很好的推广价值，适用于其它含醛基的植物源抑菌化合物。

3. 发明水杨酸/二氧化硅微胶囊改善木材防腐性技术，解决了低分子量有机物及混合物为抑菌成分的防腐剂在木材内有效固着的问题。以水杨酸抑菌成分为代表，研发了水杨酸/二氧化硅微胶囊改善木材防腐性技术，首次以二氧化硅为壁材包裹住芯材水杨酸，二氧化硅与木材间通过氢键链接，实现抑菌成分水杨酸的缓慢释放，从而提高水杨酸的抗流失性。水杨酸/二氧化硅防腐处理杨木，流失试验后防腐性达到 II 级。二氧化硅的填充提高了木材力学强度，处理木材抗弯强度和抗弯弹性模量分别提高了 10%和 0.2%。此方法适用于低分子量化合物或混合物。

4. 发明了槲皮素/草酸接枝体系改善木材防腐性技术，解决了含有活泼羟基的低分子量有机抑菌成分在木材内固着的技术难题。以槲皮素为代表，发明了槲皮素/草酸接枝体系改善木材防腐性技术，首次通过化学键结合将有机抑菌成分槲皮素固定在木材细胞壁上，有效解决了抑菌成分槲皮素在木材内固着的技术难题。采用满细胞法将槲皮素、草酸和对甲苯磺酸的乙醇溶液中注入杨木。

将试件从浸渍罐取出后自然干燥后在 120℃ 下进行接枝反应，制备出槲皮素/草酸接枝改性杨木。槲皮素/草酸接枝体系防腐处理人工林杨木，流失试验后耐腐蚀性达到 I 级强耐腐。达到在室外接触土壤的环境长期使用的要求。

5. 开发了**酶促香草醛接枝体系改善木材耐腐性技术，解决了酚醛、酸类有机抑菌成分在木材内固着的技术难题**。首创了酶促香草醛接枝体系改善木材耐腐性技术，首次在漆酶催化下通过化学键将有机抑菌成分香草醛固定在木材细胞壁上，有效解决了抑菌成分香草醛在木材内固着的技术难题。采用满细胞法将含有香草醛、ABTS 和漆酶的防腐剂体系浸渍注入木材中，恢复常压后，在剩余溶液中通氧，保持 40℃、pH=5 的温和条件下催化香草醛与木材发生酯化反应使其接枝在木材细胞壁上。系统揭示了香草醛的抑菌机理，香草醛通过抑制木材腐朽菌的半纤维素和木质素酶活性、破坏其细胞膜功能并抑制呼吸、能量代谢从而提高处理木材的耐腐性。酶促香草醛接枝体系防腐处理杨木，流失试验后耐腐蚀性达到 I 级强耐腐。处理木材的抗弯强度和弹性模量分别提高了 11.10% 和 26.45%。

项目实施以来，项目获奖 1 项，获授权国家发明专利 4 件，实用新型专利 1 件，发表论文 14 篇，其中 SCI 论文 9 篇，培养博、硕士研究生 8 名。项目的研究成果先后在魔芋制品加工企业和木材防腐企业等 7 家企业推广应用。近三年为农民提供新增就业岗位 4500 个，为企业新增产值 9533 万元经济、社会效益显著。

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. 成果鉴定意见

2022 年 7 月 23 日，陕西省林学会组织有关专家在西安对西北农林科技大学等单位完成的“植物源有机物改善木材耐腐性关键技术与应用”项目进行了成果评价。专家组通过听取汇报，查阅资料，质疑讨论，形成以下意见：

（1）首次发现魔芋飞粉提取物及其主要成分肉桂醛、香草醛、水杨酸和槲皮素对木材腐朽真菌具有抑制作用，探明了这几种植物源有机物的抑菌机理。

（2）形成了魔芋飞粉提取物、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、酶促香草醛接枝改善木材耐腐性和防霉性 5 项关键技术及理论体系。

(3) 魔芋飞粉提取物改性杨木的耐腐性达到 II 级；肉桂醛/壳聚糖交联改性杨木防腐效力达到 95.83%，对褐腐菌的耐腐性达到 I 级；水杨酸/二氧化硅微胶囊改性杨木耐腐性达到 II 级；槲皮素/草酸接枝改性杨木耐腐性达到 II 级；酶促香草醛接枝改性杨木耐腐性达到 I 级。

(4) 项目获授权国家发明专利 4 件、实用新型专利 1 件，发表论文 12 篇，其中 SCI 论文 7 篇。培养博、硕士研究生 4 名。

项目技术路线合理，方法科学，数据翔实，结论可靠，创新性强，植物源有机物防腐剂绿色环保、可降解、抗流失性强，可有效替代重金属木材防腐剂，总体达到国际先进水平。

2. 国内外对本项目研究成果的引用情况

项目成果在 Industrial Crops and Products、Wood Science and Technology、Holzforschung、International Biodeterioration Biodegradation、木材科学与技术等林业工程领域知名期刊发表论文 14 篇，授权国家发明专利 4 件，实用新型专利 1 件。发现魔芋飞粉提取物及其抑菌活性成分肉桂醛、香草醛、水杨酸和槲皮素对木材腐朽菌具有抑制作用，揭示了这几种植物源有机物的抑菌机理。为魔芋加工剩余物魔芋飞粉的综合利用提出了新方法，有效扩大了植物源木材防腐剂的原来来源、降低成本。学者 Broda Magdalena 肯定了本项目对魔芋飞粉提取物抑菌性的发现。Mi Xiaoqian 等认为利用魔芋飞粉制备木材防腐剂是魔芋加工废弃物高效利用的一种有效途径。发明了魔芋飞粉提取物、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、酶促香草醛接枝改善木材耐腐性 5 项关键技术，并构建了完整的理论体系。防腐处理杨木耐腐性达到 I 级强耐腐和 II 级耐腐。学者们对植物源提取物的抑菌性及本项目采用的提高植物提取物抗流失性的方法给与肯定，并对其研究有所启示。

五、应用情况（发明奖和进步奖填写）

项目组首先指导镇安县雪樱花魔芋制品有限公司开展魔芋加工废弃物-魔芋飞粉综合利用研究，采用超声辅助乙醇提取魔芋飞粉内抑菌活性物质制备为植物源木材防腐剂，经过提取的魔芋飞粉去除了腥臭味和刺激性，还可加工成牲畜饲料和胶合剂等产品，实现了废物利用，使魔芋飞粉附加值显著提升，近三年为镇安县雪樱花魔芋制品有限公司累计创造新增产值 2590 万元，并为农民提供新增

岗位 4500 个。

项目形成的魔芋飞粉提取物、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、漆酶催化香草醛接枝改善木材防腐性和防霉性 5 项关键技术首先在四川省恒希木业有限责任公司进行技术孵化与产业化应用，植物源有机物防腐处理木材被应用于木家具、木地板、木别墅和景观亭等装饰、结构建筑材料，系列产品填补了环保型防腐木材的市场空白，近三年累计为合作研发企业创造新增产值 2718 万元。

随后项目形成的五项关键技术重庆泽木居木业有限公司、四川御木源家具有限公司、成都美墅木结构工程有限公司、四川巍然木业有限公司、四川升达携同装饰工程有限公司等 5 家企业进行推广应用，实现了工业化大规模生产，产品应用于室内装饰和家具、室外木别墅、木栈道、景观亭、木桌椅等休闲娱乐设施和园林景观，近三年累计为 5 家技术推广企业创造新增产值 4225 万元。项目近三年为技术推广应用企业新增产值 9533 万元。

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	木材改性剂及其制备方法与用该改性剂改性处理木材的方法	中国	CN108972789B	2020年11月27日	4118285	西北农林科技大学	闫丽，雷亚芳，杨芳霞，上官蔚蔚，毕振举，方森苗
2	发明专利	一种木材防腐剂及其应用	中国	CN110014488B	2020年10月30日	4060385	西北农林科技大学	闫丽，陈爽，雷亚芳，曾飞扬，方森苗，毕振举
3	发明专利	一种木材防腐剂其	中国	CN106217534B	2016年7月16日	2785900	西北农林	闫丽，刘锐，张帆

		制备方法			日		科技 大学	
4	发明专利	一种木材防腐改性处理方法及其应用	中国	CN111975906B	2021年8月13日	4614046	西北农林科技大学	毕振举, 曾飞扬, 袁静怡, 闫泽耀, 雷亚芳, 闫丽
5	实用新型专利	木材改性处理综合反应系统	中国	CN209504391U	2018年11月1日	9487767	西北农林科技大学	闫丽, 雷亚芳, 方森苗, 毕振举

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
闫丽	1	教授	西北农林科技大学	项目主持人, 组织实施
毕振举	2	博士研究生	西北农林科技大学	组织实施, 技术试验
雷亚芳	3	教授	西北农林科技大学	组织实施, 技术指导
杨芳霞	4	副教授	西北农林科技大学	魔芋飞粉提取物抑菌成分鉴定
姬晓迪	5	讲师	西北农林科技大学	防腐处理关键技术、推广应用
文庆辉	6	高级工程师	四川恒希木业有限责任公司	防腐处理关键技术、技术推广应用
张利	7	讲师	西北农林科技大学	防腐处理关键技术, 推广应用
赵青梅	8	工程师	镇安县雪樱花魔芋制品有限公司	魔芋飞粉提取技术、推广应用
陈绪荣	9	高级农艺师	镇安县特色产业发展中心	魔芋飞粉提取技术、推广应用
李元华	10	高级农艺师	镇安县农业技术服务	魔芋飞粉提取技术、推广应

			中心	用
--	--	--	----	---

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	作为本项目的主持单位,为本项目提供各种基础配套设施,带领项目组成员研发了5项改善木材耐腐性关键技术和理论体系,负责项目组的项目申报、技术研发、成果总结、推广应用。
镇安县雪樱花魔芋制品有限公司	2	该单位参加魔芋飞粉提取物改善木材耐腐性关键技术的研究,为该技术的产业孵化和应用推广做出突出贡献。
四川省恒希木业有限责任公司	3	该单位对本项目研发的5项关键技术进行技术孵化、产业化应用与推广,生产的系列产品填补了环保型防腐木材的市场空白。该公司对本项目5项关键技术的产业化应用和推广做出突出贡献。

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	论文合著,共同知识产权	毕振举 /2	2017-2022	共同发表论文	论文检索证明,专利证书
2	共同立项,论文合著,共同知识产权	雷亚芳 /3	2016-2022	共同完成陕西省自然科学基金面上项目“魔芋加工剩余物抑制木材霉菌有效成分提取关键技术及抑菌机理研究”、国家重点研发计划课题“人工林木材材质改良的化学基础研究”子课题“魔芋提取天然黄酮化合	项目任务书、论文检索证明,专利证书

				物改性木材化学基础研究”、共同发表论文	
3	共同立项，论文合著，共同知识产权	杨芳霞/4	2017-2022	共同完成国家重点研发计划课题“人工林木材材质改良的化学基础研究”子课题“魔芋提取天然黄酮化合物改性木材化学基础研究”、共同发表论文	项目任务书、论文检索证明、专利证书
4	论文合著	姬晓迪/5	2018-2022	共同发表论文	论文检索证明
5	合作研究广	文庆辉/6	2018-2022	技术推广	推广效益证明
6	共同立项	张利/7	2017-2022	共同完成国家重点研发计划课题“人工林木材材质改良的化学基础研究”子课题“魔芋提取天然黄酮化合物改性木材化学基础研究”	项目任务书
7	合作研究	赵青梅/8	2018-2022	技术推广	推广效益证明
8	合作研究	陈绪荣/9	2018-2022	技术推广	推广效益证明
9	合作研究	李元华/10	2018-2022	技术推广	推广效益证明

完成人合作关系说明（限 1000 字）

项目团队由高校教师和研究生、企业、农业技术推广部门的技术人员组成，所有成员均是项目各项研究和推广应用的主要完成人，为本项目成果做出创新性贡献。

完成人**闫丽、毕振举、雷亚芳、杨芳霞、张利**合作开展魔芋加工剩余制备木材防腐的高附加值利用技术，研究防腐剂的提取、制备、防腐剂处理关键技术，分析魔芋提取物的抑菌机理，开发魔芋加工剩余物的高附加值利用新方法及改善人工林木材耐腐性的新方法。

完成人**闫丽、毕振举、雷亚芳、姬晓迪**合作开展植物源提取物改善人工林木材耐腐性的处理技术研究，发明了提取物浸注、肉桂醛/壳聚糖交联、水杨酸/二氧化硅微胶囊、槲皮素/草酸接枝、漆酶催化香草醛接枝等 5 项改善木材耐腐性的关键技术。

完成人**闫丽、文庆辉**合作开展植物源提取物改善人工林木材耐腐性的处理技术研究，并开展技术成果的推广应用。

完成人**闫丽、赵青梅、陈绪荣、李元华**合作开展魔芋加工剩余物中抑菌成分的提取技术研究，并开展魔芋加工剩余物高值化利用技术的推广应用。

项目三十九

一、项目名称：作物生理生境模型驱动的设施环境高效调控技术研发与应用

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：我单位认真审阅了该成果推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关栏目内容均符合陕西省科学技术奖的填写要求。按照要求，我单位和成果完成单位都已对该成果的拟推荐情况进行了公示，目前无异议。

设施小气候环境的高效精准调控是实现设施农业优质高产的关键，该成果建立了融合生理生境信息的参数自适应设施作物光合生理建模方法；探明响应曲面曲率和调控限制点之间的关系，提出了基于离散曲率的设施多因子调控目标值获取算法，实现了设施多环境多因子独立/协同调控模型建立，突破了现有设施环境系统由于模型缺乏，导致调控效率低、投入产出比高等瓶颈问题；开发了基于迁移学习的设施环境通用预测模型建模平台，融合多源设施信息构建了多种生境信息时序预测模型，利用小样本迁移技术实现了不同类型设施的环境精准预测；研发了模型自适应的设施生理生境监控专用装备与决策服务系统，在多环境因子协同的智能调控模型基础上建立了面向设施生产的环境高效调控技术体系。该成果整体技术达到国际先进水平，其中生理与生境信息融合的设施作物参数自适应调控建模方法达到国际领先水平。成果已在陕西、山东、河北等省市进行推广与应用，较传统生产示范提升设施环境精准化管理水平，对加强产业的转型升级具有重要意义和应用价值。该成果创新了设施农业生产理念与技术，解决了产业发展的重大难题，符合陕西省科技进步奖提名条件。**提名该项目为陕西省科学技术进步奖二等奖。**

三、项目简介：

我国设施种植面积世界第一，但水肥和环境协同精准调控方面与发达国家尚有差距，导致我国设施蔬菜单产较低。我国气候、设施种类及品种等方面与欧洲有明显差异，国外成套环境调控模型与装备在我国实际生产中存在模型种类不足、适用性差等问题，加之投入大、耗能高，无法应用于实际生产。因此，设施环境高效调控必须适应我国气候特征和生产需求。在充分考虑作物物质积累和多环境因子互作的前提下，如何以减少投入产出比、提升资源利用为目标，建立面向作物需求的设施环境高效智能调控模型、装备和方法，实现对主要种植蔬菜按需调控是设施农业优质高产的关键。

针对蔬菜生理模型不足、难以实现细粒度调控的产业问题，本成果力求探明多环境因子对作物光合作用的耦合影响，实现不同生理生境下光合速率快速、精准预测；在探明导致生产资源利用率、产量、品质低原因的基础上，提出数据驱动与机理驱动融合的设施多环境因子调控算法，作物光合积累和资源利用协同优化，实现设施环境高效调控；针对温室极端天气提前预警问题，开发了基于迁移学习的小样本设施环境预测模型，为不同类型、不同位置和不同作物的温室环境时序变化精准预测提供技术支持；为解决设施种植过程对系统适应性和拓展性的要求，研发了模型自适应的设施生理生境监控专用装备与决策服务系统，实现了设施条件和作物种类差异化条件下设备和模型自动接入与更新，建立了面向作物需求的多维度智能服务模式。其主要创新性成果为：

1.提出了基于模型参数自适应的蔬菜光合速率快速通用建模平台。针对光合生理模型数量不足的问题，创新性地提出面向不同品种模型参数自适应获取思路，建立了模型参数自适应的生理生境多因素耦合的蔬菜全生长期光合生理建模平台，实现了番茄、生菜、茄子、黄瓜等主要设施蔬菜光合生理模型构建，为设施环境精准调控提供了生理依据。

2.发明了融合调控效率的多因子耦合设施环境调控方法。针对光合响应曲线在限制点前后变化显著的现象，考虑环境因子的耦合关系，将数据驱动与机理驱动相结合，基于不同环境响应曲线变化规律，创新性地提出了基于离散曲率的设施环境与水肥单一/多因子协同调控方法，实现了生产资源利用率与蔬菜产量综合优化调控。相较于饱和点调控方法，环境调控目标值降低 18%-50%。

3. 开发了基于迁移学习的设施环境通用预测模型建模平台。针对设施类型、地理位置、作物种类变化导致环境预测模型泛化能力差的问题，提出了多源生境信息融合的设施环境时序预测模型构建方法，基于深度学习与小样本迁移学习技术建立面向不同类型设施的环境预测模型，并开发云端设施环境通用预测模型建模平台，实现了不同尺度作物生境因子时序精准预测，为实现设施生产环境精准管理提供高效的服务平台。

4. 研发了模型自适应的设施生理生境监控专用装备与决策服务系统。针对设施种类多样、种植品种多变的特点，提出了模型远程更新与多传感器融合的设施环境闭环调控体系架构，开发了温、光、水、气、肥等各类作物生境智能监测、

调控装备,创新性地广域气象信息与作物需求模型融合,建立了面向作物需求的设施农业环境高效决策系统,构建了作物-环境-装备耦合的设施生产智能服务平台,可实现监控设备自主配置、内置模型自动更新,农业物联网智能化决策与服务。

项目授权发明专利十余项,发表高水平索引论文 60 余篇。成果已在陕西省、山东省、重庆市等省市进行推广应用,较传统生产示范基地增产 22%以上,减少人力投入 15%以上。获陕西省高等学校科学技术研究优秀成果一等奖 1 项。本成果可有效提升设施智能化水平,提高环境调控效率,取得了良好的经济效益和社会效益。

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. 具有资质的第三方机构科技成果评价报告

2023 年 2 月 3 日,中国农业工程学会组织专家对西北农林科技大学等完成的“面向作物需求的设施环境高效精准调控技术研发与应用”成果进行了会议评价,专家听取了项目组汇报,审阅了相关技术资料,经质询讨论形成如下评价意见:1.提交的技术资料齐全,符合科技成果评价要求。2.该成果针对设施蔬菜生产管理中调控效率低,投入产出比高、农药化肥使用量大、生产劳动效率低等突出问题,从作物需求入手,进行了设施环境优化调控理论方法创新、装备发明和系统研发。主要创新点如下:(1)提出了耦合植物生理和生境参量的作物光合模型构建方法,发明了面向不同数据集的模型参数自适应获取方法,创建了生理与生境信息融合的设施作物参数自适应光合生理模型生成平台。(2)提出了融合植物生理生境需求的数据驱动与机理驱动结合的设施环境智能调控方法,实现了典型设施作物全生育期环境高效精准调控。(3)自主研发了 12 种智能监控装备,构建了多传感器融合的设施环境智能调控系统,可根据典型作物需求模型自动调控温、光、水、气、肥等设施环境,支撑了设施作物环境高效精准调控。(4)发明了广域气象信息与作物需求模型融合方法,研发了农业智慧气象广域智能生产决策与服务系统,形成了信息感知、智能决策与综合服务三位一体的设施生产多维度智能服务模式。授权发明专利 18 件,发表高水平学术论文 40 余篇。成果已在陕西、山东、河北等五省(市)大面积推广应用,取得了显著经济效益和社会效益。

专家组一致认为，该成果整体技术达到国际先进水平，其中生理与生境信息融合的设施作物参数自适应调控建模方法达到国际领先水平。综合评分 92.9。

2. 查新报告

通过对相关文献的阅读、分析和比较，结论如下：

(1) 由于植物的光合能力不仅受到环境因素的影响，自身状态的不同也会影响光合速率的预测精度，关于考虑植物自身状态的光合速率模型研究，除了项目组人员文献，未见相关中英文文献报道。

(2) 考虑作物自身需求、融合调控效率的多因子耦合设施环境调控方法研究除了项目组人员文献，未见相关中英文文献报道。

(3) 基于迁移学习技术建立面向不同设施类型和地理位置的设施环境预测通用建模方法研究，除项目组人员文献，未见相关中英文文献报道。

(4) 同时考虑植物生理以及调控效益研究完成模型自适应的设施生理生境专用监控装备设计，并融合了信息感知、智能决策与服务一体化设施生产决策系统，除项目组人员文献未见相关中英文文献报道。

五、应用情况

成果推动了信息技术与设施产业的全面融合，显著提升了设施农业智能化程度，项目研发的产品与系统已推广应用至陕西、山东、重庆等多个省市，增产 22% 以上，减少人力投入 15% 以上，开创了设施农业生产新模式，助力国家乡村振兴战略，取得了的显著社会经济效益。

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	一种基于调控效益优先的二维联合调控目标区域的获取方法	中国	ZL201811031904.5	2021-07-20	4556796	西北农林科技大学	胡瑾 白京华 张海辉 高攀 张仲雄 辛萍萍 来海滨 张盼

2	发明专利	基于生长模型的设施番茄补光调控方法与系统	中国	ZL201410210032.4	2015-12-02	1870739	西北农林科技大学	胡瑾 何东健 张海辉 梁岩 代建国 刘翔 陶彦蓉
3	发明专利	融合效率约束的设施二氧化碳目标值的优化调控模型的构建与应用	中国	ZL201711494147.0	2021-03-26	4322467	西北农林科技大学	胡瑾 辛萍萍 田紫薇 张海辉 刘行行 卢有琦 汪健康
4	发明专利	一种基于光温耦合的日光温室卷帘机控制方法与系统	中国	ZL201510486302.9	2016-08-24	2209582	西北农林科技大学	张海辉 马明龙 王东 张军华 胡瑾 张佐经
5	发明专利	一种具有温度预测功能的日光温室卷帘机智能控温方法和系统	中国	ZL201710547670.9	2020-12-15	4155113	西北农林科技大学	张海辉 范奥华 裴雪 刘焕宇 王孝龙 张彦钦 王东 杨有刚
6	发明专	融合叶片光合	中国	ZL201910576	2022-10-14	5509167	西北农	胡瑾

	利	潜能的光合速率预测方法		601.X			林科技大学	高攀 陈丹艳 张盼 李斌 张海辉
7	发明专利	基于适宜根温区间的水培蔬菜光环境高效调控方法与系统	中国	ZL201710399549.6	2019-09-03	3516362	西北农林科技大学	胡瑾 张海辉 辛萍萍 张盼 简丽蓉 陈晨 王智永
8	发明专利	一种光质优先的设施光环境调控方法	中国	ZL201710237014.9	2021-06-15	4485608	西北农林科技大学	胡瑾 高攀 荆昊男 卢苗 完香蓓
9	发明专利	水分利用率与光合速率协同的温室作物需水调控方法	中国	ZL202010653535.4	2023-06-20	6073141	西北农林科技大学	胡瑾 完香蓓 隆星月 邓一飞 陈丹艳
10	发明专利	一种基于QGA-SVR的冷害黄瓜PSII潜在活性预测方法	中国	ZL202110042909.3	2023-11-03	6452808	西北农林科技大学	胡瑾 卢苗 完香蓓 袁凯凯 高攀 李斌

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
胡瑾	1	教授	西北农林科技大学	负责项目总体设计，在项目研究目标、研究内容和整体技术路线制定做出突出贡献。主持和参与了9项发明专利研发，完成了2项成果鉴定，合作完成了4项国家级基金项目，合作发表相关论文10篇，对创新点1-4均有重要贡献，该成果研发占本人工作总量的70%。
何东健	2	教授	西北农林科技大学	负责对项目的总体研究方向进行调控，主要开展生理模型和调控模型建模方法的研究。参与了1项发明专利研发，合作发表相关论文1篇，合作完成了3项国家级基金项目，对创新点1、2均有重要贡献，该成果研发占本人工作总量的50%。
毛罕平	3	教授	江苏大学	主要开展了设施环境调控方法研究与温室环境调控体系建立工作，对创新点1、2均有重要贡献，合作发表了相关论文2篇，该成果研发占本人工作总量的50%。
王元胜	4	研究员	北京市农林科学院信息技术研究中心	主要开展了设施生产智能调控装备推广和应用示范工作，对创新性成果4设施生产决策服务系统有重要支撑。合作完成成果鉴定1项，该成果研发占本人工作总量的50%。

高攀	5	无	西北农林科技大学	主要完成了作物生理模型与设施生产智能调控模型开发，参与了4项发明专利研发，合作发表相关论文7篇，合作完成1项国家级基金项目，对创新点1、2均有重要贡献。该成果研发占本人工作总量的50%。
张海辉	6	教授	西北农林科技大学	主要完成了农业物联网智能控制系统与装备研发、应用工作，主持和参与了8项发明专利研发，合作发表相关论文6篇，合作制定地方标准1项，对创新点2-4均有重要贡献，该成果研发占本人工作总量的50%。
王天本	7	副教授	西北农林科技大学	主要完成了生理生境监控专用装备与决策服务系统研制工作，对创新点4有重要贡献，参与完成了1项国家重点研发计划项目，该成果研发占本人工作总量的50%。
卢苗	8	无	西北农林科技大学	主要完成了作物生理模型与设施生产智能调控模型开发，对创新性成果1参数自适应的光合模型方法研究、创新点2融合调控效率的目标值获取方法研究均有重要支撑。合作授权发明专利2项，发表SCI/EI论文6篇。该成果研发占本人工作总量的50%。
刘颖莹	9	副教授	西北农林科技大学	主要完成了温室环境变化预测研究，对创新点3有重要支撑，合作

				发表论文 1 篇。该成果研发占本人工作总量的 50%。
杨永霞	10	无	西北农林科技大学	主要完成了设施生境变化预测研究与环境决策控制方法研究，对创新点 2、3 有重要支撑，合作发表论文 2 篇。该成果研发占本人工作总量的 50%。

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，承担项目的方案制定和技术研发，提出了融合生理需求和调控效益的设施温、光、水、气等多因子动态智能调控方法；研制了面向设施生理生境专用监测装备和监测系统；搭建了主动推送、个性化投放的精准智能服务的环境监控和气象物联网平台，形成了基于多传感器信息融合的设施环境动态调控技术体系，对创新性成果 1、2、3、4 均有重要支撑。
北京市农林科学院信息技术研究中心	2	项目参与单位，重点负责灌溉决策技术、物联网调控系统研发和设施生产智能服务系统研发，同时负责对各基地改造建设工作和应用示范工作。提出了专家模型和气象信息耦合的广域农业生产服务体系，建立了融合多品种栽培知识的农业知识库服务质量评价标准，开发了融合模型的气象服务平台，对创新性成果 3、4 均有重要支撑。
江苏大学	3	项目参与单位，重点负责智能化温室成套设施、环境调控及环境动态优化控制技术研发，融合作物需求与环境优化调控模型，创制了多源信息融合的设施环境智能调控体系，开发了作物-

		环境-装备耦合的设施生产智能服务平台，实现了对模型库与数据库的高效管理，对创新性成果2、4 均有重要支撑。
--	--	---

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	共同成果	胡瑾/1 何东健/2 高攀/5 张海辉/6	2011年4月 -2023年2月	完成农业工程学会科学技术成果评价“面向作物需求的设施环境高效精准调控技术研发与应用”(含胡瑾、何东健、高攀、张海辉)	成果鉴定报告
2	共同成果	胡瑾/1 王元胜/4	2020年6月 -2023年2月	完成中华全国供销合作总社科技推广中心技术开发成果评价“农业专家在线服务与培训平台”(含胡瑾、王元胜)	成果鉴定报告
3	共同获奖	胡瑾/1 高攀/5 张海辉/6	2014年4月 -2022年3月	完成陕西高等学校科学技术研究优秀成果奖一等奖“面向作物需求的设施环境多因子协同调控技术与装备研发”(含胡瑾、高攀、张海辉)	获奖证书
4	共同立项	胡瑾/1 张海辉/6	2011年4月 -2020年12月	1、完成国家星火计划项目“精准生产智能指导服务平台开发2011GA850003”(含胡瑾、张海辉) 2、完成国家自然科学基金“基于光合速率时序模型的设施环境调控目标寻优方法研究3167101667”(含胡瑾、张海辉)	项目验收证书
5	共同立项	胡瑾/1 何东健/2 张海辉/6	2016年1月 -2018年12月	完成国家自然科学基金“设施园艺光环境多因子耦合智能调控模型与方法研究31501224”(含胡瑾、何东健、张海辉)	项目验收证书
6	共同立项	胡瑾/1 高攀/5 王天本/7	2020年1月 -2022年12月	完成国家重点研发计划项目子课题“新媒体多端共融专家知识培训系统研发及应用2020YFD1100602”(含胡瑾、高攀、王天本)	项目验收证书
7	共同成果	胡瑾/1 何东健/2 张海辉/6	2013年4月 -2020年4月	发明专利： 基于生长模型的设施番茄补光调控方法与系统(含胡瑾、何东健、张海辉)	专利证书
8	共同成果	胡瑾/1 高攀/5 张海辉/6	2018年7月 -2020年4月	发明专利： 1、一种基于调控效益优先的二维联合调控目标区域的获取方法(含胡瑾、	专利证书与论文索引

	果			张海辉、高攀) 2、融合叶片光合潜能的光合速率预测方法(含胡瑾、张海辉、高攀) 论文: 融合暗荧光参数的茄子叶片光合速率预测模型构建(含胡瑾、张海辉、高攀)	证明
9	共同成果	胡瑾/1 张海辉/6	2014年4月-2020年4月	发明专利: 1、融合效率约束的设施二氧化碳目标值的优化调控模型的构建与应用(含胡瑾、张海辉) 2、基于适宜根温区间的水培蔬菜光环境高效调控方法与系统(含胡瑾、张海辉) 3、基于多因子耦合的光环境智能调控方法与系统(含张海辉、胡瑾) 4、一种基于光温耦合的日光温室卷帘机控制方法与系统(含胡瑾、张海辉) 论文: 1、Obtaining a light intensity regulation target value based on the tomato dry weight model(含胡瑾、张海辉) 2、基于无线传感器网络的温室光环境调控系统设计(含胡瑾、张海辉)	专利证书与论文索引证明
10	共同成果	胡瑾/1 毛罕平/3 高攀/5 卢苗/8 杨永霞/10	2020年9月-2023年12月	论文: Greenhouse light and CO ₂ regulation considering cost and photosynthesis rate using i-nsGA II	论文索引证明
11	共同成果	胡瑾/1 毛罕平/3 高攀/5 卢苗/8	2020年9月-2023年12月	论文: Greenhouse environmental control target constrained by discrete surface curvature and multi-objective optimization algorithm	论文索引证明
12	共同成果	胡瑾/1 高攀/5 卢苗/8 刘颖莹/9 杨永霞/10	2021年9月-2023年12月	论文: Multistep ahead prediction of temperature and humidity in solar greenhouse based on FAM-LSTM model	论文索引证明
13	共同成	胡瑾/1 高攀/5 卢苗/8	2019年9月-2023年12月	发明专利: 1、一种光质优先的设施光环境调控方法(含胡瑾、高攀、卢苗)	专利证书与论文索引

	果			<p>2、一种基于 QGA-SVR 的冷害黄瓜 PSII 潜在活性预测方法 (含胡瑾、高攀、卢苗)</p> <p>论文:</p> <p>1、Method for optimizing controlled conditions of plant growth using U-chord curvature. Computers and Electronics in Agriculture (含胡瑾、高攀、卢苗)</p> <p>2、IPECM Platform: An open-source software for greenhouse environment regulation using machine learning and optimization algorithm (含胡瑾、高攀、卢苗)</p>	证明
14	共同成果	胡瑾/1 高攀/5 张海辉/6 卢苗/8	2019年6月 -2020年4月	<p>论文:</p> <p>A decision- making model for light environment control of tomato seedlings aiming at the knee point of light-response curves (含胡瑾、张海辉、高攀、卢苗)</p>	论文索引证明
15	共同成果	胡瑾/1 何东健/2 张海辉/6	2019年9月 -2020年4月	<p>论文:</p> <p>Model for tomato photosynthetic rate based on neural network with genetic algorithm (含胡瑾、何东健、张海辉)</p>	论文索引证明

完成人合作关系说明（限 1000 字）

胡瑾负责项目总体设计并统筹规划项目实施，何东健、毛罕平、王元胜、高攀、张海辉、王天本、卢苗、刘颖莹和杨永霞以分工协作方式开展基础理论研究和技术研发、试验示范及推广应用工作，完成了主要知识产权列表中所有成果，以及未列入知识产权列表的相关成果。

胡瑾和张海辉合作完成了国家自然科学基金项目“基于光合速率时序模型的设施环境调控目标寻优方法研究”和星火计划项目“精准生产智能指导服务平台开发”；胡瑾、何东健和张海辉合作完成了国家自然科学基金项目“设施园艺光环境多因子耦合智能调控模型与方法研究”；胡瑾、高攀和王天本合作完成了国家重点研发计划项目“新媒体多端共融专家知识培训系统研发及应用”。

胡瑾、何东健、高攀和张海辉合作完成了农业工程学会科学技术成果评价“面向作物需求的设施环境高效精准调控技术研发与应用”；胡瑾和王元胜作为主要参与人合作完成了中华全国供销合作总社科技推广中心技术开发成果评价“农业专家在线服务与培训平台”。

胡瑾、何东健、毛罕平、高攀、张海辉、卢苗和杨永霞合作开展了植物生理参量和生境参量耦合的光合模型构建方法、融合植物生理生境需求的设施环境调控模型构建方法等方面的基础研究，在泾阳蔬菜示范基地完成了模型的测试、验证工作。

胡瑾、高攀、卢苗、刘颖莹和杨永霞合作开展了设施环境预测模型构建方法研究，并在多种类型温室完成环境信息时序预测验证工作。

胡瑾、王元胜、张海辉和王天本合作开展了多传感器融合的设施环境闭环调控系统、作物-环境-装备协同的设施生产智能服务系统等方面的基础研究，并在完成了系统工作过程测试、验证与示范部署工作。

胡瑾、王元胜、张海辉和王天本合作完成了项目所开发的面向作物需求的设施生产环境智能服务平台与智能调控装备的推广工作安排部署，并参与产品试验与示范应用。