2021年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容

一、项目名称：重金属在根-土界面的分子形态及其环境效应

### 二、提名者及提名意见（不超过600字）：

**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：**

土壤是重金属的源和汇。土壤重金属的环境行为和生物有效性不仅与土壤中重金属总量有关，更重要的是与重金属的形态密切相关。土壤-植物系统中重金属的迁移、转化受多层次的微界面反应控制，包括土壤-溶液界面、土壤-微生物界面和土壤-根系界面等。开展重金属在根-土多界面上的吸附热力学、动力学和分子机制研究既是评价重金属环境行为的重要基础，更是土壤学、微生物学和环境科学研究的热点和前沿。基于此，本项目首次建立了重金属污染土壤中根-土界面酶活性的原位测定方法，获取了土壤关键酶在根-土界面上的二维空间分布特征；通过外源接种功能菌来调控重金属的根际形态、降低其生物可给性及在土壤-作物系统中的迁移能力；提出了根-土界面上重金属迁移的微生物阻控技术。研究结果为农产品质量安全保障和发展环境友好的修复技术提供了重要科学依据。

该项目5篇代表性论文中被Environmental Science and Technology、Chemical Geology、Journal of Colloid and Interface Science等土壤和环境科学领域主流期刊引用206次，单篇最高引用93次，且该项目发表在Ecotoxicology and Environmental Safety上的研究论文入选环境科学与生态学领域ESI前1%高被引论文。

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及以上。

### 三、项目简介：（不超过2页）

重金属化学形态决定其在土壤环境中的有效性和生物毒性，获取准确的土壤固-液体系重金属形态分布对土地安全利用以及环境风险评估和土壤重金属阈值至关重要。重金属的根际形态转化是调控其在土壤-植物系统迁移的关键，由于土壤介质的非均质性，重金属在土壤组分上吸附的分子机制与根-土多界面的分配与转化机制尚不明确，导致土壤-植物系统中的形态转化、迁移过程、主控因素以及调控机制仍不清楚，影响了植物-微生物的修复技术的构建和应用。

本项目针对我国粮食安全需求及全球工业化与土壤学的前沿问题，融合土壤学、微生物学与环境科学等多领域科学理论，开展了重金属在土壤固相组分表面吸附的分子机制、根-土界面的分配与转化过程的科学研究，系统研究了不同重金属污染类型土壤中根-土界面上重金属的分子形态及其生物有效性，揭示了根际微域重金属的形态特征及其对根际环境变化的响应机制，取得如下重要成果：

**1.揭示了重金属在土壤组分表面结合的分子机制，量化了土壤组分异质性对吸附态重金属微观形态的影响。**

联合同步辐射光源X-射线吸收精细结构光谱、等温滴定微量热等多种分子技术研究了重金属在土壤组分表面吸附的过程与机制。阐明了五元羧酸环是Cu(II)在细菌及其胞外聚合物（EPS）表面吸附的主要结构，率先从热力学角度阐释重金属在土壤矿物-细菌/EPS复合体表面的分配过程与转化机制；揭示了细菌-矿物互作过程中的特异分子识别机制，明确了矿物表面电荷是调控重金属在土壤多组分界面分配与转化的关键因子。Pb(II)在土壤腐殖酸上吸附的分子结构一直是土-液界面铅吸附模型构建与形态预测的热点和难点。该项目基于同步辐射光源技术获取了Pb(II)在土壤腐殖酸不同位点吸附的分子结构，结合NICA-Donnan模型进行铅形态模拟，构建铅分子结构随外界Pb(II)浓度变化的配位模型。此外，该研究明确了Cu(II)与腐殖酸羧基/酚羟基不同类型官能团结合的热力学参数、作用机制、及其络合物稳定性的差异，揭示了Cu(II)主要与羧基形成双齿配位络合物吸附在腐殖酸上，阐明了胡敏酸位点异质性对Cu(II)吸附微观形态及热力学特征的影响。上述结果可更加精确地预测重金属离子在土壤中的化学形态，为土壤重金属环境标准、土壤修复、污染风险评估等提供重要理论基础。

**2.****阐明了重金属元素与土壤氧化物表面作用的地球化学行为，揭示了土壤中水钠锰矿与铁铝氧化物的金属离子吸附机理的差异。**

水钠锰矿是自然环境中一种常见层状锰氧化物，拥有较大内表面和外表面，被认为是重金属污染的清道夫。目前多使用相对简单的表面络合模型定量解释水钠锰矿对重金属的吸附，然而，这些简单的表面络合模型忽视了水钠锰矿表面活性位点分布的复杂性和低价锰离子对水钠锰矿微结构的影响。该项目通过对水钠锰矿X射线衍射图谱的全谱精修拟合，获得其表面的吸附活性位点种类及其密度，利用电荷分布多位点络合模型（CD-MUSIC）结合外表面的Stern-Gouy-Chapman扩散双电层模型和内表面的Donnan模型，建立了水钠锰矿表面的铅吸附模型。通过模型计算证实，结构中锰离子空位对铅的吸附贡献占43.9%-54.7%，其中内表面的锰离子空位贡献占主要地位。上述结果突破了目前的模型局限，提出了理解土壤中水钠锰矿与铁铝氧化物对金属离子吸附机理差异的优化方式，为精确评估重金属污染土壤的环境风险提供了重要手段。

**3. 建立了重金属胁迫下酶活性空间分布原位测定方法，揭示了土壤-植物酶活性体系对重金属胁迫的响应机制。**

根-土界面上酶活性及空间分布的原位表征一直是土壤学领域研究的热点和难点。该项目建立了重金属污染土壤中根-土界面酶活性的原位测定方法，获得了土壤关键酶活性在根-土界面上的二维空间分布特征，这将土壤酶学的研究从以往传统破坏性采样转变到原位定量获取二维直观信息。研究结果发现，在根-土界面磷酸酶和β-葡萄糖苷酶活性分布都与根系紧密相关，在土壤表面分布较低；酶活性热点区域面积在重度污染土壤中最高。该项目阐明了与C和P循环密切相关的土壤酶空间分布特征，揭示了重金属污染程度与根际酶活性分布之间的关系，为重金属污染土壤的植物-微生物修复技术提供了重要支撑。

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）不超过2页**

该项目5篇代表性论文被土壤和环境科学主流期刊Environmental Science and Technology、Chemical Geology、Journal of Colloid and Interface Science和Ecotoxicology and Environmental Safety等引用206次，单篇最高引用93次；其中发表在Ecotoxicology and Environmental Safety的代表性论文3为环境科学与生态学领域ESI前1%高被引论文。

1）代表性论文3被SCI他人引用93次，为环境科学与生态学领域ESI前1%高被引论文。审稿专家认为：这是一篇有趣且高度新颖的论文，它通过原位酶谱研究了酶活性对重金属的反应，对不同污染程度土壤中的土壤酶活性和植物生长进行了探讨。美国土壤学会会刊Soil Science Society of America Journal副主编Prof. Ge积极评价并引用该项目原位酶谱空间分布异质性的结果（Biology and Fertility of Soils，2019）。国际知名土壤化学家德国歌廷根大学Yakov Kuzyakov教授课题组发表在Soil Biology and Biochemistry（2019）的文章多次引用本研究关于重金属污染土壤中根-土界面酶活性的研究结果。中南大学冶金与环境学院郭朝晖教授发表在Geoderma的文章充分肯定了本研究在重金属酶活性反应方面的贡献，认为本研究提出的“根际磷酸酶活性能更好地反映土壤-植物系统中的积极效应”观点对于重金属污染土壤的风险评估有重要贡献。

2）本项目发表在Chemical Geology（2014）上关于“五元螯合环结构是Cu(II)在EPS表面吸附的分子结构”的结果，被工程技术领域知名期刊Nature Materials编委Merroun Mohamed L.教授发表在Environmental Science &Technology（2020）和博林格林州立大学环境学领域专家AngélicaVázquez-Ortega教授发表在Chemical Geology（2017）上的论文积极地引用与评价。“重金属在土壤矿物-细菌/EPS复合体表面的转化机制”理论成果被国际期刊Environmental Science &Technology、Water Research等期刊审稿人陈猷鹏教授多次引用。吉林农业大学李明堂教授积极肯定了本项目的研究结果，并指出“该文章提出的EPS通过生物吸附过程修复重金属的研究在环境修复方面有十分重要的作用（Environmental Pollution，2020）”。

3）重金属在土壤组分表面结合的分子机制的结果发表在Environmental Science &Technology（2018）和Journal of Colloid and Interface Science（2016）上，本研究发现的“Cu主要与羧基形成双齿配位络合物吸附在腐殖酸”和“铜与腐殖酸不同类型官能团结合的热力学参数、作用机制、及其络合物稳定性的差异”等微观结果被ACS Earth & Space Chemistry特邀编辑、中国土壤学会土壤化学专业委员会副主任石振清教授课题组发表在Chemical Geology（2020）上的论文积极地引用与评价。美国化学协会Environmental Science and Technology副主编Prof. Li积极评价并引用该研究有关“有机质对铜络合作用”的结果（Environmental Pollution，2020）。关于“Cu优先吸附在羧基和酚羟基的高亲和位点上”的结果被Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology编委贾汉忠教授积极引用（Separation and Purification Technology，2020）。

4）该项目分析了重金属元素与土壤氧化物表面作用的地球化学行为，揭示了土壤中水钠锰矿与铁铝氧化物的金属离子吸附机理的差异，本研究为深刻理解土壤中水钠锰矿与铁铝氧化物对金属离子吸附容量的差异提供了理论基础，研究结果受到国内外学者关注，并得到积极评价。南京大学环境学院顾雪元教授引用了本研究获得的水钠锰矿表面吸附位点的重要模型参数，充分肯定了该项目有关“水钠锰矿表面存在两类重要的吸附位点”的结果，并对这两类吸附位点的分布密度，以及对溶液中质子和重金属铅的表面亲和性进行的合理定量，他认为本研究提出的“吸附位点参数”及建立的“水钠锰矿表面的铅吸附模型”，可以为水钠锰矿表面不同重金属离子的统一吸附模型的建立提供关键的基础数据（Chemical Geology，2020）。

### 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,所列论文专著应公开发表2年以上（即2019年3月31日前））**

| **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 | Biosorption mechanisms of Cu(II) by extracellular polymeric substances from Bacillus subtilis | Chemical Geology | Linchuan Fang, Shanshan Yang, Qiaoyun Huang, Aifang Xue, Peng Cai | 2014, 386, 143-151 | 2014年8月  22日 | 蔡鹏 | 方临川 | 杨闪闪  黄巧云  薛爱芳 | 42 | 谷歌  学术 | 是 |
| 2 | Proton and Copper Binding to Humic Acids Analyzed by XAFS | Environmental Science &Technology | Jinling Xu, Luuk K. Koopal, Linchuan Fang, Juan Xiong, Wenfeng Tan | 2018, 52, 4099-4107 | 2018年3月9日 | 方临川  谭文峰 | 徐晋玲 | 熊娟 | 17 | 谷歌  学术 | 是 |
| 3 | Copper binding to soil fulvic and humic acids\_ NICA-Donnan modeling and conditional affinity spectra | Journal of Colloid and Interface Science | Jinling Xu, Wenfeng Tan，Juan Xiong, Mingxia Wang, Linchuan Fang, Luuk K. Koopal | 2016, 473, 141-151 | 2016年4月1日 | 方临川 | 徐晋玲 | 谭文峰  熊 娟  汪明霞 | 43 | 谷歌  学术 | 是 |
| 4 | [CD-MUSIC-EDL modeling of Pb](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30078311" \t "_blank)[2+](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30078311" \t "_blank) [adsorption on birnessites: Role of vacant and edge sites](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30078311" \t "_blank) | Environmental Science &Technology | Wei Zhao, Wenfeng Tan, Mingxia Wang, Juan Xiong, Fan Liu, Liping Weng | 2018, 52, 10522-10531 | 2018年8月  6日 | 谭文峰 | 赵巍 | 汪明霞熊娟  刘凡  翁丽萍 | 11 | 谷歌  学术 | 是 |
| 5 | Reveal the response of enzyme activities to heavy metals through in situ zymography | Ecotoxicology and Environmental Safety | Chengjiao Duan, Linchuan Fang, Congling Yang, Weibin Chen, Yongxing Cui, Shiqing Li | 2018,156, 106-115 | 2018年3月6日 | 方临川 | 段成娇 | 杨聪莉  陈伟斌  崔勇兴  李世清 | 93 | 谷歌  学术 | 是 |
| 合计 | | | | | | | | | 206 | 谷歌  学术 | 是 |
| **补充说明（视情填写）：无** | | | | | | | | | | | |

六、主要完成人情况**（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖单项授奖人数不超过6人）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 方临川 | 1 | 研究员 | 西北农林  科技大学 | 从分子水平揭示了重金属在土壤细菌及其胞外聚合物、有机质、矿物等活性组分表面的结合机制；揭示了细菌-矿物互作过程中的特异分子识别机制，明确矿物表面电荷是调控重金属在土壤多组分界面分配与转化的关键因子；率先从热力学角度阐释重金属在土壤矿物-细菌复合体表面的分配过程与转化机制。 |
| 赵巍 | 2 | 副研究员 | 西北农林  科技大学 | 通过对水钠锰矿X射线衍射图谱的全谱精修拟合，获得其表面的吸附活性位点种类及其密度，利用电荷分布多位点络合模型结合外表面的Stern-Gouy-Chapman扩散双电层模型和内表面的Donnan模型，建立了水钠锰矿表面的铅吸附模型。这可为精确评估重金属污染土壤的环境风险提供技术支持。 |
| 段成娇 | 3 | 无 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 建立了重金属污染土壤中根-土界面酶活性的原位测定方法，获得了土壤关键酶活性在根-土界面上的二维空间分布特征，这将土壤酶学的研究从以往传统破坏性采样转变到原位定量获取二维直观信息。 |

### 七、主要完成单位情况（一等奖、二等奖完成单位不超过3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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持单位，全面负责项目的设计、立项、分工、实施与成果鉴定，保证了项目的顺利实施和完成。 |
| 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参与单位，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。 |

### 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 | 方临川 | 2014 | 2021 | 代表性论文1235 |
| 2 | 论文合著 | 赵巍 | 2014 | 2021 | 代表性论文4 |
| 3 | 论文合著 | 段成娇 | 2016 | 2021 | 代表性论文5 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  该项目第1完成人方临川研究员与第2完成人赵巍副研究员为西北农林科技大学的同一个科研组，共同开展项目的研究工作，合作撰写发表论文（代表作4）。  该项目第3完成人段成娇，属中国科学院水利部水土保持研究所博士在读研究生，共同开展科研工作，攥写研究论文（代表作5）。 | | | | | |

一、项目名称：水土保持植被高质量可持续发展研究

二、提 名 者：杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

该研究针对水土保持植被高质量可持续发展和国家生态安全体系建设中存在的造林成活率低，保存率低和生态经济和社会效益低的“三低”，这一急需解决的重大关键科学问题，通过多年对水土保持植被生态系统野外定位观测与分析，创立了水资源紧缺地区水土保持植被高质量可持续管理的理论基础：土壤水分植被承载力理论和土壤水资源利用限度理论；提出了水资源紧缺地区水土保持植被高质量可持续管理方法，其中土壤水分植被承载力和土壤水资源利用限度研究达到了国际领先水平;提出了利用模糊综合评判原理进行水土保持优良树草种选优方法；提出了水土保持植被适宜初植密度确定方法；提出了水土保持植被有效盖度、临界盖度和潜势盖度概念和确定方法；提出了水土保持植被有效覆盖率及其确定方法；提出了水土保持植被成林标准。

提名该项目为陕西省自然科学奖一等奖。

### 三、项目简介：

中国是世界上水土流失最严重的国家，特别在黄土高原地区。建国以来，我国在水土流失区开展了大面积植树种草工作，取得了重大进展。但由于基础研究薄弱，树草种选择不当，经营管理粗放，使该区水土保持植被建设出现了造林成活率低，保存率低和经济、生态和效益低，这一急需解决的重大关键科学问题。为此，该研究深入研究了水土保持植被高质量可持续管理的理论与方法。主要进展如下：

**1、提出了水土保持植被高质量可持续管理方法**

通过树种选择确保春季水土保持植被达到成林标准。随着植物生长，群落盖度增加，水土保持效能增加。如果在植物生长过程中出现植物利用自然资源量超过植物资源利用限度时，则植物资源关系进入植物资源关系调控关键期。如果植物资源关系调控关键期出现保存密度超过植被承载力时，需要依据植物资源关系调控关键期植被承载力调控植物生长与资源关系，确保水土保持植被发育到生长季最佳状态，充分发挥水土保持效能。例如在黄土丘陵半干旱区，多年生人工柠条林盖度经常超过成林标准（盖度60%），可采用春季平茬保留冠层盖度大于或等于成林标准，如果植物水关系调控关键期出现过土壤水分植被承载力时，依据植物水关系调控关键期土壤水分植被承载力调控植物水关系，发挥最大水土保持效能，实现水土保持植被高质量可持续管理。

**2、提出了利用模糊综合评判原理进行水土保持植被树草种选优方法**

水土保持植被不仅保持水土，同时还能生产果品和美化环境，满足人们的多种需。不同树草种组成的水土保持植被，它的水土保持效益、经济和社会效益不同，可以利用模糊综合评判原理对不同树草种的水土保持效益、经济和社会效益进行综合评价，选择优良水土保持植被树草种。

**3、提出了水土保持植被适宜****初植密度确定方法**

造林初植密度愈大，覆盖地表愈迅速，雨季来临前愈益形成高效水土保持植被。但是水土流失区一般降水量少，降水年际和季节变化较大，干旱严重。如果水土保持幼林受严重干旱影响，影响后期生长发育，因此水土保持植被应该有一个适宜初植密度。该密度用原生植被植物生长与环境的关系为参照进行确定。例如在水资源紧缺的黄土丘陵半干旱地区水土保持植被的适宜初植密度为当新造水土保持植被生长季土壤水资源下降值小于原生植被土壤水资源下降值时的最大造林密度为水土保持植被的适宜初植密度。

**4、提出了水土保持植被有效盖度、临界盖度和潜势盖度**

水土保持植被盖度可以分为有效盖度，临界盖度和潜势盖度。水土保持植被有效盖度是指土壤流失速率等于土壤允许流失量时的群落盖度；临界盖度是指植物群落保持水土效能达到最大时的植被群落盖度，用植被承载力时群落冠层盖度表示。在水资源紧缺地区水土保持植被临界盖度用土壤水分植被承载力时群落盖度表示。潜势盖度是指在自然条件下，某一立地条件植物群落覆盖地表最大程度。水土保持植被成林标准下限值为有效盖度，上限为临界盖度。

**5、提出了水土保持植被成林标准**

水土保持植被有狭义和广义水土保持植被。狭义水土保持植被指水土保持植被（或林）、防风固沙林和水源涵养林。广义水土保持植被指分布在水土流失区所有植被群落。水土保持植被建造的群落质量标准即成林标准。造林标准不能反映植被保持水土效益，因而不能成为水土保持植被建造的成林标准。水土保持植被群落质量标准指满足人们培育水土保持植被效能要求时的群落。例如在黄土高原水土流失区，水土保持植被的群落质量标准应为群落盖度大于60%；固沙植被为群落盖度≥30%，水源涵养林分布地区自然条件较好，一般用乔木林，冠层郁闭度大于80%。

**6、提出了水土保持植被空间优化配置系数**

人们对森林植被生态系统的产品和服务的需求是多样的。在相同面积的地区或流域，水土保持植被覆盖率一般小于100%。不同配置方式水土保持植被的效益不同。水土保持植被空间优化配置模式是指当水土保持植被面积一定条件下，不同水土保持植被配置效能与水土保持植被效益达到最大时的效益之比值。空间优化配置模式也可用最佳森林覆盖率表示。

**7、提出了水土保持植被有效覆盖率及其确定方法**

水土保持林有效覆盖率是指满足人们对控制水土流失要求达到最低时的森林覆盖率。我国通常以流失量小于1000 t/(km2•a)作为区域无明显侵蚀（SLA）界限，森林覆盖率（F）与侵蚀模数（M）关系为：M=ae-bF，当M=ae-bF=SLA 时森林覆盖率，即为水土保持林有效覆盖率。在黄土高原水土流失区水土保持林有效覆盖率为43%。水土保持林有效覆盖率是地理位置和历史时期的函数。

**8、提出了提高水土保持植被经济效益方法**

功能换算系数为相同面积的一林种在功能上相当于另一林种的程度。在确定林种之间功能换算系数之前，首先应确定不同林种标准。另外，换算系数还有一个方向的问题，如水土保持林与用材林间功能换算系数是指水土保持林在满足保持水土的同时，同时可生产部分木材，该部分木材相当于用材林的程度，称水土保持林与用材林之间的功能换算系数，而用材林与水土保持林之间功能换算系数是指在生产木材的过程中，未采伐用材林还能发挥保持水土功能。在满足水土保持要求时提高水土保持植被与经济林的功能换算系数就可以提高水土保持植被经济效益。

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）**

2016年11月中科合创（北京）科技成果评价中心组织相关专家，以会议评审方式对 “水资源紧缺地区土壤水分植被承载力研究” 项目进行了科技成果评价。评价委员一致认为,该研究视角新颖，数据详实，理论创新性强，其中部分成果如土壤水分植被承载力、土壤水资源利用限度达到了国际领先水平。2017年被列入2017年该成果入选国家科技成果库。2016年12月27日新华网发布，科技前沿大师谈“郭忠升：植被承载力与森林可持续发展前沿研究”；

2018年应国家林业局三北局邀请在沈阳召开的2018 International Conference on Protective Forests，做了“Sustainable Development of Protective Forests”大会报告。

2015年和2020年郭忠升被国家林业和草原局西北华北东北防护林建设局聘请为三北工程专家咨询委员会委员。论文“雨水资源、土壤水资源与土壤水分植被承载力）2014年获中国科协期刊优秀论文奖，论文“西藏高原林业生产现状与有先解决的科技问题”、“森林植被的恢复与利用”、“碳汇林、植被承载力与森林可持续经营”、“长江防护林体系工程现状与存在问题”、“半干旱区庭院经济产业化培育”分别于2004、2008、2009、2010和2013年获中国林学会优秀论文一等奖。出版专著3部，发表论文35篇，发表论文被SCI, Ei收录和同行大量引用

### 五、应用情况

该项研究成果极大地开拓了人们的视野，提高了人们对水土保持植被高质量可持续发展的认识水平，具有很高的理论和现实意义。该成果在黄土丘陵半干旱区柠条水土保持林应用，水土保持林建造标准为盖度60%，春季（4月）保持柠条冠盖度60%，如果雨季前出现超载，例如2003年为丰水年，在植物水关系调控关键期出现了超载，土壤旱化严重，出现柠条早期落叶，导致雨季林冠截留消失，对植物与水关系调控关键期进行植物水关系调控，保持柠条林保存密度在承载力水平，可以防止柠条林退化，获取最大水土保持效应，取得良好效果。近年来，我国水土流失区建立了大面积水土保持植被，将水土保持植被高质量可持续研究成果用于指导水土流失区水土保持植被高质量可持续发展，提高水土保持效能，促进水土保持高质量可持续发展，对实现粮食安全、生态安全、乡村振兴和美丽中国建设起到巨大的推动作用，将产生巨大的生态、经济和社会效益。

### 六、代表性论文专著目录(自然奖):

**（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 | 土壤水分植被承载力的理论与实践 | 科学出版社 | 郭忠升 |  | 2014-4-1 | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 8 | SCIE  万方，超星nfang | 是 |
| 2 | 水土保持植被建设中的三个盖度:潜势盖度、临界盖度和有效盖度 | 中国水土保持 | 郭忠升 | 2000.20（2）：60-62 | 2000- | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 69 | SCIE  万方 | 是 |
| 3 | 水土保持林有效覆盖率及其确定方法的研究 | 土壤侵蚀与水土保持学报 | 郭忠升 | 2（3）：67-72 | 1996 | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 105 | 万方 | 是 |
| 4 | 黄土高原半干旱区水土保持植被恢复限度——以人工柠条林为例 | 中国水土保持科学 | 郭忠升 | 2009，7（4）：49-54 | 2009 | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 30 | 万方 | 是 |
| 5 | 黄土高原水土保持植被建设的标准与目标 | 水土保持通报 | 郭忠升 | 2000（7）：53-58 |  | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 1 | 万方 | 是 |
| 6 | 利用模糊综合评判原理进行“三料”林树草种选择的研究 | 生物数学学报 | 郭忠升，吴钦孝，施立民 | 1990，5（3）：69-76 | 1990 | 郭忠升 | 郭忠升 | 是 | 1 | 万方 | 是 |
| 合计 | | | | | | | | | 202 |  |  |

### 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** |
| 郭忠升 | 1 | 副研究员 | 西北农林科技大学水土保持研究所 | 提出了利用模糊综合评判原理进行水土保持植被树草种选优方法，适宜初植密度确定方法，水土保持植被有效盖度、临界盖度和潜势盖度，水土保持植被空间优化配置系数，水土保持植被有效覆盖率及其确定方法，水土保持植被成林标准，提高水土保持植被经济效益方法，创立了水资源紧缺地区水土保持植被可持续管理理论基础：土壤水资源利用限度理论和土壤水分植被承载力理论。 |
| 张文文 | 2 | 研究生 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 密度对植物生长和土壤水分影响 |
| 王松伟 | 3 | 研究生 | 西北农林科技大学水土保持研究所 | 平茬对水土保持植被效能影响 |
| 严正升 | 4 | 研究生 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 柠条枝条覆盖效应 |
| 宁 婷 | 5 | 研究生 | 西北农林科技大学水土保持研究所 | 土壤水资源利用限度 |
| 赵 龙 | 6 | 研究生 | 西北农林科技大学理学院 | 植物生长过程模拟 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

### 八、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 | 第一完成单位，负责项目的总体计划实施。在本研究的立项、实施、总结及鉴定等整个过程中，学校均给予了人力、物力和财力的支持。研发了提出了利用模糊综合评判原理进行水土保持植被树草种选优方法，适宜初植密度确定方法，水土保持植被有效盖度、临界盖度和潜势盖度，水土保持植被空间优化配置系数，水土保持植被有效覆盖率及其确定方法，水土保持植被成林标准，提高水土保持植被经济效益方法，提出了水资源紧缺地区水土保持植被高质量可持续管理的理论基础：土壤水资源利用限度理论和土壤水分植被承载力理论。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 2 | 第二完成单位，负责项目的总体计划实施。在本研究的立项、实施、总结及鉴定等整个过程中，水土保持研究所均给予了人力、物力和财力的支持。为提出利用模糊综合评判原理进行水土保持植被树草种选优方法，适宜初植密度确定方法，水土保持植被有效盖度、临界盖度和潜势盖度，水土保持植被空间优化配置系数，水土保持植被有效覆盖率及其确定方法，水土保持植被成林标准，提高水土保持植被经济效益方法，水资源紧缺地区水土保持植被高质量可持续管理的理论基础：土壤水资源利用限度理论和土壤水分植被承载力理论创造条件和后勤保障 |

### 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**  **起始时间** | **合作**  **完成时间** | **合作成果** |
| **1** | 张文文 | **1** | **2012** | **2015** | 密度与生长和水分关系 |
| **2** | 王松伟 | 2 | 2017 | 2020 | 平茬对水土保持植被效能影响 |
| **3** | 严正升 | 3 | 2011 | 2013 | 柠条枝条覆盖效应 |
| **4** | 宁 婷 | **4** | **2010** | **2012** | 土壤水资源利用限度 |
| **5** | 赵 龙 | **5** | **2012** | **2014** | 提出植物生长过程模型 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **完成人合作关系说明** | | | | | |
| **(限1000字）郭忠升与张文文、王松伟、严正升、宁婷、赵龙、王振风、王振风、李耀林和白冬妹为师生关系。郭忠升在指导他们完成学位论文同时，参与水资源紧缺地区水土保持植被高质量可持续管理的理论基础：土壤水资源利用限度理论和土壤水分植被承载力理论研究。** | | | | | |

一、项目名称：水蚀方式演变过程及其阻控途径

二、提名者及提名意见：杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

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。

该项目着眼于沟蚀过程复杂、且水蚀方式演变过程机理尚不明确的科学问题，基于30多年的动态观测和科学研究，研究了水蚀方式演变过程及其阻控途径，创建了一系列土壤侵蚀定量估算的新技术新方法，解决了土壤侵蚀过程难以量化表征的问题；明确了雨滴打击、地表径流和近地表土壤水文条件对坡面土壤水蚀的影响，明晰了不同下垫面特征对坡面细沟和细沟间侵蚀过程的影响，阐明了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制，从而揭示了坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理；提出了鉴别细沟、浅沟和切沟的临界地形临界模型，阐明了坡面溅蚀片蚀-细沟侵蚀-浅沟侵蚀各侵蚀垂直分带水沙传递关系及其关键驱动因子，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程；揭示了植被恢复和土壤改善对面蚀和沟蚀的阻控机制，明晰了人工草被与秸秆覆盖措施对面蚀和沟蚀防治的机理，从而拓展了不同水蚀方式的阻控途径。以上成果主笔出版专著6部、参编专著8部，发表论文178篇，其中SCI论文43篇、中文核心论文135篇。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，丰富土壤水蚀基础理论，为流域尺度能预测沟蚀的侵蚀预报模型研发提供了理论指导，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：

土壤侵蚀是制约人类生存和社会可持续发展的重大环境问题，是多种生态问题的集中反映。中国是世界上水土流失最严重的国家之一，水土流失面积大357万km2，占国土总面积的37.2%，每年平均土壤侵蚀约50亿t，占全球土壤侵蚀总量的1/5，平均每年造成我国经济损失相当于GDP总量的3.5%。而其中水蚀是我国分布最广、危害最严重的水土流失类型，总面积161万km2，占国土总面积的17%；水蚀区平均侵蚀模数约为3800 t km-2 a-1，远远大于土壤允许流失量，也远大于世界上其它土壤侵蚀严重的国家。因此，开展水蚀过程及其阻控途径研究，对于掌握土壤侵蚀规律和调控机理，开展水土流失预警和土壤侵蚀治理，实现生态环境的可持续发展和美丽中国建设具有重要意义。本项目以流域水蚀方式演变驱动过程为主线，基于30多年的动态观测和科学研究，针对水蚀方式（溅蚀、片蚀、细沟侵蚀、浅沟侵蚀、切沟侵蚀）演变过程机理开展系统研究，揭示了水蚀方式演变过程的驱动机制及其关键影响因子，针对性提出了多种阻控途经，研究结果加深了对土壤水蚀过程机理的认识，丰富土壤水蚀基础理论，为流域尺度能预测沟蚀的侵蚀预报模型研发提供了理论指导，也为流域土壤侵蚀防治和生态建设提供了重要科学依据。取得如下重要科学发现：

第一，创建了一系列土壤侵蚀定量估算的新技术新方法。提出了基于立体摄影测量技术的坡面侵蚀沟水流参数测定方法；建立了基于三维激光扫描技术的侵蚀沟发育过程动态监测方法；构建了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型，优化了该项示踪技术；研发了核素示踪侵蚀-搬运-沉积-产沙连续动态监测方法。

第二，揭示了坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理。明确了溅蚀过程团聚体破坏机理，分离了各方向溅蚀对坡面总溅蚀的贡献；量化了雨滴打击、地表径流和近地表土壤水文条件对坡面面蚀的相对贡献；明晰了不同下垫面特征对坡面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。

第三，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程。提出了鉴别细沟、浅沟和切沟的临界地形临界模型；重现了片蚀-细沟-切沟侵蚀演变过程；明确了降雨、汇流和地形对浅沟侵的影响；阐明了坡面溅蚀片蚀-细沟侵蚀-浅沟侵蚀各侵蚀垂直分带水沙传递关系及其关键驱动因子。

第四，针对性提出了多种水蚀方式的阻控途径。揭示了植被恢复和土壤改善对面蚀和沟蚀的阻控机制；明确了人工草被与秸秆覆盖措施对面蚀和沟蚀防治的机理。

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，以上成果主笔出版专著6部和参编专著8部，发表相关学术论文178篇，其中SCI论文43篇、中文核心论文135篇。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970次，其中SCI他引372次，单篇最高他引294次，单篇最高SCI他引175次。发表在Soil & Tillage Research的代表作3为ESI高被引论文。

**1）对科学发现1土壤侵蚀定量估算的新技术新方法研究的客观评价**

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主任Chihua Huang高级专家和国际知名专家美国农业部国家泥沙实验室前主任Matt Romkens高级专家，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（代表作1），对于浅沟和沟道侵蚀的准确量化具有重要意义。我国土壤侵蚀领域著名专家、中国农业大学雷廷武教授课题组和北京师范大学张光辉教授课题组分别在农业机械学报（陈展鹏等, 2014）和中国水土保持科学（朱良君等, 2013）发表论文对本研究所提出的三维激光扫描和GPS技术对滑坡堆积体和地表微地貌精确测量进行了充分验证。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2）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。世界水土保持学会主席李锐研究员在水土保持通报（李锐, 2011）发表论文，认为本研究“成功地应用GPS技术和LiDAR技术动态监测了沟蚀发育过程，确定了各侵蚀形态发生的临界阈值，并据此建立了侵蚀形态演变过程的预测模型”。

**2）对科学发现2坡面细沟与细沟间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3）被他人引用162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（论文h指数28）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。本项目发表在Hydrological Processes（Xiao et al., 2017）上关于土壤剥蚀速率对径流水力学参数响应的结果（代表作4）被西班牙瓦伦西亚大学Artemi Cerda教授（论文h指数72）课题组、国内土壤侵蚀领域著名专家西安理工大学李占斌教授课题组、中国科学院水利部水土保持研究所王占礼研究员课题组发表在Ecological Engineering（Parhizkar et al., 2021）、Earth Surface Processes and Landforms（Shen et al., 2020）、Soil & Tillage Research（Wu et al., 2019）、Catena（Wang et al., 2020）上的论文多次印证，并对该论文中“断面单位能量即过水断面势能和动能之和是预测坡面土壤剥蚀率的重要参数”的研究发现进行了积极地评价与引用。本项目出版的专著《黄土坡面土壤侵蚀过程与模拟》（代表作5）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185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课题组、中国科学院南京土壤研究所史学正研究员课题组、西北农林科技大学吴发启教授课题组等分别在应用基础与工程科学学报（盛贺伟, 2017）、水土保持学报（刘柳松, 2009）、农业工程学报（郑子成, 2009）发表论文，肯定并重点引用了本研究中对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”、“在裸露休闲地被雨滴分散的土壤比薄层水流冲刷土壤数量大数十倍”、“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片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程的客观评价**

本项目出版的专著《水蚀过程与预报模型》（代表作6）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、墚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88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“沟壑侵蚀多年平均侵蚀量占年总侵蚀量的比例达49%”。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）的论文，充分肯定了本研究的发现“输砂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Agriculture, Ecosystems & Environment（Zheng et al., 2005）上有关黄土高原不同侵蚀方式演变的研究论文（代表作7）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Journal of Hydrology（2007）、Progress in Physical Geography（2007）和Agriculture, Ecosystems and Environment（2018）上的论文和国内地理科学领域著名专家中国科学院地理科学与资源研究所刘纪远研究员课题组发表在Journal of Geographic Science（2013）上的论文多次引用，其中本研究提出的黄土高原土壤侵蚀方式演变过程和植被退化的关系被多次验证。沟蚀研究领域著名专家美国北卡莱罗纳州立大学Garey Fox教授（论文h指数28）在Environmental Management（2016）上发表的论文中肯定了本研究得出的“沟蚀演变不仅会加剧侵蚀产沙过程，也会改变养分流失过程”的研究结论。

**4）对科学发现4不同水蚀方式的阻控途径的客观评价**

本项目发表在Pedosphere（Zheng，2006）上有关黄土高原植被变化对土壤侵蚀影响的研究论文（代表作8）被他人引用294次，SCI他引175次。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“植被破坏引起的森林和草地向耕地变化的过度加剧了土壤侵蚀量；且人类毁林开荒导致的侵蚀产沙量是自然侵蚀产沙量的数百倍；植被覆盖和土地利用变化对侵蚀方式演变有重要影响，且这种影响与降雨和土壤特性有关”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 | 高精度GPS, 三维激光扫描和测针板三种测量技术监测沟蚀过程的对比研究 | 水土保持  通报 | 张 鹏  郑粉莉  王 彬  陈吉强  丁晓斌 | 2008年28卷11-15+20页 | 2008年10月1日 | 郑粉莉 | 张 鹏 | 张 鹏  郑粉莉  王 彬  陈吉强  丁晓斌 | 76 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 2 | 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 |
| 3 | Impacts of rainfall intensity and slope gradient on rill erosion processes at loessial hillslope | Soil & Tillage Research | Haiou Shen, Fenli Zheng, Leilei Wen, Yong Han, Wei Hu | 2016年155卷429-436页 | 2016年1月1日 | Fenli Zheng | Haiou Shen | 沈海鸥  郑粉莉  温磊磊  韩 勇  胡 伟 | 162 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 4 | Response of soil detachment rate to the hydraulic parameters of concentrated flow on steep loessial slopes on the Loess Plateau of China | Hydrological Processes | Hai Xiao, Gang Liu, Puling Liu, Fenli Zheng, Jiaqiong Zhang, Feinan Hu | 2017年31卷2613-2621页 | 2017年7月1日 | Gang Liu | Hai Xiao | 肖 海  刘 刚  刘普灵  郑粉莉  张加琼  胡斐南 | 27 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 5 | 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 | 185 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 6 | 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 | 88 | 《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 7 | Effects of erosion patterns on nutrient loss following deforestation on the Loess Plateau of China | Agriculture Ecosystems & Environment | Fenli Zheng, Xiubin He, Xuetian Gao, Change Zhang, Keli Tang | 2005年108卷85-97页 | 2005年6月5日 | Xiubin He | Fenli Zheng | 郑粉莉  贺秀斌  高学田  张成娥  唐克丽 | 123 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 8 | Effect of vegetation changes on soil erosion on the Loess Plateau | Pedosphere | Fenli Zheng | 2006年16卷420-427页 | 2006年8月1日 | Fenli Zheng | Fenli Zheng | 郑粉莉 | 294 | 《科学引文索引》扩展版数据库(SCIE)、《CNKI中国引文数据库》(CCD) | 是 |
| 合 计 | | | | | | | | | 970 |  |  |
| **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1-4项作出创造性贡献，创建了一系列土壤侵蚀定量估算的新技术新方法，揭示了坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程，提出了多种水蚀方式的阻控途径。是代表作2、5、6、7、8的第一作者，代表作1和3的通讯作者，代表作4的共同作者。 |
| 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 | 对项目主要科学发现第1、2、4项内容做出创造性贡献，构建了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型，优化了该项示踪技术，研发了核素示踪侵蚀-搬运-沉积-产沙连续动态监测方法，明确了溅蚀过程团聚体破坏机理，揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制，提出了小流域生态建设与水土流失综合治理的模式。是代表作4的通讯作者。 |
| 沈海鸥 | 3 | 讲师 | 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3的第一作者。 |
| 张 鹏 | 4 | 高级工程师 | 广州市水务科学研究所/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，开展了GPS、三维激光扫描、立体摄影测量等技术在土壤侵蚀中的应用研究，定量刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程。是代表作1的第一作者。 |
| 肖 海 | 5 | 讲师 | 三峡大学/西北农林科技大学 | 与第一、二完成人共同完成了主要科学发现第1、2项内容，构建了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型，优化了该项示踪技术；明确了溅蚀过程团聚体破坏机理；揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制。是代表作4的第一作者。 |
| 王 彬 | 6 | 副教授 | 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、2项内容，创建了一系列土壤侵蚀定量估算的新技术新方法，揭示了坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理。是代表作1的第三作者。 |

### 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，重点开展了土壤侵蚀定量估算的新技术新方法，坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理，片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程，及不同水蚀方式的阻控途径等方面的研究工作。 |
| 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，协助开展了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型、溅蚀过程团聚体破坏机理、细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制、小流域生态建设与水土流失综合治理等方面工作。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，肖海/第5 | 2014年7月1日 | 2017年7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 | 2016年1月1日 | 代表作3 |
| **3** | 论文合著 | 郑粉莉/第1，张鹏/第4，王彬/第6 | 2006年7月1日 | 2008年10月1日 | 代表作1 |
| 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完成人刘刚研究员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、4项内容，构建了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型，优化了该项示踪技术；明确了溅蚀过程团聚体破坏机理；揭示了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制；提出了小流域生态建设与水土流失综合治理的模式。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水土保持研究所攻读博士学位，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，阐明了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制，合作撰写研究论文（代表作3）。  第4完成人张鹏高级工程师，2006-2008年在西北农林科技大学攻读硕士学位，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，开展了GPS、三维激光扫描、立体摄影测量等技术在土壤侵蚀中的应用研究，刻画了片蚀-细沟-沟蚀侵蚀方式演变过程，合作撰写专著（代表作1）。  第5完成人肖海博士，2014-2017年在西北农林科技大学水土保持研究所攻读博士学位期间，第2完成人为其导师，共同完成了主要科学发现第1、2项内容，构建了稀土元素示踪土壤侵蚀量的通用模型，优化了该项示踪技术；明确了溅蚀过程团聚体破坏机理；阐明了细沟与细沟间侵蚀过程的水动力学机制，合作撰写研究论文（代表作4）。  第6完成人王彬博士，2006-2013年在西北农林科技大学水土保持研究所攻读硕士、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、2项内容，创建了一系列土壤侵蚀定量估算的新技术新方法，揭示了坡面细沟与细沟间侵蚀过程机理，合作撰写研究论文（代表作1）。 | | | | | |

一、项目名称：蛋白质功能特性与分子间互作对畜禽食品品质的调控机制二、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科学技术奖励工作办公室的填写要求。

按照要求，我单位和项目完成单位都已对该项目的拟推荐情况进行了公示，目前无异议。

畜禽蛋白质对畜禽食品的品质具有决定性作用。有机小分子物质（多酚、还原糖和风味物质等）、无机小分子物质（亚硝酸钠等）和大分子物质（非肉蛋白、碳水化合物等）是畜禽食品加工过程中常使用的辅料和添加剂，其会对畜禽蛋白质的构象造成可逆或不可逆的修饰，从而改变畜禽蛋白质的功能特性，进而影响畜禽食品的品质。该项目主要围绕畜禽蛋白质结构与功能这一科学问题展开研究工作，聚焦畜禽食品加工过程中的行业问题、共性问题，具体在成熟嫩化、凝胶、乳化、护色、保水、风味稳定性等方面凝练关键科学问题。通过揭示蛋白质功能特性与分子间互作对畜禽食品品质的调控机制，为畜禽食品品质精细调控体系的建立起到了重要的支撑作用，从而提升畜禽食品的加工技术水平。本项目的研究工作拓展并深化了畜禽食品加工过程中品质调控的理论基础。

围绕该项目，申报团队获批国家及省部级研究项目13项，其中国家自然科学6项，地区基金1项，获批博士后基金面上项目2项，博士后基金特别资助项目1项，陕西省重点研发计划项目3项；申请及获批专利10件；会议汇报6次；发表SCI论文30余篇，其中代表性论文5篇，均为中科院1区TOP期刊。

推荐该项目申报2021年度陕西省自然科学奖二等奖。

### 三、项目简介：

蛋白质是畜禽食品的重要组分之一，对畜禽类食品的品质具有决定作用。蛋白质与脂类和碳水化合物相比具有更加复杂的高级结构，且蛋白质的高级结构容易受到应激而产生变化，导致蛋白质功能特性的变化。畜禽食品中蛋白质结构与功能特性之间的关系研究较晚，这对畜禽食品的加工与质量控制构成了挑战。

该项目聚焦畜禽食品加工过程中的行业问题、共性问题，具体在嫩度、凝胶、乳化、护色、保水、风味稳定性等方面凝练关键科学问题，围绕畜禽蛋白质结构与功能这一科学问题展开研究工作，取得以下科学发现：

1、揭示了蛋白-天然小分子互作对畜禽食品蛋白质功能特性的影响规律及机制

天然有机小分子已经广泛添加到畜禽食品中，起到保鲜、护色、保水等作用，从而维持畜禽食品的品质稳定和延长货架期。该项目研究了畜禽食品中蛋白与多酚、小分子还原糖之间的相互作用规律及机制。

1.1 揭示了蛋白-多酚互作对畜禽食品蛋白质功能特性的影响规律及机制

项目研究了多酚与肌原纤维蛋白（MP）共价和非共价相互作用的规律，研究了蛋白-多酚互作对MP理化、结构、流变特性、热力学稳定性的影响，进一步探究了多酚对蛋白凝胶特性、乳化特性和凝胶微观结构的影响。分析了多酚类型、添加量、盐浓度对蛋白性质以及乳化凝胶特性的影响规律及机制。研究发现添加表没食子儿茶素没食子酸酯（EGCG）和迷迭香酸（RA）可以显著阻止MP的氧化水平。但是高剂量EGCG（1000ppm）和RA（300µM/g）会通过巯基-醌和氨基-醌迈克尔加成反应，对MP造成不可逆的修饰，致使MP乳化凝胶特性受到损伤，最终导致蛋白凝胶的保水性、乳化特性和凝胶强度变差。研究发现，较高浓度的盐可以使MP充分的吸水溶胀，从而更利于其与EGCG和RA发生相互作用，对MP凝胶品质的影响更加显著。项目研究说明使用多酚作为抗氧化剂时，剂量并不是越高越好。然而，与合成抗氧化剂相比，多酚通常需要较高的添加剂量才能起到有效持久的抗氧化作用。因此，急需控制蛋白-多酚的相互作用，提高多酚在畜禽食品中的添加剂量。项目研究发现*β*-环糊精及其衍生物通过对EGCG的包合作用，显著抑制了高剂量EGCG通过氨基-醌和巯基-醌迈克尔加成反应对MP的过度修饰，从而改善了MP凝胶强度，且抑制能力顺序为甲基-*β*-环糊精>（2-羟丙基）-*β*-环糊精>*β*-环糊精。此外，项目研究发现支链淀粉与EGCG的亲和力高于季铵盐壳聚糖、卡拉胶、黄原胶、羧甲基纤维素与EGCG的亲和力，支链淀粉可以阻止EGCG引起的MP游离氨基和巯基的损失，从而改善了高剂量EGCG引起MP凝胶的蒸煮损失。依据上述研究结果，我们建立了蛋白-多酚互作的控制技术体系，显著提高了多酚的添加剂量。项目研究成果为多酚作为天然抗氧化剂在畜禽凝胶食品加工过程中的应用提供了理论依据。

1.2 揭示了糖基化修饰对蛋白质功能特性的影响规律及机制

非酶糖基化修饰会影响蛋白质对风味物质的吸附功能特性。风味品质是食品最为重要的品质之一。具有高级结构的蛋白质与风味物质之间的相互作用非常复杂。因此，研究蛋白质对风味物质的吸附作用，对畜禽类高蛋白食品具有非常重要的意义。该项目研究采用液态糖基化的方法，利用葡萄糖和葡萄糖胺修饰蛋白质，发现糖基化可以使蛋白质的结构展开，暴露更多的风味结合位点，从而提高蛋白质对醛类风味物质的吸附能力。在竞争性吸附体系中，葡萄糖糖基化修饰可以使蛋白质结构展开，且使蛋白质的螺旋结构转变为更加柔性灵活的折叠结构，所以对长碳链醛类风味物质吸附能力显著提升。葡萄糖胺糖基化修饰可以显著引起蛋白质的聚集，使暴露的结合位点被掩盖，所以短碳链的醛类风味物质更容易与结合位点相互作用。

进一步的研究表明，参与肉蛋白非酶糖基化的主要氨基酸为赖氨酸。糖基化蛋白与风味物质相互作用的主要部位为肌球蛋白重链，且风味物质可诱导糖基化蛋白形成二硫键聚集，进一步破坏糖基化蛋白质的三级结构。参与糖基化蛋白与风味物质非共价结合的主要作用力为疏水相互作用力。参与糖基化蛋白与风味物质共价结合的主要基团为游离氨基和游离巯基。葡萄糖和半乳糖糖基化修饰可以抑制肌球蛋白的热聚集行为，暴露较多的风味结合位点，且具有较高的游离氨基和游离巯基含量，所以对醛类风味物质的吸附能力有显著提高。而利用核糖糖基化修饰蛋白质则会引起蛋白过度聚集，加之较低的游离氨基和游离巯基含量和较弱的表面疏水性，导致醛类风味物质与蛋白的结合能力被极大削弱。项目成果为改善畜禽食品风味稳定性提供了理论依据。

2、揭示了蛋白-无机小分子互作对畜禽蛋白质功能特性的影响规律及机制

无机小分子通过调节离子强度、修饰蛋白质及发色作用，对畜禽蛋白的功能特性具有重要的调控作用。该项目研究了亚硝酸盐对畜禽食品中蛋白的功能特性的影响规律及机制。

腌腊肉制品是我国最为典型的传统肉制品之一。亚硝酸钠（NaNO2）是腌腊肉制品重要的品质改良剂。该项目研究了NaNO2（0, 50, 100, 200, and 400 mg/kg）对MP理化特性、结构特性及肉制品品质的影响。研究发现NaNO2对肉中蛋白质具有促氧化和抗氧化的双向作用。促氧化作用表现为游离巯基的显著减少和二硫键的显著增加；抗氧化作用表现为羰基含量和表面疏水性显著降低，游离氨基含量显著升高，并且NaNO2的抗氧化特性具有剂量依赖性，可以显著降低MP的羰基、二酪氨酸的形成和蛋白质的变性。NaNO2通过诱导形成3-硝基酪氨酸（3-NT）使MP发生了亚硝基化。进一步研究发现生火腿中3-NT含量与蛋白的巯基含量和表面疏水性呈显著负相关；熟火腿中3-NT含量与蛋白的羰基、巯基和浊度呈显著负相关，与二硫化物含量呈显著正相关。研究结果表明3-NT是生或熟肉制品中蛋白质氧化的潜在标志物。项目研究结果有助于了解亚硝酸钠对肉制品品质的影响规律及机制，从而为腌腊肉制品的品质控制提供理论依据。

3、蛋白因子在宰后肉成熟过程中对嫩度品质的调控机制

细胞凋亡关键蛋白因子caspase-3可以影响肉类成熟过程，从而提高肉的嫩度。利用低频高强度超声（40kHz, 1500W）处理屠宰后成熟过程中的鸡肉，超声波处理使caspase-3的活性显著高于对照组，并且超声处理使caspase-3的特异性底物α-spectrin产生特殊的120kDa的激活条带。SDS-PAGE结果显示诱导凋亡处理后30 kD 的肌钙蛋白-T（Troponin-T）降解片段条带强度明显高于对照组。电镜观察发现超声波处理在鸡肉成熟中的前3天能显著提高肌原纤维的水解。本研究表明，细胞凋亡关键蛋白酶家族caspase-3与肉类嫩化存在一定的关联性。低频高强度超声（40kHz, 1500W）处理宰后鸡肉30分钟或60分钟显著提高了Ca2+激活酶（calpain）的活性，同时也降低了Ca2+激活酶抑制剂（calpastatin）条带的强度。这些研究表明caspase-3通过降低calpain的抑制剂calpastatin上调calpain，进而在鸡肉的成熟过程中发挥作用。该研究完善了宰后肉类成熟理论，全面地研究了宰后肉类成熟阶段的生物化学变化，拓宽并丰富了肉类成熟的机制，为肉类嫩度品质的调控提供理论指导。进一步研究发现，低频和高功率超声处理可以诱导细胞凋亡级联反应，降解了肌原纤维，促进了肉的成熟嫰化。

此外，在鸡肉的宰后成熟过程中，免疫印迹结果显示细胞凋亡死亡受体通路中关键蛋白因子fas、fas-L和caspase-8、caspase-3被激活。同时，细胞凋亡线粒体通路中关键蛋白因子caspase-9、细胞色素c、bax和tbid的活性显著提高。肌细胞的细胞核出现了凋亡过程中细胞核典型的浓缩现象，同时线粒体发生了显著的破损情况，超声波处理使这种现象更加的剧烈，细胞凋亡的形态学特征全面出现。说明在宰后成熟过程中，细胞凋亡激活，其中的关键蛋白因子调控了宰后鸡肉的结构变化。肌肉组织结构苏木精-伊红染色显示，超声处理使肌纤维束间隙增大。进一步，超声波处理显著降低了鸡胸的剪切力。这项研究的结果表明，超声波通过激活细胞凋亡过程中的关键蛋白因子，引起肌原纤维降解，最终提高了肉质的嫩度。项目研究结果为改善宰后肉的嫩度品质提供了理论依据。

4、揭示了蛋白-天然大分子互作对食品蛋白质功能特性的影响规律及机制

4.1揭示了生物膜表层蛋白（BslA）、细菌纤维素(BC)及微晶纤维素(MCC)对MP和肉糜凝胶特性的影响规律与机制

该项目首先从纳豆中提取了BslA。研究发现BslA具有超强的亲水特性。随着BslA比例的增加(30 mg/mL; 0.001, 0.005, 0.01, 0.05 和 0.1 g/kg)，肌原纤维蛋白（MP）凝胶的蒸煮损失显著降低。研究发现BslA通过非二硫键修饰了MP，并改变了其结构。BslA显著降低了蛋白的表面疏水性，显著提高了蛋白凝胶的储能模量。扫描电镜分析发现BslA使蛋白凝胶结构更加均匀多孔。总之，添加0.01g/kg BslA显著改善了蛋白凝胶的结构，提高了蛋白凝胶的持水性能。

该项目探究了BC和MCC对鸡肉糜凝胶品质及蛋白性质的影响。研究发现BC不影响肉蛋白的变性与化学基团的变化，表明BC与蛋白质之间的作用力属于非共价相互作用。肉糜凝胶的水分损失率随BC添加量的增加而降低，当BC添加量为1.0%时水分损失率最低。随BC添加量的增加，肉糜凝胶中油滴尺寸逐渐减小且分布更加均匀。BC和肉糜凝胶中蛋白质良好兼容，且使肉糜凝胶的微观结构更加紧凑。MCC也可以改善肉糜凝胶的品质，但改善效显著低于BC。研究结果表明添加BC和MCC均可以改善肉糜凝胶的品质特性，且BC的效果显著优于MCC。项目研究成果为肉糜凝胶制品的控制提供了理论依据。

4.2 揭示了大豆分离蛋白和纳米细菌纤维素的相互作用规律及机制，建立了利用大豆分离蛋白-纳米纤维素复合凝胶作为动物源脂肪的替代技术

近几年低脂低热量食品受到了消费者的喜爱，所以减脂成为了食品领域的研究热点问题之一。该项目研究采用大豆分离蛋白（SPI）和纳米细菌纤维素（Nano-BC）复合凝胶(Nano-BC：SPI, 1：20、1：15、1：10、1：5)来替代动物源脂肪。研究发现Nano-BC通过氢键和疏水相互作用作用，显著提了高复合凝胶的热稳定性、流变特性和乳化特性。低浓度的Nano-BC与SPI具有良好的生物相容性(Nano-BC：SPI, 1：20、1：15、1：10)，并且Nano-BC/SPI（1:20）与奶油具有相似的质构特性。在冰淇淋模型中，采用Nano-BC/SPI（1:20）复合物替代20%奶油，得到了低脂、耐融、质构良好的低脂冰淇淋。研究结果表明动物源脂肪替代技术可以有效降低畜禽食品中的脂肪含量。为开发低脂畜禽食品提供技术指导。

4.3揭示了蛋白与多糖的相互作用规律及机制，建立了活性气凝胶吸水垫和可食用活性膜的保鲜包装技术。项目研究成果为开发低脂畜禽食品提供了依据。

该项目研究了纳米铜粒子的绿色制备技术，合成的纳米铜粒子对大肠杆菌，沙门氏菌，金黄色葡萄球菌和李斯特菌都展示了良好的抑菌活性，且抑菌能力呈现剂量依懒性。研究了纳米铜粒子脂质体包埋技术，显著降低了纳米铜粒子的迁移释放。进一步利用双醛淀粉交联制备了纳米铜粒-壳聚糖/双醛淀粉吸水气凝胶垫，研究结果表明吸水抑菌气凝胶垫的使用能明显延长冷鲜猪肉的货架期。该项目研究了利用羧甲基纤维素/海藻酸钠/壳聚糖原位合成纳米银粒子的制备技术，其中利用羧甲基纤维素制备的纳米银粒子抑菌活性较好，且性质稳定。进一步利用纳米细菌纤维素和柠檬酸制备了羧甲基纤维素-纳米银粒子-细菌纤维素-柠檬酸吸水气凝胶垫，研究结果表明吸水抑菌气凝胶垫的使用能明显延长冷鲜牛肉的货架期。该项目研究了明胶、酒糟蛋白、纳米细菌纤维素、壳聚糖、土豆皮、EGCG及姜黄素之间的相互作用规律及机制。在此基础上建立了可食用活性包装膜的制备技术，所制备的可食用活性包装膜可以有效地清除自由基，起到抗氧化的作用，从而显著延长了冷鲜猪肉的货架期。项目研究成果为延长冷鲜肉的货架期提供了理论依据。

总之，该项目揭示了蛋白质功能特性与分子间互作对畜禽食品品质的调控机制，为畜禽食品品质精细调控体系的建立起到了重要的支撑作用，从而提升畜禽食品的加工技术水平。该项目的研究工作拓展并深化了畜禽食品加工过程中品质调控的理论基础。围绕该项目，申报团队获批国家及省部级研究项目13项，其中国家自然科学基金面上项目4项，国家自然科学基金青年项目2项，地区基金1项，获批博士后基金面上项目2项，博士后基金特别资助项目1项，陕西省重点研发计划项目3项；申请及获批专利10件；会议汇报6次；发表SCI论文30余篇，其中代表性论文5篇（见代表性论文专著目录），累积影响因子大于30，平均影响因子6，被引151次，其中SCI他引103次，单篇最高SCI他引29次。

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

该项目围绕肉嫩度、凝胶、乳化、护色、保水及风味稳定性等方面的行业问题和共性问题，解析了畜禽蛋白-小分子/大分子互作的规律和机制，为畜禽食品品质精细调控体系的建立起到了重要的支撑作用，提升了畜禽食品的加工技术水平。该项目的研究工作拓展并深化了畜禽食品加工过程中品质形成的理论基础。研究成果发表于食品领域顶级SCI收录期刊Journal of agricultural and food chemistry(论文1,2)、Food Chemistry(论文3、5)、Carbohydrate Polymers(论文4)，以上均为中科院1区Top期刊，得到国内外同行的引用与认可，部分国内外著名专家的公开评价如下：

**国际知名生物材料学专家，首尔大学知名教授Hwang, Nathaniel S.等**在生物材料与生物医学领域Top期刊“Biomaterials, 2020, 242: 119905” 上发表的研究论文中充分肯定了该项目中相关的“单个EGCG更容易氧化生成醌，从而发挥抗氧化作用的科学发现：the oxidative reaction of EGCG generates multiple quinones in single EGCG compared to one quinone in single oxidized L-tyrosine”。（代表性引文1，附件6）

**国际肉类科学技术专家、哥本哈根大学学者Per Ertbjerg等**在食品科学领域Top期刊“Food chemistry, 2017, 230-271” 上发表的研究论文中充分肯定了该项目中有关“蛋白质在氧化应激条件下所形成的化学交联：Other than disulfide bond, dityrosine bridges or amide bonds between amino groups of lysine and carbonyls ......”。（代表性引文2，附件7）

**国际食品科学院院士、中国畜产品加工研究会会长周光宏教授等**在食品科学领域Top期刊“Food Chemistry, 2018, 245: 724-730” 上发表的研究论文中充分肯定了该项目提出的“细胞凋亡的发生提高了ca2+激活酶的活性，进一步引起了肌原纤维的水解：The induction of apoptosis activates calpain, which then could lead to myoﬁbrillar proteolysis”。（代表性引文3，附件8）**。**

**巴西热带研究所知名学者Henriette M. C. Azeredo等**在食品科学领域权威期刊“Frontiers in Sustainable Food Systems, 2019, 3, 7”联合发表的专题综述中充分肯定了该项目有关“大豆分离蛋白与细菌纤维素复合凝胶替代动物源脂肪技术：The thermal stability, texture, rheological, and emulsifying properties ...... presented the most similar texture to the regular ice cream (with 30% cream) as well as improved melting resistance”。该引文为ESI高被引论文。（代表性引文4，附件9）

**国家万人计划青年拔尖人才，食品蛋白质研究专家谢建华教授等**在食品科学领域Top期刊“Carbohydrate Polymers, 2020, 242: 724-730” 上发表的研究论文中采纳了该项目中提出的肌原纤维蛋白与迷迭香酸互作调控蛋白凝胶特性的评价体系“The gel samples were taken out from the refrigerator and equili-brated to room temperature (25 °C, 2 h) for the TPA test......”。（代表性引文5，附件10）

### 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 | Emulsifying Properties of Oxidatively Stressed Myofibrillar Protein  Emulsion Gels Prepared with (−)-Epigallocatechin-3-gallate and NaCl | Journal of Agricultural and Food Chemistry | Xianchao Feng, Lin Chen, Na Lei, Shuangxi Wang, Xinglian Xu, Guanghong Zhou, Zhixi Li | 2017,65(13):2816-2826 | 2017.3.7 | 冯宪超 | 冯宪超 | 陈琳，雷娜，王双喜，徐幸莲，周光宏，李志西 | 29 | web of science | 是 |
| 2 | Potential Biomarker of Myofibrillar Protein Oxidation in Raw and  Cooked Ham: 3‑Nitrotyrosine Formed by Nitrosation | Journal of Agricultural and Food Chemistry | Xianchao Feng, Chenyi Li, Niamat Ullah, Robert M. Hackman, Lin Chen, and Guanghong Zhou | 2015,30;63(51):10957-10964 | 2017.8.26 | 冯宪超 | 冯宪超 | 李晨怡，陈琳，周光宏 | 13 | web of science | 是 |
| 3 | Effects of ultrasonic processing on caspase-3, calpain expressionand myofibrillar structure of chicken during post-mortem ageing | Food Chemistry | Lin Chen, Xian-Chao Feng, Ying-yang Zhang, Xue-bo Liu, Wan-gang Zhang, Chun-bao Li,Niamat Ullah, Xing-lian Xu, Guang-hong Zhou | 2015,15;177:280-287 | 2017.6.15 | 周光宏 | 陈琳 | 冯宪超，张英阳，刘学波，张万刚，李春保，徐幸莲，周光宏 | 18 | web of science | 是 |
| 4 | Nano-bacterial cellulose/soy protein isolate complex gel as fat substitutes inice cream model | Carbohydrate Polymers | Yan Guo, Xianhao Zhang, Wenhui Hao, YumeiXie, Lin Chen, Zhixi Li, Beiwei Zhu, Xianchao Feng | 2018,15;198:620-630 | 2018.6.18 | 冯宪超 | 郭艳 | 张先豪，郝文慧，  谢玉梅，陈琳，李志西，朱蓓薇 | 21 | web of science | 是 |
| 5 | Dose-dependent effects of rosmarinic acid on formation of oxidativelystressed myofibrillar protein emulsion gel at different NaCl concentrations | Food Chemistry | Shuangxi Wang, Yumeng Zhang, Lin Chen, Xinglian Xu, Guanghong Zhou, Zhixi Li, Xianchao FengYongxing Cui, Shiqing Li | 2018,15;243:50-57 | 2017.9.22 | 冯宪超 | 王双喜 | 张雨萌，陈琳、徐幸莲，周光宏，李志西 | 22 | web of science | 是 |
| 合计 | | | | | | | | | 103 | web of science | 是 |
| **补充说明（视情填写）：无** | | | | | | | | | | | |

### 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** | **对该项目技术创造性贡献** |
| 冯宪超 | 1 | 无 | 西北农林科技大学 | 发现多酚可通过迈克尔加成反应修饰肌原纤维蛋白，且不同多酚由于羟基含量和结构不同与蛋白的相互作用强度不同；发现β-环糊精类衍生物和支链淀粉可有效阻止多酚-蛋白互作，提高多酚添加量；发现EGCG可直接与丙二醛（MDA）反应形成缀合物，从而抑制MDA对肌原纤维蛋白的损伤；发现糖基化可以显著改善肌原纤维蛋白对醛类风味物质的吸附能力，且与还原糖的性质有关；发现亚硝酸钠可以修饰肌原纤维蛋白的酪氨酸残基形成3-硝基酪氨酸；发现生物膜表层蛋白（BslA）、细菌纤维素(BC)及微晶纤维素(MCC)可以显著改善肌原纤维蛋白凝胶的品质；建立了利用大豆分离蛋白-纳米纤维素复合物的动物源脂肪替代技术；建立了活性气凝胶吸水垫和可食用活性膜的保鲜包装技术。对应重要科学发现的1.1, 1.2, 2, 4.1, 4.2和4.3。 |
| 陈 琳 | 2 | 无 | 西北农林科技大学 | 发现利用低频高强度超声（40kHz, 1500W）处理屠宰后成熟过程中的鸡肉，超声波处理使caspase-3的活性显著增高。免疫印迹结果显示细胞凋亡死亡受体通路中关键蛋白因子fas、fas-L和caspase-8被激活。同时，细胞凋亡线粒体通路中关键蛋白因子caspase-9、细胞色素c、bax和tbid的活性显著提高。超声波处理使肌细胞的细胞核出现了凋亡过程中细胞核典型的浓缩现象，同时线粒体发生了显著的破损情况。说明在宰后成熟过程中，细胞凋亡的形态学特征全面出现，其中的关键蛋白因子调控了宰后鸡肉的结构变化。电镜观察发现超声波处理在鸡肉成熟中的前3天能显著提高肌原纤维的水解。本研究表明，细胞凋亡关键蛋白酶家族caspase-3与肉类嫩化存在一定的关联性。超声处理宰后鸡肉显著提高了Ca2+激活酶（calpain）的活性，同时也降低了Ca2+激活酶抑制剂（calpastatin）条带的强度。这些研究表明caspase-3通过降低calpain的抑制剂calpastatin上调calpain，进而在鸡肉的成熟过程中发挥作用。该研究完善了宰后肉类成熟理论，全面地研究了宰后肉类成熟嫩化的生物化学变化，拓宽并丰富肉类成熟的机制，为肉类嫩度品质的调控提供理论依据，对应于重要科学发现的3。 |

### 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，为该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。在该项目中，全面开展了蛋白质功能特性与分子间互作对畜禽食品品质的调控机制等方面的工作，为畜禽食品品质精细调控体系的建立起到了重要的支撑作用，提升了畜禽食品的加工技术水平。 |

### 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，项目合作** | **陈琳/2** | **2007** | **2019** | 代表性论文1-5 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  该项目第1完成人冯宪超教授与第2完成人陈琳副教授同属西北农林科技大学食品科学与工程学院的同一个科研组，共同开展项目的研究工作，合作撰写发表论文（代表作1-5）及相关专利。 | | | | | |

一、项目名称：土壤水热过程与模拟

二、提名者及提名意见**（不超过600字）：**

**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的融合、交叉与发展。因此，同意推荐陕西省自然科学奖二等及以上。

### 三、项目简介：不超过2页

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朔性、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。究其原因是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，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，完善了剖面和不同尺度未冻土热特性测量的方法体系，突破了-5~0 oC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。
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。
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。

相关研究成果在Reviews of Geophysics (IF2019=21.4)、Earth-Science Reviews (IF2019=9.7)、Advances in Agronomy (IF2019=5.3)、Agricultural and Forest Meteorology (IF2019=4.6)、Journal of Hydrology (IF2019=4.5)、Geoderma (IF2019=4.8)、等地学领域国际一流期刊发表论文38篇，其中SCI收录31篇，Google Scholar总被引用510余次。同时，研究成果申请中国专利10件(已授权3件)、申请国际专利3件（已授权2件）、登记软件著作权3件。项目申请人何海龙先后入选“陕西省青年科技新星”、陕西省高校第三批“青年杰出人才支持计划”、第七届中国土壤学会“优秀青年学者”、第二批“秦岭生态环境保护青年学者”、《联合国防治荒漠化公约》履约专家库专家、西北农林科技大学“青年英才培育计划”等；荣获“陕西高等学校科学技术奖”特等奖（1/4）。

### 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）不超过2页

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 λdry performs best among the 4 λdry 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）三个主流土壤学杂志副编辑（Associate Editor），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

**（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,所列论文专著应公开发表2年以上（即2019年3月31日前））**

| **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）  Bingcheng Si （司炳成） | 19 | Web of Science | 是 |
| 2 | Distributed temperature sensing for soil physical measurements and its similarity to heat pulse method | Advances in Agronomy | Hailong He,  Miles Dyck,  Robert Horton,  Min Li,  Huijun Jin,  Bingcheng Si | 2018, 148: pp. 173-230 | 2018.03 | Hailong He（何海龙）Bingcheng Si （司炳成） | Hailong He（何海龙） | Hailong He（何海龙）  Jialong Lv （吕家珑）  Min Li （李敏）  Huijun Jin （金会军） | 10 | Web of Science | 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,  Jinxin Wang | 2017, 12: 1281-1300 | 2017.06 | Hailong He（何海龙）  Jialong Lv （吕家珑）  Jinxin Wang （王进鑫） | Hailong He（何海龙） | Hailong He（何海龙）  Ying Zhao （赵英）  Bingcheng Si （司炳成）  Huijun Jin（金会军）  Jialong Lv （吕家珑）  Jinxin Wang （王进鑫） | 22 | Web of Science | 是 |
| 4 | Evaluation of five composite dielectric mixing models for understanding relationships between effective permittivity and unfrozen water content | Cold Regions Science and Technology | Hailong He,  Miles Dyck,  Ying Zhao,  Bingcheng Si,  Huijun Jin,  Tingjun Zhang,  Jialong Lv,  Wang, Jinxing | 2016, 130: 33-42. | 2016.10 | Jialong Lv （吕家珑）  Jinxing Wang （王进鑫） | Hailong He（何海龙） | Hailong He（何海龙）  Ying Zhao （赵英）  Bingcheng Si （司炳成）  Huijun Jin（金会军）  Jialong Lv （吕家珑）  Jinxin Wang （王进鑫） | 11 | 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）  Jialong Lv （吕家珑） | 9 | Web of Science | 是 |
| 合计 | | | | | | | | |  |  |  |
| **补充说明（视情填写）：** | | | | | | | | | | | |

### 六、主要完成人情况（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖单项授奖人数不超过6人）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 |
| 王进鑫 | 4 | 教授 | 西北农林科技大学 | 承担土壤水热特性预测模型开发和评价工作，发表论文 |
| 李 敏 | 5 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 承担完成分布式光纤温度传感器开发和应用 |

### 七、主要完成单位情况（一等奖、二等奖完成单位不超过3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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 | 2019.03 | 论著1~5，成果1~3 |
| 2 | 论文合著 | 司炳成/3 | 2015.06 | 2019.03 | 论著1~4，成果1~3 |
| 3 | 论文合著 | 王进鑫/4 | 2015.06 | 2019.03 | 论著3~5，成果1~3 |
| 4 | 论文合著 | 李敏/5 | 2018.03 | 2019.03 | 论著2，成果1 |
| 5 | 共同获奖 | 吕家珑/2、司炳成/3、李敏/5 | 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、王进鑫、李敏，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。 | | | | | |

一、项目名称：葡萄抗逆关键转录因子发掘及功能解析

### 二、提名者及提名意见（不超过600字）：

**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：**葡萄在世界水果生产中占有重要的位置，可用于鲜食、酿酒、制干和制汁等，经济价值较高，已成为我国农民致富、助力脱贫的支柱产业。我国1/3以上的葡萄种植于干旱和半干旱主产区，葡萄生产过程中易遭受干旱及葡萄灰霉病、白粉病等逆境胁迫的影响，每年由此造成的危害和产量损失巨大，严重制约我国葡萄产业的健康发展。转录因子是植物适应逆境胁迫的重要的调控因子，筛选并发掘葡萄抗逆关键转录因子，明确其抗逆功能，对于加速葡萄抗逆分子育种进程，创制抗逆葡萄新种质，选育抗逆优质葡萄新品种有重要的理论意义和应用价值。

本项目针对我国葡萄产业面临干旱及葡萄灰霉病、白粉病等重大产业问题，以创制抗逆优质葡萄新种质材料为目标，建立了葡萄抗逆重要转录因子筛选的理论方法和技术体系，发掘出了葡萄抗逆关键转录因子15个，解析了葡萄关键转录因子基因抗白粉病、灰霉病功能，阐明了葡萄关键转录因子基因抗旱功能，系统构建了基于葡萄抗逆关键转录因子的葡萄抗逆分子育种体系，创制了一批抗逆葡萄新种质，为葡萄抗逆胁迫分子育种提供了重要的基因资源和育种策略。本项目发表SCI论文24篇，论文被引用1043次，5篇代表作论文共被引用575次，其中他引497次，在Plant Biotech. J.（IF=8.154）和J.Exp. Bot.（IF=5.908）上发表的2篇论文入选ESI高被引论文。代表性论文1被评为Plant & Animal Science学术领域最优秀的top 1%之列，获得了Wiley Top Cited Paper Award。

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一等奖及以上。

### 三、项目简介：不超过2页

我国是世界葡萄生产与消费第一大国，葡萄产业在我国国民经济中占据重要地位，其中我国1/3以上的葡萄种植于新疆、宁夏、陕西等干旱和半干旱产区。然而葡萄生产过程中常遭受干旱及葡萄灰霉病、白粉病等逆境胁迫的影响，每年由此造成的减产损失约为30～40%，严重可达60%以上。转录因子是植物适应逆境胁迫的重要调控因子，发掘葡萄抗病、抗旱关键转录因子，解析抗逆功能，可为葡萄抗逆育种提供重要的理论依据。本项目自2007年开始，在4项国家自然科学基金面上项目的持续资助下，结合葡萄全基因组和重要转录因子保守结构域关联分析技术，筛选出葡萄抗逆重要转录因子家族5个，综合利用用基因时空表达分析及异源、同源转化分析发掘出葡萄抗白粉病、灰霉病关键转录因子15个，发掘出葡萄抗旱关键转录因子3个，系统建立了葡萄抗逆关键转录因子筛选的理论方法和技术体系，带动了我国园艺作物利用全基因组分析技术发掘抗病、抗旱等重要生物学性状重要转录因子研究的发展；首次建立了葡萄基因组分子育种技术体系，解析了葡萄抗白粉病、灰霉病及抗旱关键转录因子基因功能及其调控机理，加速了葡萄功能基因组学的研究进展，创制出一批葡萄抗逆新种质，为推动葡萄抗逆分子育种发展奠定了重要理论和育种应用基础。取得的重要科学发现如下：

**（1）建立了葡萄抗逆重要转录因子筛选的理论方法和技术体系，筛选出了葡萄抗逆关键转录因子基因。**

采用全基因组关联分析技术系统鉴定了葡萄抗旱，抗白粉病、灰霉病重要转录因子WRKY、ERF、TIFY、bZIP和SBP等5个家族成员共256个，分析了家族成员组成、基因结构、进化及同线性关系和对抗旱、抗病逆境胁迫的响应模式，筛选出葡萄抗旱，抗白粉病、灰霉病关键转录因子共15个，系统建立了葡萄抗逆关键转录因子筛选的理论方法和技术体系。该方法体系被美国、英国、德国、法国、澳大利亚和意大利等国内外31个国家的学者跟踪研究，为高效筛选关键转录因子基因进行功能研究提供了理论依据，带动我国园艺作物乃至农作物利用全基因组分析技术发掘抗逆重要转录因子研究的发展。

**（2）解析了葡萄关键转录因子基因抗白粉病、灰霉病功能及其调控机理，为葡萄抗病分子育种提供重要的基因资源。**

明确了TIFY、WRKY和ERF转录因子家族成员在葡萄白粉菌和灰霉菌胁迫下的转录变化规律，功能研究发现*VqJAZ4*、*VqJAZ7* 、*VlWRKY3*、*VlWRKY48*和*VqWRKY52*是葡萄抗白粉病正调控因子，过表达能显著提高转基因植株对白粉病的抗性；而*VpWRKY11*是抗白粉病负调控因子，能被E3泛素连接酶EIRP1降解从而提高葡萄的抗病性；同时鉴定到葡萄抗灰霉病的负调控因子*VlWRKY3*和*VqWRKY52*以及葡萄抗灰霉病正调控因子*VaERF20*。研究结果获得了一批重要的转基因抗病葡萄新种质，为葡萄抗病分子育种提供了宝贵的基因资源。

**（3）阐明了葡萄关键转录因子基因抗旱功能，揭示了葡萄关键转录因子基因调控表达机理，为葡萄抗旱分子育种提供重要的理论依据。**

系统鉴定了葡萄bZIP和SBP转录因子家族各成员响应干旱胁迫的表达模式，功能研究发现过表达*VlbZIP30*、*VlbZIP36*、*VqbZIP39*、*VlWRKY3*、*VlWRKY48*和*VpSBP16*能显著提高植物的抗旱性，研究结果丰富了葡萄转录因子参与调控干旱胁迫的理论基础，为葡萄抗旱分子育种提供了重要的理论依据，对改良葡萄抗旱性具有重要的理论和实践价值。

**（4）系统构建了基于转录因子的葡萄抗逆分子育种体系，创制了葡萄抗逆新种质材料。**

利用全基因组关联分析技术发掘葡萄抗逆的关键转录因子，通过逆境胁迫明确其转录变化规律，结合启动子活性分析和瞬时转化等手段筛选关键抗逆转录因子；其次利用葡萄遗传转化进一步明确其抗逆功能；对于抗逆正调控因子，构建了功能获得抗逆新种质创制技术体系，对于负调控因子，构建了基于CRISPR/Cas9的葡萄功能缺失抗逆新种质创制技术体系；利用CRISPR/Cas9技术实现了葡萄的转录因子*VvWRKY52*的高效打靶，多靶点编辑效率平均达到18%，证明了基于CRISPR/Cas9技术能够实现葡萄精准编辑，获得葡萄抗逆新种质材料。该分子育种体系的建立加速了葡萄功能基因组学的研究进展，对发掘和利用葡萄抗逆基因改良抗病、抗旱生物学特性具有理论和实践意义，有望推动我国乃至世界葡萄分子育种进程。

本项目发表SCI论文24篇，论文被引用1043次，5篇代表作论文共被引用575次，其中他引497次，SCI引用共404次。代表论性文1（Plant Biotech. J.，IF=8.154）和代表性论文2（J. Exp. Bot.，IF=5.908）为ESI 前1%高被引论文，代表性论文1评为Plant & Animal Science学术领域最优秀的top 1%之列，获得了Wiley Top Cited Paper Award。

研究成果被相关领域国际权威学者的同行引用、高度评价与跟踪研究。该项目5篇代表性论文被Nature Comm.、Trends Plant Sci.、Genome Biol.、Critical Rev. Biotech.、Curr.Opin.Biotech.、Plant Cell、New Phyto.、Plant Physiol.、Plant Biotech. J.、Critical Rev. Plant Sci.、J.Integ. Plant Bio.、Horti. Res.和J.Exp. Bot.等20多个国际知名期刊引用，先后被美国、英国、德国、法国、澳大利亚和意大利等31个国家的学者积极引用与肯定。

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）不超过2页**

该项目5篇代表性论文总他人引用575次，SCI引用共404次，先后被Nature Comm.、Trends Plant Sci.、Genome Biol.、Critical Rev. Biotech.、Curr.Opin. Biotech.、Plant Cell、New Phyto.、Plant Physiol.、Plant Biotech. J.、Critical Rev. Plant Sci.、J. Integ. Plant Bio.、Horti. Res.和J. Exp. Bot.等20多个国际知名期刊和中国科学院、国家自然科学基金委等重要机构，先后被美国、英国、德国、法国、澳大利亚、意大利等 31 个国家的学者积极引用与肯定。发表在Plant Biotech. J.（IF=8.154）的代表性论文 1 和发表在J.Exp. Bot.（IF=5.908）的代表性论文2自发表以来受到来自国内外200多个机构的专家及各界人士高度关注，被Web of Science认定为ESI高被引论文；代表性论文 1被评为Plant & Animal Science学术领域最优秀的top 1%之列，获得了Wiley Top Cited Paper Award奖励。

（一）在葡萄抗逆关键转录因子筛选的理论方法和技术体系建立方面，本项目自2012年共鉴定并发表葡萄抗逆关键转录因子家族SCI 论文7篇，发掘出了葡萄抗逆关键转录因子基因，带动了我国园艺作物乃至农作物利用全基因组分析技术发掘抗逆重要转录因子研究的发展。其中代表论文3自2013年发表以来，被国内外知名专家教授团队SCI 他人引用57次，其中有36次是关于利用全基因组分析技术鉴定植物中SBP转录因子家族，涉及到包括草莓（南京农业大学程宗明教授）、柑橘（华中农业大学郭文武教授）、棉花（美国东卡罗来纳大学特聘教授Zhang Baohong）等28种园艺作物和农作物；代表论文2自2014年发表以来，被国内外知名专家教授团队SCI 他人引用100次，其中有40次是关于利用全基因组分析技术鉴定植物中WRKY转录因子家族，涉及到36种园艺作物（西班牙海梅一世大学PerezClemente教授）、农作物（福建农林大学基因组与生物技术中心张积森教授）和中药材等（中国科学院梁宗锁教授）。

（1）华中农业大学作物遗传改良国家重点实验室何予卿教授发表在Nature Communications期刊上的论文积极肯定并引用了代表论文3的研究成果，认为“SBP转录因子可以通过与AAPs基因启动子区域激素响应元件的结合来直接转录调控AAPs基因的表达”。

（2）意大利系统生物学中心Paola Paci教授发表在Plant Cell期刊上的论文积极肯定并引用了代表论文3的研究成果，认为“SBP转录因子负相关调控葡萄发育相关的的许多开关基因，尤其是*SBP11*和*SBP2*/SBP15在葡萄营养发育和早期浆果发育中发挥着截然不同的作用，并且它们的表达在果实成熟时会显著下降”。

（3）美国肯塔基大学植物与土壤科学系和烟草研究与发展中心主任、首席研究员YuanLing 教授发表在Plant Physiology期刊上的论文积极肯定并引用了代表论文2的研究成果，认为“近年来除了已知的植物WRKY转录因子参与水杨酸和脱落酸响应途径外，Guo等在探索WRKY转录因子响应其他植物激素途径的研究中也做出了许多贡献”，并指出“葡萄WRKY转录因子家族中有80%的成员参与对茉莉酸途径的响应”。

（二）在解析葡萄关键转录因子基因抗逆功能方面，为葡萄抗病分子育种提供了重要的基因资源，研究方法和研究成果均获得国内外知名专家教授团队的积极认可和肯定。

（1）德国亚琛工业大学生物研究所植物分子细胞生物学系Hannah Kuhn教授发表在New Phytologist期刊上的论文积极肯定并引用了代表论文4的研究成果，他们发现中国野生葡萄E3泛素连接酶EIRP1通过促进基于蛋白酶体的负性转录调节因子*VpWRKY11*的降解来正向调节植物的免疫力。

（2）法国阿尔玛斯大学阿尔萨斯分校生物技术与环境实验室Pascale Maillot教授发表在Plant Biotechnology Journal期刊上的综述文章充分肯定了本课题组在葡萄抗病育种研究方面所作出的贡献，认为“在野生葡萄中鉴定出的抗病基因也可以用于创建转基因葡萄”，“中国野生华东葡萄白河-35-1株系对葡萄主要真菌病害表现出抗性，可以通过转基因技术定向改良欧洲葡萄品种抗病性”，特别指出代表论文4“*VpEIRP1*过表达可以增加感病材料的抗病性，并进一步积极评价“这些研究结果可用于葡萄遗传改良”。

（3）华中农业大学刘继红教授发表在Plant Physiology期刊上的论文和南京农业大学作物遗传与种质改良国家重点实验室张绍铃教授和黄小三教授发表在Plant Biotechnology Journal期刊上的论文积极肯定并引用了代表论文5的启动子瞬时表达测定方法来的方法改进的方法来确认目标基因和启动子顺势元件之间的相互作用。

（4）美国密苏里州立大学WilliamDarr农业学院葡萄生物技术中心辛海平博士发表在Horticulture Research期刊上的综述文章积极评价了本课题组在葡萄抗白粉病研究方面所作出的贡献，肯定了“中国野生华东葡萄种质具有对白粉病的抗性遗传基础”。

（三）在葡萄基因组编辑新种质创制技术体系建立方面，加速了葡萄功能基因组学的研究进展，推动了我国乃至世界葡萄分子育种进程。代表论文1连续两年被Plant Biotechnology Journal杂志评选为中国作者高被引论文前十，具体评价为“利用CRISPR/Cas9多靶点基因编辑系统在葡萄转基因植株中成功实现高效的基因编辑，建立了一套成熟的葡萄基因编辑体系。利用多靶点编辑系统，显著提高了转基因植株在第一代中的突变效率，证明多靶点编辑系统可以在第一代实现高效特异的对葡萄单个或多个基因进行编辑，为葡萄功能基因组学研究与葡萄基因修饰育种提供了新的研究手段”。

（1）阿卜杜拉国王科技大学基因组工程与合成生物学实验室Mahfouz教授在Genome Biology（2020, 21, 289）期刊上发表的论文积极肯定并引用了代表论文1的研究成果，认为“Wang等应用CRISPR技术成功打靶一个在葡萄中参与生物胁迫响应的重要基因*VvWRKY52*病提高了对葡萄灰霉菌的抗性”。

（2）加拿大农业和农业食品加拿大莱斯布里奇研究与发展中心Stacy Singer教授等在Critical Reviews in Plant Sciences（2020）期刊上发表的论文积极肯定并引用了代表论文1的研究成果，认为“尝试基于CRISPR/Cas的方法调节真菌的抗病性在近年来发展势头强劲，几种策略已经表现出很大的希望”。

（3）西班牙莱里达大学Changfu Zhu教授在Current Opinion in Biotechnology（2019， 59，93-102）期刊上发表的论文积极肯定并引用了代表论文1的研究成果，认为“在生物胁迫耐受性的背景下，使用四个gRNA靶向葡萄*VvWRKY52*基因，试图赋予真菌抗性”。

（4）意大利果树基因组和生物学研究与创新中心MickaelMalnoy教授等在Plant Biotechnology Journal（2020, 18, 845-858）期刊上发表的论文积极肯定并引用了表论文1的研究成果，认为“CRISPR/Cas9系统已成功应用于木本植物和非木本植物的基因功能研究和分子育种”。

### 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,所列论文专著应公开发表2年以上（即2019年3月31日前））**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 | CRISPR/Cas9-mediated efficient targeted mutagenesis in grape in the first generation | Plant Biotechnology Journal | Wang Xianhang, Tu Mingxing, Wang Dejun, Liu Jianwei, Li Yajuan, Li Zhi, Wang Yuejin, Wang Xiping | 2018, 16(4):844-855 | 2018年4月1日 | 王西平 | 王现行 | 是 | 84 | SCI-Expanded；CNKI | 是 |
| 2 | Evolution and expression analysis of WRKY gene family in grape | Journal of Experimental Botany | Guo Chunlei, Guo Rongrong, Xu Xiaozhao, Gao Min, Li Xiaoqin, Song Junyang, Zheng Yi, Wang Xiping | 2014, 65(6): 1513-1528 | 2014年4月1日 | 王西平 | 郭春磊 | 是 | 109 | SCI-Expanded；CNKI | 是 |
| 3 | Genomic organization, phylogenetic comparison and differential expression of the SBP-box gene family in grape | PLoS ONE | HouHongmin, LiJun, GaoMin, Stacy D. Singer, WangHao, FeiZhangjun, WangXiping | 2013, 8(3): e59358 | 2013年3月19日 | 王西平 | 侯鸿敏 | 是 | 61 | SCI-Expanded；CNKI | 是 |
| 4 | The Chinese wild grapevine (*Vitispseudoreticulata*)E3 ubiquitin ligase Erysiphenecator-induced RING finger protein 1 (EIRP1) activates plant defense responses by inducing proteolysis of the *VpWRKY11* transcription factor | NewPhytologist | Yu Yihe, Xu Weirong, Wang Jie, Wang Lei, Yao Wenkong, Yang Yazhou, Xu Yan, Ma Fuli, Du Yangjian, Wang Yuejin | 2013,200(3)：834-846 | 2013年11月1日 | 王跃进 | 余义和 | 是 | 96 | SCI-Expanded；CNKI | 是 |
| 5 | Expression and functional analysis of two genes encoding transcription factors, *VpWRKY1* and *VpWRKY2*, isolated from Chinese wild *Vitis pseudoreticulata* | Planta | Li Huie, Xu Yan, Xiao Yu, Zhu Ziguo, Xie Xiaoqing, Zhao Heqing, Wang Yuejin | 2010,232(6)：1325-1337 | 2010年11月1日 | 王跃进 | 李慧娥 | 是 | 147 | SCI-Expanded；CNKI | 是 |
| 合计 | | | | | | | | | 497 |  |  |
| **补充说明（视情填写）：** | | | | | | | | | | | |

六、主要完成人情况**（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖单项授奖人数不超过6人）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 王西平 | 1 | 无/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，对主要科学发现内容中1-4项作出创造性贡献，建立了葡萄抗逆重要转录因子筛选的理论方法和技术体系，筛选出了葡萄抗逆关键转录因子基因，解析了葡萄关键转录因子基因抗逆及其调控机理，构建了葡萄抗逆分子育种体系，创制了葡萄抗逆新种质材料。 |
| 王跃进 | 2 | 无/教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 对主要科学发现内容中2、3项作出创造性贡献，对4做出了贡献。解析了葡萄关键转录因子基因抗白粉病、抗旱功能及其调控机理，构建了葡萄抗逆分子育种体系。 |
| 李 智 | 3 | 无/副教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 与第1、第2完成人共同完成科学发现内容中1、4项，解析了葡萄关键转录因子基因灰霉病功能及其调控机理，构建了葡萄抗逆分子育种体系，创制了葡萄抗逆新种质材料。 |
| 王现行 | 4 | 无/讲师 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 与第1、第2完成人共同完成科学发现内容中1、4项，解析了葡萄关键转录因子基因灰霉病功能及其调控机理，构建了葡萄抗逆分子育种体系，创制了葡萄抗逆新种质材料。 |
| 高 敏 | 5 | 无/副教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 与第1完成人共同完成科学发现内容中2、3项，建立了葡萄抗逆重要转录因子筛选的理论方法和技术体系，筛选出了葡萄抗逆关键转录因子基因，解析了葡萄关键转录因子基因抗逆功能。 |

七、主要完成单位情况**（一等奖、二等奖完成单位不超过3个）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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。项目建立了葡萄抗逆重要转录因子筛选的理论方法和技术体系，解析了葡萄重要转录因子基因抗白粉病、灰霉病功能，阐明了葡萄重要转录因子基因抗旱功能，系统构建了基于转录因子的葡萄抗逆分子育种体系。 |

### 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 | 王西平/1、李智/3、王现行/4 | 2014年7月 | 2019年3月 | 代表性论文1 |
| 2 | 论文合著 | 王西平/1、高敏/5 | 2010年5月 | 2015年12月 | 代表性论文2，3 |
| 3 | 论文合著 | 王西平/1、王跃进/2 | 2000年1月 | 2019年3月 | 代表性论文1 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  王西平、王跃进、李智、王现行和高敏属于旱区作物逆境生物学国家重点实验室葡萄种质资源与育种创新团队，在项目实施、论文发表、登记成果等方面开展了长期合作研究。项目第1完成人王西平曾于1999年在职攻读第2完成人王跃进博士研究生，2004年毕业；项目第3完成人李智于2014年7博士毕业加入到西北农林科技大学葡萄种质资源与育种应用创新团队王西平课题组，共同开展项目的研究工作；项目第4完成人王现行和第5完成人高敏是项目第一完成人王西平的硕士、博士研究生，分别于2019年和2020年留校，继续从事相关研究工作，与第1完成人课题组保持紧密合作，开展相关研究工作。 | | | | | |

一、项目名称：渭北旱塬土壤微量金属元素有效性和环境效应研究

### 二、提名者及提名意见

**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：**

微量金属是维持生命有机体正常生物功能和植物生长所必需的营养物质，对维持整个生态环境的稳定与平衡、改进人类的各种营养状况有非常重要的意义。渭北旱塬地处于黄土高原南部，该地区土壤属于石灰性土壤，碳酸盐含量和pH较高，土壤微量金属元素的可供性较低，作物缺乏微量元素现象较为普遍，对土壤微量金属元素化学行为、生物有效性及其对轮作制度和施肥响应的认识，是作物产量提高和生态环境建设面临的科学问题。

该项目通过长期理论探索和野外试验，阐明了渭北旱塬农田土壤微量金属元素形态分布及对施肥和轮作的响应，揭示了不同形态微量金属元素生物有效性和影响因素，阐明了微量元素肥料对改善土壤、植株营养状况和提高作物产量的作用，确立了土壤微量金属元素积累和迁移特征，建立了评价微量金属元素在土壤剖面迁移的指标体系。项目成果完善了渭北旱塬农田土壤微量金属元素研究的基本框架，拓宽了农田生态系统微量金属元素形态转化和平衡状况的研究领域，为提高土壤中微量金属元素的生物有效性和粮食产量提供了科学依据。

项目成果在国内外产生广泛影响。在Soil Tillage Research、Geoderma等本领域主流杂志发表学术论文28篇，5篇代表性论文被引用501次，产生了较为广泛和重要的学术影响。

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，并按照要求，我单位和项目完成单位都已对该项目的基本情况进行了公示，目前无异议。完成人师德高尚。同意推荐申报2021年度陕西省自然科学奖二等奖。

### 三、项目简介：

渭北旱塬地处于黄土高原南部，该地区土壤属于石灰性土壤，碳酸盐含量和pH较高，土壤侵蚀和水土流失严重，土壤微量金属元素的可供性较低，作物缺乏微量元素现象较为普遍。土壤微量金属元素的含量、形态分布和有效性受自然和人为因素的双重影响，其中轮作制度和肥料施用是影响土壤微量金属元素化学行为和生物有效性的重要人为因素。微量金属元素是植物生长发育所必需的，对土壤微量金属元素形态分布、生物有效性、积累和迁移特征及其对轮作制度和施肥的响应的认识，不但是解决粮食产量的关键科学问题，还是生态建设和环境评价的科技支撑。项目组围绕渭北旱塬农田土壤微量金属元素化学行为和生物有效性，系统分析了渭北旱塬农田土壤微量金属元素形态分布、生物有效性和积累和迁移特征及其对轮作制度和施肥的响应，取得如下主要成果：

（1）阐明了渭北旱塬农田土壤微量金属元素形态分布及对施肥和轮作的响应。土壤中锌、铜和铁主要以矿物态存在，分别占土壤全量的89-93%、80%-91%和96%-98%；土壤中锰主要以矿物态和氧化物结合态存在，分别占土壤全锰的37-45%和33-45%。土壤微量金属元素只有很少一部分存在于有效态库中。作物连作和轮作不但加强了对土壤微量金属元素的吸收和消耗，而且促进了这些元素从矿物态向其它形态的转化。有机肥或磷肥不但向土壤输入微量金属元素，提高其有效性，而且通过改善了土壤理化性质，促进微量金属元素向有效形态转化。以豆科作物为主的轮作制度有机肥的施用有助于解决黄土高原常见的微量营养素缺乏问题。

（2）揭示了土壤微量金属元素形态分布与其有效性的关系和影响因素。土壤碳酸盐结合态、氧化物结合态和有机结合态锌是土壤有效锌的来源；氧化物结合态铜可以反映土壤铜的有效性；交换态，碳酸盐结合态及有机结合态锰是土壤有效锰的组成形态；有机结合态铁可以反映土壤的供铁能力。土壤有机质可以直接促进锌、锰、铁的有效性，还通过与速效磷、碳酸钙和pH的相互作用改变了这些性质对锌、锰、铁有效性的影响。

（3）阐明了微量元素肥料在渭北旱塬农田生态系统施用效果。施用锌、锰和铜肥增加了土壤中各形态和有效态元素含量以及籽粒和秸秆中相应微量元素的含量，还具有增产作用，且增产效果与降水年型有关。锌肥在不同降水年型增产作用较为稳定，小麦增产4-7%；锰肥丰水年增产9%，常态年和干旱年增产1-3%；铜肥在常态年和干旱年增产率10%左右，丰水年不增产。施用锰肥和锌肥还可增加玉米株高、地上部及地下部干物质和叶片叶绿素含量，且在干旱情况下锰肥和锌肥的增加效果高于正常供水条件。

（4）确立了渭北旱塬农田土壤微量金属元素积累和迁移特征及潜在环境影响。建立了评价微量金属元素在土壤剖面迁移的指标体系，发现长期施用微量元素后，其在表层土壤积累并向深层土壤迁移的趋势，对土壤生态环境造成潜在危害。常规化肥和有机肥配施或配合秸秆覆盖能增加土壤Cu、Zn、As、Pb的含量，降低土壤Hg含量，对土壤Cd、Cr、Ni的影响不显著；而且施肥后Hg含量的降低程度明显大于Pb、As、Cu、Zn的增加程度，因此对综合污染指数的影响较小。

### 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）

1997年10月，日本东京大学松本聪一行考察长武黄土高原农业生态实验站，非常重视长期施用微量金属元素肥料影响土壤-植物之间营养元素转化，建议深入研究微量金属元素肥料在渭北旱塬农田的施用效果；2012年5月，南京土壤所赵其国院士高度评价了“长期轮作和施用常规肥料改善微量金属元素有效性”的研究成果。2017年5月张福锁教授对“长期施用微肥改善土壤养分状况”这一成果给予高度肯定。专家组认为，项目成果总体达到国际同类研究先进水平，在农田微量金属元素形态分布和转化，生物有效性和影响因素、积累和迁移特征和对农艺措施的响应等方面达到了国际领先水平。

项目成果在国内外产生广泛影响。在Soil Tillage Research、Geoderma等本领域主流杂志发表学术论文28篇。论文被引用1115次，5篇代表性论文被引用501次。

### 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 | Changes in soil properties and the availability of soil micronutrients after 18 years of cropping and fertilization | Soil and Tillage Research | Wei Xiaorong, Hao Mingde, Shao Mingan, Gale William Jeffrey | 2006, 91(1-2), 120-130 | 2005年11月 | 魏孝荣 | 魏孝荣 | 郝明德 邵明安 | 212 | 谷歌学术 | 是 |
| 2 | 黄土高原地区连续施锌条件下土壤锌的形态及有效性 | 中国农业科学 | 魏孝荣  郝明德  张春霞 | 2005,38(7),1386-1393 | 2005年4月 | 郝明德 | 魏孝荣 | 张春霞 | 72 | 谷歌学术 | 是 |
| 3 | 土壤干旱条件下锰肥对夏玉米光合特性的影响 | 植物营养与肥料学报 | 魏孝荣  郝明德  邱莉萍 | 2004, 10(3)，255-258 | 2004年10月25日 | 无 | 魏孝荣 | 郝明德  邱莉萍 | 47 | 谷歌学术 | 是 |
| 4 | 旱地小麦长期施用锌肥的增产作用及土壤效应 | 植物营养与肥料学报 | 郝明德  魏孝荣  党廷辉. | 2003，9  (3)，377-380 | 2003年9月25日 | 无 | 郝明德 | 魏孝荣党廷辉 | 101 | 谷歌学术 | 是 |
| 5 | 长期定位施肥对土壤重金属含量的影响及环境评价 | 水土保持学报 | 王改玲  李立科  郝明德  张 萌 | 2010，24(3)，60-63 | 2010年6月28日 | 郝明德 | 王改玲 | 李立科张 萌 | 66 | 谷歌学术 | 是 |
| 合 计 | | | | | | | | | 498 | 谷歌学术 | 是 |
| **补充说明（视情填写）：**  无 | | | | | | | | | | | |

### 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** |
| 郝明德 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 通过对渭北旱塬农田长期定位试验土壤取样和分析，阐明了农田土壤微量金属元素形态分布及对施肥和轮作的响应，揭示了土壤微量金属元素形态分布与其有效性的关系和影响因素，同时还阐明了微量元素肥料在渭北旱塬农田生态系统施用效果，确立了农田土壤微量金属元素积累和迁移特征，建立了评价微量金属元素在土壤剖面迁移的指标体系。 |
| 邱莉萍 | 2 | 副研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 通过对渭北旱塬农田长期定位试验观测，明确了微量金属元素肥料对作物生长状况和叶片叶绿素和光合特性的影响，此影响与供水条件有关；通过盆栽试验，阐明了干旱胁迫下玉米光合特性对微量金属元素肥料的响应特征，为明确作物产量响应微量金属元素肥料的机理方面提供依据。 |
| 苏富源 | 3 | 博士研究生 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 多年来一直参与制定本项目的技术路线和实施计划。在野外定位观测试验、样品采集、样品处理和分析、数据资料整理等方面做了大量工作，为阐明土壤微量金属形态分布及对施肥和轮作的响应做出较大贡献。 |
| 姬鸿飞 | 4 | 实验师 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 多年来一直参与制定本项目的技术路线与实施计划。在野外定位观测与控制试验和数据资料整理等方面做了大量工作，有助于阐明土壤各形态和有效态元素含量对微量金属元素肥料的响应。 |
| 王 哲 | 5 | 博士研究生 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 多年来一直参与制定本项目的实施计划，在野外样品采集，样品处理和室内分析等方面做了大量工作，其工作有助于阐明土壤微量金属元素积累和迁移特征。 |

### 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 | 在项目实施过程中发挥重要的组织协调和落实作用并创造了理想的研究条件和研究平台，为野外试验等方面给予全方位的支持和保障。在渭北旱塬农田土壤微量金属元素形态分布、生物有效性和影响因素、积累和迁移特征及其对轮作和施肥的响应等方面有所贡献。 |

### 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** | **合作起**  **始时间** | **合作完**  **成时间** | **合作成果** |
| **1** | 论文合著/  项目合作 | 邱莉萍/2 | 2003.9 | 2018.9 | （1）土壤干旱条件下锰肥对夏玉米光合特性的影响。  （2）完成了长期施用微量金属肥料条件下作物生长的观测和分析；得到了微量金属元素肥料改善作物生长状况和叶片叶绿素含量的结果，同时还完成了土壤干旱时夏玉米施用微量元素锰的盆栽试验，得到了锰肥可以补偿土壤干旱对玉米光合作用抑制的结果。 |
| **2** | 项目合作 | 苏富源/3 | 2013.9 | 2018.9 | （1）完成了长期轮作和施肥条件下土壤样品采集和处理，土壤微量金属元素各形态的测定，相关数据的整理和分析；得到了土壤中锌、铜和铁主要以矿物态存在，土壤中锰主要以矿物态和氧化物结合态存在，轮作和施肥有助于提高微量金属元素有效性的结果。 |
| **3** | 项目合作 | 姬洪飞/4 | 2012.10 | 2018.9 | （1）完成了长期施用微量金属肥料条件下土壤样品采集、分析和相关数据资料的整理；得到了施用微量金属元素肥料增加土壤中各形态和有效态元素含量的结果。 |
| **4** | 项目合作 | 王哲/5 | 2015.9 | 2018.9 | （1）完成了长期施用微量金属肥料条件下剖面样品采集和分析；得出了长期施用微量元素后，其在表层土壤积累并向深层土壤迁移的结果。 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  郝明德全面负责制定项目的总体方案、技术路线、实施计划，邱莉萍参与制定项目总体方案、实施计划，苏富源协助项目实施。  郝明德和邱莉萍合作研究，通过田间观测和室内分析，发现施用锰肥和锌肥增加玉米株高、地上部及地下部干物质和叶片叶绿素含量，且在干旱情况下锰肥和锌肥的增加效果高于正常供水条件。通过盆栽试验，阐明了干旱胁迫下玉米光合特性对微量金属元素肥料的响应特征（代表性论文3）。  郝明德和苏富源合作研究，通过长期野外定位试验发现作物轮作促进不同形态土壤微量金属元素之间的转化，施入有机肥通过改善土壤物理性质，促进微量金属元素向有效态转化。  郝明德和姬洪飞合作研究，通过长期野外定位试验发现施用微量金属元素肥料改善微量元素的生物有效性。  郝明德和王哲合作研究，发现长期施用微量元素后，其在表层土壤积累并向深层土壤迁移，对土壤生态环境造成潜在危害。 | | | | | |

一、项目名称：肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究

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：**化疗作为恶性肿瘤（癌症）治疗中最直接有效的手段之一，化疗药物的毒副作用和癌细胞不断对其产生的耐药性一直是其面临的两大难题。纳米囊泡作为一种经典的纳米级微观范畴的亚微粒药物载体以其微尺寸效应，利用其载体上的靶向分子和刺激响应性基团，构筑肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡负载阿霉素（DOX）和siRNA用于抗癌的研究，为解决这些科学难题提供了一个有效的新途径。

本项目针对上述两大难题，围绕着肿瘤微环境响应性以双亲性响应分子的设计合成、结构优化与功能调控为基础，构筑了系列肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡用于化疗药物的智能运输与逆转肿瘤耐药性，取得了如下重要的原创性成果和科学发现：

首次发现并构筑了基于“氧化二茂铁”的超分子囊泡，利用氧化二茂铁的阳离子特性和氧化还原响应性，突破了传统响应性基团的局限性，基于氧化二茂铁基团实现了响应性与运输性的一体化；进一步以负载的化疗药物阿霉素（DOX）和siRNA为模型，揭示了其阳离子特性与共运输的双负载机制，为阳离子型超分子囊泡构筑提供了新方法与理论；同时，针对癌细胞表面过量表达的糖结合蛋白，率先提出了基于超分子纳米囊泡的糖靶向-刺激响应性共运输给药新策略，为糖靶向-刺激响应性共运输载体的构筑奠定了理论基础；最后，证实了药物/逆转分子的协同增效作用，可有效克服癌细胞不断产生耐药性，为同时解决上述两大难题提供了理论基础，充分体现了多学科交叉融合研究对纳米生物医药研究发展的推动作用。目前，项目代表性成果均发表于领域内国际顶级或高水平传统SCI期刊（Angew. Chem. Int. Ed、Adv. Funct. Mater、Chem Mater、Chem Comm），五篇代表作共被SCI他引357次，其中1篇代表性论文入选ESI高被引论文；特别是，部分代表性成果得到了中国科学报，国家自然科学基金委要闻栏目等有影响力的学术媒体正面报道与推介。

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：

化疗作为恶性肿瘤（癌症）治疗中最直接有效的手段之一，化疗药物的毒副作用和癌细胞不断对其产生的耐药性一直是其面临的两大难题。纳米药物载体作为一种纳米级微观范畴的亚微粒药物载体以其微尺寸效应，利用其载体上的靶向分子和刺激响应性基团，为解决这些科学难题提供了一个有效的新途径。目前，纳米囊泡作为经典的纳米药物载体在生物医药、分析检测、营养递送等领域中有着广泛而实际的应用需求；特别是，基于动态可逆的超分子作用可赋予纳米囊泡对肿瘤微环境的刺激响应性和肿瘤细胞的靶向性，现已成为构筑具有临床应用前景的多功能纳米药物载体的前沿热点。

本项目围绕着肿瘤微环境的刺激响应性，针对上述化疗药物的毒副作用和癌细胞不断对其产生的耐药性的两大难题，以双亲性响应分子的设计合成、结构优化与功能调控为基础，构筑了系列肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡用于化疗药物的智能运输与逆转肿瘤耐药性，取得了如下重要的原创性成果和科学发现：

**1）首次发现并构筑了基于“氧化二茂铁”的超分子囊泡，**成功实现了对肿瘤细胞的GSH响应性，不仅拓展了氧化还原响应性纳米药物载体的类型，而且利用氧化二茂铁的阳离子性负载siRNA，**突破了传统响应性基团的局限性，基于氧化二茂铁基团实现了响应性与运输性的一体化**；进一步以负载的化疗药物阿霉素(DOX)和siRNA为模型，揭示了其阳离子特性与共运输的双负载机制，**为阳离子型超分子囊泡提供了的新方法与理论**；

2）针对肿瘤细胞表面过量表达的糖结合蛋白，我们以半乳糖/乳糖等设计合成了系列功能化两亲性分子构筑了不同功能的糖靶向-刺激响应性纳米囊泡，**率先提出了基于超分子纳米囊泡的糖靶向-刺激响应性共运输给药新策略**，不仅**显著改善了合成纳米药物载体的生物相容性差这一自身缺陷，**而且**实现了多功能（pH、氧化还原、靶向、共运输）的性能调控**；

3）为了探究糖靶向-刺激响应性共运输系统的协同增效机制，率先利用系列逆转分子成功构筑了在肿瘤病理酸度/高浓度GSH下可发生快速响应性的（药物/基因、药物/氨基酸、药物/抑制剂）糖靶向-刺激响应性超分子纳米囊泡共运输载体，**证实了药物/逆转分子的协同增效作用可有效克服癌细胞不断产生耐药性，为****同时解决上述两大难题提供了了理论基础。**

围绕上述研究工作，项目相关成果已在Angew. Chem. Int. Ed、Adv. Funct. Mater、Chem Mater、Chem Comm等国际著名学术刊物上累计发表高水平论文60篇，其中2篇论文入选ESI高被引论文，研究工作得到了国内外同行的认可与推介。此外，已培养的研究生1人荣获陕西省优秀博士学位论文，5人荣获研究生国家奖学金，1人荣获宝钢教育奖奖学金；团队已完成国家自然科学基金面上项目3项，陕西省社会发展科技攻关项目1项。

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）**

该项目研究成果（5篇代表性论文）先后在在本领域Angew. Chem. Int. Ed、Adv. Funct. Mater、Chem Mater、Chem Comm等化学与药学领域国际顶级和领域高水平传统SCI期刊发表，成果受到国内外学术界的广泛关注，SCI他引多达357次，单篇最高SCI他引216次，代表性论文1入选ESI高被引论文。研究成果在化学与药学领域产生了重要影响，被国内外众多知名学者（中国科学院院士清华大学张希教授和吉林大学于吉红教授、美国哈佛医学院系统生物学中心的Christopher B. Rodell教授和麻省理工学院的Robert Langer教授、德国弗里德里希·席勒大学Ulrich S. Schubert教授、韩国科学院院士Kimoon Kim教授和Juyoung Yoon教授、日本金泽大学的Tomoki Ogoshi教授、南开大学刘育教授、浙江大学黄飞鹤教授等）在*Angew Chem Int Edit, J Am Chem Soc, ACS Nano, Nature Commun, Chem Rev,Chem Soc Rev*一系列极具影响力的国际顶级期刊正面评价引用，具体如下：

代表性论文1，受到韩国科学院院士Kimoon Kim教授的肯定，他们在Chemical Society Reviews [2017, 46, 2479-2496]上发表的超分子化学领域相关论文“The aqueous supramolecular chemistry of cucurbit[n]urils, pillar[n]arenes and deep-cavity cavitands”中对我们代表性论文1的进行了详尽而全面的评述，肯定了我们构建的GSH响应性药物/siRNA共运输系统是一种非常理想的共运输系统；韩国科学院院士Juyoung Yoon教授和南开大学刘育教授在Chem [2019, 5, 553-574]发表的“Turn-On Supramolecular Host-Guest Nanosystems as Theranostics for Cancer”论文，积极肯定了代表性论文1的原创性，评价其不仅是首次基于两亲性柱[5]芳烃构建的氧化还原响应性药物/siRNA共运输系统，而且也是首次在克服癌细胞耐药性方面表现出潜在应用的GSH响应性共运输系统；中国科学院院士吉林大学于吉红教授发表的题为“Supramolecular Nanosystem Based on Pillararene-Capped CuS Nanoparticles for Targeted Chemo-Photothermal Therapy”[ACS Appl. Mater. Interfaces 2018, 10, 35, 29314-29324],对我们的工作也做了积极肯定的正面引用评述。

代表性论文2，得到了中国科学院院士张希教授的正面评价，在其发表的题为“Molecular engineering of polymeric supra-amphiphiles”[Chem. Soc. Rev., 2019,48, 989-1003]的论文中对代表性论文2进行了积极引用，认为构建的氧化还原响应性自组装系统在药物负载与控释方面具有广泛的应用前景。

此外，代表性论文1和5，均受到了欧洲科学院院士法国波尔多大学Didier Astruc教授的积极引用，在题为“Redox-stimuli-responsive drug delivery systems with supramolecular ferrocenyl-containing polymers for controlled release”的论文中认为我们利用氧化二茂铁的氧化还原性和超分子作用构建的纳米载体为多能纳米药物共递送平台提供了新途径。

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** | **第一完成单位** | **年卷页码** | **发表**  **时间** | **通讯**  **作者** | **第一**  **作者** | **国内**  **作者** | **他引总次数** | **知识产权是否归国内所有** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Cationic Vesicles Based on Amphiphilic Pillar[5]arene Capped with Ferrocenium: A Redox-Responsive System for Drug/siRNA Co-Delivery | Angew. Chem. Int. Ed. | Yincheng Chang, Kui Yang, Peng Wei, Sisi Huang, Yuxin Pei, Wei Zhao, and Zhichao Pei | 西北农林科技大学 | 2014年53卷13126-13130页 | 201411 | 裴志超  裴玉新 | 常银成  杨 魁 | 常银成  杨 魁  韦 鹏  黄思思  裴玉新  赵 伟  裴志超 | 216 | 是 |
| 2 | Multifunctional Glyco-Nanofibers: siRNA Induced Supermolecular Assembly for Codelivery In Vivo | Adv Funct Mater | YinchengChang, Yinghua Lv, Peng Wei, Pengfei Zhang, Liang Pu, Xiaoxu Chen, Kui Yang, Xueliang Li, Yuchao Lu, Chenxi Hou, Yuxin Pei, Wenxian Zeng, Zhichao Pei | 西北农林科技大学 | 2017年27卷1703083页 | 201709 | 裴志超  裴玉新  曾文先 | 常银成，吕英华 | 常银成  吕英华  韦 鹏  张鹏飞  蒲 亮  陈晓旭  杨 魁  李学亮  卢玉超  侯晨曦  裴玉新  曾文先  裴志超 | 17 | 是 |
| 3 | Supramolecular Vesicles Based on Complex of Trp-ModifiedPillar[5]arene and Galactose Derivative for Synergistic and Targeted  Drug Delivery | Chem. Mater | Kui Yang, Yincheng Chang, Jia Wen, Yuchao Lu, Yuxin Pei,Shoupeng Cao, Feng Wang, and Zhichao Pei | 西北农林科技大学 | 2016年28卷1990-1993页 | 201604 | 裴志超  裴玉新 | 杨 魁 | 杨 魁  常银成  温 嘉  卢玉超  裴玉新  操守鹏  王 凤  裴志超 | 68 | 是 |
| 4 | Glyco-Nanovesicles with Activatable Near-Infrared Probes for RealTime Monitoring of Drug Release and Targeted Delivery | Chem. Mater | Shoupeng Cao, Zhichao Pei, Yongqian Xu, and Yuxin Pei | 西北农林科技大学 | 2016年28卷4501-4506页 | 201605 | 裴玉新 | 操守鹏 | 操守鹏  裴志超  徐勇前  裴玉新 | 27 | 是 |
| 5 | Multifunctional supramolecular vesicles based onthe complex of ferrocenecarboxylic acid cappedpillar[5]arene and a galactose derivative for targeted drug delivery | Chem. Commun | Yincheng Chang, Chenxi Hou, Jingli Ren, Xiaoting Xin, Yuxin Pei, Yuchao Lu, Shoupeng Cao and Zhichao Pei | 西北农林科技大学 | 2016年52卷9578-9581页 | 201606 | 裴志超 | 常银成  侯晨曦 | 常银成  侯晨曦  任敬丽  辛晓婷  裴玉新  卢玉超  操守鹏  裴志超 | 29 | 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** |
| 裴志超 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 领导团队开展系列肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究，对创新点 1、2、3有重要贡献。 |
| 裴玉新 | 2 | 教授 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 协助领导团队开展系列肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究，对创新点 1、2、3有重要贡献。 |
| 卢玉超 | 3 | 副教授 | 河北农业大学/西北农林科技大学 | 博士及博士后期间参与完成系列肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究，对创新点 1、2、3有重要贡献。 |
| 常银城 | 4 | 副教授 | 北京化工大学/西北农林科技大学 | 博士期间开展了肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究 |
| 吕英华 | 5 | 副研究员 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 工作期间开展了肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究 |
| 杨 魁 | 6 | 讲师 | 河北大学/西北农林科技大学 | 博士期间开展了肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究 |

### 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。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，重点开展了肿瘤微环境响应性超分子纳米囊泡的构筑及抗癌应用研究等方面的工作。 |

### 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 | 裴玉新/2 | 2009 | 2019 | 代表性论文1、2、3、4、5 |
| 2 | 论文合著 | 卢玉超/3 | 2012 | 2019 | 代表性论文2、3、5 |
| 3 | 论文合著 | 常银成/4 | 2012 | 2017 | 代表性论文1、2、3、5 |
| 4 | 论文合著 | 吕英华/5 | 2016 | 2019 | 代表性论文2 |
| 5 | 论文合著 | 杨魁/6 | 2013 | 2018 | 代表性论文1、2、3、5 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  该项目第1完成人裴志超教授与第2完成人裴玉新教授属西北农林科技大学化学与药学院的同一个科研团队，共同开展项目的研究工作，合作撰写发表论文（代表作1-5）。  该项目第3完成人卢玉超副教授，在2012-2017年期间于西北农林科技大学攻读博士学位与从事博士后研究，与第1、第2、第4和第5完成人属同一科研团队，先后为第1完成人的博士研究生和博士后，在其指导下开展科研工作，撰写研究论文（代表作2，3，5）；期间，协助项目第1完成人指导第4和第5完成人开展项目部分试验，讨论研究方案与试验数据，撰写科研论文与学位论文（代表作2, 3,5）。  该项目第4完成人、第6完成人，为第1完成人的博士研究生，是他们毕业论文的部分研究内容；第5完成人与第1完成人同属西北农林科技大学化学与药学院的同一个科研团队，为第1完成人课题组的青年教师，协助第1完成人开展部分项目的研究工作，合作撰写发表论文（代表作2）。 | | | | | |

一、项目名称：动物基因编辑技术平台的构建及优化研究

### 二、提名者及提名意见

**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ZFNs、TALENs和CRISPR/Cas9等三代人工特异性核酸酶技术的开发、优化和衍替，基因编辑技术体系逐步发展和完善，有力地推动了动物基因编辑育种和精准医疗等研究的蓬勃发展。该项目研究团队十余年来一直致力于动物基因编辑技术平台的构建及优化研究，先后建立了独立自主的ZFNs、TALENs和CRISPR/Cas9动物基因编辑技术平台，开发了一系列颇具特色的基因编辑配套技术，为以后动物编辑育种相关研究奠定了坚实的基础。

通过这些研究，项目组先后培养博士毕业生11人、硕士毕业生16人；相关研究成果共发表学术论文38篇，其中17篇SCI论文被Nature Genetics、Nature Cell Biology、Science Advances、PNAS等期刊累计引用237次（Web of Science数据库查询）；申请获批CRISPR/Cas9相关技术发明专利4项。其中，代表性论文1在线发表后，被“全球医药发现”（Global Medical Discovery,https://globalmedicaldiscovery.com/）评为Key scientific article；代表性论文3中的pSSA-RPG和pNHEJ-RPG基因编辑阳性细胞富集用报告载体被国际最大载体共享平台Addgene主动索取收录（https://www.addgene.org/Zhiying\_Zhang/）。

对照陕西省自然科学奖授奖条件，特提名该项目为自然科学奖二等奖。

### 三、项目简介：

基因编辑技术是在人工特异性核酸内切酶的基础上，实现对特定DNA序列的删除、插入或修饰，从而获得具有特定遗传信息的生物材料的一种手段，对提高动物育种的效率、加快育种进程、解决我国种业存在的“卡脖子”问题具有重要意义。本项目针对ZFNs、TALENs和CRISPR/Cas9三代人工特异性核酸酶技术，在组装方法、筛选、提高基因编辑效率等方面进行了一系列研究，取得如下创新性成果：

1. 建立了基于三锌指模块的ZFNs组装及筛选技术平台

在项目实施早期，为了克服ZFNs活性低、筛选困难的问题，项目组经过人工组装、细菌筛选、酵母筛选、哺乳动物细胞验证等多方面的尝试和努力，先后建立了基于三锌指模块的高效ZFNs组装筛选系统、基于SSA修复机制的ZFNs酵母活性验证报告系统和旨在降低细胞毒性的ZFNs自杀型表达报告系统，最终建立了高效的ZFNs筛选和活性验证技术体系。应邀参与美国Humana出版社Methods in Molecular Biology系列丛书《Zinc Finger Proteins》的编著，贡献了相关章节。另外，为了拓展锌指核酸酶技术平台的功能，项目组还开发了基于ZFNs的新型酵母双杂交系统。

2. 构建了基于TALE四聚体库的TALENs快速组装技术平台

由于TALENs技术在理论上能够识别并结合任意靶序列，相比ZFNs具有更大的优势，项目组开发了独立自主的基于TALE四聚体库的Golden GateTALENs快速组装技术，并针对TALENs进行了多位点突变的优化和N-末端长度的优化，获得了高效的TALENs突变体。本项目构建的TALENs技术平台能够针对任何靶序列设计特异性的TALENs，并且实现了在动物细胞基因组中进行高效编辑。

3.建立源于嗜热链球菌的CRISPR/Cas9系统及配套技术体系

项目组于2012年开始进行CRISPR/Cas9技术的开发，是最早进行该技术开发的研究团队之一。项目组最早建立了源于嗜热链球菌（*S. thermophilus*）的CRISPR/St3Cas9系统，并创新性地开发了基于SSA修复机制的酵母筛选报告验证系统和哺乳动物双荧光报告系统，为CRISPR/Cas9活性的快速验证奠定了基础。为了富集基因编辑阳性细胞，项目组进一步开发了RPG（DsRed-Puror-eGFP）报告富集筛选技术。此外，项目组还开发了CRISPR模拟组装表达技术和sgRNA-shRNA串联表达技术，建立了具有自主特色的多基因打靶技术平台。针对CRISPR/Cas9脱靶效应、双等位打靶效率低、HDR重组效率等问题，项目分别制备了nStCas9切口酶，开发了新型的Rep/Don双等位打靶技术和 CRISPR/Rad52-Cas9系统，实现了lncRNA大片段删除及双等位基因敲除，创建了基于HDR/SSA两步法的“无缝编辑”技术。这些CRISPR/Cas9及配套技术先后被成功应用于猪、羊和鸡等畜禽基因编辑研究。

通过上述研究，项目组成功建立了完善的ZFNs、TALENs和CRISPR/Cas9基因编辑技术平台，并在人、小鼠、猪、羊和鸡等动物细胞中实现了高效的基因编辑，为动物基因编辑育种研究奠定了坚实的基础。截止2018年12月31日，本项目先后培养博士毕业生11人、硕士毕业生16人；相关研究成果共发表学术论文38篇，其中17篇SCI论文累计被引频次为237次，核心合集中的被引频次为199次（Web of Science数据库查询）；获批基因编辑相关技术发明专利4项。

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）**

本项目相关研究成果先后被Naturae Genetics、Nature Cell Biology、Nature Plants、Nature Structural &Molecular Biology、Nature Communications、Trends in Biotechnology、PNAS、Science Advances、Natural Product Reports、Nucleic Acids Research、Molecular Plant、Molecular Therapy等知名期刊中的论文引用并认可。

1. CRISPR/Cas9系统开发及配套技术体系的建立

项目组于2012年开始从事CRISPR/Cas9技术的开发和优化工作，建立了独立自主的源于嗜热链球菌CRISPR/St3Cas9系统（代表性论文1）。该论文于2014年在线发表后，被“全球医药发现”（Global Medical Discovery，https://globalmedicaldiscovery.com/）评为Key scientific article，相继被Natural Product Reports, Trends in Biotechnology, Molecular Plant, Nucleic Acids Research,Molecular Therapy,Metabolic Engineering和Cold Spring Harbor Protocols等期刊论文引用44次（Web of Science）。其中，美国德州大学Leonidas Bleris教授发表在Nucleic Acids Research 上的论文Guide RNA engineering for versatile Cas9 functionality对本研究中的sgRNA和St3Cas9改造给予了介绍。

在提高基因编辑效率方面，代表性论文2报道了RAD52过表达或与Cas9融合能够有效提高ssODNs模板的HDR修复效率，相关发现被Nature Cell Biology、Nature Structural & Molecular Biology、Nature Communications、Trends in Biotechnology、Science Advances和Molecular Therapy等期刊论文引用33次（Web of Science）。其中，瑞士苏黎世联邦理工学院Jacob E. Corn教授在其发表在Nature Cell Biology的Advances in genome editing through control of DNA repair pathways论文中肯定了RAD52提高ssODNs模板修复效率的作用。

在基因编辑阳性细胞筛选方面，代表性论文3报道了RPG报告系统的开发及优化情况，证明了哺乳动物细胞中高效的SSA修复需要200 bp以上的同源臂，借助于SSA-RPG系统能够实现高效的基因编辑阳性细胞筛选。论文发表后被Trends in biotechnology、Nucleic Acids Research、Cellular and Molecular Life Sciences和Molecular Therapy-Nucleic Acids等期刊论文引用26次（Web of Science）。其中pNHEJ-RPG和pSSA-RPG载体被国际最大载体共享平台Addgene主动索取收录（https://www.addgene.org/Zhiying\_Zhang/）。美国加州大学David J Segal教授发表在Nucleic Acids Research 上论文中的荧光报告载体则引用借鉴了本研究的设计。

在多基因编辑及激活方面，代表性论文4报道了一种新颖的sgRNA-shRNA串联表达技术，该技术创新性地将sgRNA-shRNA融合表达，巧妙地实现了多sgRNA和shRNA的协同表达，可以实现基因编辑和基因干扰的同步操作。该论文先后被Nature Genetics、Nature Plants、PNAS和Science Advances等期刊论文引用16次（Web of Science）。其中庞培法布拉大学Marc A. Marti-Renom教授发表在Nature Genetics上的论文中对sgRNA-shRNA串联表达技术在多基因调控中的潜在应用价值给予了肯定。

另外基于HDR/SSA两步法“无缝编辑”技术能够应用于较大的基因组片段的无痕迹删除，例如筛选标记组件的再删除（Li et al. FEBS J. 2018, 285(18):3362-3375）。论文发表后被该编辑部选为Editor's Choice文章，入选Chinese New Year 2020和Gene Editing: The Nobel Prize in Chemistry 2020专辑。该论文也引起了瑞士苏黎世联邦理工学院Jacob E. Corn教授的关注，并在其Nature Cell Biology的论文中引用报道。

2．ZFNs和TALENs组装及筛选技术平台

项目组先后开发了基于三锌指模块的高效ZFNs组装及筛选系统（Wang et al. PLoS One, 2013, 8(5): e64687）和基于TALE四聚体库的TALENs快速组装技术（Zhang et al. PLoS One, 2013, 8(6): e66459）；论文发表后分别被Trends in Biotechnology和Molecular Plant等期刊论文引用认可。项目组关于SSA修复同源臂长度的研究成果（Ren et al. Mol Biol Rep, 2014, 41(10): 6939-48）先后被Nature Cell Biology和Trends in Biochemical Sciences等期刊论文参考引用。自杀性ZFNs表达报告系统被认为是一种有效的降低ZFNs细胞毒性的方法，相关论文（Zhang et al. Biotechnol Lett, 2015, 37(2): 299-305）发表后，项目组成员应邀参与美国Humana出版社Methods in Molecular Biology系列丛书《Zinc Finger Proteins》的编著，贡献了相关章节（Xing et al. Methods Mol Biol, 2018,1867: 175-183.代表性专著1）。

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 | Efficient genome engineering in eukaryotes using Cas9 from Streptococcus thermophilus | Cell Mol Life Sci | Xu K, Ren CH, Liu ZT, Zhang T, Zhang TT, Li D, Wang L, Yan Q, Guo LJ, Shen JC, Zhang ZY | 2015, 72(2):383-99. | 2014.7.20 | 张智英 | 徐 坤  任充华 | 是 | 32 | WoS | 是 |
| 2 | Enhancing CRISPR/Cas9 mediated homology-directed repair in mammalian cells by expressing Saccharomyces cerevisiae Rad52 | Int J Biochem Cell B | Shao SM, Ren CH, Liu ZT, Bai YC, Chen ZL, Wei ZH, Wang X, Zhang ZY, Xu K | 2017, 92:43-52. | 2017.9.18 | 张智英  徐 坤 | 邵斯旻 | 是 | 29 | WoS | 是 |
| 3 | Dual-reporter surrogate systems for efficient enrichment of genetically modified cells | Cell Mol Life Sci | Ren CH, Xu K, Liu ZT, ShenJC, Han FR, Chen ZL, Zhang ZY | 2015, 72(14):2763-72 | 2015.3.1 | 张智英 | 任充华  徐 坤 | 是 | 16 | WoS | 是 |
| 4 | Multiplex CRISPR/Cas9-based genome engineering enhanced by Drosha-mediated sgRNA-shRNA | Sci. Rep | Yan Q, Xu K, Xing JN, Zhang TT, Wang X, Wei ZH, Ren CH, Liu ZT, Zhang ZY | 2016. 6:38970 | 2016.12.12 | 张智英 | 闫 强  徐 坤 | 是 | 13 | WoS | 是 |
| 5 | TALE核酸酶介导的基因组定点修饰技术 | 中国生物化学与分子生物学报 | 王昕张志强张智英 | 2012,28(03):211-216 | 2012.3.10 | 张智英 | 王 昕 | 是 | 11 | CNKI | 是 |
| 6 | An improved genome engineering method using surrogate reporter-coupled suicidal ZFNs | Methods in Molecular Biology. | Xing JN, Zhang CF, Xu K, Hu LY, Wang L, Zhang TT, Ren CH, Zhang ZY | 2018,1867:157-183 | 2018.8.29 | 张智英 | 邢佳妮 | 是 | -- | -- | 是 |
| 合计 | | | | | | | | |  |  |  |
| **补充说明（视情填写）：**  1-5为代表性论文，6为代表性专著（丛书章节）；  WoS：Web of ScienceSCI科学引文索引数据库；  CNKI: 中国知网-中国学术期刊全文数据库。 | | | | | | | | | | | |

### 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** |
| 王 昕 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目核心骨干，负责基因编辑技术平台相关研究方案的构建、设计及优化工作；对相关研究生具体指导。 |
| 徐 坤 | 2 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 项目核心骨干，负责CRISPR/Cas9技术平台相关研究方案的具体设计，相关研究生的具体指导。 |
| 魏泽辉 | 3 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 项目核心骨干，协助制定相关研究方案、指导相关研究生，负责研究团队技术资料管理。 |
| 张智英 | 4 | 教授 | 西北农林科技大学 | 动物基因组编辑团队负责人，宏观指导本项目研究方案的设计和实施。 |
| 任充华 | 5 | 研究员 | 华南师范大学/西北农林科技大学 | 项目实施过程中的学生骨干，博士在读期间协助CRISPR/Cas9技术平台相关研究方案的设计和实施。 |
| 张 涛 | 6 | 教授 | 陕西理工大学 | 项目主要成员，最早克隆得到源于嗜热链球菌St3Cas9，为CRISPR/Cas9系统的开发奠定了最初的基础。 |

### 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。全面负责项目的设计、立项、分工、实施与成果申报。 |
| 陕西理工大学 | 2 | 陕西理工大学张涛教授在项目实施期间，最早克隆得到了源于嗜热链球菌St3Cas9，为CRISPR/Cas9系统的开发奠定了重要基础。 |

### 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 | 共同研究  论文合著 | 王 昕/1 | 2008.01 | 2018.12 | 代表性论文2,4,5 |
| 2 | 共同研究  论文合著 | 徐 坤/2 | 2009.09 | 2018.12 | 代表性论文1-4  代表性论著1 |
| 3 | 共同研究  论文合著 | 魏泽辉/3 | 2008.01 | 2018.12 | 代表性论文2,4 |
| 4 | 共同研究  论文合著 | 张智英/4 | 2008.01 | 2018.12 | 代表性论文1-5  代表性论著1 |
| 5 | 共同研究  论文合著 | 任充华/5 | 2011.09 | 2016.12 | 代表性论文1-4  代表性论著1 |
| 6 | 共同研究  论文合著 | 张 涛/6 | 2011.09 | 2016.12 | 代表性论文1 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  本项目第1完成人王昕教授和第4完成人张智英教授在西北农林科技大学动物科技学院同一科研团队，共同开展项目的研究工作，负责ZFNs和TALENs技术平台相关研究方案的具体设计，相关研究生的具体指导；参与部分CRISPR/Cas9技术平台的构建及优化工作。合作撰写发表代表性论文2, 4,5。  本项目第2完成人徐坤副教授与第1和第4完成人属同一科研团队，共同开展研究工作。具体负责CRISPR/Cas9技术平台相关研究方案的具体设计，相关研究生的具体指导。合作撰写发表代表性论文1-4、代表性论著1。  本项目第3完成人魏泽辉副教授与第1和第4完成人属同一科研团队，共同开展研究工作。协助制定相关研究方案、指导相关研究生，负责研究团队技术资料管理。合作撰写发表代表性论文2, 4。  本项目第4完成人张智英教师教授是动物基因组编辑团队负责人，宏观指导本项目研究方案的设计和实施。合作撰写发表代表性论文1-5及代表性论著1。  本项目第5完成人任充华研究员是第4完成人张智英教授硕博连读研究生，在读期间参与CRISPR/Cas9技术平台相关研究方案的设计和实施。合作撰写发表代表性论文1-4、代表性论著1。  本项目第6完成人张涛教授是第4完成人张智英教授的在职博士研究生，最早克隆得到了源于嗜热链球菌St3Cas9，为CRISPR/Cas9系统的开发奠定了最初的基础。合作撰写发表代表性论文1. | | | | | |

### 一、项目名称：土壤侵蚀过程监测关键技术设备及应用

### 二、提名者及提名意见

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

水土流失是我国最重要的生态环境问题之一，尤其在生态文明建设、高质量发展的背景下，土壤侵蚀防控关乎土地/土壤资源安全、粮食安全、生态安全、江河安全等诸多重大国家安全。土壤侵蚀研究新技术、新方法和新仪器设备是推动土壤侵蚀学科发展和土壤侵蚀防控的重要组成部分。自2000年以来，在国家各级各类多项科技项目的资助下，以创新土壤侵蚀过程监测技术、研制新型仪器设备为目标，围绕土壤水力侵蚀、风力侵蚀两种主要侵蚀类型，针对模拟设备缺乏、过程监测缺失、监测仪器设备落后、监测精度低等制约土壤侵蚀实验监测的瓶颈，创建了以自动监测取代人工监测，从总量监测拓展到过程监测，以及测量精准度、信息量和监测效率大幅度提高为特征的系统性土壤侵蚀实验监测技术和新型仪器设备。

本项目研发的土壤侵蚀监测技术与设备，提升了土壤侵蚀研究的技术水平，推动径流泥沙等监测仪器升级换代，引领土壤侵蚀过程监测技术和仪器设备研制发展，带动了国内外交流合作与新技术推广。项目成果得到了广泛的社会认同和应用，取得了巨大的社会效益和良好的经济效益。

提名该项目为陕西省技术发明奖 壹 等奖。

### 三、项目简介

水土流失是当今世界危害人类生存发展的重要因素。水土流失不仅造成土壤退化、土地生产力下降；还引起江河淤积、水体污染、洪涝灾害加剧。水土流失是导致生态恶化和贫困的根源，我国退化耕地的1/3是由水土流失造成的。水土保持科学研究和水土流失防治技术的发展，对确保国家生态安全、粮食安全和经济可持续发展具有极其深远的意义。然而，长期以来，土壤侵蚀监测技术、方法、仪器设备滞后于现代科技发展，自动化和信息化程度低，精准度和观测频度难以表征土壤侵蚀过程的需要，严重制约着水土保持科学研究和水土流失治理技术的发展。因此，发展土壤侵蚀监测新技术、新方法、新设备，既是防治水土流失，实施生态文明建设的国家需求，也是水土保持学科发展的需求。

本项目以土壤侵蚀学科与自动控制技术、计算机视觉识别等现代先进技术的交叉、融合为途径，创新土壤侵蚀过程监测技术、评价方法，研制新型仪器设备，推动土壤侵蚀学科发展和水土流失防治。通过多个国家级、省部级和单位自选项目的资助，历时20年，由高校和企业联合完成。针对土壤侵蚀过程监测技术和设备现状，集中突破模拟实验设备缺乏、过程监测缺失、自动化和信息化等现代先进技术应用程度低等技术瓶颈，通过原始创新和集成创新，形成了系统性的土壤侵蚀过程监测技术、评价方法和仪器设备。主要发明点如下：

**发明点1：研发了径流泥沙过程实时自动监测技术，研制了径流泥沙实时自动监测仪器。**设计了定体积测量、连续流离散化处理、消减泥沙粘附与沉积的技术。该技术及其对应的仪器设备将延续百余年来径流泥沙监测以人工监测为主推向了仪器自动监测的新阶段。

**发明点2：提出了风蚀圈监测理论与技术，研制了风蚀自动监测仪器。**根据风沙流的连续原理和风向的不确定性，按上下断面测量风沙通量；根据风沙平衡原理，拟定了圆形小区单位面积风蚀量的测量技术，破解了无法将风沙通量和地面土壤侵蚀/沉积关联的难题。

**发明点3：研发了土壤侵蚀模拟实验技术，建立了降雨-侵蚀-径流模拟和过程观测综合实验平台。**提出了变步长反馈控制模拟降雨算法和大流量高含沙水流模拟技术，设计了雨滴测量的视场、光场和雨滴物理特性参数提取算法，突破了多相机同步监测降雨过程中地表形态变化的瓶颈，建立了降雨模拟-坡面侵蚀模拟-径流模拟及其过程观测综合实验平台。

本项目获得发明专利10件、实用新型专利9件、外观设计专利1件，计算机软件著作权2项，发表学术论文31篇，其中SCI收录11篇，EI收录7篇，CSCD收录13篇。形成了一支从事水土保持仪器设备研发的人才队伍，推动了水土保持学科和水土保持事业的发展。

本项目研制的土壤侵蚀模拟实验设备已经成为土壤侵蚀研究重要的平台，已为37项科研项目提供了实验条件，依托该实验条件发表科技论文200余篇。径流泥沙等监测仪器得到行业主管部门和省市水土保持监测机构和广大用户的认可，已经在全国14省45个监测站安装147台，模拟降雨技术输出到国内5家单位，各类应用证明31份。

土壤侵蚀模拟试验设备产生了巨大的社会效益，先后接待江泽民、胡锦涛、朱镕基、温家宝、孙春兰等多位国家领导人视察，成为我国水土保持与生态环境建设政策重要的策源地和传播渠道，同时也成为我国水土保持科学研究对外交流的窗口。并被中国科协授予“全国科普教育基地”，被中国科学院、共青团中央、全国少工委授予“全国青少年走进科学世界科技活动示范基地”。

### 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. **科技查新报告**

通过对相关文献的阅读、分析和比较，结论如下：

（1）关于大尺度人工模拟降雨，径流水沙发生技术国内外有相关中英文文献报道。主要研究有野外便携摇摆式人工模拟降雨Veejet80150喷头降雨特性参数，QYJY-503C人工模拟降雨装置，Kust03-1型小尺度人工模拟降雨实验系统雨滴直径、速度测定，便携轻巧搭建野外模拟降雨，模拟降雨实验装置可以实现小降雨面积时雨水的重复利用;不同喷头降雨参数对不同侵蚀下垫面的适用性，人工模拟降雨对开挖面侵蚀预报，人工模拟降雨的率定和径流排污的方法，不同水滴形成的雨滴溅蚀影响；但是，大尺度人工模拟降雨的变步长循环负反馈降雨过程控制及径流水沙发生除本项目组研究文献外，在检索范围内未见相关中英文文献报道。

（2）关于大视场雨滴粒子物理特性自动测量技术国内外有相关中英文文献报道。主要有对滤纸色斑法测量雨滴直径的方法进行测定验证，色斑照片的专业统计软件提取，色斑直径与雨滴直径的实验率定关系均为手动传统测定，雨滴打击转盘转动角速度、音盘膜震动转化计算雨滴动能；雨滴直径地面色斑法观测雨滴谱的统计结果修正测雨雷达的反射参数，使得降雨云层的雨量计算更加准确；CCD大雨滴透镜效应的修正，近景相机拍照雨滴图形提取；但是有关大视场快速雨滴数字影像粒子物理特性自动采集、提取、解析、统计计算技术除本项目组研究文献外，在检索范围内未见相关中英文文献报道。

（3）关于降雨过程中土壤侵蚀下垫面形态演变测量技术国内外有相关中英文文献报道。主要研究有采用商业数码照相机对划分为多组区块的侵蚀地表进行高重叠度拍照，利用专业软件拼接、生成DEM，该技术专业要求高，需要手工操作；但是有关降雨过程中雨滴噪音的剔除及地表侵蚀过程数字摄影自动测量除本项目组的研究文献外，在检索范围内未见相关中英文文献报道。

（4）关于径流泥沙过程实时自动监测技术国内外有相关中英文文献报道。主要研究有径流泥沙的观测涉及水沙样品采样的代表性，方便性，需要研究不同场景下的水沙样品的自动采集装置；光学反（透）射、电容容量、电导率测量水沙的物理量电信号，通过提前标定低含沙，颗粒组成单一的水沙样率定与各种水沙物理量电信号的关系，自动测量被测样品的泥沙浓度；为了消除不同土壤类型、颗粒粒径组成对含沙量测量的物理电信号干扰影响，提高泥沙含量测量的量程和精度，采用人工精确测量水沙样品体积，人工称量水沙样品重量即可得出样品泥沙含量；但是有关重量体积法实时自动监测径流泥沙含量除本项目组研究文献外，在检索范围内未见相关中英文文献报道。

（5）关于风蚀圈风蚀过程沙源定量自动监测技术国内外有相关中英文文献报道。主要研究有集沙舱截面积通量的沉沙样品的采集及垂直方向的布设，减少风滞留，提高沉沙采集效率，地面双环塑料布铺设收集沉降技术方法，可用于风沙沉降通量的采集，地面不同环境风道模拟实验标定遥感影像的相关参数；这些研究无法确定风沙沉降，起沙的来源区域对应面积。但是有关风蚀圈风蚀过程沙源定量技术研究除本项目组研究文献外，在检索范围内未见相关中英文文献报道。

**2.第三方机构评价**

2021年4月7日，中科合创（北京）科技成果评价中心组织专家，在北京召开了由西北农林科技大学、北京师范大学、西安三智科技有限公司共同完成的关于“土壤侵蚀过程监测关键技术设备及应用”项目科技成果评价会。专家组听取了项目完成单位成果汇报，审阅了相关技术资料，经质询讨论，形成评价意见如下：

针对土壤侵蚀模拟实验装备缺乏、侵蚀过程监测缺失、自动化和信息化等现代先进技术应用程度低等技术瓶颈，通过原始创新和集成创新，形成了系统性的土壤侵蚀过程监测技术和仪器设备。主要发明点如下：

**（1）发明了径流泥沙实时自动监测技术。**设计了定体积测量、连续流离散化处理、消减泥沙粘附与沉积的技术，研制了多场景径流泥沙实时自动监测设备，将传统的径流泥沙人工监测推向了仪器自动监测的新阶段。

**（2）提出了风蚀圈理论，建立了风蚀监测技术。**根据风沙流的连续原理，按上下断面测量风沙通量；根据风沙平衡原理，计算风蚀圈单位面积风蚀量的方法，破解了无法将风沙通量和地面来源关联的难题。

**（3）研发了土壤侵蚀模拟实验技术。**提出了变步长反馈控制模拟降雨算法和大流量高含沙水流模拟技术，设计了雨滴测量的视场、光场和雨滴物理特性参数提取算法，突破了多相机同步监测降雨过程中地表形态变化的瓶颈，建立了降雨-侵蚀-径流模拟和过程观测实验平台。

评审专家组一致认为，项目整体达到国际领先水平。

### 五、应用情况

1. 土壤侵蚀模拟实验设备中的人工模拟降雨设备被科技部列为“国家重大科研基础设施”、人工模拟径流设备被水利部水土保持监测中心指定为“径流泥沙监测仪器检测设施”。水利部水土保持监测中心曾3次依托本项目成果，举办全国水土保持监测仪器设备展示研讨会，促进了水土保持监测新技术的推广应用。曾为 37项科研项目提供了不可或缺的实验条件，发表科技论文200余篇。服务于我国武器装备的检测，为突击性旋翼机、直升机螺旋桨提供了淋雨试验测试。径流泥沙自动监测专利得到转化，10年使用许可为100万元。模拟降雨技术输出到国内5家单位，为其人工模拟降雨设施的建设提供了技术支撑。通过产学研结合，培育了以水土保持与生态环境监测为主要业务的科技型企业“西安三智科技有限公司”。通过研究监测新技术和新方法，研发具有自主知识产权的仪器设备，推进了监测仪器设备国产化。
2. 所研制的径流泥沙等监测仪器得到行业主管部门和省市水土保持监测机构和广大用户的认可，已经在全国14省45个监测站安装147台，销售合同金额实现直接经济效益1547.99万元。模拟降雨技术输出到国内5家单位，其中降雨设备建设费合计约1565万元，按30%技术输出效益计算，其间接经济效益为469.5万元。径流泥沙自动监测等仪器出售147台，可节约观测人工费（0.5万元/人月）、现场房屋建筑费（2.0万元/处）等，以仪器寿命10年计算，可节约经费为9114万元。
3. 土壤侵蚀模拟试验设备先后接待江泽民、胡锦涛、朱镕基、温家宝、孙春兰等国家领导人视察，成为我国水土保持与生态环境建设政策重要的策源地和传播渠道。“退耕还林草”的“草”就是在这里增加的；接待美国农业部国家土壤侵蚀实验室、陕西师范大学等生态环境和水土保持的国内外同行专家200多批次，成为我国水土保持科学研究对外交流的窗口；接待了中国科学院大学、西安高新中学、杨凌高新小学等大、中、小学和社会各界群众科普参观500多批次，累积人数4万多人次，成为我国向社会公众宣传水土保持与生态环境理念的基地，被中国科协授予“全国科普教育基地”，被中国科学院、共青团中央、全国少工委授予“全国青少年走进科学世界科技活动示范基地”。

### 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)

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明  专利 | 一种径流泥沙实时自动测量装置及测量方法 | 中国 | ZL201510675495.2 | 2018.5.29 | 2940556 | 西北农林科技大学，西安三智科技有限公司 | 郭明航赵向辉赵 军  展小云 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种土壤风力侵蚀测量方法及装置 | 中国 | 201510111578.9 | 2018.1.12 | 2775181 | 北京师范大学 | 刘宝元刘 刚  高晓飞郭乾坤刘瑛娜杨 扬  邹学勇海春兴姜洪涛杜鹏飞 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种雨滴物理特性观测方法及装置 | 中国 | ZL201510320015.0 | 2017.5.31 | 2501488 | 西北农林科技大学 | 郭明航赵 军  林 奇  展小云  史海静  税军峰 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种人工模拟径流发生装置 | 中国 | ZL201811317126.6 | 2020.6.5 | 3826075 | 西北农林科技大学，西安三智科技有限公司 | 赵 军  赵向辉  郭明航  展小云  史海静 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种水土流失情况测定的方法 | 中国 | ZL201510582002.0 | 2017.11.21 | 2709398 | 西北农林科技大学 | 郭明航 赵 军  林 奇  史海静  展小云  税军峰 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种轮式径流泥沙采样器 | 中国 | ZL201510076678.2 | 2018.1.19 | 2786402 | 北京师范大学 | 刘宝元 刘瑛娜 符素华  刘 刚  王大安高晓飞 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种用于土壤侵蚀野外调查的便携式装置及方法 | 中国 | ZL201510164247.1 | 2017.3.1 | 2402916 | 北京师范大学 | 魏 欣  刘宝元  张科利  符素华  谢 岩  王志强 | 有效 |
| 发明  专利 | 测定铍-7活度在土壤剖面中垂直分布的实验装置及方法 | 中国 | ZL201210272722.3 | 2014.10.15 | 1498198 | 北京师范大学 | 刘瑛娜  刘宝元  魏 欣  高晓飞  赵玉明 郭乾坤 | 有效 |
| 发明  专利 | 一种基于克里金插值方程的水土流失空间监测方法 | 中国 | ZL201410007114.9 | 2017.2.8 | 2374049 | 北京师范大学 | 殷水清 刘宝元 刘 峰  章文波  刘素红 赵 莹  王友胜 | 有效 |
| 发明  专利 | 水土流失野外调查与评价系统的测试方法 | 中国 | ZL201811306920.0 | 2020.6.12 | 3839208 | 北京师范大学 | 魏 欣  刘宝元谢 云 | 有效 |

### 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** |
| 刘宝元 | 1 | 主任/教授 | 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。 |
| 郭明航 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 负责径流泥沙实时自动监测技术，雨滴物理特性测量技术，侵蚀过程中地表形态变化监测技术，以及人工模拟降雨、人工模拟径流实验技术所涉及的实施方案设计 |
| 赵 军 | 3 | 高工 | 西北农林科技大学 | 负责径流泥沙实时自动监测技术，雨滴物理特性测量技术，侵蚀过程中地表形态变化监测技术，以及人工模拟径流实验技术所涉及的仪器性能参数与硬件设计 |
| 展小云 | 4 | 高工 | 西北农林科技大学 | 负责径流泥沙实时自动监测技术以及雨滴物流特性观测技术所涉及的算法及软件设计 |
| 史海静 | 5 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 负责侵蚀过程中地表形态变化监测技术所涉及的仪器性能参数及软件设计 |
| 符素华 | 6 | 教授 | 北京师范大学 | 负责风蚀圈风蚀监测技术的实施方案设计。 |

### 八、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。主要负责径流泥沙实时自动监测技术及仪器研制以及土壤侵蚀模拟实验技术及仪器研制。 |
| 北京师范大学 | 2 | 北京师范大学作为该项目的主要参与单位，主要负责风蚀圈风蚀监测技术及仪器研制。并协助西北农林科技大学完成了项目的申报、验收鉴定等工作，保证了该项目的顺利实施。 |
| 西安三智科技有限公司 | 3 | 西安三智科技有限公司作为该项目的主要参与单位，主要负责仪器设备的成果转化、仪器加工以及技术推广等。 |

### 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** | **合作起始**  **时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项 | 刘宝元/1  郭明航/2 | 2007.1.1 | 2017.9.22 | 共同完成国家重点基础研究发展计划（973）课题以及第一次全国水利普查水土保持情况普查项目 |
| 2 | 共同立项 | 郭明航/2  赵 军/3  展小云/4  史海静/5 | 2014.1.1 | 2019.12.31 | 共同完成国家自然基金项目“坡面土壤侵蚀演变过程的摄影测量及数字化表达”以及“雨滴特性数字化摄影测量及其侵蚀力特征参数研究” |
| 3 | 共同知识产权 | 刘宝元/1  郭明航/2  赵 军/3  符素华/6 | 2017.1.10 | 2017.9.22 | 共同完成“一种自动调控含沙水流发生系统”专利 |
| 4 | 共同知识产权 | 郭明航/2  赵 军/3  展小云/4  史海静/5 | 2015.6.11 | 2020.2.5 | 共同完成“一种雨滴物理特性观测方法”，“一种水土流失情况的测定方法”，“一种人工模拟径流发生装置”发明专利3项 |
| 5 | 共同知识产权 | 刘宝元/1  符素华/6 | 2015.1.12 | 2017.3.1 | 共同完成“一种轮式径流泥沙采样器”，“一种土壤侵蚀调查单元空间布局的方法”，“一种土壤侵蚀野外调查的便携式装置及方法”发明专利3项 |
| 6 | 论文合著 | 郭明航/2  赵 军/3  展小云/4  史海静/5 | 2014.12.22 | 2020.4.5 | 共同在《农业工程学报》、《农业机械学报》、Catena、Geomorphology、Atmospheric Research 等期刊发表论文 |
| 7 | 论文合著 | 刘宝元/1  符素华/6 | 2003.1.20 | 2020.7.20 | 共同在“Soil&Tillag Research”、Land Dagradation & Development等期刊发表论文 |
| 完成人合作关系说明（限1000字）  第1完成人刘宝元教授和第2完成人郭明航，从2007年至2017年共同完成国家重点基础研究发展计划（973）课题以及第一次全国水利普查水土保持情况普查项目。第1完成人刘宝元自2016年1月以来一直担任西北农林科技大学水土保持研究所黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室主任，在任职期间加强了本团队的建设，并积极带领团队人员进行土壤侵蚀过程监测关键技术的研究及设备研发方面的工作，是本项目组核心人员，也是项目主持人，提出总体思路与方案，主持项目实施和总结。第2完成人郭明航研究员负责径流泥沙实时自动监测技术，雨滴物理特性测量技术，侵蚀过程中地表形态变化监测技术，以及人工模拟降雨、人工模拟径流实验技术所涉及的实施方案设计。第3完成人赵军负责径流泥沙实时自动监测技术，雨滴物理特性测量技术，侵蚀过程中地表形态变化监测技术，以及人工模拟径流实验技术所涉及的仪器性能参数与硬件设计。第4完成人展小云负责径流泥沙实时自动监测技术以及雨滴物流特性观测技术所涉及的算法及软件设计。第5完成人史海静负责侵蚀过程中地表形态变化监测技术所涉及的仪器性能参数及软件设计。第6完成人符素华负责风蚀圈风蚀监测技术的实施方案设计。 | | | | | |

一、项目名称：“玫瑰系列”彩色马铃薯新品种选育及产品开发

### 二、提名者及提名意见（不超过600字）：

**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:**

彩色马铃薯是近年来育成的一类集营养、保健和美味于一体的特殊马铃薯新品种。由于它含有纯天然、功能性、营养保健型成分，已成为世界各国马铃薯育种的热点趋势。

该项目针对彩色马铃薯种质资源匮乏、产量低，成熟期长等问题，历经20多年研发，实现了从技术创新、材料创制到新品种培育、以及彩色马铃薯育种与功能食品开发有机结合、特色产业系统开发的全面突破。从开展针对性的资源引进、评价与改良到新品种育成、配套生产技术研究、马铃薯主食食品生产研发，成果示范推广应用及高附加值后产品加工等整个研发与成果应用体系各环节紧扣、链条完整，从项目设计与实施完成方面组织得比较完善。

该项目获得的相关成果非常丰富，每个研发环节均有成果支撑。具有创新的高效马铃薯育种及加工等专利技术3项，自主知识产权的彩色马铃薯新品种4个、登记新品种3个，研究论文47篇，成果与产品开发实现了很好的经济效益，推进人才培养，每一部分成果的作用、应用与支撑材料以及各部分的相互关联性表达与组织清晰。

成果评价专家意见为该成果创新性强，总体达国际领先水平。

对照陕西省技术发明奖授奖条件，提名该项目为陕西省技术发明奖一等奖。

### 三、项目简介：

我国已开启并正大力推进马铃薯主食化国家战略。同时，“健康中国”战略的实施及供给侧结构性改革越来越需要更有营养，更健康的食物。彩色马铃薯富含花青素及多酚等多种营养保健功效成分，是一类营养价值非常高，具有药用食用保健于一体的特殊马铃薯新品种。目前国际育种学者选育的不多彩色马铃薯品种普遍存在色泽变异大、块茎小、产量低、薯形差、芽眼深、成熟期长（晚）、适应性差等缺点。本项目经 20 多年攻关，围绕破解我国彩色马铃薯资源贫乏，品质产量改良困难，特别是在马铃薯育种过程中营养成分含量高，但产量低，成熟期长的“卡脖子”国际育种难题，在国家及陕西省重大科技攻关、948项目、自然基金等项目资助下，创造性地开展了马铃薯从育种、资源创新、储藏加工、营养健康因子到主食加工产品研制等产业化多学科全链条的系统研究，取得了诸多原创性、国内领先的成果，实现了我国彩色马铃薯品种选育从材料创新、技术创新、到新品种培育及马铃薯功能食品开发的全面突破，为我国特色马铃薯产业发展带来了良好的社会、经济和生态效益。

**1. 材料创新。**建立了马铃薯品种选育与基因挖掘的遗传资源创新平台。收集和保存世界各地名、优、特，具有抗病、抗虫、高抗氧化、适合加工的优质品种遗传资源 414 份，建立资源保护和利用体系，基本解决了马铃薯育种和基础理论研究中遗传资源缺乏的卡脖子问题。

**2. 技术创新及优异种质资源创制。**创建了马铃薯种间杂交育种的新技术体系，利用“一种马铃薯育种研究用智能化人工气候室”以及“一种基于太阳能的马铃薯节能育种大棚”专利技术，率先攻克了马铃薯种间杂交花期不遇、杂种败育等育种难题，提高了马铃薯育种效率，使育种周期从八到十年缩减到三到五年。利用SSR 分子标记辅助育种结合马铃薯种薯分级专利技术，分析亲本的遗传多样性，明确了马铃薯薯块颜色、品质、风味及产量等重要性状遗传的规律，解决了马铃薯杂交父母本选择的盲性。实现了彩色马铃薯品种间多个优良性状的杂交聚合。创制了13324个优良杂交株系，筛选出遗传背景不同，农艺性状各异、薯肉具有紫、黑、红、靛蓝、黄、超白等不同颜色、不同薯型（椭圆、长椭圆形、圆形、卵圆形等）、不同熟期（成熟期60-120天）、不同淀粉含量（10-21%）、不同抗氧化物含量及活性（75-800ug/100mg鲜重），不同抗性（晚疫病抗性从感病-高抗）的系列彩色马铃薯新种质 256 份。进一步解决了彩色马铃薯种质资源匮乏和利用问题。

**3. 彩色马铃薯新品种创新。**利用先进的育种技术体系及专利设施技术，培育出营养成分高和产量好、成熟期早，聚合不同优质基因为一体的彩色马铃薯“紫玫瑰2号”、“红玫瑰3号”“黑玫瑰4号”等新品种。这些彩色马铃薯新品种具有抗病，高抗氧化剂含量，高淀粉，适合加工等特点。其产量在2417-3184kg/亩，比对照品种黑美人平均亩产提高25.0-43.6%；花青素含量在26.5-57.3mg/100g鲜重，抗氧化活性物质在1084-1753 mg/100g鲜重，比对照品种夏波蒂高3-10倍；其成熟期为66-81天，比对照品种的94天提早13-28天。打破了彩色马铃薯产量与品质的负相关，解决了彩色马铃薯品质好但产量低的世界育种难题。获得4项国家植物新品种权，其中“紫玫瑰二号”“红玫瑰三号”“黑玫瑰四号”通过国家新品种登记。

**4. 主食化食品及加工工艺创新。**针对彩色马铃薯富含有花青素的特点，发明了“真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺”。通过速冻、真空油炸和真空脱油等技术使彩色薯片成品的片型平整如初、颜色接近原料本色、口感香酥、厚薄均匀、超低的含油率。利用这个发明专利技术，改良彩色薯片加工工艺，开发出彩色马铃薯薯片、薯条、锅巴等休闲食品。还开发彩色马铃薯功能饮料、土豆冰激凌，水果土豆，以及一批以特色马铃薯为原料的彩色全粉及功能性母婴粉等产品，促进了马铃薯健康食品产业的持续发展。

**5. 理论创新。**提出了中国特色马铃薯产业发展从育种到加工，从田间到餐桌全产业链关键环节的理论与关键技术的核心内容，建立了马铃薯从育种到食品加工，从生产到市场（销售）的全产业链发展的新模式。

该成果获得植物新品种权4项，登记彩色马铃薯新品种3个；授权国家发明专利1项；授权实用新型专利2项；发表论文47篇。至2020年，项目全国累计推广应用种植彩色马铃薯106万亩（陕西22.87万亩）。育成彩色马铃薯新品种种植面积占西北、东北地区彩色马铃薯种植面积的 60% 以上。彩色马铃薯新品种示范推广和新产品开发累计新增产值 88.83 亿元人民币。近年来彩色马铃薯主食加工食品新增销售额11.34亿元人民币，新增利润 8.12亿元人民币，经济、社会和生态效益显著。该项目为中国彩色马铃薯育种、生产与加工的高质量发展做出了巨大贡献，对提升国产马铃薯品种国际竞争力，促进马铃薯产业科技进步、产业结构调整和优势特色产业的发展具有重要意义。

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**

（1）2020年9月18日，农业农村部委托西北农林科技大学组织有关专家对西农大承担的引进国际先进农业科学技术计划项目“北美特色马铃薯种质资源及高效种薯生产技术引进(项目编号:2015-38)”进行验收。验收意见如下：项目从美国引进5份、加拿大引进55份特色马铃薯优异种质资源，并入库国家马铃种质试管苗库（克山）60份，筛选出优良特色马铃薯种质材料11份，创制马铃薯新种质14份。从加拿大引进并优化技术2项：创新高效立体实时分层脱毒种薯快繁技术、抗氧化活性物质鉴定分析技术。在陕西等地建立示范基地三个。申请发明专利2项；获批实用新型专利4项。同意通过验收。

（2）2016年6月7日，陕西省科技厅组织专家对对西农大承担的陕西省农业科技计划项目“优质高产多抗特色马铃薯新品种选育及高产栽培技术应用”（项目编号:2014K01-03-2）进行了验收。验收意见如下：项目利用分子生物育种与常规育种技术相结合的方法，进行多基因聚集，创制优良马铃薯新种质资源50个，利用品质快速鉴定筛选技术和田间筛选，研究开发和选育适合于陕西省马铃主产区种植和市场需求的马铃薯专用新品种/系10个，为提高我省马铃产量和品质奠定了基础；通过对选育新品种遗传特性和相应的配套栽培技术创新集成研究为新型马铃的大面积推广应用提供技术保障；项目实施期间，申请植物新品种权4项；发表论文4篇。同意通过验收。

（3）2016年12月5日，杨凌示范区科学技术局组织有关专家对西农大承担的示范推广能力提升项目“优质高产特色马铃薯新品种创新及示范推广”（项目编号:2014-TS-02）进行了验收。验收意见如下：1）该项目收集保存马铃薯遗传资源300份。创制综合性状优良、目标性状突出的新资源200份。培育优质、高产、多抗功能型马铃薯新品种4个，新品种产量比对照高10~15%。创新集成新品种高产高效配套栽培技术4套。建成现代智能光温控制马铃薯育种平台1座。建成3个50亩以上的示范园，辐射带动30万亩。2）建成了榆林马薯核心试验示范站200亩，延安子长马铃薯核心试验基地60亩，定边马铃核心示区300亩。马铃薯新品种新技术新模式累计示范推厂面积30万亩，效益显著，对这些地区的产业结构调整和高效农业发展中发挥积极的作用。同意通过验收。

（4）2020年7月16日，陕西省科技厅组织有关专家组对西农大承担的陕西省重点研发计划项目“马铃薯主食化产业链关键环节核心技术研究与集成”（项目编号:2017D-004）进行了验收。验收意见如下：项目通过建立、完善马铃薯高效育种技术新体系，高效脱毒种薯快繁技术、早地节水全程机械化高产高效生产技术和主食产品加工技术，进行马铃薯主食化全产业链关键核心技术研究与集成；创制优良马铃薯新种质资50余份；选育出具有自主知识产权的突破性马铃薯新品种3个，鉴定并获得抗马铃薯抗逆性、抗氧化相和新基因23个；开发出全营养彩色马铃薯主食化产品3种；申请国家发明专利2项，发表科技论文15篇，培养博士、硕士研究生18人，同意通过验收。

**2. 核心成果被国家知识产权及技术部门认定（见附表）。**

**3. 项目相关成果受到国内外同行的广泛认可和高度评价，**项目组成员先后受邀作大会报告10余次。创制的新品种提供国内28家单位利用。研究结果被国内外刊物引用50余次。中国农科院作物所副研究员孟凡华专家点评“陈勤的彩色马铃薯是一个创新。他把不同来源的马铃薯基因，控制皮色和产量的两个基因组合在一起，对以后育种工作打下了坚实的基础。从应用角度讲，可以利用新品种开发新食品，还可以提取色素等，在科学性和实用性两方面都有很好的前景”。

**4. 获得奖励：**2018年，陈勤教授获中国科技部2018年中国产学研合作创新奖。2015陈勤彩色马铃薯品种在中国杨凌第十届鉴宝农高会上被评为最具推广价值的致富项目。由陈勤指导，西北农林科技大学付钰坤等大学生的作品《国际领先的彩色马铃薯—马铃薯行业领跑者》，在第五届“建行杯”中国“互联网+”大学生创新创业大赛陕西赛区省级复赛中荣获金奖。

**5. 媒体报道：**2012年中央CCTV10《创新无限》栏目以《陈勤-给土豆穿彩衣》专题报道了陈勤教授回国创业的从事彩色马铃薯育种研究的事迹。2015年2月9日，《人民日报》头版报道“彩色的小麦和马铃薯培育成功-拥有自主知识产权，高产与高营养结合”；2018年10月，陕西电视台、西部网、《西安日报》等媒体报道利用彩色马铃薯加工彩色马铃薯锅巴助力精准脱贫。 2020年5月香港《文汇报》以整版篇幅将陈勤教授的彩色马铃薯育种成果作为中国农业芯片技术之一，以“走薯途，创新颜--新技术加快育种速度-彩色马铃薯内外兼备”的标题进行了长篇报道。

### 五、应用情况

**1. 应用情况**

（1）紫玫瑰2号、红玫瑰3号、黑玫瑰4号等品种培育成功后，项目组在陕西、黑龙江、甘肃等适宜区域进行分点分片示范种植，示范推广。累计推广106万亩，取得了较大的社会经济生态效益。彩色马铃薯的种植成本1200元/亩，每亩加工销售成本300kg/亩×106万亩=600元/亩，总成本1500元/亩×106万亩=159000万元。种植区亩生产平均1500kg，每公斤售价5.2元，新增利润106万亩× 1500kg ×5.2元/kg == 826800万元-159000万元 = 667800万元。

（2）西北农林科技大学付钰坤等大学生创新创业团队利用彩色马铃薯加工成“彩色马铃薯锅巴”。 到2020年，共生产5800万kg，售价20元/kg，产值116000万元，用原料薯5000 吨彩色马铃薯销售额（原料薯成本）：5000t×5200元/吨=2600万元，新增销售额116000-2600=113400 万元；“彩色马铃薯锅巴”加工销售成本6元/kg，总成本6元/kg ×5800万kg =34800万元，新增利润：116000-34800=81200万元。

（3） 黑龙江华彩薯业发展有限公司研发彩色马铃薯薯片、薯条等加工产品，新增销售额382.5万元，新增利润168.75万元。

**2. 应用效果**

（1）彩色马铃薯新品种选育和新产品研发取得重大突破，为彩色马铃薯育种和市场化提供科技支撑，获国家专利3项、育成品种4个、发表论文47篇。

（2）推动了彩色马铃薯市场化进程，建立4个马铃薯生产基地，带动13个合作社或企业参与彩色马铃薯生产和加工。

（3）促进了人才队伍建设：引进并培养3名优秀青年人才晋升副高级职称；培养博士、硕士研究生31人，博士后5人。指导地方农业技术人员及职业农民200余人。

**3．对社会经济发展和行业科技进步的意义**

我国马铃薯常年种植面积8000万亩，其中彩色马铃薯种植面积不到全国马铃薯种植面积的2%。但由于彩色马铃薯的高营养价值，特别是该成果育成的高产高营养彩色马铃薯新品种，将在未来马铃薯产业中占有重要位置。将为中国粮食安全及健康中国的国家战略实施做出重要贡献。

新选育的彩色马铃薯在产量、品质、薯形等方面有较大改善，新品种的示范推广为农民增收，企业增效，将陕西省彩色马铃薯推向全国，带动本地经济发展，丰富全国人民的菜篮子，提高陕西知名度都有较大作用。

在不增加种植户投入的条件下，彩色马铃薯新品种比常规品种价格要高，可增加薯农收入，助推我国脱贫攻关战略；带动公司和合作社开发彩色马铃薯新产品，为社会提供就业机会带动种植户提脱贫致富。

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)**

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 植物新品种权 | 黑玫瑰4号 | 中国 | CNA20141752.8 | 2019.1.31 | 2019012427 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬 | 有效 |
| 植物新品种权 | 红玫瑰3号 | 中国 | CNA20141748.5 | 2019.1.31 | 2019012425 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬 | 有效 |
| 植物新品种权 | 紫玫瑰2号 | 中国 | CNA20141749.4 | 2019.1.31 | 2019012426 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬 | 有效 |
| 植物新品种权 | 紫玫瑰3号 | 中国 | CNA20141750.0 | 2019.12.19 | 2019014122 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬 | 有效 |
| 发明专利 | 真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺 | 中国 | ZL200910181162.9 | 2012.5.23 | 950429 | 张立彬 | 张立彬 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种马铃薯育种研究用智能化人工气候室 | 中国 | ZL201620023868.8 | 2016.06.01 | 5256217 | 乐陵希森马铃薯产业集团有限公司 | 梁希森  朱彦辉  陈 勤 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种基于太阳能的节能马铃薯育种大棚 | 中国 | ZL201620022373.3 | 2016.06.01 | 5255505 | 乐陵希森马铃薯产业集团有限公司 | 梁希森  朱彦辉  陈 勤 | 有效 |
| 登记品种 | 黑玫瑰四号 | 中国 | GPD马铃薯(2019)610010 | 2019.5.31 | 中华人民共和国农业农村部非主要农作物品种登记证书 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬  陈 越  张小燕  刘五志  何一哲  张 超 | 有效 |
| 登记品种 | 红玫瑰三号 | 中国 | GPD  马铃薯(2019)610008 | 2019.5.31 | 中华人民共和国农业农村部非主要农作物品种登记证书 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬  陈 越  张小燕  刘五志  何一哲  张 超 | 有效 |
| 登记品种 | 紫玫瑰二号 | 中国 | GPD  马铃薯(2019)610009 |  | 中华人民共和国农业农村部非主要农作物品种登记证书 | 西北农林科技大学 | 陈 勤  王冬冬  陈 越  张小燕  刘五志  何一哲  张 超 | 有效 |

### 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** |
| 陈 勤 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目主持，负责项目的总体设计与实施；制定新品种培育的育种目标；集成创新彩色马铃薯新品种选育技术；育成彩色马铃薯新品种4个（黑玫瑰4号；红玫瑰3号；紫玫瑰2号；紫玫瑰3号，均排名第一位）；对育成的新品种进行宣传推广，指导彩色马铃薯新品种示范推广；指导彩色马铃薯锅巴等产品加工及推广；获实用新型专利2项（排名第三位）；发表相关论文40篇（通讯作者35篇）。获2018年中国产学研创新奖。 |
| 王冬冬 | 2 |  | 西北农林科技大学 | 主要完成人，彩色马铃薯新品种主要培育人，育成彩色马铃薯新品种4个（黑玫瑰4号；红玫瑰3号；紫玫瑰2号；紫玫瑰3号，均排名第二位）；主要负责引进彩色马铃薯种质资源的筛选鉴定及保存；负责彩色马铃薯新品种原原种规模化繁育；负责开展彩色马铃薯颜色、鲜食品质和加工品质评价；发表相关论文27篇（第一作者3篇，通讯作者4篇）。 |
| 陈 越 | 3 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责彩色马铃薯新品种配套高产高效栽培技术创新集成。参加彩色马铃薯新品种培育；负责彩色马铃薯新品种示范推广；是登记3个新品种（黑玫瑰四号；红玫瑰三号；紫玫瑰二号，均排名第三位）的主要完成人；发表相关论文11篇（第一作者1篇，通讯作者4篇）。 |
| 张立彬 | 4 | 总经理/  经济师 | 黑龙江华彩薯业发展有限公司 | 负责彩色马铃薯加工新产品开发；研发彩色马铃薯薯片加工专利技术1项“真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺”；开发彩色马铃薯薯片新增销售额382.5万元，新增利润168.75万元。 |
| 张正茂 | 5 | 教授 | 西北农林科技大学 | 负责彩色马铃薯全粉、锅巴等加工工艺的研究，开展彩色马铃薯膳食纤维等品质评价研究；发表相关论文7篇（均为通讯作者）。 |
| 郑振宇 | 6 | 主任 | 陕西省榆林市榆阳区农业科技培训中心 | 负责彩色马铃薯新品种新技术的研发示范推广；在陕西省示范推广种植彩色马铃薯新品种80万亩以上；获陕西省科学技术奖贰等1项。 |

### 八、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 | 项目主持单位，负责项目的总体设计与实施；制定新品种培育的育种目标；集成创新彩色马铃薯新品种选育技术；育成彩色马铃薯新品种4个（黑玫瑰4号；红玫瑰3号；紫玫瑰2号；紫玫瑰3号）；登记新品种3个；对育成的新品种进行宣传推广，指导彩色马铃薯新品种示范推广；研发彩色马铃薯全粉、锅巴等加工工艺；开发彩色马铃薯全粉、锅巴、冰激凌等加工产品3个；指导彩色马铃薯锅巴等产品加工及推广；在陕西、甘肃和宁夏等地示范推广彩色马铃薯新品种。 |
| 黑龙江华彩薯业发展有限公司 | 2 | 研发彩色马铃薯薯片加工专利技术1项“真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺”；开发彩色马铃薯薯片、薯条等加工产品新增销售额382.5万元，新增利润168.75万元。 |
| 陕西省榆林市榆阳区农业科技培训中心 | 3 | 负责彩色马铃薯新品种新技术的研发示范推广；在陕西省示范推广种植彩色马铃薯新品种80万亩以上；获陕西省科学技术奖贰等1项。 |

### 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** | **合作起始**  **时间** | **合作完成**  **时间** | **合作成果** |
| **1** | 共同立项/新品种共同培育人/论文合著 | 王冬冬/2 | 2008年1月 | 2021年4月 | 培育彩色马铃薯新品种4个；发表论文27篇；农业部948-彩色马铃薯品种资源引进项目；陕西省科技厅彩色马铃薯新品种选育项目主要完成人。 |
| **2** | 共同立项/共同登记品种/论文合著 | 陈 越/3 | 2012年10月 | 2021年4月 | 登记彩色马铃薯新品种3个；彩色马铃薯示范推广项目主要完成人；共同进行技术研发及人才培养；共同发表论文11篇。 |
| **3** | 项目合作/产品推广/产业开发 | 张立彬/4 | 2009年1月 | 2021年4月 | 发明“真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺”；专利技术一项；开发推广玫瑰系列彩色马铃薯薯片等加工新产品。 |
| **4** | 项目合作/共同研发 | 张正茂/5 | 2012.10 | 2021年4月 | 开展彩色马铃薯全粉、锅巴等加工工艺，彩色马铃薯膳食纤维等品质评价研究。发表相关论文7篇。 |
| **5** | 合作专利研发/项目合作/产品推广/产业开发 | 郑振宇/6 | 2006.1 | 2021年4月 | 合作开发彩色马铃薯新品种新技术；在陕西省示范推广种植彩色马铃薯新品种80万亩以上。 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  王冬冬、陈越是课题组的主要成员，2008年-2021年全程参与建立了马铃薯遗传育种及加工实验室。全程参与彩色马铃薯遗传资源引进、新品种选育、全产业链关键技术研发的课题研究。其中王冬冬主要参与彩色马铃薯新品种选育技术创新、引进彩色马铃薯种质资源的筛选鉴定及保存、彩色马铃薯新品种原原种规模化繁育、彩色马铃薯颜色、鲜食品质和加工品质评价研究；陈越主要参与马铃薯新品种培育及陕西、甘肃等地的彩色马铃薯新品种新技术示范推广基地建设，旱区彩色马铃薯配套高产高效栽培技术创新集成，参与新品种新技术的示范推广工作。研究结果以新品种权、品种登记与论文合著的形式体现。  张立彬以项目合作和产品推广及产业开发方式参与本项目，以其发明的“真空冻炸彩色马铃薯脆片、彩色甘薯脆片的工艺”专利技术，利用本项目知识产权的玫瑰系列彩色马铃薯，开发彩色马铃薯休闲食品并推广销售，产生效益。  张正茂主要负责开展彩色马铃薯加工食品及加工工艺研究，研究结果以发表论文体现。以其研发的马铃薯全粉和锅巴等加工工艺技术流程，项目组开发彩色马铃薯全粉，功能母婴粉，以及彩色马铃薯全粉为基础加工彩色马铃薯馒头、彩色马铃薯面条、锅巴等加工产品。  郑振宇与项目主要完成人合作开发了彩色马铃薯新品种新技术的研发示范推广；在陕西省示范推广种植彩色马铃薯新品种100万亩以上；获陕西省科学技术奖贰等1项。所在单位主要从事农作物新品种新技术试验示范推广及培训工作，在项目中起到示范与宣传推广作用。 | | | | | |

### 一、项目名称：

黄土高原地区氮磷淋溶阻控与安全施肥技术

### 二、提名者及提名意见：

**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：**

黄土高原地区覆盖7省区，耕地一亿五千万亩，既是我国典型的粮果生产基地，又是水土流失严重的生态脆弱区域。氮磷素养分高效管理不仅有助于区域粮果产量、保障我国粮果安全，同时也对黄河中下游面源污染防治具有重大意义。自上世纪50年代以来，在科技部、农业部等部门资助下，西北农林科技大学研究团队，在陕西省各级地市农业技术推广中心的协助下，历时60余年，共计100多位科研人员先后投入黄土高原地区粮果生态系统土壤氮磷肥施用环境效应和安全施肥技术的相关研究。在黄土高原地区近60年来黄土高原地区磷素和氮素含量变化特征、黄土区土壤氮磷淋溶迁移的临界值和调控措施、土壤氮磷含量与作物产量的耦合机制、以及安全施肥调控措施等方面取得了重要进展。为黄土高原地区氮磷肥的安全施用、土壤氮磷素养分高效管理提供了的理论依据，在基础研究、社会和经济效益方面取得了显著效果。

### 提名该项目为陕西省科技进步奖二等及以上。

### 三、项目简介：

黄土高原地区覆盖7省区，耕地一亿五千万亩，既是我国典型的粮果生产基地，又是水土流失严重的生态脆弱区域。氮磷素养分高效安全管理不仅有助于区域粮果产量、保障我国粮果安全，同时也对黄河中下游面源污染防治具有重大意义。自上世纪50年代以来，在科技部、农业部等部门资助下，历时60余年，共计100多位科研人员先后参与完成了相关研究。1950-1985年重点针对黄土高原地区土壤氮磷素含量不清、农田肥料有效性不确定的急迫问题开展科技攻关；1986-2010年针对长期氮磷肥投入条件下施肥量、环境安全施肥量及其耦合机理进行探讨；近期（2011-2020年）主要开展了地下水中氮磷空间分布及其阻控措施开展了研究。

**关键创新点如下：**

1. 揭示了近60年来黄土高原地区氮磷素含量变化特征。黄土地区土壤有效氮磷含量低，但1980以来随着化肥持续投入，土壤氮素含量得到提升，80%耕层土壤有效磷（Olsen-P）含量已超过20 mg∙kg−1。渭北旱塬出现大量硝态氮积累，关中平原地区过量施氮的土壤达到83%以上，大量土壤硝态氮已经迁移到1 m土层以下，关中平原地区13%的水井地下水的硝态氮含量超过10 mg·L−1（WHO饮用水标准）。富磷土壤已出现可溶性磷素向耕层下迁移的现象。
2. 提出了黄土区土壤氮磷淋溶迁移的临界值和调控措施；在黄土区土壤磷素流失的突变点Olsen-P大约在45-60 ppm，并会因土壤类型和土壤性状而变化。冬小麦和春玉米的种植体系中，0 ~ 1 m土层中硝态氮的淋溶阈值60 ~ 80 kg N ha−1。
3. 明确了长期施磷条件下，典型农田土壤活性磷的固液相分配规律与影响因素，磷素的积累与吸收特性。随着施入磷素浓度的增加，其固液相的分配系数（Kd）值降低。长期施用无机磷肥土壤，随着土壤吸附饱和度的提高，土壤磷素的吸附能力显著降低，土壤磷素最大吸附量较对照降低10%左右，并且对外源磷素的吸附能力也会减弱。
4. 揭示了土壤氮磷肥施用量与作物产量的耦合机制，发现了施肥环境效应的三阶段：环境友好-资源高效阶段、环境低风险-资源低效阶段和环境有害-资源无效阶段。提出了在保证粮食生产和环境安全的双约束条件下的安全施肥阈值。土壤有效磷10 ~ 20 ppm，超过此阈值，可减量或隔年施磷肥；在冬小麦种植系统中土壤氮肥安全施肥阈值120 ~ 150 kg N ha−1；春玉米种植系统中为160 ~ 200 kg N ha−1。
5. 提出化肥减量、施用缓控释肥和秸秆还田降低氮磷淋失量的调控措施，为黄土高原氮磷肥高效安全施用提供了新的理论依据和技术支撑。

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. 专家（“973”项目组）高度评价：揭示了典型农田土壤活性磷的固液相分配规律与影响因素，磷素的迁移、形态转化与吸收特性，并提出了黄土高原典型土壤磷素淋溶的预测指标和环境效应，为农田土壤磷素科学管理提供了理论依据；系统研究了土壤磷素固液相分配与影响因素间的关系，并通过调节土壤N/P量、添减腐殖酸、调节微生物C/P比，改变土壤pH等途径，提出了磷素有效利用途径。
2. 政府的高度重视：依据项目研究成果提出的“减量、缓控释肥和秸秆还田”的建议，其中“减量、隔年施磷技术”得到了陕西省政府的高度重视。

### 五、应用情况

咸阳市、宝鸡市、渭南市是陕西省重要的粮果生产基地，从2004 ~ 2019年三地市土壤肥料工作站对“减量、缓控释肥和秸秆还田”、“减量、隔年施磷技术”技术，进行了大面积示范推广。15年累计推广18554.4万亩，其中小麦7745.3万亩、玉米7124.6万亩、果园面积3684.5万亩；节省氮肥81218.6万公斤（化肥实物量），氮肥节本大约14.97亿元，节省磷肥52194.3万公斤（化肥实物量），磷肥节本大约13.42亿元。15年累计培训农技人员4万余人次，产生了显著的社会、经济和生态效益。

项目通过“减量、缓控释肥和秸秆还田”技术，降低了氮磷淋溶，稳定了小麦、玉米、苹果产量，实现了农业提质增效，农民增收；另一方面在提高和稳定粮果生产的基础上，减少了氮磷肥投入，有助于防治潜在的生态环境问题。为地方政府指导氮磷肥高效安全实用和防治农业面源污染提供了科学依据。

六、主要知识产权和标准规范目录**（限10条，发明奖和进步奖)**

| **知识产权**  **类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明专利 | 化肥氮素挥发抑制物的制备方法 | 中国 | ZL98112885.8 | 2002年2月13 | 80817 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 郝明德  东秋霞 | 有效 |
| 发明专利 | 氮肥缓释药剂的制备方法 | 中国 | ZL 00135602.x | 2004年5月26 | 155994 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 郝明德  东秋霞 | 有效 |
| 发明专利 | 一种化肥氮素挥发抑制剂 | 中国 | ZL98112886.6 | 2002年2月13 | 80818 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 郝明德  东秋霞 | 有效 |
| 标准 | 渭北旱地小麦与一年生豆科作物轮作技术规程 | 陕西省 | DB 61/T 1279-2019 | 2019年10月29 |  | 西北农林科技大学 | 郝明德  郭胜利  党廷辉  李 鹏  王 哲  高长青  段长林  殷振江  周永明 | 首次发布 |
| 标准 | 小麦-豌豆轮作生产技术规程 | 杨凌农业高新技术产业示范区地方标准 | DB 6111/T 137-2019 | 2019年8月16 |  | 西北农林科技大学、陕西省发展特色与休闲农业指导中心、长武县农业技术推广中心、咸阳市农业技术推广中心 | 郝明德  郭胜利  党廷辉  王 哲  李 鹏  高长青  段长林  殷振江 | 首次发布 |
| 标准 | 小麦-苜蓿轮作生产技术规程 | 杨凌农业高新技术产业示范区地方标准 | DB 6111/T 136-201 | 2019年8月16 |  | 西北农林科技大学、陕西省发展特色与休闲农业指导中心、长武县农业技术推广中心、咸阳市农业技术推广中心 | 郝明德  郭胜利  党廷辉  李 鹏  王 哲  高长青  段长林  殷振江 | 首次发布 |
| 标准 | 小麦-红豆草轮作生产技术规程 | 杨凌农业高新技术产业示范区地方标准 | DB 6111/T 135-201 | 2019年8月16 |  | 西北农林科技大学、陕西省发展特色与休闲农业指导中心、长武县农业技术推广中心、咸阳市农业技术推广中 | 郝明德  郭胜利  党廷辉  李 鹏  王 哲  高长青  段长林  殷振江 | 首次发布 |
| 标准 | 小麦-油菜轮作技术规程 | 杨凌农业高新技术产业示范区地方标准 | DB 6111/T 138—2019 | 2019年10月29 |  | 西北农林科技大学、陕西省发展特色与休闲农业指导中心、长武县农业技术推广中心、咸阳市农业技术推广中心 | 郝明德  郭胜利  党廷辉  李 鹏  王 哲  高长青  段长林  殷振江 | 首次发布 |
| 标准 | 褐土区一年一熟条件下（春玉米）土壤氮素淋溶区域消减草案 | 北京市土壤学会 |  | 2021年4月13 |  | 西北农林科技大学 | 党廷辉  郭胜利 | 完成第三方评估 |

### 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** |
| 郭胜利 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 揭示了土壤氮磷肥施用量与作物产量的耦合机制，提出了黄土区土壤磷和氮素淋溶迁移的临界值、判别方法、淋溶敏感区。参与磷和氮素的积累与吸收特性等研究，发布了相关标准。 |
| 党廷辉 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 揭示了长期施用磷肥条件下，典型农田土壤活性磷的固液相分配规律与影响因素，磷素的积累与吸收特性，发布了相关标准。 |
| 郝明德 | 3 | 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 | 明确了长期施磷条件下，土壤磷素形态转化的机制依据调研与监测、长期试验的研究结果，提出“实施减量，隔年施磷，提高生态与经济效益”的建议，研发了氮素相关专利，发布了相关标准。 |
| 王 蕊 | 4 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 参与黄土区土壤氮磷淋溶敏感区、土壤氮磷含量与作物产量的耦合机制以及果园土壤氮磷积累及其影响因素等研究。 |
| 姬洪飞 | 5 | 实验员 | 西北农林科技大学 | 参与土壤样品分析、数据整理等。 |
| 陈 洁 | 6 | 农艺师 | 宝鸡市农业技术推广服务中心 | 参与了宝鸡地区推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |
| 高红兵 | 7 | 高级农艺师 | 渭南市农业技术推广中心 | 参与了渭南地区推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |
| 李撑娟 | 8 | 农艺师 | 咸阳市土壤肥料工作站 | 参与了咸阳地区推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |
| 段长林 | 9 | 高级农艺师 | 长武县农业技术推广中心 | 参与了长武县试验、推广等方面工作。 |

### 八、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。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，重点开展了黄土区土壤中氮磷素的含量分布、形态转化及其与氮磷肥施用关系；黄土区长期施氮磷条件下土壤磷素积累和作物吸收利用的耦合机制；黄土区土壤氮磷素迁移、转化过程与及其影响因素；氮磷素迁移机制及其阻控措施等方面的工作。 |
| 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参与单位，在氮相关专利研发给予必要的人力、物力支持和必备的支撑条件。 |
| 宝鸡市农技推广中心 | 3 | 在本项目中协助开展了黄土高原地区宝鸡地区土壤氮磷含量调查、土壤样品、氮磷肥施用推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |
| 咸阳市农技推广中心 | 4 | 在本项目中协助开展了黄土高原地区咸阳地区土壤氮磷含量调查、土壤样品、氮磷肥施用推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |
| 渭南市农技推广中心 | 5 | 在本项目中协助开展了黄土高原地区渭南地区土壤氮磷含量调查、土壤样品、氮磷肥施用推广等方面工作。同时协助开展项目的实施与成果鉴定等工作，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |

### 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** | **合作起始**  **时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项、论文合著 | 郭胜利/1  党廷辉/2  郝明德/3 | 1995 | 2020 | 论文/标准 |
| 2 | 共同研究 | 党廷辉/2  郝明德/3 | 1988 | 1990 | 论文、省政府建议 |
| 3 | 共同研究 | 党廷辉/2  郭胜利/1  姬洪飞/5 | 1990 | 2020 | 野外调查、土壤采样和室内分析等 |
| 4 | 共同立项、论文合著 | 郭胜利/1  王 蕊/4  姬洪飞/5 | 2012 | 2020 | 野外调查、土壤采样和论文等 |
| 5 | 合作推广 | 宝鸡市、渭南市、咸阳市农技推广中心 | 1985 | 2020 | 技术推广、野外试验布设等 |
| **完成人合作关系说明** | | | | | |
| 土壤氮磷素科研团队以西北农林科技大学水土保持研究所原土壤肥力研究室的科研队伍和平台为基础，在“六五”、“七五”国家科技攻关、973项目、国家科技研发专项等项目的资助下，历时60余年，先后有老中青三代科研人员参加，以郝明德研究员为代表的科研人员明确了长期施氮磷条件下，土壤磷素形态转化的机制依据调研与监测、并依据研究结果开发了相关专利、发布有关标准等；以党廷辉研究员为代表的科研人员则探讨了从长期施用氮磷肥条件下，农田土壤活性磷的固液相分配规律与影响因素，磷素的积累与吸收特性；以郭胜利为代表的科研人员从氮磷素积累、产量与环境效应方面，揭示了土壤氮磷素含量与作物产量的耦合机制，提出了黄土区土壤氮磷素淋溶迁移的临界值、判别方法、磷素和氮素淋溶敏感区。其次陕西省多个地市的农技推广站的工作人员也参与氮磷肥安全高效实用技术推广施用、野外调研、土壤样品采集等工作，陈洁农艺师负责了宝鸡地区的技术推广及样品采集工作、高红兵高级农艺师负责了渭南地区的相关技术工作、李撑娟农艺师负责了咸阳地区（其中段长林高级农艺师负责了长武县）的相关技术推广工作等。三代科研人员，100多位科研骨干60余年来，一直围绕黄土区氮磷肥高效管理、安全施用，长期探索，在早期提出了氮磷肥合理施用措施，近期又进一步提出了基于环境安全施肥的建议，为黄土高原地区土壤高质量发展贡献智慧。  本项目涉及人员较多，列入其中的为对项目做出主要贡献的合作完成人员。 | | | | | |

### 一、项目名称：

黄土丘陵区经济林（果）耗水机制与适水增效调控技术

### 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：**黄土丘陵区是我省乃至我国重要的生态屏障和特色经济林（果）栽植区，在乡村振兴和生态建设中的战略地位突出。该项目针对干旱缺水这一制约黄土高原区域乡村振兴主导产业经济林（果）高质量发展瓶颈的问题，以减耗保水增碳和实现适水发展为目标，揭示了苹果、红枣蒸腾耗水机制，明确了水分来用来源和利用策略，研发出2项苹果、红枣蒸腾性奢侈耗水和非生产性奢侈耗水调控技术，建立了黄土丘陵区旱作苹果园和红枣园适水增效调控技术模式，并实现了技术的标准化。项目具有原创性、前瞻性、实用性。

该项目揭示的规律、建立的理论方法对指导经济林（果）应对干旱缺水和实现可持续发展具有重要科学价值，研发的技术、创建的技术模式已在黄土高原经济林（果）规模化应用，产生了显著的经济、社会和生态效益。三个创新性成果逻辑性、移植性、应用性强，为该区域经济林（果）增产增效与适水发展提供了重要科技支撑，推动了农业水土工程和水土保持等相关学科的发展和技术进步，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一等奖。

### 三、项目简介：

黄土高原是实现黄河流域生态保护和高质量发展的重点和难点区域。国家退耕还林（草）工程实施以来，苹果、红枣等经济林（果）发展迅猛，已成为该区域实施乡村振兴的主导产业，然而干旱缺水且水分供求矛盾突出是制约该区域经济林（果）高质量发展的瓶颈。项目组以黄土丘陵区大面积种植的旱作苹果和红枣为对象，历时13年，在揭示苹果、红枣蒸腾耗水机制基础上，明确了水分来用来源和利用策略，创新出2项奢侈耗水调控技术并进行大面积示范应用，同步实现经济林（果）增产增效与适水发展，取得以下创新性成果：

**1. 揭示了黄土丘陵区苹果和红枣蒸腾耗水机制，探明了水分利用来源**

为科学认知黄土丘陵区苹果、红枣水分利用机制，在土壤储水和蒸腾耗水高频高精连续定位监测基础上，建立了果树蒸腾耗水量计算新方法，揭示了不同降水条件下苹果、红枣各生育期蒸腾耗水规律；将天然氢氧稳定同位素和人工标记氢氧稳定同位素方法结合，浅层与深层土壤并重，明确了不同树龄和生育期苹果、红枣水分利用来源及其利用策略，发现盛果期果树在生长关键期均连续消耗深层土壤水分，易引发土壤干燥化，为经济林（果）适水调控技术提供了理论依据。

**2. 研发出2项苹果、红枣蒸腾性奢侈耗水和非生产性奢侈耗水调控技术**

以有效降低经济林（果）奢侈耗水（ET′），实现土壤水持续利用为目标，综合考虑果园生产和降水实际，在叶-气界面，提出枣树全生育期主枝修剪、苹果树需水关键期适度侧枝修剪的蒸腾阻控（T′）方法，结合生物质原位覆盖，研发出以适水修剪覆盖为核心的蒸腾性奢侈耗水调控技术。在土-气界面，以减少无效蒸发（E′）和提高降水转化效率为核心，筛选出抗旱耐寒型绿肥新品种，确定出其播种与刈割覆盖技术参数，研制出适宜黄土丘陵区果园的绿肥轻简化精量播种机，省工50%，节约种子60%，研发出以果园绿肥间作适水增碳为核心的非生产性奢侈耗水调控技术。

**3. 建立了黄土丘陵区旱作苹果园和红枣园适水增效调控技术模式**

自“十一五”以来，以黄土丘陵区苹果和红枣为对象，在陕西榆林清涧、子洲、米脂和延安宝塔区分别建立示范区，以果园适水修剪覆盖增效、绿肥间作适水增碳两项关键技术为核心，并结合分散经营型和集约经营型土地流转形式，构建了经济林（果）适水增效调控技术模式，使红枣园0-200cm土壤含水量提高11%以上，0-20cm有机碳平均增加58%，产量平均提高25%，水分利用效率平均提升31%；苹果园0-200cm土壤含水量增加8%以上，0-20cm有机碳平均增加26%，产量平均提高8%，水分利用效率平均提升19%，同步实现了果园增产增效与适水协同发展。

项目实施以来，在Journal of Hydrology、Agriculture Ecosystems & Environment、Agricultural Water Management、《中国农业科学》等发表论文67篇。在经济林（果）蒸腾耗水机制、水分利用来源、果园绿肥间作水分调控机制等方面的研究成果得到中国科学院傅伯杰院士和邵明安院士、欧洲地球科学联盟（EGU）土壤科学部主席Saskia Keesstra教授等国内外学者1100余次的引用；经济林（果）水分调控利用技术成果入选科技部科技惠民计划和农业农村部农业主推技术；出版农业重大科学研究成果专著《中国旱区农业高效用水技术研究与实践》1部、科普著作1部；授权国家专利7件（发明专利6件）；制定地方标准6项（陕西省地方标准3项）；培养毕业研究生55人。近三年，该成果在黄土高原苹果、红枣产区累计推广应用135.96万亩，增收7.68亿元，效益显著，体现出广阔应用前景。

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

1. 验收意见

2010年，以康绍忠院士为组长，许迪教授级高工为副组长的9位专家对主持完成的“十一五”国家科技支撑计划课题“区域农业发展综合节水共性技术研究”（2007BAD88B10）”进行了会议验收，认为通过对基于水资源高效利用的作物节水型种植结构优化技术、降水资源化潜力计算与高效利用技术等研究，提出了区域节水型作物种植结构、农业经济用水量及农业节水潜力的评价指标体系和评价方法；建立了黄土高原旱塬主要作物（苹果、红枣）集雨栽培技术模式，降水利用率提高了7%-10%。

2016年，以黄修桥研究员为组长，许迪教授级高工和黄介生教授为副组长的9位专家对完成的“十二五”科技支撑计划项目“干旱半干旱区农业技术集成与示范”课题“西北生态脆弱区经济作物高效用水关键技术研究与示范（2011BAD29B04）”进行了会议验收，认为建立了山地枣园高效用水技术示范区，其研发成果的果园适水修剪和耕作覆盖降耗技术等综合节水30m3/亩，产生了显著的社会、经济和生态效益。

2016年，以黄修桥研究员为组长，许迪教授级高工和黄介生教授为副组长的9位专家对主持完成的国家科技支撑计划课题“西北旱区农业水土资源潜力与高效利用模式集成及应用（2011BAD29B09）”进行验收，认为项目研发成果旱作果园耕作覆盖等技术使降水利用效率和经济林果产量都得到了大幅度的提高，其生态效益显著，在陕西延安、榆林等地大面积推广应用，取得了显著的经济、生态和社会效益。

2. 国内外同行评价

项目组成员先后受邀在欧洲地球科学联合会（EGU）、美国农艺与生物工程师协会（ASABE）、意大利国家地球水文研究院、加拿大萨斯喀彻温大学等做报告20余次，受邀在国内重要学术会议上作报告30余次，研究成果被国内外学者他引1100余次。先后主办第二届全国区域生态学学术研讨会（2020）、黄土高原油菜多功能开发利用现场观摩研讨会（2020）、第二届中国水土保持学会年会“水土保持与乡村振兴”专场（2019）和西北典型农区高效节水灌溉技术与集成应用项目现场观摩会（2019）等，共吸引来自全国20余省份的1500余人参加。

傅伯杰院士在*Agricultural and Forest Meteorology*发表论文认为项目组对不同林龄果树水分利用策略的研究成果增进了对树木水分利用变异规律的认识；邵明安院士在*Earth-Science Reviews*发表论文认为项目组对枣园适水修剪覆盖的研究为黄土高原坡地果园水分管理提供了新见解；欧洲地球科学联盟（EGU）土壤科学部主席、荷兰瓦赫宁根大学Saskia Keesstra教授，在*Ecological Engineering*发表论文，认为采用长期定位观测试验从降低坡面流速和提高土壤水分入渗方面揭示了稻草覆盖与植被耦合协同实现水土资源高效利用的作用机制；法国蒙彼利埃大学Rémi Cardinael教授在*Plant and Soil*发文详细介绍了项目组采用氘同位素深层标记方法探明果树深层水分利用的研究成果，认为研究提供了果树能够利用深层土壤水分的宝贵数据和证据；意大利佛罗伦萨大学Daniele Penna教授在*Agriculture, Ecosystems and Environment*发表论文，认为项目组采用稳定同位素对经济林果和覆盖作物蒸腾耗水规律的研究是全球农林复合系统水分利用的重要进展。

3. 科技查新报告

教育部科技查新工作站查新认为：项目建立了基于土壤水分自动监测的果树蒸腾耗水量计算新模型，揭示了苹果和红枣蒸腾耗水机制；提出了氢氧稳定同位素深层人工标记新方法，探明了水分利用来源；在叶-气界面、土-气界面分别研发出以适水修剪覆盖为核心的蒸腾奢侈耗水调控技术、以果园绿肥间作适水增碳为核心的非生产性奢侈耗水调控技术，除项目组报道的文献外，在所查国内外文献中均未见相同报道，具有创新性。

4. 获得的相关知识产权

围绕黄土丘陵区经济林（果）适水增效调控技术，先后授权“一种枣树节水型修剪方法”、“一种便携式树木蒸腾测量装置及其测量方法”等国家发明专利6件、实用新型专利“一种背负式精量播种器”1件。制定“半干旱区苹果园间作豆菜技术规范”、“陕北山地枣树密植矮化修剪技术规程”等陕西省地方标准3项，“山地枣树间作模式保墒技术规范”等榆林市地方标准3项。

### 五、应用情况

项目通过试验研究与技术示范相结合、技术培训与实践指导相结合的推广体系进行成果应用。研发的经济林（果）蒸腾性奢侈耗水和非生产性奢侈耗水调控技术主要通过果业中心、园艺蚕桑站、果业合作社和企业等进行推广应用。同时开展多种形式的技术培训与服务，通过举办现场会、观摩会、培训会，在农技人员、种植大户及果农中进行技术推广，利用网络、电视、广播、直播、报纸等媒体资源和试验示范技术规程，提高技术普及率，扩大成果的应用规模。项目以延安、榆林苹果和红枣为重点，辐射带动技术在渭南、咸阳、宝鸡等地市苹果产区广泛应用。项目成果累计推广应用面积135.96万亩，累计培训技术人员和果农1万余人次，取得了显著的经济、生态和社会效益。

**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 | 榆林市果业技术推广中心 | 果园适水修剪覆盖技术 | 枣树、苹果/14.20万亩 | 2013-2020 | 鲁 成/18098020556 |
| 2 | 延安市果业  中心 | 果园适水修剪覆盖技术 | 苹果、枣树/28.07万亩 | 2017-2020 | 潭 江/13892101065 |
| 3 | 榆林市果业技术推广中心 | 果园绿肥间作适水增碳技术 | 苹果、枣树/14.58万亩 | 2015-2020 | 鲁 成/18098020556 |
| 4 | 延安市果业  中心 | 果园绿肥间作适水增碳技术 | 苹果/42.83万亩 | 2015-2020 | 潭 江/13892101065 |
| 5 | 渭南市果业发展中心 | 果园绿肥间作适水增碳技术 | 苹果/13.05万亩 | 2017-2020 | 苏新会/0913-2930590 |
| 6 | 咸阳市园艺蚕桑站 | 果园绿肥间作适水增碳技术 | 苹果/12.72万亩 | 2017-2020 | 查养良0910-3554178 |
| 7 | 宝鸡市蚕桑园艺工作站 | 果园绿肥间作适水增碳技术 | 苹果/10.51万亩 | 2017-2020 | 李广文/0917-3510326 |

### 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)

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书**  **编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准规范 | 半干旱区苹果园间作豆菜技术规范 | 中国 | DB61/T1360—2020 | 2020年12月29 |  | 西北农林科技大学、陕西省杂交油菜研究中心、西安市质量与标准化研究院、延安市果业中心、全国农技推广服务中心、杨凌现代农业产业标准化研究推广服务中心 | 赵西宁  杨建利  宋小林  高晓东  吴普特  王 迁  王春丽  吴 勇  路树国  贺春祥  刘光东  凌 强  霍高鹏  李会科  蔡耀辉  周永明  高健恩 | 正常 |
| 标准规范 | 陕北山地枣树密植矮化修剪技术规程 | 中国 | DB61/T1060—2016 | 2016年12月20 |  | 西北农林科技大学、榆林市果树技术服务中心、榆林市农垦农业技术服务站 | 杨荣慧  汪有科  赵西宁  张建军  徐福利  郝 哲 | 正常 |
| 标准规范 | 山地枣树间作模式保墒技术规范 | 中国 | DB6127/T032—2015 | 2015年09月28 |  | 西北农林科技大学、榆林市农垦农业技术服务站 | 高晓东  赵西宁  吴普特  凌 强  李虹辰  李陆生  马理辉  郝 哲 | 正常 |
| 发明专利 | 一种枣树节水型修剪方法 | 中国 | ZL201410439669.0 | 2016年9月1 | 2234558 | 西北农林科技大学 | 汪有科  周玉红  魏新光  汪 星  佘 檀 | 未缴费失效 |
| 发明专利 | 一种便携式树木蒸腾测量装置及其测量方法 | 中国 | ZL201210063647.X | 2014年6月11 | 1416154 | 西北农林科技大学 | 汪有科  梁 宇  汪 星 | 未缴费失效 |
| 专著 | 中国旱区农业高效用水技术研究与实践 | 中国 | ISBN：978-7-03-029996-3 | 2011年3月1 |  | 西北农林科技大学 | 吴普特 | 正常 |
| 论文 | Soil water effects of agroforestry in rainfed jujube (Ziziphus jujube Mill.) orchards on loess hillslopes in Northwest China  （Agriculture, Ecosystems & Environment） | 中国 | DOI: 10.1016/j.agee.2017.06.031 | 2017年9月1 |  | 西北农林科技大学、水利部珠江水利委员会 | 凌 强  高晓东  赵西宁  黄 俊  李虹辰  李陆生  孙文浩  吴普特 | 正常 |
| 论文 | Seasonal effects of intercropping on tree water use strategies in semiarid plantations: Evidence from natural and labelling stable isotopes  （Plant and Soil） | 中国 | DOI: 10.1007/s11104-020-04477-5 | 2020年3月14 |  | 西北农林科技大学、法国蒙彼利埃大学 | 霍高鹏  赵西宁  高晓东  王绍飞 | 正常 |
| 论文 | Effects of water collection and mulching combinations on water infiltration and consumption in a semiarid rainfed orchard  （Journal of Hydrology） | 中国 | DOI:10.1016/j.jhydrol.2018.01.052 | 2018年3月1 |  | 西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所 | 李虹辰  赵西宁  高晓东  任柯萌  吴普特  赵西宁 | 正常 |
| 论文 | 修剪对山地苹果蒸腾的影响及模拟  （中国农业科学） | 中国 | DOI: 10.3864/j.issn.0578-1752.2019.17.010 | 2019年9月1 |  | 西北农林科技大学、中国科学院水利部水土保持研究所 | 叶苗泰  霍高鹏  杨 博  赵西宁  高晓东 | 正常 |

### 七、主要完成人情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政/技术职称** | **工作单位/完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 赵西宁 | 1 | 副所长/  研究员 | 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。明确了苹果、红枣耗水机制与水分来源，研究提出蒸腾性奢侈耗水和非生产性奢侈耗水调控技术。 |
| 吴普特 | 2 | 校长/  研究员 | 西北农林科技大学 | 阐明了苹果园蒸腾耗水规律，总结形成红枣和苹果适水增效调控技术模式。 |
| 高晓东 | 3 | 副主任  /研究员 | 中科院水利部水土保持研究 | 采用稳定同位素方法探明苹果和红枣水分来源及其利用策略，提出果园蒸腾性奢侈调控技术。 |
| 汪星 | 4 | 讲师 | 宁夏大学 | 探明红枣蒸腾耗水规律，提出红枣适水修剪方法。 |
| 杨建利 | 5 | 高级农艺师 | 陕西省杂交油菜研究中心 | 研发果园绿肥还田轻简化种植技术，开展示范应用与推广。 |
| 宋小林 | 6 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 参与完成苹果园蒸腾性奢侈耗水和非生产性奢侈耗水调控技术研发与示范推广。 |
| 蔡耀辉 | 7 | 助理研究员 | 中科院水利部水土保持研究 | 完成苹果园果园绿肥间作适水增碳技术的示范应用与推广。 |
| 王春丽 | 8 | 副研究员 | 陕西省杂交油菜研究中心 | 参与完成果园绿肥还田轻简化种植技术的效果评价、田间试验和示范。 |
| 汪有科 | 9 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 完成果园适水修剪方法的示范应用与推广。 |
| 贺春祥 | 10 | 农艺师 | 延安市果业中心 | 参与完成果园绿肥间作技术的示范应用与推广。 |
| 杨荣慧 | 11 | 教授 | 西北农林科技大学 | 参与完成陕北山地枣树适水修剪方法技术的示范应用与推广。 |

### 八、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 | 第一 | 负责项目整体设计、实施和总结。 |
| 陕西省杂交油菜研究中心 | 第二 | 研发果园绿肥还田轻简化种植技术，开展示范应用与推广。 |
| 宁夏大学 | 第三 | 探明红枣蒸腾耗水规律，提出红枣适水修剪方法。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 第四 | 提出果园蒸腾性奢侈调控技术，开展示范应用与推广。 |
| 延安市果业中心 | 第五 | 完成果园绿肥间作技术的示范应用与推广。 |

### 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** | **合作起始**  **时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| **1** | 共同立项，  论文合著，  共同知识产权 | 吴普特/2 | 2008年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题3项，合作发表论文21篇，制定标准规范2项 |
| **2** | 共同立项，  论文合著，  共同知识产权 | 高晓东/3 | 2008年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题2项，合作发表论文17篇，制定标准规范2项 |
| **3** | 共同立项，  论文合著 | 汪 星/4 | 2008年9月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题1项，合作发表论文6篇 |
| **4** | 共同立项，  论文合著，  共同知识产权 | 杨建利/5 | 2016年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题1项，合作发表论文1篇，制定标准规范1项 |
| **5** | 共同立项，  论文合著，  共同知识产权 | 宋小林/6 | 2013年9月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题1项，合作发表论文3项，制定标准规范1项 |
| **6** | 共同知识产权 | 蔡耀辉/7 | 2015年9月  1日 | 2020年12月  31日 | 合作制定陕西省地方标准1项 |
| **7** | 共同知识产权 | 王春丽/8 | 2016年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 合作制定陕西省地方标准1项 |
| **8** | 共同立项，  共同知识产权 | 汪有科/9 | 2008年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题2项，制定标准规范1项 |
| **9** | 共同知识产权 | 贺春祥/10 | 2016年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 合作制定陕西省地方标准1项 |
| **10** | 共同立项，  论文合著，  共同知识产权 | 杨荣慧/11 | 2008年1月  1日 | 2020年12月  31日 | 共同完成课题2项，合作制定陕西省地方标准2项 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  赵西宁负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。吴普特、高晓东、汪星、杨建利、宋小林、蔡耀辉、王春丽、汪有科、贺春祥和杨荣慧以分工协作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。  赵西宁与吴普特、高晓东和宋小林通过合作立项，围绕苹果、红枣耗水机制与水分来源，苹果和红枣奢侈耗水调控技术等开展合作研究，共同制定陕西省地方标准、发表论文，并开展了果园适水修剪覆盖降耗技术和果园绿肥间作适水增碳技术的推广与应用。  赵西宁与汪有科、杨荣慧围绕红枣园奢侈耗水调控技术等开展合作研究，合作制定陕西省和榆林市地方标准；自“十二五”以来，汪星与汪有科、杨荣慧围绕红枣耗水机制开展合作研究，共同发表论文、申报国家发明专利，同时协助汪有科、杨荣慧开展了果园适水修剪覆盖降耗技术的推广与应用。  赵西宁与杨建利通过合作立项，围绕苹果、红枣奢侈耗水调控技术等开展合作研究，共同发表论文、合作制定陕西省地方标准，并开展果园绿肥间作适水增碳技术的推广与应用。  赵西宁与蔡耀辉、王春丽、贺春祥围绕苹果非生产性奢侈耗水调控技术等开展合作研究，合作制定陕西省地方标准，并开展果园绿肥间作适水增碳技术的推广与应用。 | | | | | |

一、项目名称**：**优质饲草供给能力提升关键技术研究

### 二、提名者及提名意见

**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，我省饲草供给的关键技术环节存在着良种缺乏、水肥资源浪费严重、栽培技术不够完善、饲草资源加工及利用效率低下等瓶颈问题。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）、陕西省农业协同创新与推广联盟项目（LMZD201703）和陕西省重点研发项目（2019ZDLNY05-03）等课题的资助下，选育了“大唐136号”、“大唐220号”等青贮玉米为代表的一批适宜在陕西省种植的优质高产饲草新品种，整合形成了生态环保型饲草新品种的栽培技术方案并通过田间试验示范，发展了饲草加工利用与溯源的理论和关键技术，提高了饲草资源的利用率。该项目在大面积示范推广中显著提高了饲草产量及品质，减少了生产过程中水肥等资源的消耗，降低饲草在加工利用等环节的损耗，推动了草畜产业链的多层次增值，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，推动了陕西省草畜产业的可持续发展。

**经公示无异议，决定提名该项目参评陕西省科学技术进步奖（提名等级：一等奖）**

### 三、项目简介：

草食畜牧业是陕西省区域经济发展和脱贫致富的重要支柱产业，优质饲草的供给能力则是实现“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、水肥资源浪费严重、栽培技术不够完善、饲草资源加工及利用效益低下等瓶颈问题，急需开展提升优质饲草供给能力的研发工作。在国家“十二五”科技支撑、陕西省重点研发项目和陕西省农业协同创新与推广联盟项目等课题的资助下，本项目针对长期困扰陕西省饲草供给领域的重大理论问题和技术瓶颈，选育了一批优质高产的饲草新品种，整合形成了基于资源高效利用的饲草栽培技术体系并通过田间试验示范，发展了饲草加工利用与溯源的理论和关键技术，达到了饲草资源高效安全利用的目的，取得了重大研究成效与突破。主要创新性成果如下：

**1. 创建了高产、抗旱、耐盐饲草新品种评价体系，选育出多个适宜在陕西省种植的优质饲草新品种，为提高饲草生产能力奠定了基础。**2014年8月“大唐136号”青贮玉米新品种通过陕西省农作物品种审定委员会审定，该品种植株高大，气生根发达，抗倒伏等特点，适宜在陕南海拔900米以下山区、平坝春播区种植，两年区域试验平均亩产627.8 kg。2017年7月“大唐220号”青贮玉米新品种通过陕西省农作物品种审定委员会第五十次会议审定，该品种在关中地区夏播表现出了较强的适应性和较高的生产效益。此外，项目组成员通过区域田间评比试验，筛选出了适合在关中地区种植的“迪卡159”、“迪卡625”、“新东单60”、“DB08”和“DK625”等多个饲草新品种。

**2. 揭示了饲草高产、抗旱、耐盐的分子生物学机制，为饲草的分子设计育种、抗逆饲草新品种的选育及栽培管理提供了重要的科学依据。**首次发现微生物共生提高苜蓿抗旱性的分子生物学证据，并阐释了根瘤菌共生通过改善宿主植物营养状态和调控渗透调节能力等增强抗逆性的机制，为抗逆饲草新品种的育种和利用微生物菌肥提供了饲草抗逆性提供了重要科学依据。通过基因芯片、多组学研究及基因编辑等方法，明确了*MsDREB2*和*MsDUF*等基因调控紫花苜蓿和垂穗披碱草等抗旱、抗寒、耐盐的关键分子生物学过程，深入解析了油菜素内酯、褪黑素和钙离子等次生信使的应答机制，为选育饲草新品种提供了科学依据。

**3. 提出了饲草集约化高效种植的栽培技术方案，阐明了生态环保型栽培模式实现资源高效利用的生物学机制，为饲草的高效生产提供了理论依据。**在陕北和关中等地区，从种子处理、播种时期、播种深度、播种数量、播种方式和刈割收获等角度出发，形成了饲草高产高效的栽培播种技术体系；在关中地区构建了以“豆禾间套作、宽行密植、早、晚熟品种合理搭配”为一体的饲草集约高效栽培模式，解决生产中植物季节性水热资源浪费、土地利用率低的问题，资源利用率提高了20%~30%，扩大了饲草在关中农区的栽培面积，有效助推了“粮经饲”三元种植结构的形成；在陕北地区针对不同休眠类型的饲草品质，开展了不同水肥耦合模式下（水氮、水磷和水钾），饲草生长特性与饲草产量关系的研究，分析总结了适宜不同品种、不同土壤类型的水肥管理制度。

**4. 明确了放牧条件下家畜通过饲草获取水分的生物学依据，确定了饲草在青贮以及饲喂过程中水分同位素组成的动态变化，提高氢氧同位素示踪技术在家畜产品溯源应用中的精度，为进口动物产品的产地溯源提供了重要的科学依据。**通过多年对放牧草地上肉牛饮水量的观测，证实了草地植物叶片上的露水和雨水是放牧家畜重要的水分来源，并首次发现新鲜饲草及其制成的青贮饲料的水分同位素差异，确定了饲草放入料槽后水分同位素发生的变化规律，为阐明动物产品氢氧同位素季节性变化提供了重要的科学数据。模拟青贮饲料加工过程，发现了晾晒过程中牧草水分与大气水汽的交换是影响青贮饲料水分同位素组成的重要因素，利用动物氢氧同位素预测模型，揭示了水分摄入量和饲草水分氢氧同位素在家畜氢氧同位素季节性变化中的作用。

项目实施期间以榆林、渭南和宝鸡为中心，充分发挥企业、协会等市场化推广主体作用，辐射带动了良种和技术在全省的广泛应用，取得了良好的示范效果和辐射带动引领作用，累计示范推广100万亩，增加鲜草供给500万吨，提高水肥资源利用率5~8%，增加直接社会经济效益5000万元，保障了草畜产业健康持续发展，提振了种植户的信心，特别是对脱贫攻坚做出了突出贡献，取得了显著的经济、社会和生态效益。项目公开发表论文150余篇，其中SCI论文 48篇，出版著作2 本，获授权专利15项，获批计算机软件著作权登记证书25项，培养各类毕业生近200人，培育国家级科研项目8项，累积获批经费500万元。

### 四、客观评价：

**1. 项目验收意见**

陕西省科技厅2012年11月组织有关专家，对西北农林科技大学呼天明教授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。

科技部2016年9月组织有关专家，对西北农林科技大学呼天明教授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与示范” （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。

陕西省科技厅2011和2018年分别组织有关专家，对西北农林科技大学呼天明教授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。

陕西省科技厅2007年组织有关专家，对西北农林科技大学呼天明教授承担的两个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。

**2. 品种审定意见及检测报告**

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号”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627.8 kg。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2017年7月第五十次会议审定通过了（陕审玉2017015号）“大唐220号” 青贮玉米品种。该品种以G16和G13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。2018年河南省农业科学院植物保护研究所依照《国家玉米区试品种抗病虫性鉴定方法》对“大唐220”的抗病性鉴定如下，结果显示，该品种对镰孢茎腐病、小斑病、镰刀孢穗腐、弯孢叶斑病、瘤黑粉病菌和南方锈病等都具有较强的抗性。

**3. 科技查新的结论**

教育部科技查新工作站(N04)（西北农林科技大学图书馆信息咨询部）对项

目进行了查新：本项目研究通过大田选育、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、耐盐饲草新品种选评价体系，把产量高、品质佳、抗病强、耐旱好、适应广等对立性状实施于同一选择过程，培育并筛选了高产优质多抗青贮玉米新品种“大唐136号”和“大唐220号”等多个饲草新品种；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环保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；提出了基于同位素理论改善饲草加工利用效率的途径，发展了饲草加工利用与溯源的理论和关键技术；建立了“高校+企业+协会”的饲草产业化推广模式，辐射带动了良种和技术在全省的广泛应用，加快了品种的利用与推广，具有重要的研究意义，也产生了显著的社会、生态效益及经济价值。通过对相关文献的阅读、分析和比较，认为该查询项目：“优质饲草供给能力提升关键技术研究”具有新颖性。

### 五、应用情况：

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。目前，本成果已在陕西大唐种业股份有限公司、杨凌金栗农业科技有限公司、宝鸡市农业科学研究院等多家企业和科研院所进行推广应用。近五年，累计推广种植面积100万亩，新增经济效益5000万元。在成果推广应用期间，生产企业和种植户普遍反映，新品种及新技术显著降低了饲草供给各环节的损耗，提高了利用率，增产增收效果明显。

**1. 经济效益**

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、陕西省农业协同创新与推广联盟和大唐种业杨凌育种研发中心等平台，应用企业累计增产500万吨优质饲草，节约化肥费、水电费和加工利用环节各种人工费用累积200万元，增加直接社会经济效益5000万元，辐射带动增加经济效益2.0亿元，累计共增加社会经济效益5.0亿元。

**2. 社会效益**

提升饲草供给能力是向牛羊为主的草食型畜牧业转变的重要抓手，也是推进“粮经饲”三元种植结构及“粮改饲”的重要保障。本项目育成的优质饲草新品种及其配套技术在陕北地区和关中地区的推广，提高了农业资源的利用效率，增强了草食畜牧业的可持续发展，对助力产业乡村振兴和脱贫致富都具有重要社会意义。

1）随着人们生活水平的逐步提高，居民对肉蛋奶等动物产品的需要较为旺盛。提升优质饲草的供给能力大力发展草食畜牧业，可通过饲草生产和加工、动物饲养、动物屠宰与产品加工等，拉长了生物链和产业链，实现多层次增值促进当地劳动力的就业与增收。

2）本项目创新的生态环保型牧草栽培制度及饲草高效的加工利用技术具有资源高效利用的特点，减少了传统作物秸秆焚烧，降低了大气的污染，减低了工业化肥的投入。同时，通过发展种养循环的生产模式，家畜的粪便经处理后有机肥再次还田，进一步提升了土壤的可持续生产能力。

3）项目在实施过程中，已培养硕博士研究生60人，本科生毕业生140多人，培训基层农业科技人员300余人，培训农民近2000人，印发各类科技资料1000余份。近三年，参加国内外学术会议100余人次，与饲草生产及加工企业开展了多层次多形式的互动，大力宣传了提升饲草供给能力的关键技术，引起行业广泛的共鸣。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 | 植物新品种权 | 大唐136号 | 中国 | 陕审玉2014018号 | 2014.8 |  | 陕西大唐种业股份有限公司 | 陕西大唐种业股份有限公司 |
| 2 | 植物新品种权 | 大唐220号 | 中国 | 陕审玉2017015号 | 2017.7 | 2017-64-0028 | 陕西大唐种业股份有限公司 | 陕西大唐种业股份有限公司 |
| 3 | 授权发明专利 | 一种紫花苜蓿抗旱耐盐基因 | 中国 | ZL.201210596033.8 | 2016.5 | 证书号第2052974 | 西北农林科技大学 | 韩 博  杨培志  呼天明等 |
| 4 | 授权发明专利 | 一种提高苜蓿根瘤数量和活性的培养方法 | 中国 | ZL.201210024784.2 | 2012.2 | 证书号第1384176 | 西北农林科技大学 | 呼天明  杨培志等 |
| 5 | 授权发明专利 | 一种适用于共生植物根系多室分根培养的装置 | 中国 | ZL.201821584224.1 | 2019.5 | 证书号第8798480 | 西北农林科技大学 | 何树斌等 |
| 6 | 授权发明专利 | 一种提高苜蓿消化率的栽培方法 | 中国 | CN201610052705.7 | 2016.1 | 证书号第3118052 | 西北农林科技大学 | 张志强  杨培志  呼天明等 |
| 7 | 计算机软件著作权登记证书 | 紫花苜蓿营养价值评定系统 | 中国 | 2016SR216622 | 2016.5 | 软件著作权凳字第1395239号 | 西北农林科技大学 | 呼天明  杨培志  何树斌等 |
| 8 | 计算机软件著作权登记证书 | 青饲玉米的产业化管理系统 | 中国 | 2016SR216617 | 2016.5 | 软件著作权凳字第1395234 | 西北农林科技大学 | 孙娈姿  王亚芳  张伟等 |
| 9 | 计算机软件著作权登记证书 | 玉米秸秆微储饲料制作系统 | 中国 | 2016SR216617 | 2016.6 | 软件著作权凳字第1335213 | 西北农林科技大学 | 付娟娟  王亚芳  张伟等 |
| 10 | 企业  标准 | 粮饲通用型玉米新品种  及栽培技术 | 中国 |  |  |  | 陕西大唐种业股份有限公司 | 陕西大唐种业股份有限公司 |

### 七、主要完成人情况（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖、三等奖单项授奖人数分别不超过11人、9人、7人。）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 呼天明 | 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；组织实施，指导，项目设计，研究结果的应用等工作，对科技创新点1~4均有主要创造性贡献。 |
| 杨培志 | 2 | 副院长/  副教授 | 西北农林科技大学 | 参与项目的组织实施与核心技术的总体研发和技术推广，对科技创新点2和3有重要贡献。 |
| 卜建军 | 3 | 董事长/  总经理 | 陕西大唐种业股份有限公司 | 全面负责青贮玉米区域试验，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 | 系主任/  副教授 | 西北农林科技大学 | 在陕北地区开展了苜蓿越冬及返青期的管护技术的研究，在关中地区开展了豆禾间套作、宽行密植、肥水耦合等高效栽培模式的研究，对科技创新点3有直接贡献。 |
| 付娟娟 | 5 | 讲师 | 西北农林科技大学 | 收集了大量野生牧草种质资源并从中筛选出多份优质的野生种质资源，并进行了相关功能基因的研究与挖掘，奠定了分子设计育种的生物学基础，对科技创新点2点有直接贡献。 |
| 孙娈姿 | 6 | 讲师 | 西北农林科技大学 | 研究了饲草氢氧同位素在饲草加工和饲喂过程中的变化，完善了家畜氢氧同位素组成的预测模型，推进了氢氧同位素示踪技术在动物产品溯源应用中的精准度，对科技创新点4有直接的关系。 |
| 张伟 | 7 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责牧草栽培技术及种植体系的研发，以及相关技术与成果的示范推广工作，对创新点2、3均有贡献。 |
| 王少利 | 8 | 技术推广 | 陕西大唐种业股份有限公司 | 承担了生产过程中的技术指导与服务工作，培训农户掌握了科学种植方法，对科技创新点1有直接贡献。 |
| 王亚芳 | 9 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 参与了青贮玉米的抗旱育种机理的研究，揭示了玉米根向水性过程中的动态力学生长趋势，为提高玉米抗旱性奠定了理论基础，对科技创新点2有直接贡献。 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献（一等奖、二等奖、三等奖完成单位分别不超过5个、4个、3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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。 |
| 陕西大唐种业股份有限公司 | 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同开发新品种 | 呼天明/1  杨培志/2  卜建军/3  王少利/8 | 2015年 | 2020年 | 建立了抗旱、耐盐、高产牧草育种技术体系，合作选育大唐系统高产青贮玉米新品种，并组织了项目技术在陕西省的示范推广。 |
| 2 | 示范推广 | 杨培志/2  王少利/8  张 伟/7 | 2015年 | 2020年 | 通过国家牧草产业技术体系等平台，提供了全程技术指导服务，培训农户掌握了生态环保型饲草种植方法，助力饲草新品种及高效栽培技术在陕西省的示范与推广。 |
| 3 | 论文合著 | 呼天明/1  杨培志/2  何树斌/4  付娟娟/5  孙娈姿/6  张 伟/7  王亚芳/9 | 2015年 | 2020年 | 揭示了饲草抗旱、耐盐高产的分子生物学机制，阐明饲草资源高效利用的生物学机制，提出了饲草集约化栽培和利用技术标准，为饲草分子育种设计、抗逆饲草新品种的选育及栽培管理及利用提供了重要的科学依据。 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  该项目由呼天明、杨培志（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、　孙娈姿、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呼天明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：  第二完成人杨培志与第一完成人共同完成了陕西省重点研发项目的合作研究，成果体现在科技创新第1、2、4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、4点。  第四完成人何树斌与第一、第二完成人合作研究，共同完成了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，围绕生态环保型饲草栽培模式开展了研究工作，成果体现在科技创新第3点。  第五完成人付娟娟和第九完成人王亚芳是第一完成人的博士研究生，在攻读博士学位期间参与了科技部和等陕西省农业协同创新与推广联盟推广项目，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2、3点。  第六完成人孙娈姿与第一、第二完成人合作研究，围绕饲草的加工利用与产品溯源开展了研究工作，其成果体现在科技创新第3、4点。  第七完成人张伟与第一、第二完成人共同完成了陕西省畜牧技术推广总站课题，围绕农区种植体系与种植制度、高效栽培技术体系开展了研究工作，其成果体现在科技创新第1、3、4点。  第八完成人王少利与第一、第二完成人合作研究，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、4点。 | | | | | |

一、项目名称：地方黄牛遗传资源评价与优异基因挖掘及应用

### 二、提名者及提名意见

**提 名 者：**杨凌示范区管委会

**提名意见**

该项目针对地方黄牛种质资源评价难、利用率低、育种周期长，专用品种少等肉牛产业发展中的共性问题进行研究，获得重要发明及创新性成果：

1. 提出中国地方黄牛遗传资源的评价体系：从分子群体遗传学、基因组学等方面系统揭示中国地方黄牛丰富的遗传多样性、独特的基因资源与种质特性及分布规律，创建了地方黄牛遗传资源“四位一体”的评价体系，为我国黄牛遗传资源保护、开发利用、优异基因发掘和新种质创新提供了科学依据。
2. 建立了中国地方黄牛产肉性状功能基因发掘的技术体系：创建了中国黄牛优势和特色产肉性状的优异基因资源发掘、功能鉴定、基因诊断技术体系，阐明了黄牛高效产肉优异性状形成的分子调控机制，提升了我国黄牛高效功能基因发掘和利用的技术水平与国际地位。
3. 创制了黄牛新种质资源并推广应用：创新集成黄牛多性状多基因聚合的育种技术，培育出生长快、产肉率高、抗逆性强的肉用新种质资源。

本项目获得各种奖励16项、授权国家发明专利34项、软件著作权17项、出版著作12部。本项目成果已在河南、陕西、宁夏等27省市推广应用，取得显著的社会、经济和生态效益。本项目具有明显的先进性与原创性，整体达到国际领先水平。符合陕西省科学技术进步奖提名条件。

经认真审阅该项目提名书及附件材料，确认材料真实有效，并按照要求项目完成单位都已对项目基本信息进行了公示，目前无异议。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

### 三、项目简介：

我国地方黄牛种质资源丰富，但存在种质资源遗传关系不清，优异产肉性状形成的分子机理不明、相关功能基因挖掘少及优秀肉牛种源严重不足等问题，严重影响我国黄牛种质资源保护、精准选育和肉牛产业的可持续健康发展，严重阻碍我国肉牛种质创新及其产业化。既要有效保护我国已有黄牛遗传资源，又要开发利用，提高产肉性能，创制新种质，这是长期以来困扰我国牛业发展的瓶颈问题。针对地方黄牛种质资源评价难、利用率低、育种周期长，种质创新不足等肉牛产业发展中的共性关键问题，本项目获得如下创新性成果：

1. **系统揭示了中国地方黄牛丰富的遗传多样性、独特的基因资源与种质特性及分布规律，创建了地方黄牛遗传资源“四位一体”的评价体系。**

系统揭示了中国52个地方黄牛品种具有丰富的线粒体DNA、Y染色体和全基因组DNA遗传多样性，具有独特的基因资源、种质特性、起源进化与分布规律及其遗传基础，相关研究成果发表在《Nature Communications》等多个国际著名期刊；创建了地方黄牛的体型外貌性状、母系线粒体DNA、父系Y染色体和全基因组独特SNP相结合的“四位一体”遗传资源评价体系，为我国地方黄牛遗传资源保护、开发利用、优异基因发掘和种质创新提供了科学依据。

1. **创建了中国地方黄牛优异产肉性状相关基因资源发掘、功能鉴定、基因诊断技术体系，阐明了黄牛高效优异产肉性状形成的分子调控机制。**

挖掘了主要黄牛品种优异产肉性状形成的相关基因97个，鉴定出151个分子标记，研制出34个与黄牛产肉性状显著相关的基因诊断试剂盒；揭示了中国地方黄牛肌肉和肌内脂肪mRNA组、miRNA组、lncRNA组、circRNA组及甲基化组的构成和特征；阐明了一批黄牛ncRNA调控肌肉发育和脂肪沉积及黄牛优异性状形成的分子调控机制；为肉牛精准育种奠定了理论和技术基础，提升了我国黄牛高效功能基因发掘和选育的技术水平与国际地位。

1. **创新集成了黄牛多性状多基因的聚合育种技术，应用于肉牛选育，培育出生长快、产肉率高、抗逆性强的黄牛新种质资源，实现了种质创新。**

创建了等位基因低频率突变检测的新方法，创新集成了地方黄牛多性状多基因聚合的育种技术平台，建立了分子育种与常规育种相结合的肉牛高效选育方法体系，利用34个肉牛产肉性状基因诊断试剂盒，培育出生长快、产肉率高、抗逆性强的肉用新种质资源，在黄牛主产区广泛应用，取得显著社会、经济和生态效益。

本项目获得各种奖励16项、授权国家发明专利34项、软件著作权17项、出版著作12部，发表论文277篇，其中SCI收录论文196篇，共引用超过1700次。本项目成果已在河南、陕西、山东、宁夏等27省市推广应用，取得显著的社会、经济和生态效益。本项目具有明显的先进性与原创性，整体达到国际领先水平。

### 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）科技成果鉴定意见**

2020年1月15日，由陕西省技术转移中心组织成果评价，以著名动物遗传育种学专家张沅教授为组长，中国科学院桂建芳院士、黄路生院士为副组长的专家组对“地方黄牛遗传资源评价与优异基因挖掘及应用”成果进行了评价，认为“该成果具有明显的先进性与原创性，整体达到国际领先水平”。

**（二）相关知识产权**

本项目获得相关知识产权共51件，其中授权国家发明专利34件，计算机软件著作权17件。

**（三）论文的收录与引用**

本项目的研究成果在国内外重要学术期刊Nature Communications、Science China-Life Sciences、Journal of Animal Science and Biotechnology、Journal of Agricultural and Food Chemistry、Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms、Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research、Epigenetics、Molecular Therapy-Nucleic Acids、Journal of Animal Science、Animal Genetics、BMC Genomics、RNA Biology等发表论文277篇，其中SCI收录论196篇，共引用超过1700次。

**（四）科技查新**

科技查新结果表明本项目成果具有明显的原创性，在揭示主要地方黄牛品种独特的种质资源特性，创建黄牛遗传资源“四位一体”的评价体系；挖掘主要黄牛品种肉用优异性状功能基因，创建分子标记辅助育种技术体系，培育肉用牛新种质资源，除本项目组的文献外，未见相关中英文文献报道。

**（五）专业学会评价**

1. 中国良种黄牛育种委员会认为：该项目所取得的研究成果已经广泛用于地方黄牛育种实践与新品系培育，取得了显著的经济社会效益，促进了我国肉牛产业科技进步，该成果总体处于国际领先水平。

2. 中国畜牧兽医学会养牛学分会认为：该项目在中国主要地方黄牛品种种质资源保护、基因挖掘、品系培育、配套技术等方面进行了许多开创性工作，取得了显著的经济和社会效益，总体研究成果处于同类研究的国际领先水平。

### 五、应用情况

**1．应用情况**

**1.1 推广应用情况**

自从2013年以来，本项目的成果已应用于陕西、河南、安徽、山东、宁夏等27个省市40余个肉牛养殖企业与种牛场。据对陕西、河南、宁夏等13个产业化龙头企业不完全统计，累计新增社会效益290.75亿元。

本项目的技术与科技成果主要在陕西省农牧良种场、陕西省秦宝牧业股份有限公司、陕西省秦川肉牛良种繁育中心、南阳黄牛科技中心、河南省鼎元种牛育种有限公司、科尔沁牛业南阳有限公司、南阳市黄牛良种繁育场、河南省泌阳县夏南牛科技开发有限公司、平顶山市羴牛畜禽良种繁育有限公司、安徽省亳州市谯城区草源种牛繁育场、国家级黄牛原种场—山东省鲁西黄牛原种场、甘肃省张掖万禾草畜产业科技开发有限责任公司、宁夏固原富民农业科技发展有限公司等13家一线肉牛育种和龙头养殖企业推广应用，2017~2019年新增销售额25.50亿元，新增利润3.83亿元，新增社会效益290.75亿元，取得显著的经济效益和社会效益。

**1.2 教学应用**

本研究取得的理论成果和实验方法已作为大学本科生、研究生相关课程教学和实验内容的重要组成部分，一些研究成果已编入多部国家规划教材，如《基因工程》，《基因工程实验技术》、《动物遗传学》和《动物分子生物学》等，为提高本科生和研究生的理论和实验技能发挥了重要作用。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录(不超过10件)

| **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 | 一种同时检测黄牛FoxO1基因两个插入缺失位点的方法及其应用 | 中国 | ZL201710327145.6 | 2019.10.8 | 3586174 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  刘鲲鹏  白跃宇  杨嘉蒙  孙雨佳  蓝贤勇  黄永震  马玉林 |
| 2 | 发明专利 | 一种检测牛PCAF基因SNP的RFLP方法及试剂盒 | 中国 | Z.L.2017100510135 | 2019.10.25 | 3612733 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  刘 梅  赵晶晶  李 波  陈 杰  蓝贤勇  黄永震 |
| 3 | 发明专利 | 一种检测秦川牛microRNA-320a-1基因SNP的方法与应用 | 中国 | ZL201611193760.4 | 2019.10.9 | 3587794 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  董 冬  魏雪锋  黄永震  蓝贤勇 |
| 4 | 发明专利 | 一种与秦川牛生长相关的CNV 标记的检测方法与应用 | 中国 | ZL201510867756.0 | 2019.5.17 | 3378988 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  刘 梅  李 波  徐 瑶  蓝贤勇  黄永震  白跃宇 |
| 5 | 发明专利 | 一种检测秦川牛GBP2基因CNV标记的方法及其应用 | 中国 | ZL201710284523.7 | 2019.9.19 | 3574811 | 西北农林科技大学 | 黄永震  张桂民  宋成创  贺 花  陈 宏  雷初朝  郑 立  蓝贤勇  党瑞华  白跃宇  胡沈荣. |
| 6 | 发明专利 | 黄牛I-mfa基因的单核苷酸多态性位点及其检测方法 | 中国 | ZL201210122458.5 | 2017.10.24 | 2665003 | 江苏师范大学 | 陈 宏  李景景  张春雷  房兴堂 |
| 7 | 发明专利 | 一种黄牛SPAG17基因插入/缺失的检测方法及其应用 | 中国 | ZL2016101498193 | 2016.03.16 | 3328810 | 西北农林科技大学 | 蓝贤勇  金云云  陈 宏  雷初朝  祁兴磊  林凤鹏  祁兴山  屈卫东 |
| 8 | 发明专利 | 一种快速检测黄牛FLII基因SNP的RFLP方法及其应用 | 中国 | ZL201510866870.1 | 2020.01.21 | 3673858 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  刘 梅  刘 敏  蓝贤勇  黄永震  白跃宇 |
| 9 | 发明专利 | 一种检测晋南牛IGF1R基因CNV标记的方法及其应用 | 中国 | ZL2001710986321.7 | 2020.04.21 | 3765511 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  马懿磊  蔡含芳  白跃宇  马 云  雷初朝  蓝贤勇  黄永震 |
| 10 | 发明专利 | 一种快速检测黄牛KCNJ12基因SNP的RFLP方法及其应用 | 中国 | ZL201710326788.9 | 2020.04.7 | 3742280 | 西北农林科技大学 | 陈 宏  彭文文  白跃宇  蓝贤勇  黄永震  雷初朝 |

### 七、主要完成人情况（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖、三等奖单项授奖人数分别不超过11人、9人、7人。）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 宏 | 1 | 无/教授 | 西北农林科技大学 | 项目主持人，负责项目总体设计和课题的立项，组织项目实施。 |
| 雷初朝 | 2 | 无/教授 | 西北农林科技大学 | 参加项目设计，实施方案制定和组织组织落实工作。 |
| 蓝贤勇 | 3 | 无/教授 | 西北农林科技大学 | 负责本项目中的黄牛遗传资源评价、基因挖掘及分子机制和新种质创制工作。 |
| 黄永震 | 4 | 无/副教授 | 西北农林科技大学 | 在本项目中负责黄牛产肉性状基因挖掘和生长发育调控基因功能验证与应用。 |
| 张春雷 | 5 | 无/教授 | 江苏师范大学 | 负责黄牛遗传资源评价、产肉性状基因挖掘和能量代谢相关基因分子遗传特征分析与应用。 |
| 房兴堂 | 6 | 无/教授 | 江苏师范大学 | 主要开展了地方黄牛优异性状基因挖掘、功能分析和分子调控机制解析。 |
| 党瑞华 | 7 | 无/副教授 | 西北农林科技大学 | 主要开展了地方黄牛优异性状基因挖掘、功能分析及选育工作。 |
| 樊安平 | 8 | 无/经济师 | 陕西省农牧良种场 | 秦川牛及其新种质资源类群的选育和技术推广，相应配套技术研发与产业化应用示范。 |
| 祁兴磊 | 9 | 无/研究员 | 泌阳县夏南牛研究推广中心 | 无角夏南牛新种质资源类群的选育和技术推广，相应配套技术研发与产业化应用示范。 |
| 曹 晖 | 10 | 无/副教授 | 陕西秦宝牧业有限公司 | 秦川牛和安格斯牛杂交选育和技术推广，相应配套技术研发与产业化应用示范。 |
| 张国坪 | 11 | 无/研究员 | 宁夏固原市畜牧技术推广服务中心 | 固原黄牛新种质资源类群的选育和技术推广，相应配套技术研发与产业化应用示范。 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献（一等奖、二等奖、三等奖完成单位分别不超过5个、4个、3个）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 西北农林科技大学是教育部直属的全国重点大学，国家“985工程”和“211工程”及双一流重点建设高校之一。在该项目上，学校做了以下主要贡献，保证了本项目的顺利完成。  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、提供了高水平的实验室、仪器设备和实验基地：西北农林科技大学拥有教育部“985”科技创新平台、陕西省动物遗传育种与繁殖重点实验室，这些实验室和科技创新平台具有国内农业院校一流的实验仪器和设备，为本项目的实施和顺利完成提供了可靠的研究保障。多年来，在学校的资助下，建立了秦川牛肉用选育场，为本项目的研发和推广提供了实验基地和牛种资源。  3、提供了大量人才资源：在学校的支持下，本项目充分利用学校雄厚的科研力量和研究人才，为本项目的完成提供了高素质的人力资源保障。  4、对项目进行督促和监管：西北农林科技大学尽全力保证课题实施和研究所需的人、财、物等各项条件，并在课题的实施过程中，进行有效的组织、管理、督促和监督，促进了本项目的顺利完成。  5、陈宏教授是西北农林科技大学的知名教授和拔尖人才，学校为其提供了完成本项目所需的部分科研经费。 |
| 江苏师范大学 | 2 | 江苏师范大学是江苏省苏北地区办学历史最长、办学规模最大、学科门类最多、综合实力最强的省属高校。江苏师范大学是该项目的合作单位，在本项目中的主要贡献是：  1、江苏师范大学提供了实验研究的场所和仪器设备。江苏师范大学拥有江苏省系统发育与比较基因组学重点实验室和江苏师范大学细胞与分子生物学研究所，实验室拥有现代分子生物学仪器和设备，为本项目的实施和顺利完成提供了实验研究保障。  2、江苏师范大学提供了人力资源。江苏师范大学在分子生物技术方面具有较强的科研力量和优秀的研究人才，在开展黄牛种质资源评价保护、基因挖掘和利用研究的完成过程中，学校提供了研究所用的人力资源。  3、江苏师范大学提供有效监管。江苏师范大学不但提供课题实施的各种条件，而且在课题申报、立项及实施过程中，进行了有效的组织管理和监督，促进了项目的顺利完成。  4、江苏师范大学提供了本项目完成所需的部分科研经费，完成一些重要的创新性成果。 |
| 陕西省农牧良种场 | 3 | 开展了秦川牛的种质资源评价与保护、性能测定与选育提高、标准化繁育和种质创新等方面的科学研究和技术推广工作，为本项目的顺利开展提供了技术平台支持和科研支撑条件。 |
| 泌阳县夏南牛科技开发有限公司 | 4 | 开展了无角夏南牛新种质资源类群选育和推广工作，在肉牛品种选育、种质创新、杂交利用，以及高品质牛肉生产、质量溯源、胴体分割分级技术等方面提供了技术平台支持和科研支撑条件。 |
| 陕西秦宝牧业有限公司 | 5 | 开展了秦川牛和安格斯牛杂交选育、良种扩繁、快速育肥及相关配套技术的研发与试验，建设了国家肉牛核心育种场，开创了我国安格斯规模化养殖的先河，推动了项目组研发技术的顺利应用与推广。 |
| 宁夏固原市畜牧技术推广服务中心 | 6 | 开展了固原黄牛新种质资源类群选育和推广工作，在良种扩繁、快速育肥及相关配套技术的研发与试验、固原黄牛核心育种场的建设等方面提供了技术平台支持和科研支撑条件，推动了项目组研发技术的顺利应用与推广。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同知识产权 | 雷初朝 | 1999 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 2 | 共同知识产权 | 蓝贤勇 | 2001 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 3 | 共同知识产权 | 黄永震 | 2007 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 4 | 共同知识产权 | 张春雷 | 2004 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 5 | 共同知识产权 | 房兴堂 | 2003 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 6 | 共同知识产权 | 党瑞华 | 2002 | 2019 | 合作论文与成果 |
| 7 | 共同知识产权 | 樊安平 | 2001 | 2019 | 秦川牛种质资源评价、保护利用和示范推广 |
| 8 | 共同知识产权 | 祁兴磊 | 2009 | 2019 | 肉牛种质资源选育和示范推广 |
| 9 | 共同知识产权 | 曹 晖 | 2009 | 2019 | 肉牛杂交选育和示范推广 |
| 10 | 共同知识产权 | 张国坪 | 2004 | 2019 | 肉牛种质资源选育和示范推广及合作论文 |
| **完成人合作关系说明(限1000字）**  **完成人合作关系说明**  本项目完成人及工作单位包括：陈宏、雷初朝、蓝贤勇、黄永震、党瑞华、陈宁博（西北农林科技大学）、张春雷、房兴堂（江苏师范大学）、樊安平（陕西省农牧良种场）、祁兴磊（泌阳县夏南牛研究推广中心）、曹晖（陕西秦宝牧业有限公司）。  陈宏与本单位雷初朝、蓝贤勇、黄永震、党瑞华四位专家在共同申报实施国家和省部有关中国地方黄牛方面的科技计划项目、发表学术论文、出版教材著作、申报国家发明专利、登记软件著作权等方面开展了紧密合作，在地方黄牛遗传资源评价、产肉性状基因挖掘、基因功能分析、性状形成的分子机制解析、新种质资源选育、相应配套技术研发及产业化开发技术研究集成，以及该项科技成果的形成和示范推广应用方面做出了重要贡献。  陈宏与江苏师范大学张春雷、房兴堂分别从2004年和2003年开始合作，共同申报和完成多个课题，共同发表多篇SCI论文，并获得多项授权国家发明专利。研究完善了地方黄牛遗传资源评价、产肉性状基因挖掘和能量代谢相关基因分子遗传特征分析与选育工作，并加以示范推广。  陈宏与陕西省农牧良种场樊安平从2001年开始合作，主要开展了秦川牛的种质资源评价与保护、性能测定与选育提高、标准化繁育和种质创新等方面的科学研究和技术推广工作，为本项目的顺利开展提供了技术平台支持和科研支撑条件。  陈宏与泌阳县夏南牛科技开发有限公司祁兴磊从2009年开始合作，该企业为本项目创制新种质资源的培育基地，共同申报实施国家和省部有关肉牛方面的科技计划项目，共同发表多篇学术论文。负责无角夏南牛的选育和示范推广工作，在肉牛品种选育、种质创新、杂交利用，以及高品质牛肉生产、质量溯源、胴体分割分级技术等方面提供了技术平台支持和科研支撑条件。  陈宏与陕西秦宝牧业有限公司曹晖从2009年开始合作，该公司配合项目组开展了肉牛杂交改良、优质牛肉生产加工和质量溯源技术体系等方面的研究和应用推广工作。该公司配合项目组开展了秦川牛和安格斯牛杂交选育、良种扩繁、快速育肥及相关配套技术的研发与试验，建设了国家肉牛核心育种场，开创了我国安格斯牛规模化养殖的先河，推动了项目组研发技术的顺利应用与推广。  陈宏与宁夏固原市畜牧技术推广服务中心张国坪从2004年开始合作，主要开展了固原黄牛的性能测定、选育提高、相应配套技术研发与产业化应用和示范等方面的工作。  本项目的多个课题由西北农林科技大学陈宏教授负责，江苏师范大学、陕西省农牧良种场、泌阳县夏南牛科技开发有限公司、陕西秦宝牧业有限公司和宁夏固原市畜牧技术推广服务中心合作完成。陈宏教授作为本项目的负责人，雷初朝、蓝贤勇、黄永震、党瑞华、张春雷、房兴堂、樊安平、祁兴磊、曹晖、张国坪均为本项目的主要参加人或合作完成人。上述人员对本次报奖排名无异议。 | | | | | |

一、项目名称：秦岭天然次生公益林抚育经营关键技术研**究**

### 二、提名者及提名意见

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

秦岭是我国重要的生态屏障、“中央水塔”和南水北调工程的水源地，在保障我国生态安全、延缓气候变化和保育生物多样等方面发挥着重要作用。秦岭林区森林生态系统结构不良、生产力和服务功能低下，经营模式落后，已成为限制区域林业发展和生态保护的瓶颈。为满足秦岭生态保护需求，围绕森林生态系统可持续经营中的关键问题，从调整森林生态系统结构、维持健康、提高生产力和服务功能增强的思路出发，建立了森林经营分类体系，提出了森林经营措施类型、培育模式和关键技术指标体系；针对低效林特征，提出了锐齿栎低效林改造技术；制定了科学性、针对性和可操作性强，居国内领先水平的《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》；经应用和监测，森林生产力、固碳能力和理水效能分别提高11.9%-22.2%、14.9%-23.4和10.3%-18.5%；低效林生产力、固碳能力和更新成苗率分别提高10.4%-16.7%、12.3%-17.6%和39.5%-56.8%。到2018年，抚育经营技术已在秦岭林区推广应用面积180万亩，在巴山林区辐射30万亩。从2019年起，抚育经营技术以每年70万亩的规模持续推广。

本研究首次提出了秦岭林区天然次生林经营关键技术体系，改变了传统的经营观念和模式，丰富了森林培育理论，填补了秦岭林区森林抚育经营技术空白，综合效益显著、应用前景广阔。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖贰等奖。

### 三、项目简介

“秦岭天然次生公益林抚育经营关键技术研究”技术来源于国家林业公益性行业科研专项经费项目“秦岭天然次生公益林抚育经营关键技术研究”（编号：201204502）和陕西省森林资源管理局“陕西秦岭林区森林抚育经营成效监测”（执行时间：2009-2018）。

秦岭为我国中部重要生态屏障，属我国“中央水塔”，是我国南水北调中线输水工程、陕西引汉济渭工程的水源地及生物多样性的基因库，在我国乃至世界生物多样性保护中具有重要位置和作用。秦岭所处地理位置特殊，生态区位重要，现有的天然次生林生态系统既在保障我国中部生态安全，促进区域社会经济持续协调发展方面发挥着巨大作用，又肩负着保障我国水生态安全、缓解气候变化和保育生物多样的重任。目前，秦岭林区的森林生态系统普遍存在着结构不良、稳定性差、生产力和服务功能低下、经营观念和模式落后等问题，其已成为限制秦岭林业及区域社会经济快速发展的主要瓶颈。因此，本技术聚焦我国林业发展战略和秦岭生态保护需求，围绕森林生态系统可持续经营，针对秦岭林区森林生态系统经营管理存在的关键问题，从调整森林生态系统结构、维持生态系统健康、提高生态系统生产力、增强生态系统生态服务功能研究思路出发，首次系统开展了秦岭林区天然次生公益林生态系统经营关键技术研究，改变了传统的森林经营观念和模式，丰富了森林培育学理论。具体如下：

1. 根据秦岭林区的生态区位和地形特点，对森林进行了科学分类，建立了森林抚育经营分类体系，即将天然次生公益林划分为缓坡林、斜坡林、陡坡林和急坡林四个类型；按照森林类型提出了综合抚育、生长抚育、生态抚育和保育抚育相应的抚育方式、方法、抚育对象、抚育强度等关键控制技术指标。
2. 针对秦岭林区人工落叶松和低山区锐齿栎多代萌生林特点，提出了抚育间伐+人工添优、抚育间伐+人工促进天然更新和抚育间伐+人工添优+人工促进天然更新三种经营改造技术和关键控制指标。
3. 制定了科学性、针对性、可操作性强，整体水平处于国内领先的《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》，已被陕西省林业局采纳。

（4）经多年连续监测，应用本技术后，森林生产力、固碳能力和理水效能分别提高了11.9%-22.2%、14.9%-23.4和10.3%-18.5%；低效林生产力、固碳能力和更新成苗率分别提高了10.4%-16.7%、12.3%-17.6%和39.5%-56.8%。

到2018年，本技术已在陕西秦岭林区推广应用180万亩，且已辐射到巴山林区，辐射面积达30万亩；从2019年起，该技术以每年70 万亩的推广速度持续扩大。

秦岭东西长1600km，南北宽约400km，由于上世纪60年代后大量的人工采伐，使原始林几乎丧失殆尽，天然次生林占秦岭有林地面积98%以上，亟待抚育经营，技术应用前景广阔，综合效益将非常巨大。

### 四、客观评价

针对秦岭林区森林生态系统存在的主要问题，采用科学分类、分类经营和连续定位监测的方法，首次系统开展了该区天然次生公益林抚育经营关键技术研究：

1. 2016年6月21-22日，国家林业局科技司在北京组织开展林业公益性行业科研专项项目验收工作，专家组认为提出的生态公益林抚育经营和低效林改造技术体系，方法科学、技术先进、森林类型划分科学、针对性、可操作性强；
2. 2014年11月30日，由国家林业局造林司、天保中心、西安专员办、西北林业规划院、陕西省林业厅、陕西省林业调查规划院等单位相关专家组成的审定组，对《陕西秦岭林区森林抚育技术实施细则》进行了审定，专家组认为本细则对科学开展森林抚育，提高森林质量，发挥森林多种功能，确保生态安全，促进陕西经济社会可持续发展具有重要的现实意义。制定的细则科学性和可操作性强，具有创新性，处于国内领先水平；
3. 2019年3月1日，陕西省林业局关于对《在陕西秦岭林区推广应用《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》的建议》的复函，“秦岭天然次生公益林抚育经营关键技术研究”项目组完成的《陕西秦岭林区森林抚育技术实施细则》，在陕西省森林资源管理局直属林业局实施5年，推广应用森林抚育技术180万亩，经监测，成效显著，该规范具有较强的科学性、针对性和操作性。

### 五、应用情况

目前，森林抚育技术已在陕西省森林资源管理局直属林业局陕西省宁东林业局、陕西省宁西林业局和陕西省龙草坪林业持续推广应用多年，推广应用面积180万亩，在汉中、安康及西北农林科技大学火地塘试验林场等地辐射推广30万亩。据监测，经济、社会、生态效益显著。森林抚育技术和《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》已被陕西省林业局采纳，根据陕西省年森林抚育任务，今后将以每年70万亩的规模继续扩大推广，应用前景广阔。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录

| **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 | 技术规范 | 陕西秦岭林区森林抚育技术规范 | 中国 |  |  |  | 党坤良  侯 琳  张硕新  方有为 |  |
| 2 | 学术论文 | Effects of selective thinning and residue removal on ground layer structure and diversity in a mixed pine-oak stand of the Qinling Mountains, China. Australian Journal of Botany, 2017,65: 485-496. | 澳大利亚 |  |  |  | 侯 琳  孙 珊  梁丽艳  梁 鸽  姜路喜 |  |
| 3 | 学术论文 | Optimization forest thinning measures for carbon budget in a mixed Pine-Oak stand of the Qingling Mountains, China: A Case Study. Forests, 2016, 7(11): 272-287. | 瑞士 |  |  |  | 侯 琳  李 哲  罗春林  董宁宁 |  |
| 4 | 学术论文 | 秦岭南坡林地土壤有机碳密度空间分异特征.林业科学, 2019,55  (5),11-19 | 中国 |  |  |  | 卫 玮  党坤良 |  |
| 5 | 学术论文 | 秦岭南坡红桦林土壤有机碳密度影响因素.生态学报, 2016, 36 (4), 1030-1039. | 中国 |  |  |  | 唐朋辉  党坤良  王连贺  马 俊 |  |
| 6 | 学术论文 | 秦岭林区锐齿栎次生林种群空间分布格局. 生态学报, 2016,36 (4), 1021-1029. | 中国 |  |  |  | 常 伟  党坤良  武朋辉  李明雨 |  |
| 7 | 学术论文 | 秦岭南坡中段油松林碳密度.生态学报, 2015,35 (6), 1798-1806. | 中国 |  |  |  | 沈 彪  党坤良  武朋辉  朱成功 |  |
| 8 | 学术论文 | 抚育间伐对秦岭南坡锐齿栎天然次生林碳密度的影响.西北农林科技大学学报(自然科学版) 2016, 44(10), 75-82. | 中国 |  |  |  | 武朋辉  党坤良  常 伟  李明雨 |  |
| 9 | 学术论文 | 秦岭南坡2种林分类型林冠层对大气降水水质的生态效应.西北农林科技大学学报 (自然科学版), 2014, 42 (7),89-94 | 中国 |  |  |  | 李明雨  党坤良  马 俊  王连贺 |  |
| 10 | 学术论文 | 抚育间伐对红桦林生态系统碳密度的影响.西北林学院学报, 2019,34(1):105-112 | 中国 |  |  |  | 殷 博  董鹏飞  党坤良 |  |

### 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** |
| 侯 琳 | 1 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 森林抚育技术规范制定，项目计划研究制定、技术实施、关键技术凝练 |
| 方有为 | 2 | 高级工程师 | 陕西林业集团有限公司/陕西省宁东林业局 | 技术实施、关键技术凝练 |
| 杨士同 | 3 | 讲师 | 西北农林科技大学 | 抚育经营试验技术实施、成效监测 |
| 党坤良 | 4 | 教授 | 西北农林科技大学 | 森林抚育技术体系、评价指标制定 |
| 董鹏飞 | 5 | 工程师 | 陕西省宁东林业局 | 森林抚育经营技术推广 |
| 成鸿飞 | 6 | 高级工程师 | 陕西省龙草坪林业局 | 森林抚育经营技术推广 |
| 辛 力 | 7 | 高级工程师 | 陕西省宁西林业局 | 森林抚育经营技术推广 |
| 何雨浩 | 8 | 工程师 | 西北农林科技大学 | 森林抚育经营技术推广 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 项目申请、技术研发，技术验收报告撰写，研究技术凝练，森林抚育成效监测。 |
| 陕西省宁东林业局 | 2 | 森林抚育经营技术推广、应用，示范基地建设。 |
| 陕西省龙草坪林业局 | 3 | 森林抚育经营技术推广、应用，示范基地建设。 |
| 陕西省宁西林业局 | 4 | 森林抚育经营技术推广、应用，示范基地建设。 |

### 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** | **合作起**  **始时间** | **合作完**  **成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同申请项目、技术实施 | 侯 琳/1 | 2010.01 | 2018.12 | 关键技术凝练、《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》编制, 学术论文发表 |
| 2 | 共同申请项目共同申请项目、技术实施 | 方有为/2 | 2010.01 | 2018.12 | 关键技术凝练，抚育经营技术推广、应用，示范基地建设 |
| 3 | 共同研制技术 | 杨士同/3 | 2010.01 | 2018.12 | 抚育经营技术、成效监测 |
| 4 | 共同申请项目、技术实施 | 党坤良/4 | 2010.01 | 2018.12 | 关键技术凝练、《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》编制，学术论文发表 |
| 5 | 共同推广技术 | 董鹏飞/5 | 2010.01 | 2018.12 | 关键技术示范、推广基地 |
| 6 | 共同推广技术 | 成鸿飞/6 | 2010.01 | 2018.12 | 关键技术示范、推广基地 |
| 7 | 共同推广技术 | 辛 力/7 | 2012.01 | 2015.12 | 关键技术示范、推广基地 |
| 8 | 共同推广技术 | 何雨浩/8 | 2014.09 | 2018.12 | 关键技术示范、推广基地 |
| 2009年项目主持单位西北农林科技大学的侯琳、党坤良，根据陕西省资源管理局文件要求，撰写并提交了“陕西秦岭林区森林抚育经营成效监测”项目建议书、技术实施方案。2010-2018年，组织项目组成员和研究生共同完成了陕西秦岭林区森林抚育经营成效监测工作与技术报告撰写。2011年项目主持单位西北农林科技大学的侯琳、党坤良，根据国家林业局的要求，撰写并提交了“秦岭天然次生公益林抚育经营关键技术研究”项目建议书。2012年侯琳、党坤良与国家林业局签订了项目任务书，制定了项目技术实施方案。根据项目技术实施方案，2012-2015年组织项目组成员和研究生完成了项目研究内容，达到了考核指标。2014年，侯琳、党坤良凝练了森林抚育经营与抚育成效监测技术，共同制定了《陕西秦岭林区森林抚育技术规范》。侯琳、党坤良发表了学术论文，培养了研究生。党坤良负责接待了500 余名领导、国内外专家现场视察、交流，并对林业技术人员培训 20 场次，400 余人。项目主持单位的杨士同、何雨浩与现陕西林业集团有限公司（原陕西省宁东林业局）的方有为共同参与了森林抚育技术研究与成效监测工作。何雨浩负责在西北农林科技大学火地塘试验林场推广了森林抚育经营关键技术示范、推广，建成示范推广基地基地。方有为、董鹏飞共同负责，在陕西省宁东林业局推广了森林抚育经营关键技术示范、推广，建成示范推广基地基地。陕西省陕西省龙草坪林业局的成鸿飞和陕西省宁西林业局的辛力分别在所属林业局范围内推广了森林抚育经营关键技术示范、推广，建成示范推广基地基地。 | | | | | |

一、项目名称：鲜食枣产业关键技术创新与集成应用

### 二、提名者及提名意见

**1. 提名者：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**2. 提名意见：**

鲜食枣作为我国传统特色经济林果，长期受制于成熟期遇雨裂果和供应期短的瓶颈问题，限制了我国鲜食枣产业的规模化发展。为此，西北农林科技大学联合大荔县红枣产业发展中心等单位，历时多年研究、示范和推广应用，创立了大荔冬枣设施栽培模式及其技术体系，基地规模发展到42万亩，辐射全国，成熟采收期延长到6个月（4月中旬到10月中旬），形成了日光温室和各类冷棚的多种模式；育成‘七月鲜’等新品种。三年来，累计推广151.48万亩，取得了显著的经济和社会效益。该项目揭示了枣果实品质形成机制，阐明了枣树自交不亲和特性；创新了鲜食枣设施栽培关键技术，显著提高了大荔冬枣的市场影响力，促进了我省乃至全国鲜食枣产业的发展。该项目部分成果于2016年获陕西省林业技术推广特等奖，2019年获林业梁希科技进步二等奖；2018年11月中国林学会组织专家评议，整体上达到国际先进水平，在鲜食枣设施栽培枣、枣果实风味驯化及品质形成等方面处于国际领先水平。

该成果理论研究与生产实践结合紧密，四个创新点有很强的逻辑性，创新了枣品质提升理论和技术，在品质形成及设施栽培等方面达到国际领先水平，推动了我国经济林学科发展和进步。项目成果在生产上持续大面积应用，对产业提质增效发挥了重要作用。推荐申报陕西省科学技术进步一等奖。

### 三、项目简介

我国鲜食枣作为传统特色经济林果，品种多样，酥脆可口、风味独特，已经成为我国乃至世界特色水果，目前主要在我国黄河中、下游枣区以及新疆和南方部分枣区栽培。项目实施前，成熟期遇雨裂果和货架期短一直是我国鲜食枣产业发展的瓶颈。为此，项目针对我国鲜食枣产业发展的卡脖子问题，基于品质形成和抗性机制研究，聚焦鲜食枣产业发展模式，解决我国鲜食枣优质高效的关键技术，实现栽培模式和关键技术的突破。

**1.突破了鲜食枣日光温室栽培技术，创建了日光温室、钢架棉被棚、双膜冷棚和普通冷棚等多种设施栽培模式，破解了冬枣优质高效生产和市场供应难题。**研究揭示了枣果实的非跃变成熟特征，发现4个关键候选基因参与乙烯依赖的枣果实成熟调控，阐明了乙烯调控枣果实成熟机制，明确了设施冬枣最佳货架期（7～10天），为鲜食枣的成熟采收、冷链运输及销售提供了理论指导。

创建了大荔冬枣4种棚型的设施栽培模式，完善了成熟采收供应链技术。根据冬枣需寒量（410h），破除休眠的日光温室栽培关键技术，突破了日光温室冬枣栽培难题。优化了设施棚型结构，首次创立了适于日光温室、钢架棉被棚、双膜冷棚和普通冷棚等多种栽培模式及其技术体系，4种棚型的成熟期分别提前到4月中旬、6月中旬、7月中旬和8月中旬，成熟供应期由40天延长到6个月（4月中旬到10月中旬）；建立了成熟采收、果品分级、冷链包装运输、市场销售的供应链技术，从根本上解决了鲜食枣成熟遇雨裂果和市场供应期的难题。

**2.创新形成了鲜食枣设施栽培关键技术，支撑了我国鲜食枣产业高质量发展的新模式。**建立了日光温室密植（1×2m）主干形树形，钢架棉被棚、双模和普通冷棚的稀植（2×3m）开心形树形，最适亩产1500Kg，商品率95%，成熟采收冬枣糖度22～23%，并形成冬枣国家标准；通过产区枣园定点多年土壤养分监测和土壤微生物菌群结构分析，关联土壤生态与树体健康，建立“精准施肥专家系统”，开发应用放线菌和菌根菌肥，实现了设施冬枣减肥增效、品质提升的目标；阐明了设施条件下微环境因子与冬枣光合效率的耦联关系，建立形成了冬枣设施栽培的光温调控技术，推动了我国鲜食枣产业高质量发展新模式。

**3.揭示了枣果实风味驯化和品质形成机制,创建了品质提升的途径。**高质量枣树基因组测序，鉴定了枣果实糖和酸代谢通路中的关键基因，揭示了枣果实风味形成是由酸代谢相关基因的抑制和糖积累相关基因的加强共同决定的，其中糖转运在枣果实糖积累中起到更重要作用。发现蔗糖合成关键基因和糖转运蛋白基因的扩张和高表达，是促进枣果实高糖积累的关键，首次在分子水平上阐明了枣果实糖酸品质形成的机制。

阐明了酸枣砧木对盐胁迫适应机制，发现盐渍化土壤枣果实高糖、低酸积累的生理机制。因此，选择适宜良种、高光热资源和土壤适度盐碱的优生区环境，以及设施栽培是鲜食枣产业发展和品质提升的有效途径。

**4.阐明了枣树自交不亲和机制，育成了枣新品种‘七月鲜’和‘蛤蟆枣1号’。**首次鉴定了控制枣树自交不亲和行为的S基因位点，阐明了自交不亲和机制，为枣树杂交育种亲本选配提供了理论指导；研制了我国首个《植物品种特异性、一致性、稳定性测试指南 枣》行业标准，育成了优质高效枣新品种‘七月鲜’（国审）和‘蛤蟆枣1号’（省审），在陕北、新疆等枣区推广约9万亩，效益显著。

项目发表论文58篇，其中SCI收录21篇，出版专著3部；培养研究生25名；制定国家标准1项、行业标准1项和地方标准2项。三年来，项目成果先后在陕西大荔、山西运城、山东沾化以及宁夏、云南、新疆等地，共推广151.48万亩，新增销售额195.72亿元，新增效益137.24亿元，经济、社会、生态效益显著。该成果经中国林学会组织专家评议，整体上达到国际先进水平，在鲜食枣设施栽培、果实风味驯化和品质形成等方面处于国际领先水平。

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**

2018年11月，中国林学会组织专家对该成果进行了评价，主要评价结论为：

（1）揭示了枣果的糖酸风味驯化路线及其糖酸、Vc和色泽等品质形成的分子机制，明确了枣果糖高效积累是糖合成和转运关键基因共同作用的结果；阐明了高光热资源和土壤适度盐碱有利于促进枣果实蔗糖积累的生理机制。（2）育成优质高产枣新品种‘七月鲜’和‘蛤蟆枣1号’，研制了我国首个《植物品种特异性、一致性、稳定性测试指南枣》标准，并建立了优质高效栽培技术体系。（3）明确了枣为非跃变果实，发现了参与乙烯依赖的枣果实成熟调控的4个关键基因，揭示了乙烯调控枣果实成熟的分子机制。创新了降温破除休眠的鲜食枣温棚栽培技术和冷棚棚型结构，建立起适于日光温室、钢架棉被棚、双模冷棚、普通冷棚的鲜食枣栽培技术体系，显著提高了鲜食枣的栽培效益。

发表研究论文58篇，其中SCI收录21篇，出版专著3部；培养研究生25名；制定国家标准1项、行业标准1项和地方标准2项。该成果整体上达到国际先进水平，在枣果实风味驯化和品质形成的分子机制及设施栽培等方面处于国际领先水平。

**2.成果创新性与技术先进性比较**

**⑴鲜食枣设施高效栽培方面。**创新了破除休眠的鲜食枣温棚栽培技术，优化了设施棚型结构，创立了适于日光温室、棉被冷棚、钢架冷棚、普通冷棚等多种栽培模式及其技术体系。相比之下，韩国鲜食枣主要是设施防雨栽培，成熟期与露地栽培的成熟期基本一致。2012年前，我国鲜食枣设施栽培以设施防雨和冷棚栽培为主，栽培面积约1万亩。该项目形成的技术，其成熟供应期延长到6个月以上（4月中旬到10月中旬），显著提高了鲜食枣的生产效益和果实品质，全国每年栽培应用76万亩，其中陕西大荔42万亩。

**⑵枣果实糖酸风味驯化和品质形成的发展机制方面：**代表性成果为PLOS Genetics和Planta上发表的2篇研究论文。明确了枣和酸枣不同的卸载途径对果实糖积累的作用，糖转运在枣果实糖积累中具有更重要的作用。基因组测序揭示了果实糖酸风味驯化和品质形成机制。酸枣到枣的驯化，枣果实品质显著提升，主要是酸代谢基因（苹果酸酶、异柠檬酸脱氢酶、苹果酸转运蛋白）受到负向选择，糖代谢基因（蔗糖合酶及糖转运蛋白）受到正向选择。该研究建立了经济林果树果实糖酸风味驯化的理论模型，论文（Huang et al, 2016）发表后，相继在苹果、梨和柑橘的基因组驯化研究中得到证实（Duan et al. 2017；Han et al. 2018）。

论文先后被Trends in Plant Science、Nature Communications、Nature Ecology & Evolution、PNAS和MolecularPlant等国际高水平期刊论文引用。2016年12月，枣基因组论文发表后，美国科学促进会（AAAS）优瑞科（EurekAlert！）新闻网对该成果评论中指出：“论文揭示了枣经人工及自然选择的风味驯化机制，不仅对枣，也对苹果等果树育种具有指导意义”。

**⑶枣自交不亲机制研究方面。**鉴定了枣自交不亲和的S基因，阐明了自交不亲和行为机制，为枣树杂交育种亲本选配提供了理论指导（Huang et al, 2016）。构建了枣树F1代的杂交群体和高密度遗传连锁图谱，形成了以选择杂交亲本、隔离的逆境环境建立杂交组合、分子辅助和杂交子代选育的枣树杂交育种技术。项目研究与Asatryan等（2013，2014）从解剖学角度提出枣属植物自交不亲和特性，李登科等（2016）强调母本胚败育是杂交育种的重要障碍，以及免去雄枣杂交育种研究（刘孟军等，2014），都有很大的进展。育成2个优质品种——‘七月鲜’‘蛤蟆枣1号’成为新疆、陕北枣区规模化栽培的重要良种，

**3. 项目代表性论文**

⑴Huanget al. The Jujube Genome Provides Insights into Genome Evolution and the Domestication of Sweetness/Acidity Taste in Fruit Trees. December 22, 2016，PLOS Genetics | DOI:10.1371/journal.pgen.1006433，P1-20. （SCI，If=6.61，Nature自然指数期刊；被引29次，他引17次，其中最高引用为Nature子刊论文）.

⑵Zhanget al. Sugar transport played a more important role than sugar biosynthesisin fruit sugar accumulation during Chinese jujube domestication. Planta, 2018, 248(5):1187–1199.（SCI，If=3.249；他引2次，其中最高引用为Cell期刊论文）.

⑶Zhong Zhang, Jian Huang, Xingang Li. Transcript analyses of ethylene pathway genes during ripening of Chinese jujube fruit.Journal of Plant Physiology,2018，224–225：1–10.（SCI，If=2.833）

⑷Zhong Zhang, Chenxuan Kang, Shuyi Zhang, Xingang Li. Transcript analyses reveal a comprehensive role of abscisic acid in modulating fruit ripening in Chinesejujube. BMC Plant Biology. 2019, 19,189; doi: 10.1186/s12870-019-1802-2.

⑸侯思皓，边媛，牛辉陵，李新岗. 枣和酸枣果实韧皮部糖分卸载途径及其积累研究.果树学报，2017，34（12）：81-90.

⑹侯思皓，张钟，李一荷，张春梅，杨阳，李新岗. 枣自交与异交花粉管生长行为及早期胚胎发育研究. 果树学报,2019，36（9）:76-84.

**4.参比文献**

⑴Duan et al. ***Nature Communications***.2017，8（1）:249..

⑵Wanget al. ***Molecular Plant***.2018，11（8）：1024-1037..

⑶Wuet al. **Genome Biology**.2018，19（1）:77.

⑷Asatryan et al. *Flora-Morphology,Distribution,FunctionalEcology of Plants*.2013, 208(5-6)：390-399.

⑸Asatryan et al. *Genet Resour Crop Evolution*.2014, 61 (1)：215–233.

⑹李登科等. [枣胚胎发育及胚败育动态观察](http://epub.cnki.net/kns/detail/detail.aspx?QueryID=6&CurRec=1&DbCode=CJFQ&dbname=CJFDLAST2016&filename=XBNX201609017&urlid=61.1220.s.20160911.1519.030&yx=Y" \t "_blank). 2016, 西北农业学报. 2016, 25(9):1379-1385.

⑺刘孟军等. 枣树免去雄杂交育种的设计与实践.园艺学报. 2014, 41(7):1495–1502.

### 五、应用情况

2015～2020年，项目在陕西、山西、新疆，以及云南、宁夏等枣区，开展了枣新品种及鲜食枣设施栽培技术推广应用。2018～2020年，累计推广151.48万亩，新增销售额195.72亿元，新增效益137.24亿元

**1.冬枣设施栽培技术应用**

**（1）陕西大荔冬枣产区：**大荔冬枣设施栽培技术应用42.0万亩，其中日光温室7.3万亩，钢架棉被冷棚8.1万亩，双模冷棚4.3万亩，普通冷棚20.6万亩。近3年，累计挂果105.9万亩（次），其中日光温室10.3万亩（次）、钢架棉被冷棚20.0万亩（次）、双模冷棚14.2万亩次，普通冷棚61.4万亩（次）。亩经济效益分别为4.34万元、3.20万元、1.89万元和1.05万元，三年累计新增销售额166.64亿元，新增利润123.51亿元。

**（2）山西临猗冬枣产区：** 2018～2020年推广冬枣设施栽培技术13.5万亩，累计21.3万亩（次），新增销售额13.90亿元，新增利润7.12亿元。

**（3）山东沾化冬枣产区：**2018～2020年推广冬枣设施栽培技术3.5万亩，累计7.3万亩（次），新增销售额4.76亿元，新增利润2.44亿元。

另外，近三年来在云南枣区推广冬枣、金丝4号设施栽培技术0.3万亩。

**2.鲜食枣良种设施栽培技术应用**

**（1）陕北枣区：** 2018～2020年，在陕北枣区的延川县、清涧县和榆阳区推广枣良种‘七月鲜’‘蛤蟆枣1号’及鲜食枣设施栽培技术，共推广1.19万亩，新增销售额6068.28万元，新增利润2019.76万元。

**（2）新疆枣区：**2018～2020年期间，在新疆南疆枣区，累计推广‘七月鲜’‘蛤蟆枣1号’6.058万亩，新增销售额3.315亿元，新增利润1.174亿元。

**（3）宁夏枣区：**2018～2020年期间，在宁夏回族自治区灵武县推广鲜食枣优质高效栽培技术6.7万亩（次），新增销售额4.8190亿元，新增利润2.1994亿元。

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 | 新品种 | 七月鲜 | 中国 | 国S-SVZJ013- 2013 | 2013-12-30 | 国S-SV -ZJ013-2013 | 西北农林科技大学 | 王长柱  高京草  李新岗 |
| 2 | 新品种 | 蛤蟆枣1号 | 陕西 | 陕S-SCZH-007- 2015 | 2016-1-5 | 陕S-SC -ZH-007-2015 | 西北农林科技大学 | 高文海  李新岗  宋晓斌  韩 刚 |
| 3 | 行业标准 | 植物新品种DUS测试指南枣 | 中国 | LY/T2190 -2013 | 2013-10-17 | LY/T2190-2013 | 西北农林科技大学 | 李新岗  黄 建  高文海  王长柱  赵锁劳  张 新 |
| 4 | 国家标准 | 冬枣 | 中国 | GB/T327 14-2016 | 2016-6-14 | GB/T32714-2016 | 大荔县人民政府等 | 王德强  席兴军  姚 林  赵建明  王贵禧  陈德全  丁亚武  周爱英  李 岩  韩金德 |
| 5 | 地方标准 | 日光温室冬枣促成栽培技术规程 | 陕西渭南 | DB 6105/T 044-2015 | 2015-9-25 | DB 6105/ T 044-2015 | 大荔县果业局  大荔县红枣局 | 周爱英  谢 忠  赵建明  石青峰  石兴顺  丁亚武  宋民斗  田 龙 |
| 6 | 地方标准 | 春暖式大棚冬枣促成栽培技术规程 | 陕西渭南 | DB 6105/ T 042-2015 | 2015-9-25 | DB 6105/ T 042-2015 | 大荔县果业局  大荔县红枣局等 | 宋民斗  党润叶  石青峰  周爱英  石兴顺  赵建明  谢 忠  田 龙 |
| 7 | 实用新型专利 | 一种种植冬枣的温棚 | 中国 | ZL2016 20713236.4 | 2016-12-28 | 5809292 | 西北农林科技大学 | 王迪海  李新岗  高文海  周爱英 |
| 8 | 论文 | The Jujube Genome Provides Insights into Genome Evolution and the Domestication of Sweetness/Acidity Taste in Fruit Tree | 中国 | DOI:10.1 371/journ al.pgen.10 06433 | 2016年 12月 | PLOS Genetics | 西北农林科技大学 | 黄 建  张春梅  赵 星  费章君  万康康  张 钟  庞晓明  白 杨  孙晓庆  高立志  李瑞强  张锦波  李新岗 |
| 9 | 论文 | Transcript analyses of ethylene pathway genes during ripening of Chinese jujube fruit | 中国 | DOI:10.1016/j.jplph.2018.03.004 | 2018年3月 | Journal of Plant Physiology | 西北农林科技大学 | 张 钟  黄 建  李新岗 |
| 10 | 论文 | 枣和酸枣果实韧皮部糖分卸载途径及其积累研究 | 中国 | DOI:10.13925/j.cnki.gsxb.20170138 | 2017年12月 | 果树学报 | 西北农林科技大学 | 侯思皓  边 媛  牛辉陵  李新岗 |

### 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** |
| 李新岗 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目负责人，负责完成枣果实糖酸风味与品质形成机制，创建了枣品质提升途径和鲜食枣设施栽培模式及关键技术研究与应用。 |
| 黄 建 | 2 | 副院长/副研究员 | 西北农林科技大学 | 枣基因组测序，揭示枣果实风味驯化与品质形成机制，阐明了枣树自交不亲和机制，开展了酸枣砧木对盐胁迫的生理机制研究与应用。 |
| 周爱英 | 3 | 高级工程师 | 大荔县红枣产业发展中心 | 合作研究了适于日光温室、各类冷棚冬枣栽培技术体系，开展了大荔冬枣设施栽培的大面积推广应用。参与制定国家标准1件，负责制定地方标准2件。 |
| 郑险峰 | 4 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责大荔冬枣产区枣园土壤养分测试，以及枣园配方与精准施肥的研究与应用。 |
| 高文海 | 5 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 研究了降温破眠冬枣日光温室栽培技术，建立了适于日光温室、各类冷棚鲜食枣优质高效栽培的技术体系，并进行示范推广。 |
| 韩 刚 | 6 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 在新疆枣区，以新品种‘七月鲜’‘蛤蟆枣1号’为切入点，建立了旱区宽行稀植栽培技术体系，并进行了示范推广。 |
| 王中堂 | 7 | 副研究员 | 山东省果树研究所 | 冬枣遗传连锁图谱构建及农艺性状定位，负责山东沾化鲜食枣设施栽培技术推广。 |
| 张 钟 | 8 | 助理研究员 | 西北农林科技大学 | 阐明了乙烯调控冬枣果实成熟机制，明确设施冬枣最佳货架期，为冬枣的成熟采收、冷链运输及销售提供了基础。 |
| 哈力娜·  哈麦拉 | 9 | 助理研究员 | 西北农林科技大学 | 冬枣土壤根际微生物群落结构与放线菌应用在冬枣上的应用。 |
| 吴翠云 | 10 | 教授 | 塔里木大学 | 合作完成了新疆高光热资源和土壤盐碱对枣果实品质的作用。 |
| 万仲武 | 11 | 高级工程师 | 宁夏灵武市大泉林场 | 宁夏灵武长枣设施栽培技术推广，参与冬枣破除休眠机制研究。 |

### 八、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 | 第一 | 作为项目的负责单位，主要贡献如下：  1．明确了枣为非跃变果实；突破了降温破除休眠的鲜食枣日光温室栽培技术；优化了鲜食枣设施栽培模式，创立了鲜食枣设施栽培关键技术，延长了成熟供应期，显著提高了冬枣品质和生产效益。  2. 阐明了枣果实糖酸风味驯化及其品质形成机制，形成创建了品质提升的途径。  3．阐明了枣树自交不亲和机制，育成枣新品种‘七月鲜’（国审）和‘蛤蟆枣1号’。  4．发表研究论文58篇，其中SCI收录21篇，出版专著2部；培养研究生25名，制定行业标准1件、专利1件。部分成果于2016年获陕西省林业技术推广特等奖1项，2019年获第十届林业梁希科技进步二等奖1项。 |
| 大荔县红枣产业发展中心 | 第二 | 作为项目的主要参加单位，主要贡献如下：  **1.**参与降温破除休眠的冬枣日光温室栽培技术研究与示范；参与优化冬枣设施栽培的棚型结构及其栽培关键技术研究与示范。在大荔枣区，推广实施了适于日光温室、棉被冷棚、钢架冷棚、普通冷棚等多种设施冬枣栽培技术，显著提升了大荔冬枣的市场影响力。  **2.**发表研究论文2篇，出版图书1部；制定国家标准1项、地方标准2项，部分成果于2017年获渭南市一等奖1项。项目的实施，为我国鲜食枣枣产业提质增效、转型升级发挥了重要的引领作用，有效增加农民收入，经济、社会、生态效益显著。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 论文合作 | 黄建/第二 | 2013年元月 | 2020年12月 | PLOS Genetics论文（2016） |
| 2 | 共同获奖 | 周爱英/第三 | 2013年元月 | 2020年12月 | 鲜食枣设施高效栽培技术集成示范与推广（2016） |
| 3 | 共同获奖 | 郑险峰/第四 | 2013年元月 | 2020年12月 | 同上 |
| 4 | 共同知识产权 | 高文海/第五 | 2013年元月 | 2020年12月 | 林业行业标准（LY/T2190-2013） |
| 5 | 共同立项 | 韩刚/第六 | 2013年元月 | 2020年12月 | ‘七月鲜’良种推广（[2015]-69） |
| 6 | 论文合作 | 王中堂/第七 | 2015年元月 | 2020年12月 | Frontiers in Plant Sciences（2019） |
| 7 | 论文合作 | 王中堂/第八 | 2013年元月 | 2020年12月 | Journal of Plant Physiology（2018） |
| 8 | 共同成果 | 哈力娜·哈麦拉  /第九 | 2016年元月 | 2020年12月 | 枣品质提升关键技术及集成示范（2018） |
| 9 | 产业合作 | 吴翠云/第十 | 2013年元月 | 2018年12月 | 合作推广新品种 |
| 10 | 共同成果 | 万仲武/第十一 | 2017年元月 | 2020年12月 | 枣品质提升关键技术及集成示范（2018） |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  **1. 论文合作**  李新岗与黄建、张钟、王中堂在枣糖酸风味驯化、品质形成机制、冬枣成熟特征及其遗传图谱构建等应用基础研究方面，共同在PLOS Genetics（2016）、Journal of Plant Physiology（2018）和Frontiers in Plant Sciences（2019）杂志上发表论文，形成了**论文合作**关系。  **2.合作立项**  （1）李新岗与高文海、黄建、韩刚和哈力娜·哈麦拉等完成的国家“十二·五”科技支撑子课题“西北区鲜食枣和制干枣高效生产关键技术研究与示范”（2013BAD14B03-03）和“旱区红枣优质高效生产关键技术集成与示范”（2013BAD20B03-03），以及陕西省科技统筹课题“红枣裂果及主要害虫防控技术研究与示范”（2013KTZB02-03-01）和中央林业财政林业科技推广项目“鲜食枣设施高效栽培技术推广”（[2015]-13），共同形成**合作立项**关系**；**  （2）高文海与韩刚、李新岗、郑险峰和哈力娜·哈麦拉等完成的国家林业局推广项目“‘七月鲜’良种推广”（[2015]-69）和新疆自治区科技支疆项目“枣新品种‘七月鲜’引进及配套栽培技术示范研究”（2016E02044），共同形成**合作立项**关系**。**  **3.共同知识产权**  李新岗与黄建、高文海、韩刚、周爱英等共同完成《植物新品种特异性、稳定性、一致性测试指南枣》林业行业标准（LY/T2190-2013）、《一种种植冬枣的温棚》（ZL2016 20713-2016）专利和‘蛤蟆枣1号’（陕S-SC -ZH-007-2015）良种，形成了共同知识产权关系。  **4.共同成果**  （1）李新岗等完成的“枣品质提升关键技术及集成示范”成果，于2018年通过中国林学会组织的成果评价，支持李新岗与黄建、韩刚、高文海、周爱英、吴翠云、哈力娜·哈麦拉、郑险峰和万仲武，形成了共同成果关系。  （2）李新岗等完成的“西北旱区枣品质提升关键技术及集成示范”成果，于2019年获第十届林业梁希科技进步二等奖，支持李新岗与黄建（2/10）、韩刚（3/10）、高文海（4/10）、周爱英（5/10）、吴翠云（7/10）和郑险峰（10/10）形成了共同获奖关系。  （3）李新岗等完成的“鲜食枣设施高效栽培技术集成示范推广”成果，于2016年获陕西省林业厅林业技术推广特等奖，支持李新岗与高文海（2/15）、周爱英（3/15）、郑险峰（10/15）、韩刚（12/15）形成了共同获奖关系。  （4）周爱英、高文海等完成的“温棚冬枣栽培关键技术集成与示范”成果，于2017年获渭南市科学技术一等奖，支持周爱英与高文海形成了共同获奖关系。 | | | | | |

一、项目名称：食用油绿色加工及品质调控关键技术体系研究与示范

### 二、提名者及提名意见：

**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10多年的系统研究。建立了糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油品质高效快速无损检测方法，研发了煎炸油物理性指标预测化学性指标的关键调控技术。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2项登记科研成果，授权国家专利9件（其中国家发明专利8件），在国内外知名杂志发表论文91篇。第三方评价认为，项目从全产业链创新入手，解决了食用油产业发展的关键技术难题，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及以上。**

### 三、项目简介：

我国是食用油生产和消费大国。传统食用油生产以机械压榨法和溶剂萃取法为主，这些提油方法存在提油率不高或溶剂残留、能耗大等问题。近年来兴起的水剂法虽符合安全、营养、绿色的要求，但体系乳化现象严重，提油率不高等问题也制约了其发展。在食用油提取、储存、运输和煎炸加工等过程中，检测是品质调控的重要环节，与国民健康息息相关。而传统品质指标的检测大多采用滴定方法，需要大量化学试剂，操作繁琐，且人为因素对检测结果影响较大。针对传统食用油加工与检测方法体系的共性难题，该项目进行了10多年系统研究，建立了糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油品质高效快速无损检测方法，研发了煎炸油物理性指标预测化学性指标的关键调控技术。

1. **建立了糖和盐溶液辅助水剂法绿色提油新工艺**

水剂法绿色提油的改进优化主要分为两个方面：①分别利用糖和盐溶液作为媒介，优化食用油提取工艺。②通过在水溶剂中添加食用级表面活性剂，有效减少体系乳化现象。在企业推广应用于特色植物油料提油，提油率在90%以上。该方法有效减少了能源消耗和有机溶剂的使用，且糖溶液和盐溶液成分天然安全、来源广泛、价格低廉，简化了生产过程，节约了食用油加工成本，提油的同时还可回收利用油料副产物，提高油料的综合利用水平。

1. **构建了食用油品质高效快速无损检测方法**

项目基于聚乙烯膜-傅里叶红外光谱采集技术和光谱重组技术，完成了食用油常见指标定量测定方法的构建，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的快速定量检测；并将近红外技术应用于食用油加工过程中的实时监测和检测；以及将经济快速的电导率法、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。

所构建的检测方法对食用油的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、葵花籽油、橄榄油、棉籽油、核桃油、紫苏籽油、油茶籽油、米糠油、亚麻籽油、棕榈油和猪油等快速定量检测。

1. **研发了煎炸油物理性指标预测化学性指标的关键调控技术**

揭示了煎炸油物理性指标（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）之间的相关性，建立了煎炸过程中油品品质的监控方法，对煎炸油安全控制及煎炸食品加工具有重要指导意义。

项目已成功应用于食用油加工及品质调控管理，已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、渭南石羊长安花粮油有限公司和渭南春风油脂有限责任公司4家企业进行推广应用。2018-2020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2项，公开发表学术论文91篇，其中SCI/EI论文54篇，高被引ESI前1%论文2篇；联合出版英文专著1部；获授权专利9件，其中国家发明专利8件，实用新型专利1件。

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

**1. 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。

1. **国家授权专利**

获国家发明专利8件，实用新型专利1件。其中，（1）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。（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）基于紫外光谱仪和傅立叶红外光谱仪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。（4）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。（5）利用电导仪作为检测工具，测定食用植物油的过氧化值、酸值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。

1. **国内外相同技术的比较（查新报告）**

2019年10月14日，西北农林科技大学科技文献信息中心查新报告（报告编号：201936000N040062）主要查新结论如下：

（1）有关食用油的测定、鉴别方面的研究国内外有相关中英文文献报道，主要有利用光谱法鉴别食用油掺假，利用光谱法测定食用油理化指标，构建测定食用油氧化的方法，为食用油质量安全检测技术研究提供了依据。但构建食用植物油品质高效检测方法，除项目组文献外，未见其它中外文文献报道。

（2）关于水剂法提取食用油等方面的研究有中英文文献报道，主要集中在酶法辅助提取食用油，但是有关对利用改良水剂法与表面活性剂相结合破乳和提取食用油的研究，除项目组研究文献外，未见其它中外文文献报道。

（3）有关煎炸过程中煎炸油的品质变化的研究国内有相关文献报道，主要是以直接测定某些化学指标为主，但是关于利用物理性指标间接预测化学性指标的研究，除项目组的研究文献外，未见其它中外文献报道。

**4. 同行评价**

（1）该项目组目前已发表的关于绿色提油水剂法10篇论文中，其中一篇发表于《LWT-Food Science and Technology》杂志上的论文“Combination of Span 20 and pH-assisted walnut oil extraction during aqueous extraction process”（2018）论文被引13次，相关学者发表在《LWT-Food Science and Technology》、《Bioresource Technology》、《Energy Conversion and Management》等杂志的论文均肯定了该研究的创造性（被引截止时间为至2021年4月15日，下同）。

（2）在食用油品质调控关键技术研究中，该项目组已发表论文81篇。①发表于《Food Chemistry》杂志上的“A novel method for qualitative analysis of edible oil oxidation using an electronic nose”（2016）被引96次，为农业科学学科领域ESI前1%高被引论文，时间达18个月。②发表于《Food Analytical Methods》杂志的“Direct FTIR analysis of free fatty acids in edible oils using disposable polyethylene films”（2015）论文被引28次，为农业科学学科领域ESI前1%高被引论文，研究成果被相关专著、教材和技术手册广泛采用。

### 五、应用情况

该项目建立了糖、盐辅助水剂法绿色提油新工艺，构建了食用油品质高效快速无损检测方法，探明了煎炸过程中油品品质变化规律。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、渭南石羊长安花粮油有限公司和渭南春风油脂有限责任公司4家企业进行了推广应用，取得了良好的经济和社会效益，推动了我省食用油产业的快速发展。在食用油绿色加工及高效品质调控方面，2018-2020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。2013-2015年，将“一种基于电导率的食用油酸值测定方法”专利成果应用于企业油脂酸值指标的控制过程，2014-2015年将“一种基于电导率的食用油过氧化值测定方法”发明专利成果应用于企业油脂过氧化值指标的控制过程；2015年将“一种基于涂膜食用油红外透射光谱采集方法”专利成果应用于企业亚麻籽油检测实际生产中。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。2018-2020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。2018-2020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，促进了我省油脂产业的迅猛发展。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”。

渭南石羊长安花粮油有限公司应用食用油品质高效检测方法及危害识别关键控制的新思路，有效简化了操作过程，对企业食用油加工及安全监管提供了有力的技术支撑，进一步保障了产品品质，年检测浓香菜籽油品质指标近2.8万个。2018-2020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。

渭南春风油脂有限责任公司依托食用油绿色加工及品质调控关键技术，应用安全危害识别关键控制新思路，有效提高了工作效率，减少了有毒有害试剂使用，进一步降低了企业检测成本。通过技术改进，年检测菜籽油品质指标近1.5万个，2018-2020年累计新增产值8974.0万元，新增利润284.9万元，新增税收83.7万元，节支288.0万元。

食用油绿色加工及品质调控关键技术的应用，丰富了食用油品质检测手段，降低了能耗，无需使用有机溶剂，避免环境污染，具有良好的应用前景，为我国食用油加工及安全控制提供了新的方法体系。

### 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)

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明专利 | 一种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 | **于修烛**  高锦明  汤江江  张鞍灵  郭 鑫 | 有效 |
| 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 | **于修烛**  孙黛君  朱旭菲  李清华  杜双奎  董晓斌 | 有效 |
| 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 | **于修烛**  杜双奎  杨 晨  宋丽娟  李志成 | 有效 |
| 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 | **于修烛**  李清华  杜双奎  高锦明  许春瑾 | 有效 |
| 发明专利 | 一种基于紫外光谱花生油掺伪定量检测的方法 | 中国 | ZL201110154074.7 | 2012.08.08 | 第1020818号 | 西北农林科技大学 | **于修烛**  杨 晨  杜双奎  高锦明  李志成 | 有效 |
| 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 | **于修烛**  杜双奎  李志西  宋丽娟  李志成 | 有效 |
| 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**  **于修烛**  张建新  宋海库 | 有效 |
| 发明专利 | 一种亚麻籽油功能饮品及制备方法 | 中国 | ZL 201510822030.5 | 2018.03.16 | 第281945号 | 陕西关中油坊油脂有限公司 | **杨会军**  **于修烛**  郑小梅 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种连续式可变光程的近红外检测流通池 | 中国 | ZL201020110561.4 | 2010.11.03 | 第1576430号 | 西北农林科技大学 | **于修烛**  杜双奎  李志成  胡亚云  刘晓丽 | 有效 |

### 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** |
| 于修烛 | 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。技术1：基于涂膜食用油红外透射光谱采集方法研究；技术2：基于傅里叶红外光谱重组技术的食用油检测改进研究，为后续食用油品质调控关键技术的构建提供了强有力的支撑。主持食用油绿色加工和品质调控国家自然基金等课题10 余项，获国家发明专利9项，发表高水平论文91篇。 |
| 欧阳韶晖 | 2 | 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。 |
| 张 静 | 3 | 讲师 | 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。 |
| 李 琪 | 4 | 其他 | 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”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 7篇，为此项目的重要贡献者。 |
| 徐怀德 | 5 | 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。 |
| 陈 佳 | 6 | 其他 | 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”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 5篇，EI1篇，为此项目的重要贡献者。 |
| 杨会军 | 7 | 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论文1篇，为此项目的重要贡献者。 |
| 董瑶瑶 | 8 | 其他 | 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”科研成果的部分研究性工作，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 1篇，为此项目的重要贡献者。 |
| 刘 恒 | 9 | 总经理/其他 | 渭南石羊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石羊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。 |

### 八、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 | 负责项目的设计、申报、实施和验收评价工作。基于傅里叶变换红外光谱重组等方法构建了食用油品质调控关键技术，建立了糖-盐辅助水剂法绿色提油新工艺，建立了煎炸油过程中油品物理性指标与化学性指标之间的关联性，为实现煎炸油在线快速检测奠定了科学基础，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”的推广应用。结合工厂实际适当调整操作参数，大大提高了亚麻籽油的出油率，所提取的亚麻籽油理化指标均符合国家相关食品安全标准，应用效果良好。 |
| 渭南石羊长安花粮油有限公司 | 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用”及“特色油料水剂法制油关键技术创新与应用”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** | **合作起始**  **时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项 | 欧阳韶晖/2、张静/3、徐怀德/5 | 2014.01.01 | 2020.12.31 | 共同承担企业横向项目《亚麻籽油深加工技术研究》 |
| 2 | 论文  合著 | 李琪/4、陈佳/6、董瑶瑶/8 | 2016.09.01 | 2020.12.31 | 在国际期刊杂志《LWT-Food Science and Technology》合作发表SCI论文“Comparative study on the evolution of polar compound composition  of four common vegetable oils during different oxidation processes” |
| 3 | 共同知识产权 | 杨会军/7 | 2014.01.01 | 2020.12.31 | 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”及“一种基于氮气覆盖水剂法提取亚麻籽油方法” |
| 4 | 产业合作 | 刘恒/9 | 2014.01.01 | 2020.12.31 | 产业合作，取得良好经济和社会效益 |
| 完成人合作关系说明  本项目完成人及工作单位包括：于修烛、欧阳韶晖、张静、李琪、徐怀德、陈佳、董瑶瑶（西北农林科技大学），杨会军（陕西关中油坊油脂有限公司），刘恒（渭南石羊长安花粮油有限公司）。  于修烛负责项目总体设计、实施方案制定、任务分工落实。  于修烛、欧阳韶晖、徐怀德、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、渭南石羊长安花粮油有限公司、西安邦淇制油科技有限公司、渭南春风油脂有限责任公司等多家企业的应用与推广。  于修烛与李琪、陈佳、董瑶瑶从2016年开始合作，已在国际期刊杂志《LWT-Food Science and Technology》合作发表SCI论文“Comparative study on the evolution of polar compound composition of four common vegetable oils during different oxidation processes”。  于修烛等与杨会军从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”与“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。  于修烛等与刘恒从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石羊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。 | | | | | |

### 一、项目名称

秦巴山区珍稀野生花卉种质资源收集与利用

### 二、提名者及提名意见

提名单位：杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

提名意见：

该项目通过对秦岭和大巴山地区（秦巴山区）的百合、杜鹃、牡丹等珍稀野生花卉资源进行详细调查、收集、保存，结合对资源分布、形态多样性、遗传多样性、有效成分含量测定、抗非生物或生物胁迫等方面的理论研究，以及对引种驯化、新品种选育、组培快繁、低温贮藏、标准化栽培、鲜切花采后保鲜等方面的技术研究，摸清了野生花卉资源的生长发育和繁殖生物学特性，在一定程度上解析了其抵抗环境胁迫的内在分子机理，提出了种质资源保存的策略与建议，为种质资源的有效保存及高效利用提供了依据和指导，具有重大科学价值。项目组培育了花卉新品种3个；获得了国家发明专利2项；建立了生产技术体系5套；发表了中英文学术论文73篇，其中8篇SCI论文发表在《Molecular Plant Pathology》、《International Journal of Molecular Sciences》、《Frontiers in Plant Science》等国际知名期刊。选育的新品种及研发的生产技术获得了大面积推广应用，取得了重要的社会、经济、生态效益。我单位认真审阅了该项目提名书及附件材料，确认全部材料规范齐全且真实有效，符合陕西省科学技术进步奖的提名要求，特提名本项目为陕西省科技进步二等奖及以上。

### 三、项目简介：

**3.1 研究背景**

野生花卉种质资源，是开展花卉育种，丰富花卉种类的重要物质基础，对改良现有花卉品质、创造新品种，以及改善园林风貌都有十分重要的意义。秦巴山区地理、气候生态条件特殊，野生花卉资源极其丰富，是具有世界意义的生物多样性的关键地区。然而由于生境的人为改变和过度的采挖，种质资源急剧减少甚至濒临灭绝，严重影响了其作为种质资源基因库的功能。

**3.2 研究成果**

为了避免资源的流失和进一步破坏，保护资源的多样性，自2005年起，项目团队依托西北农林科技大学旱区作物逆境生物学国家重点实验室、农业部西北园艺植物种质资源利用重点开放实验室等平台，先后在国家自然科学基金、国家林业重点科研项目、农业部公益性行业科研专项、国家林业基本建设项目等4个科研项目的支持与资助下，开展秦巴山区珍稀野生花卉种质资源收集与利用研究工作，形成了以下创新性成果：

1）完成了秦巴山区50个县（区）范围内的百合、杜鹃、牡丹等花卉资源的调查收集，同时对涉及到的珍稀濒危和观赏价值高的野生花卉进行了详细统计，包括濒危植物资源如矮牡丹、珍稀植物资源如紫斑牡丹等。建立了野生花卉种质资源保存库30.0公顷，其中收集保存区26.0公顷，扩繁圃4.0公顷；配套建设了温室360.0平方米，日光温室800.0平方米，遮阴棚2016.0平方米，综合管理用房290.7平方米，以及水、电、路等设施和设备。

2）收集了野生百合12个种和2个变种，包括岷江百合、宜昌百合、卷丹、大花卷丹、野百合、淡黄花百合、宝兴百合、湖北百合、川百合、山丹、紫脊百合、青岛百合、百合、绿花百合，共36个居群，保存种球2000余粒；摸清了秦巴山区百合资源的分布区，每个分布区具有的野生百合种类和数量；分析了野生百合的形态特征、亲缘关系、遗传多样性、花瓣色素成分、鳞茎提取物含量、抗氧化活性、抑菌活性、抗盐碱和抗病毒等特性；研究了野生百合繁殖和保存方法，并建立了百合鳞片扦插繁殖、种球储藏及打破休眠、种球低温贮藏、种球生产、肥水精准控制栽培等5套技术体系，相关技术应用面积达1000余亩，分别使百合种球亩产量提高了10-15%，切花亩产量提高了10%，优质种球率提高了20%，出芽率提高了10-12%，种球腐烂率降低了5-8%，切花病虫害率降低了15-20%；建立了百合种球质量评价标准1个；获得了国家发明专利2项；选育了百合新品种3个，区域（引种）试验面积为150余亩。

3）收集了野生杜鹃20个种，包括头花杜鹃、秀雅杜鹃、太白杜鹃、金背杜鹃、干净杜鹃、粉白杜鹃、四川杜鹃、满山红、汶川杜鹃、麻花杜鹃、毛肋杜鹃、秦岭杜鹃、长蕊杜鹃、粉红杜鹃、迎红杜鹃、美容杜鹃、弯杜鹃、照山白、银叶杜鹃、映山红，保存材料500余份；探明了秦巴山区杜鹃花种质资源的分布区、现存资源数量等概况；获得了秦巴山区分布的杜鹃花种类的形态特征数据、生境状况及详尽的地理分布资料；揭示了部分杜鹃花资源种群间和种群内的形态性状多样性和分子遗传多样性变异规律；制定出了秦岭山区部分杜鹃种质资源的保存策略；并利用播种、扦插和组培等繁育技术对部分杜鹃花种质资源进行了保存。

4）收集了野生牡丹4个种，包括紫斑牡丹、杨山牡丹、卵叶牡丹、矮牡丹，共计28个居群，保存植株600余株；调查清楚了秦巴山区牡丹资源的种类、分布区域及现存数量，对秦岭地区的紫斑牡丹、矮牡丹进行了地理分布修订，整理了牡丹资源分种检索表；分析了野生牡丹的生境特征、资源特点、植物学特性、表型多样性、遗传多样性、籽油脂肪酸成分等特性，特别是在牡丹种子脂肪酸评价研究方面，发现了牡丹籽中富含人体必需的α-亚麻酸，为牡丹作为木本油料作物进行开发利用提供了理论支持；另外，对牡丹上难于突破的组织培养技术展开了深入研究，掌握了外植体消毒、组培苗快繁、褐化防治及生根相关技术。

5）收集了其它珍稀花卉资源12科17属21种花卉，包括毛茛科耧斗菜属的秦岭耧斗菜、华北耧斗菜，翠雀花属的腺毛翠雀花，银莲花属的大火草，毛茛属的毛茛，金莲花属的川陕金莲花；鸢尾科鸢尾属的鸢尾、马蔺；桔梗科桔梗属的桔梗，风铃草属的紫斑风铃草；紫草科紫草属的梓木草；牻牛儿苗科老鹳草属的毛蕊老鹳草；茜草科蛇根草属的日本蛇根草；报春花科报春花属的紫罗兰报春、窄鄂报春、齿萼报春；罂粟科绿绒蒿属的五脉绿绒蒿；十字花科诸葛菜属的诸葛菜；兰科独蒜兰属的独蒜兰；酢浆草科酢浆草属的山酢浆草；菊科千里光属的蒲儿根；了解了这些类型花卉的分布特征、生境特点及资源现状；从观赏价值、生物学特性两个方面对其进行了综合评价。

6）针对野生种岷江百合天然抗病毒的生物学特点，我们构建了黄瓜花叶病毒诱导的岷江百合叶片差异表达cDNA文库，从中筛选出了5个基因，分别为*LrNAC35*、*LreEF1A4*、*LrABCF1*、*LrNAC*、*LrPR10*，结果发现，这些基因受常见百合病毒显著诱导表达；*LrNAC35*通过直接作用于木质素合成途径关键结构基因*4CL*，正调控植株对黄瓜花叶病毒和烟草花叶病毒的抗性；*LreEF1A*负调控植株对黄瓜花叶病毒和烟草脆裂病毒的抗性，并在控制叶片和花器官衰老方面扮演着重要角色；*LrABCF1*过表达提高了转基因植株对黄瓜花叶病毒、烟草脆裂病毒及灰霉菌的抵抗力，同时伴随着*GCN2*和水杨酸信号途径防御基因的表达水平升高，且*LrABCF1*过表达抑制了植株的正常生长发育。通过该研究，解析了岷江百合的抗病毒分子机制，为百合等园林植物利用基因工程培育抗病毒新品种提供了重要方法和基因资源；相关成果已在英文SCI和中文核心期刊上发表。

**3.3 社会经济生态效益**

本项目通过对秦巴山区野生花卉种质资源进行系统的调查、收集和整理，搞清了该地区百合、杜鹃、牡丹等资源的种类、分布及数量，为有效保护我国花卉种质资源生态多样性，提供了重要的理论参考；获得了一批珍贵的种质类型，结合生物学特性分析，为进一步开展新品种繁育工作，奠定了坚实的物质基础；所建立的百合鳞片扦插繁殖、种球储藏及打破休眠、低温贮藏、肥水精准控制栽培及生产技术，得以在陕西益绿、杨凌正道等花卉生产公司应用，大幅提高了单位面积产值；所选育的百合新品种，在陕西汉中、太白等地大规模推广种植，有助于提升陕西省园林花卉产业的整体水平。项目实施阶段，培养博士、硕士研究生40余人，新增安置就业人数600余人，实现经济效益1000 余万元，对于引领我国高品质观赏花木的行业典范，带动花卉基地形成一二三产业互动与融合发展，调整农村产业结构，并最终实现乡村振兴，具有重要的社会、经济、生态价值。

### 四、客观评价

**4.1 国家林业重点科研项目验收意见**

2012年3月15-16日，国家林业局科技司委托河南省林业厅主持召开了948（局重点科研）项目验收会议，对“秦巴山区及毗邻地区野生花卉资源利用与开发” 项目（编号：2006-73）进行了验收。根据项目组提交的验收文件，结合现场查定意见，验收委员会采取听取项目汇报、审核资料、质疑答辩和综合评议等方式，形成如下意见：1）已经完成了对秦岭及大巴山地区的50个县（区）的百合、兰花等重要野生花卉植物资源进行定点、分层次调查。2）收集保存1300多份花卉种质资源，其中百合达到1000余份，兰花200余份，初步建成了 ‘秦巴山区野生百合及兰花种质资源圃’。3）研究开发了百合分子标记遗传多样性研究技术、野生百合和兰花组织培养扩繁技术、百合病毒病检测技术、百合次生代谢物提取及其抑菌技术。其中，野生百合组织培养扩繁技术是繁殖系数达到80倍以上，百合病毒病检测技术和百合次生代谢物提取及其抑菌技术可达生产利用指标。4）提出了秦巴山区百合与兰花等野生花卉资源保护方案。5）项目组织管理实施得当，项目经费严格按照课题合同书的支出条目支出，未发生预算外支出。0.5万元计划用于项目验收差旅费支出，使用计划合理。该项目完成了合同规定的考核指标，验收委员会同意通过验收。

**4.2 农业部公益性行业科研专项验收意见**

2013年10月31日，国家农业部科技教育司主持召开“百合、唐菖蒲栽培技术和种球采后技术研究、技术集成与生产示范”项目（编号：200903020）验收会议，验收委员会听取了项目组的汇报，审查了相关资料，经质询和讨论，形成以下验收意见：1）通过对百合鳞片繁殖特性、百合籽球复壮特性以及百合籽球生长基质及施肥配比的研究，确定了1套百合鳞片扦插及籽球繁殖的技术体系。

2）通过统计病情发生情况，结合RT-PCR检测方法，快速准确的检测百合病毒病的侵染情况及病毒种类。3）通过设定不同的温度和时间，获得了百合栽培品种的最适打破休眠温度和时间，以及不同百合栽培品种的贮藏温度。4）探索了TDZ对百合切花保鲜的影响，最后确定100 μmol/L TDZ处理可显著延长切花瓶插寿命1.2天。5）通过对不同品种、不同等级唐菖蒲的生长情况及籽球繁殖力的观察，最终获得了一套唐菖蒲籽球繁殖技术。6）项目组织管理实施得当，经费严格按照合同任务书已制定的预算支出，未发生预算外支出。该项目完成了考核指标要求，经费使用合理，符合相关规定，验收委员会一致同意通过验收。

**4.3 国家林业基本建设项目验收意见**

2019年12月16日，国家林业局科技司委托陕西省林业厅主持召开“秦巴山区珍稀野生花卉种质资源收集保存利用”建设项目（编号：陕林计字[2011]70号）验收会议，根据项目组提交的验收材料，以及听取项目汇报、审核资料、质疑答辩和综合评议等过程，形成如下意见：1）通过大量艰苦的野外工作，全面完成了秦巴山区百合、杜鹃、牡丹等珍稀野生花卉种质资源调查任务，摸清了种质资源现状，共收集保存种质资源2000余份。2）通过研究分析，掌握了野生百合、杜鹃、牡丹等资源的形态特征、亲缘关系、遗传多样性、相关成分含量、基因功能等特性，揭示了秦岭地区部分百合、杜鹃、牡丹等资源种群间和种群内的形态性状多样性和分子遗传多样性变异规律。3）通过开展研究实验，利用播种、移栽、扦插、嫁接和组培等繁育技术对部分野生百合、杜鹃、牡丹等资源进行了扩繁保存研究。为保护秦巴山区野生花卉资源，以及为将来野生花卉资源进一步的推广应用提供了关键的理论支撑。4）项目组织管理实施得当，项目经费严格按照课题合同书的支出条目支出，未发生预算外支出。该项目完成了合同规定的考核指标，验收委员会一致同意通过验收。

**4.4 ‘金花’新品种鉴定意见**

2005年3月20日，陕西省林木品种审定委员会组织有关专家，对西北农林科技大学选育的‘金花’百合品种进行了现场初审。初审小组听取了选育单位的工作汇报，在西北农林科技大学杨凌实验基地进行现场实测，经过质询、讨论，形成如下意见：该品种生长健壮，在大田生长条件下平均株高可达65.1厘米，茎粗0.69厘米，花茎16.28厘米，茎深绿色，叶披针形；圆锥花序，单株平均5-6朵，花朵黄色，内具桔红色晕斑，有红褶色斑点，内部具褶状突起，有白色绒毛，花色鲜艳高贵，适合插花用花，也可以用于园林栽培；抗性强，在一般栽培条件下很少发生百合疫病、灰霉病等重要百合病害；较耐高温，耐日晒性较强；适于关中、陕南等地露地栽培。初审组专家一致认为，‘金花’品种综合性状良好，建议提交陕西省林木品种审定委员会审定。

**4.5 ‘旭日’新品种鉴定意见**

2005年3月20日，陕西省林木品种审定委员会组织有关专家，对西北农林科技大学选育的‘旭日’百合品种进行了现场初审。初审小组听取了选育单位的工作汇报，在西北农林科技大学杨凌实验基地进行现场实测，经过质询、讨论，形成如下意见：该品种生长健壮，在大田生长条件下平均株高可达76.9厘米，茎粗0.9厘米，花茎15.3厘米，茎深绿色，具红褐色斑点，叶披针形；圆锥花序，单株平均4-5朵，花朵桔红色，内部具褶状突起，有白色绒毛，花朵硕大壮丽，颜色明亮，适合插花用花，也可以用于园林栽培；抗性强，在一般栽培条件下很少发生百合疫病、灰霉病等重要百合病害；耐日晒性较强，可在大田条件下栽培；适于关中、陕南等地露地栽培。初审组专家一致认为，‘旭日’品种综合性状良好，建议提交陕西省林木品种审定委员会审定。

**4.6 ‘秦岭卷丹’新品种鉴定意见**

2012年 7 月6 日，陕西省林木品种审定委员会组织有关专家，对西北农林科技大学选育的‘秦岭百合’（后更名为‘秦岭卷丹’）品种进行了现场初审。初审小组听取了选育单位的工作汇报，在西北农林科技大学杨凌实验基地进行现场实测，经过质询、讨论，形成如下意见：该品种生长健壮，平均株高150.5厘米，茎粗1.58厘米；叶散生，矩圆状披针形或披针形，平均叶片长度16.83厘米，宽度1.51厘米；花下垂，花被片披针形，反卷，橙红色，有紫黑色斑点，平均单株花朵数7朵，花朵直径8.13厘米，花被片1轮；鳞茎近宽球形，鳞片宽卵形，白色。株高、茎粗、单株花朵数分别比对照高19%、45%和75%。该品种鳞茎营养物质及药用有效成分含量高，食用口感好，可药食兼用；花大色艳，观赏价值较高，可用于园林绿化；耐热、耐旱，抗病性较强，对黄瓜花叶病毒、镰刀菌等重要百合病害有很强的抗性。该品种可通过珠芽、小籽球和鳞片扦插进行繁殖，繁殖系数高。初审组专家一致认为，‘秦岭百合’品种综合性状良好，建议提交陕西省林木品种审定委员会审定。

**4.7 一种百合鲜切花保鲜方法发明专利鉴定意见**

本发明公开了一种百合鲜切花保鲜方法，1）将待采摘的百合花切割，保留足够的花枝长度，下端的切割面呈斜面，保留中上部叶片；2）切割后，即刻将百合花花枝下端朝下插入到含有TDZ 的保鲜液中进行保鲜预处理；3）百合花花枝在保鲜液中预处理12-24h后，将保鲜液更换为清水。TDZ能够延长百合切花的瓶插寿命、增加最大花径（促进花苞直径的增长），并延后最大花径形成时间；TDZ 处理可以延缓叶绿素降解，使叶绿素含量长时间保持在较高水平，从而延缓切花的叶片衰老；TDZ 处理可以抑制百合花鲜切花瓶插期间花朵的呼吸作用、降低切花对乙烯的敏感性、降低花朵的乙烯释放速率并延后吸高峰与乙烯释放高峰出现的时间。

**4.8 一种东方百合籽球及种球的培育方法发明专利鉴定意见**

本发明提供了一种东方百合籽球繁育及栽培方法，包括了第一阶段（籽球的繁育）和第二阶段（百合种球的培育）。其中籽球的繁育当中，本发明采用了独特的繁育基质及其消毒方法，保证了籽球繁育的营养需求，免除了病虫害的侵袭；籽球增生的温湿度和时间控制，保证了籽球的良好发育，进而通过人工处理（优选4oC，3个月）代替自然打破休眠，大大缩短了籽球繁育的时间。利用籽球进行百合种球的培育时，选用特点的基质（玉米秸秆和蛭石）保证了能够获得优良的种球；并进一步结合合理的施肥配方，获得的籽球质量优良，籽球周径大于9厘米，横径大于3厘米。这些技术实现了快速、有效的获得大量优质百合籽球的目标。

**4.9 研究成果引用情况**

本项目通过秦巴山区野生花卉种质资源调查、收集保存、表型多样性分析、遗传多样性分析、有效化学成分测定、抗氧化活性检测、抑菌活性检测、抗病毒分子机理研究等工作，共发表中英文学术论文73篇，其中SCI数据库收录8篇，据2020年5月18号Web of Sciences 检索结果，累计影响因子20.7，包括中科院分区一区[Top]期刊1篇，二区[Top]2篇，二区1篇，共被引用98次，其中SCI单篇引用最高达53次。研究成果在种质资源利用、系统进化、分子育种领域产生了重要影响，获得国内外著名专家的认可。

### 五、应用情况

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **应用类型** | **名称** | **应用地点** | **规模** | **应用起止时间** |
| 新技术 | 百合种球生产技术规程 | 杨凌正道园艺设施有限公司 | 30余亩，共生产百合种球40余万粒 | 2010.01-2013.12 |
| 新技术 | 百合种球生产技术规程 | 陕西益绿农业有限责任公司 | 15亩，共生产百合种球20余万粒 | 2012.01-2013.12 |
| 新技术 | 百合种球低温贮藏和打破休眠技术体系 | 杨凌正道园艺设施有限公司 | 450余亩，共生产400余万支百合鲜切花 | 2012.01-2013.12 |
| 新技术 | 百合种球低温贮藏和打破休眠技术体系 | 陕西益绿农业有限责任公司 | 30余亩，共生产40余万支百合鲜切花 | 2012.01-2013.12 |
| 新技术 | 百合肥水精准控制栽培技术体系 | 杨凌正道园艺设施有限公司 | 450余亩，共生产800余万支百合鲜切花 | 2010.01-2013.12 |
| 新技术 | 百合肥水精准控制栽培技术体系 | 陕西益绿农业有限责任公司 | 30余亩，共生产40余万支百合鲜切花 | 2012.01-2013.12 |
| 新品种 | ‘秦岭卷丹’ | 陕西省太白县鹦鸽镇 | 70余亩，共繁殖百合种球100余万粒 | 2006.01-2011.12 |
| 新品种 | ‘秦岭卷丹’ | 陕西省汉中市武乡镇 | 50余亩，共繁殖百合种球60余万粒 | 2007.01-2011.12 |
| 新品种 | ‘秦岭卷丹’ | 陕西省岚皋县城关镇 | 30余亩，共繁殖百合种球40余万粒 | 2008.01-2011.12 |

### 六、主要知识产权和标准规范目录（限10条，发明奖和进步奖)

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明  专利 | 一种百合鲜切花保鲜方法 | 中国 | ZL201210224917.0 | 2014-01-01 | 1329443 | 西北农林科技大学 | 张延龙  牛立新  罗建让  李改丽 | 已授权 |
| 发明  专利 | 一种东方百合籽球及种球的培育方法 | 中国 | ZL201210224777.7 | 2014-01-01 | 1329236 | 西北农林科技大学 | 张延龙  牛立新  罗建让  郭宇龙 | 已授权 |
| 新品种 | ‘金花’ | 中国 | QLS057-G002-2005 | 2005-12-28 | / | 西北农林科技大学 | 张延龙 | 已审定 |
| 新品种 | ‘旭日’ | 中国 | QLS058-G001-2005 | 2005-12-28 | / | 西北农林科技大学 | 张延龙 | 已审定 |
| 新品种 | ‘秦岭卷丹’ | 中国 | 陕S-SV-JR- 004-2012 | 2013-03-11 | （陕S）第99号 | 西北农林科技大学 | 张延龙 | 已审定 |
| 论文 | *LreEF1A4*, a translation elongation factor from *Liliumregale*, is pivotal for cucumber mosaic virus and tobacco rattle virus infections and tolerance to salt and drought | 中国 | 2020年  21卷  2083页 | 2020-03-18 | International Journal of Molecular Sciences | 西北农林科技大学 | 孙道阳  季筱彤  贾 勇  霍 丹  司仕英  曾玲玲  张延龙  牛立新 | 已发表 |
| 论文 | Comparative transcriptome profiling uncovers a *Liliumregale* NAC transcription factor, *LrNAC35*, contributing to defense response against cucumber mosaic virus and tobacco mosaic virus | 中国 | 2019年  20卷  1662-1681页 | 2019-09-27 | Molecular Plant Pathology | 西北农林科技大学 | 孙道阳  张新果  张庆雨  季筱彤  贾 勇  王 宏  牛立新  张延龙 | 已发表 |
| 论文 | Fatty acid and associated gene expression analyses of three tree peony species reveal key genes for α-linolenic acid synthesis in seeds | 中国 | 2018年  9卷  106页 | 2018-02-05 | Frontiers in Plant Science | 西北农林科技大学 | 张庆雨  于 蕊  谢力行  Md Mahbubur Rahman，Aruna Kilaru  牛立新  张延龙 | 已发表 |
| 论文 | *LrABCF1*, a GCN-type ATP-binding cassette transporter from *Liliumregale*, is involved in defense responses against viral and fungal pathogens | 中国 | 2016年  244卷1185-1199页 | 2016-08-02 | Planta | 西北农林科技大学 | 孙道阳  张新果  李绍华  蒋才忠  张延龙  牛立新 | 已发表 |
| 论文 | Phenolic compounds and antioxidant activity of bulb extracts of six *Lilium* species native to China | 中国 | 2012年  17卷9361-9378页 | 2012-08-03 | Molecules | 西北农林科技大学 | 靳磊  张延龙  阎林茂  郭宇龙  牛立新 | 已发表 |

### 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** |
| 张延龙 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学 | 负责秦巴山区百合野生花卉种质资源调查统计、分布信息整理、资源现状确定、材料收集保存、种质资源库建设、组培快繁等。 |
| 牛立新 | 2 | 教授 | 西北农林科技大学 | 负责百合资源鳞片扦插繁殖、种球储藏及打破休眠、低温贮藏、种球生产、肥水精准控制栽培技术研发，以及质量标准制定、发明专利申请、新品种选育等。 |
| 罗建让 | 3 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责百合资源形态特征、亲缘关系、遗传多样性、花色素成分、鳞茎提取物含量、抗氧化活性、抑菌活性、抗盐碱、抗病毒分析等。 |
| 孙道阳 | 4 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责岷江百合叶片差异表达文库构建、候选基因筛选、生物信息学分析、表达水平检测、异源植物遗传转化、抗病毒功能鉴定等。 |
| 史倩倩 | 5 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责杜鹃资源观赏性、引种适应性、生物学特性评价，种群间和种群内的形态性状多样性、分子遗传多样性变异规律分析等。 |
| 张庆雨 | 6 | 讲师 | 西北农林科技大学 | 负责牡丹资源生境特征、资源特点、植物学特性、表型多样性、遗传多样性、籽油脂肪酸成分、抗氧化及抗菌活性分析等。 |
| 张晓骁 | 7 | 博士 | 西北农林科技大学 | 负责秦巴山区牡丹野生花卉种质资源调查收集与保存、资源地理分布修订、化学成分分析等。 |
| 司国臣 | 8 | 硕士 | 西北农林科技大学 | 负责秦巴山区杜鹃及其它珍稀野生花卉种质资源调查收集与保存、播种、扦插、组培繁育研究等。 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 作为本项目的依托单位，为项目的顺利完成并取得优异成绩做出了重要贡献，主要表现为：1）组织并完成了项目研究总体方案、技术路线和实施计划；2）负责项目协调，针对各专项内容的关键技术、研究进展、阶段总结等各项内容进行检查和指导；3）为项目的顺利实施提供了优质工作环境和高效人力资源；4）提供了所需的实验平台、仪器设备、图书资料、文献数据库等资源；5）提供了秦巴山区野生花卉种质资源保存库建设用地、水电能源及配套设施等；6）为项目产生的新技术、新品种的示范推广应用提供了强有力的政策引导和专项资金支持。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成**  **时间** | **合作成果** |
| 1 | 团队成员 | 牛立新/2 | 2005-01 | 至今 | 与第1完成人共同立项科研项目4项，发表SCI论文8篇，申请国家发明专利2项，选育新品种3个。 |
| 2 | 团队成员 | 罗建让/3 | 2005-01 | 至今 | 与第1完成人共同立项科研项目3项，发表SCI论文1篇，申请国家发明专利2项。 |
| 3 | 团队成员 | 孙道阳/4 | 2009-09 | 至今 | 与第1完成人共同立项科研项目2项，发表SCI论文3篇。 |
| 4 | 团队成员 | 史倩倩/5 | 2011-09 | 至今 | 与第1完成人共同发表SCI论文1篇。 |
| 5 | 团队成员 | 张庆雨/6 | 2011-09 | 至今 | 与第1完成人共同立项科研项目1项，发表SCI论文1篇。 |
| 6 | 团队成员 | 张晓骁/7 | 2011-09 | 2018-06 | 与第1完成人共同立项科研项目1项，发表SCI论文1篇。 |
| 7 | 团队成员 | 司国臣/8 | 2010-09 | 2013-06 | 与第1完成人共同立项科研项目1项。 |
| **完成人合作关系说明** | | | | | |
| 张延龙，第1完成人，项目负责人，负责项目总体协调，确定各专题研究负责人选，制定项目进度安排，保障项目顺利实施。分担百合资源调查、分布区域遴选、现存资源分析、材料收集保存、资源保存库建设、组培快繁等工作。  牛立新，第2完成人，负责百合生产技术研发、质量标准制定、发明专利申请、新品种选育等。参与第1完成人承担的国家自然科学基金、国家林业重点科研项目、农业部公益性行业科研专项、国家林业基本建设项目4项，共同发表SCI论文8篇，申请百合发明专利2项，选育百合新品种‘金花’、 ‘旭日’和‘秦岭卷丹’。  罗建让，第3完成人，负责百合资源生物学特性、遗传多样性、有效化学成分、抗非生物或生物胁迫分析等。参与第1完成人承担的国家林业局重点科研项目、农业部公益性行业科研专项、国家林业基本建设项目3项，共同发表SCI论文1篇，申请百合发明专利2项。  孙道阳，第4完成人，负责岷江百合基因筛选、生物信息学分析、表达水平检测、异源遗传转化实验、抗病毒功能鉴定等。参与第1完成人承担的农业部公益性行业科研专项、国家林业基本建设项目2项，共同发表SCI论文3篇。  史倩倩，第5完成人，负责杜鹃资源观赏价值、引种适应性、生物学特性、形态多样性、遗传多样性变异规律研究等。与第1完成人共同发表SCI论文1篇。  张庆雨，第6完成人，负责牡丹资源生境特征、资源特点、生物学特性、表型多样性、遗传多样性、籽油脂肪酸成分、抗性分析等。参与第1完成人承担的国家林业基本建设项目1项，共同发表SCI论文1篇。  张晓骁，第7完成人，负责牡丹资源调查收集与保存、资源地理分布修订、分种检索表整理、化学成分分析等工作。参与第1完成人承担的国家林业基本建设项目1项，共同发表SCI论文1篇。  司国臣，第8完成人，负责杜鹃及其它珍稀野生花卉种质资源调查收集、材料保存、生物学特性评价、播种、扦插、组培等繁殖方法研究等。参与第1完成人承担的国家林业基本建设项目1项。 | | | | | |

### 一、项目名称

小麦白粉病成灾机理及绿色防控关键技术创新与应用

### 二、提名者及提名意见

**1. 提名者**

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**2. 提名意见**

小麦白粉病是我国小麦上重要病害之一，严重影响小麦的产量和品质。抗病品种匮乏、缺乏有效的监测预警体系和防治药剂单一老化是目前白粉病防治中的突出问题，针对这些生产重大问题，由西北农林科技大学、中国农业科学院植物保护研究所、陕西省植物保护工作总站等多家单位经过10多年的联合攻关，明确了小麦白粉病的发生流行规律、越夏区域和影响越夏的关键气象因子，摸清了小麦白粉菌的毒性结构变异动态和新育成小麦品种（系）抗病性，揭示了陕西省小麦白粉菌对三唑酮的抗药性水平，研发了防治白粉病的生物源制剂芽孢杆菌CC09，防效与三唑酮相当，为我国小麦白粉病的预测预报、绿色防控和小麦白粉病抗病育种提供了重要科学依据。自主研制出小麦白粉病自动化监测预警平台和设备，使我国在小麦白粉病自动化预测预警方面研究处于世界领先水平；集成和研发了小麦白粉病综合防控关键技术并大面积示范推广，经济、社会和生态效益显著。

同意申报陕西省科技进步奖一等奖。

### 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，而且发生面积和危害程度呈逐年加重的趋势，严重威胁小麦安全生产。为了实现白粉病的绿色防控，保障粮食安全，由西北农林科技大学、中国农业科学院植物保护研究所和陕西省植物保护总站等多家单位历经近20年联合攻关，通过调查研究小麦白粉病的发生流行规律和越夏规律、病菌群体毒性结构变异动态、小麦品种（系）的抗病性、病菌抗药性，开发病害预测预警和绿色防控新技术、新方法，取得以下主要成果：

1. **明确了小麦白粉病发生流行规律、越夏区域及影响越夏的关键因素，揭示了闭囊壳在小麦白粉病侵染循环中的作用，为病害的预测预报和分区治理提供了重要科学依据。**

① 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发现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℃为小麦白粉菌越夏的阈值。③ 明确了小麦白粉菌在中国越夏范围主要为包括陕西南部和北部在内的山区和高海拔地区。④ 揭示了小麦白粉菌有性阶段闭囊壳在病害侵染循环中的作用。

1. **明确了小麦白粉菌群体毒性结构变异动态和遗传多样性，为小麦抗病育种、病害预测预报和防控策略的制定提供了依据。**

① 通过对陕西省7个市33个县（区）823份白粉菌菌株的分离鉴定，明确了2008年至2016年陕西省小麦白粉菌的毒性结构和变异动态；② 对陕西省2013、2014和2016年小麦白粉菌群体遗传多样性研究表明，陕西省小麦白粉菌不同地理群体遗传多样性存在差异，白粉菌群体的遗传变异主要来自群体内，不同地理群体之间存在一定的基因流。

1. **对陕西省小麦新育成品种（系）进行了抗白粉病鉴定和评价，明确了我国主要麦区小麦品种（系）的抗白粉基因，为小麦抗病育种和品种合理利用提供了科学依据。**

① 2007-2019年，共对2751份陕西省区试小麦品种及高代品系、育种材料等进行了成株期抗白粉病鉴定和抗源筛选。② 通过基因推导，明确了我国主要麦区小麦生产品种、区试品种和高代品系抗白粉病基因分布情况。③从农家品种和生产品种中发掘和定位小麦抗白粉病新基因3个。

1. **明确了陕西省小麦白粉菌对三唑酮的抗药性水平，研发出生物源农药解淀粉芽孢杆菌CC09，为三唑类药剂的合理使用和白粉病的绿色防控提供了依据。**

①对2009年和2014年陕西省不同地区的小麦白粉菌菌株进行抗药性监测表明，小麦白粉菌对三唑酮的平均EC50由34.66mg/L上升至152.54mg/L，平均抗性水平由16.58倍上升至73.39倍。②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，其对小麦白粉病的防治效果与15%三唑酮可湿性粉剂相当。

1. **自主研发出我国第一台小麦白粉病自动化监测预警平台和设备，并已在部分地区应用。**

① 研发出小麦白粉病自动化监测预警系统，在作物生长期内提前15天预报作物白粉病流行预测结果，用户可以在电脑、手机微信公众号和小程序等查看白粉病发生趋势预报结果。②在陕西、河南、山东、四川、新疆和西藏等地区应用，预测准确率达90%以上。

1. **集成制定了“自动预警、源头封锁、品种布局和应急防控”的治理策略和全程防控技术体系，并大面积示范推广，有效控制了小麦白粉病的危害。**

① 根据项目组多年的研究积累，集成制定了“自动预警、源头封锁、品种布局和应急防控”的治理策略和全程防控技术规程。②在陕西省小麦白粉病常发区的渭南、咸阳、宝鸡和汉中等地大面积推广应用，取得显著的经济、社会和生态效益。

项目实施以来，在Plant Disease、Phytopathology、Molecular Breeding、植物病理学报、植物保护学报等国内外重要期刊发表论文24篇，制定国家行业标准1项，地方标准2项；授权国家发明专利1项，软件著作权1件。培养毕业研究生28名。

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

**1. 第三方评价认为自动化监测预警成果整体达到国际先进水平**

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. 项目相关成果受到国内外同行的广泛引用**

共发表研究论文24篇，其中SCI论文6篇；撰写并获发布国家行业标准1项，地方标准2项；获国家发明专利1项，软件著作权1件。论文他引288次。

### 五、应用情况

2016-2019年，利用该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。三年共挽回小麦损失38.52万吨，折合7.70亿元。此外，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2150万亩，降低成本3.23亿元。合计效益10.93亿元。

### 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 |  |  | NY/T 3302-2018 | 全国农业技术推广中心、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  张云慧 |
| 2 | 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、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  王周永明 |
| 3 | 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、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 0793126.8 | 2018-10-02 | 3096336 | 中国农业科学院植物保护研究所、西北农林科技大学、西安黄氏生物工程有限公司 | 周益林  胡小平 |
| 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** | **对该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和6。 |
| 周益林 | 2 | 研究员 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 1. 小麦白粉菌越夏范围调查；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。主要贡献体现在研究成果1、2、3、4和5。 |
| 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。主要贡献体现在研究成果1和5。 |
| 李 强 | 4 | 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、3、4和6。 |
| 杨 铭 | 5 | 农艺师 | 陕西省植物保护工作总站 | 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6。 |
| 白应文 | 6 | 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6。 |
| 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5。 |
| 张渭薇 | 8 | 农艺师 | 合阳县农业技术推广中心 | 主要负责合阳县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6。 |
| 祝军岐 | 9 | 农艺师 | 岐山县农业技术推广服务中心 | 主要负责岐山县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6。 |
| 王国军 | 10 | 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6。 |
| 钱 丰 | 11 | 高级农艺师 | 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6。 |

### 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研究、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。 |
| 中国农业科学院植物保护  研究所 | 2 | 主要开展了我国小麦白粉菌越夏范围调查、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预报等研发工作。 |
| 陕西省植物保护工作总站 | 3 | 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。 |
| 宝鸡市农业技术推广服务中心 | 4 | 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 | 5 | 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。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项 | 王保通/1  周益林/2  胡小平/3  李 强/4 | 2007 | 2020 | 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  立项题目：禾谷类白粉病和赤霉病综合治理技术研究与示范 |
| 2 | 共同立项 | 王保通/1  胡小平/3  李 强/4 | 2012 | 2020 | 立项题目：小麦主要病虫害综合防治技术研究 |
| 3 | 共同知识产权 | 王保通/1  周益林/2  胡小平/3  李 强/4  黄卫利/7 | 2007 | 2020 | 论文、标准、专利、软件、设备 |
| 4 | 共同研究与应用 | 王保通/1  李 强/4  杨 铭/5  白应文/6  张渭薇/8  祝军岐/9  王国军/10  钱 丰/11 | 2007 | 2020 | 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。周益林、胡小平、李强、杨铭、白应文、黄卫利、张渭薇、祝军岐、王晓娥、钱丰以分工合作的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。  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夏规律、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。  王保通与杨铭、白应文、张渭薇、祝军岐、王国军、钱丰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。  周益林、胡小平等与西安黄氏生物工程有限公司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。 | | | | | |

一、项目名称：小麦黄化矮缩类病害的致病机理及综合防控技术研究与应用

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：小麦黄化矮缩类病害常年发生于黄淮冬麦区和北方冬麦区，对小麦生产造成了严重的产量损失。由于对该类病原种类、致病机理、流行规律等认知不清，生产上缺乏抗病品种和有效防治药剂等问题，病害防治一直处于盲目被动状态。因此，1998年起项目组通过合作攻关，首次鉴定明确了我国小麦黄化矮缩类病害的病原种类与遗传变异规律，发明了一种同时诊断该类病害全部病原的快速检测方法（mPCR），用该方法

监测小麦主产区各种病原的流行动态；解析了病原致病机理和昆虫传播机制；发现抗黄矮病新种质并以此作亲本培育出了小麦抗病省审新品种，研制出防控新农药已经大面积应用；建立了黄矮病预测模型和预报方法，制定了我国《小麦黄矮品种抗病性的评价技术体系》农业农村部行业标准和《小麦黄矮病防治技术》省级标准。解决了抗病品种和防控药剂缺乏等核心技术难题并取得技术突破，解决了病原检测方法、病情预测模型和防控技术标准等配套技术瓶颈问题。项目成果经过多年示范推广应用，有效控制了该类病害在我国大范围的爆发和流行取得了巨大的经济社会效益，提升了我国该类病害理论研究和防控技术水平及国际地位。经科技成果评价，专家组一致认为该成果总体达到同类研究国际领先水平。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

三、项目简介：

我国是世界小麦第一大生产国，种植面积和产量均占世界的一半。被称为“小麦癌症”、“黄色瘟疫”的小麦黄化、矮缩类病害，在西北及黄淮麦区常年发生为害，严重威胁小麦生产。1987年病害大流行，仅陕西就损失小麦8.51万吨；1999年发病450万亩，小麦减产30%以上。由于对该病害病原种类、流行规律、致病机理认知不清，生产上缺乏抗病品种和防治药剂，为有效控制该病害发生，自1998年起，本单位与中国农业科学院植物保护研究所等单位针对以上问题开展联合攻关，取得如下创新性研究成果：

1. 明确了小麦黄化、矮缩类病害的病原种类、群体结构和遗传多样性，依据发生条件建立了病害测报模型。鉴定明确了我国小麦黄化矮缩类病害的主要病原是大麦黄矮病毒（BYDVs）、小麦矮缩病毒（WDV）、小麦蓝矮植原体（WBDp）等。首次完成了WBDp全基因组图绘制和序列分析，以及BYDV-GAV、GPV、PAV、WDV基因组分析。依据病原核心基因序列，建立了一次同时检测4种病原的多重PCR（mPCR）核酸检测方法，用该方法长期实时监测西北及黄淮麦区病害流行动态。建立了小麦黄化矮缩病害的预测模型，预测病害流行趋势，将预测信息提供给政府主管部门及时发布指导生产统防统治，在小麦黄化矮缩类病害的防治中发挥了巨大作用。
2. 探明了小麦黄化、矮缩类病害的致病机理。发现了BYDV-GAV感染后病毒来源的小干扰RNA（vsiRNA）抑制了水杨酸（SA）的合成，从而抑制了下游抗病通路基因表达，促进了病毒的快速侵染；BYDV-GAV侵染寄主后阻止叶绿素结合蛋白（Chla）合成导致叶片黄化；BYDV-GAV运动蛋白（MP）与小麦赤霉素受体蛋白DELLA互作，抑制寄主GA途径导致小麦植株矮缩。从WBDp基因组中鉴定明确了效应蛋白SWP1是引起小麦蓝矮病矮化的致病基因，SWP1通过与小麦BRC1互作引起植株矮化丛枝。鉴定出的病原致病基因为防治药剂研制提供了新靶标。
3. 解析了小麦黄化、矮缩类病害的昆虫传播机制。发现了健康小麦比感染黄矮病毒GAV的小麦更吸引蚜虫取食的现象，黄矮病毒借助寄主分泌己烯醛吸引蚜虫取食，病毒感染寄主后再降低己烯醛合成以迫使蚜虫离开病株迁飞到健康小麦进行传毒，解析了BYDV-GAV利用蚜虫扩散的“过河拆桥”传毒策略。从麦二叉蚜和禾谷缢管蚜介体分离鉴定出传毒识别关键因子GroEL和P50蛋白，明确了其参与BYDVs在蚜虫介体内的循回途径，解释了麦蚜膜蛋白与BYDV-GAV互作是介体传播病毒的根本原因。明确了异沙叶蝉是WBDp的专化性传播介体，通过用WBDp膜蛋白IMP抗体免疫标记，解析了WBDp在异沙叶蝉体内的循回传播途径，植原体经叶蝉口针―中肠/后肠―唾液腺途径，随介体唾液分泌物侵入植物引起发病。发现了病原膜蛋白IMP通过与微丝蛋白（α-Tubulin）和细胞分裂周期蛋白（Cdc42）互作，控制植原体在唾液腺中的繁殖与介体传播专化性。探明了媒介昆虫传播该类病害病原的分子机制。
4. 培育了抗病品种，创制了抗病毒药物，建立并推广应用了防控体系，挽回了大量的小麦产量损失。筛选出高抗黄矮病的华山新麦草和6个小麦-华山新麦草易位系等抗抗病种质资源，培育出抗黄矮病新品种4个，通过了省级审定，累计推广1930.8万亩，增产小麦38416万公斤。针对本项目发现的BYDV病毒沉默抑制子P6和复制酶靶标蛋白，创制了绿色防控药剂甾烯醇微乳剂和云芝糖肽水剂，甾烯醇微乳剂获批农业部新农药登记，结束了此类病害无药可治的局面。应用面积每年超过2000万亩，取得了巨大经济效益和社会效益。制定了我国《小麦黄矮品种抗病性的评价技术体系》农业部行业标准，规范了全国抗病性鉴定方法。集成了小麦黄化矮缩病害综合防控技术体系，示范推广到陕、甘、晋、豫等病害流行区，近三年累计推广3970余万亩。本项目成果应用以来，有效控制了该类病害在我国的大范围暴发流行，累计挽回经济损失22.6亿元。提升了我国在该病害理论研究和防控技术水平的国际地位。

本成果出版著作3部，获得授权国家发明专利11件，农业行业标准1件，企业标准2件，发表学术论文162篇，其中SCI源刊物86篇、国家一级学会刊物21篇，培养研究生30余人。

### 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）

该项目委托中国农学会组织专家进行科技成果评价，评价委员会意见如下：

该项目针对小麦黄化矮缩类病害危害严重、防治困难的问题，从病原鉴定与监测、病害流行规律、病毒致病与昆虫传毒机制、抗病种质资源挖掘与抗病育种、防治药物创制与防治规程制度等方面进行了系统深入的研究，取得了重要的研究成果，特色鲜明，总体达到同类研究国际领先水平。

1．明确了小麦黄化矮缩类病害的病原种类、群体结构和遗传多样性，建立了该类病害病原多重PCR检测方法；通过多年监测，建立了适合西北及黄河流域麦区病害流行动态的预测预报模型，为指导病害防治提供了技术支撑。

2．明确了小麦黄化矮缩病原的致病基因，揭示了寄主的互作靶标蛋白，解析了病害症状形成机制，阐明了小麦黄化、矮缩类病害的致病机理和昆虫介体传毒机制，为病害防治提供了理论依据。

3．发现了高抗黄矮病的华山新麦草和6个小麦-华山新麦草易位系，合作选育了晋麦90号等4个小麦抗病新品种；针对新发现的BYDV P6靶标，创制了绿色防控药剂甾烯醇微乳剂；集成创建了小麦黄化矮缩病害绿色防控技术体系，在生产上大面积应用，取得了显著的经济社会效益。

### 五、应用情况

小麦黄化、矮缩类病害是我国北方麦区的主要常发病害，尤其在陕西、甘肃、河南、宁夏、山西等冬小麦主产区，极易暴发流行，导致大面积减产甚至绝收。项目组长期联合攻关，建立推广以“种植抗病品种、带药播种（秋播拌种）、治蚜防病、春季打点保面”为核心的全程防控体系。2016-2018年，推广3970万亩，挽回产量损失及节约用药防治成本等22.6亿元，取得了明显的生态和社会效益。本项目成果应用以来，有效控制该类病害在我国的大范围暴发流行。另外，本项目研发的甾烯醇制剂，带动企业建成了年产500吨生物源农药甾烯醇制剂生产线和60吨甾烯醇母药生产线，成为小麦黄化、矮缩类病害绿色防控的主要药物，在小麦病害防控方面销售额为5949.7万元。

### 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)

| **知识产权**  **类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明专利 | 小麦黄矮病毒的多重PCR检测方法 | 中国 | ZL201010267645.3 | 2010-08-31 | 865617 | 西北农林科技大学 | 吴云锋  杨 洋 | 有效 |
| 发明专利 | 小麦黄矮病毒的多重PCR检测的引物组和试剂盒 | 中国 | ZL201010267642.X | 2010-08-31 | 865967 | 西北农林科技大学 | 吴云锋 | 有效 |
| 发明专利 | 小麦矮缩病毒的快速可视化检测方法 | 中国 | ZL201310471143.6 | 2013-10-10 | 1877488 | 西北农林科技大学 | 郝兴安  赵 磊  王乔春  吴云锋 | 有效 |
| 发明专利 | 大麦黄矮病毒的特异性引物、探针制备及快速检测方法 | 中国 | ZL200510011977.4 | 2006-10-25 | 290014 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 刘 艳  王锡锋  周广和  李 莉 | 有效 |
| 发明专利 | 大麦黄矮病毒介体蚜虫体内与传毒有关蛋白基因及其应用 | 中国 | ZL200510066115.1 | 2008-01-09 | 360237 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 王锡锋  李 莉  周广和  刘 艳 | 有效 |
| 发明专利 | 一种植物源抗病毒剂，其制备方法和应用 | 中国 | ZL201210312351.7 | 2012-08-29 | 1437465 | 陕西上格之路生物科学有限公司 | 吴云锋 | 有效 |
| 发明专利 | 一种胡萝卜苷化合物作为抗病毒剂的应用 | 中国 | ZL201310463181.7 | 2013-10-08 | 1541694 | 陕西上格之路生物科学有限公司 | 吴云锋  赵 磊 | 有效 |
| 发明专利 | 一种含有胡萝卜苷与谷甾醇的抗病毒组合物及抗病毒应用 | 中国 | ZL201310488412.X | 2013-10-18 | 1660434 | 陕西上格之路生物科学有限公司 | 吴云锋  赵 磊 | 有效 |
| 发明专利 | 一种含云芝多糖的抗病毒剂及其制备方法 | 中国 | ZL201210108919.3 | 2013-10-09 | 1283547 | 西北农林科技大学 | 安德荣  牛小义 | 有效 |
| 实用新型专利 | 一种特定波长诱虫粘板 | 中国 | ZL201020136219.1 | 2010-11-03 | 1579105 | 西北农林科技大学 | 安德荣 | 有效 |

### 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** |
| 吴云锋 | 1 | 教授、博导 | 西北农林科技大学 | 病样采集与鉴定、病原基因组学分析、昆虫传毒机制、抗病资源筛选、品种抗病性鉴定、防治药剂研制 |
| 王锡锋 | 2 | 研究员、博导 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 病原鉴定与品种抗病性鉴定、病原基因组学分析、昆虫传毒机制、抗病资源筛选 |
| 赵 磊 | 3 | 副教授、硕导 | 西北农林科技大学 | 检测方法研发、致病机理研究与防治药剂研制 |
| 郝兴安 | 4 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 病害流行监测与预测模型研发、品种抗病性鉴定与审定 |
| 曹亚萍 | 5 | 研究员 | 山西省农业科学院小麦研究所 | 小麦抗黄矮病杂交育种与抗性鉴定 |
| 史静妮 | 6 | 农艺师 | 陕西省植物保护工作总站 | 绿色防控技术规范制定、田间防治与技术示范、技术培训 |
| 刘 艳 | 7 | 研究员 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 病原鉴定与品种抗病性鉴定 |
| 吴 宽 | 8 | 讲师 | 杨凌职业技术学院 | 防治药剂防治示范、 |
| 安德荣 | 9 | 教授、博导 | 西北农林科技大学 | 品种抗病性鉴定、防治药剂研制 |
| 相建业 | 10 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 小麦育种与抗性鉴定 |
| 乌小瑜 | 11 | 助理工程师 | 陕西上格之路生物科学有限公司 | 抗病毒药物登记 |

### 八、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 | 病害流行监测与预测模型研发、病样采集与鉴定、检测方法研发、病原基因组学分析、昆虫传毒机制、抗病资源筛选、品种抗病性鉴定、防治药剂研制 |
| 中国农业科学院植物保护研究所 | 2 | 病样采集与病原鉴定、检测方法研发、病原基因组学测序与分析、品种抗病性鉴定与昆虫传毒机理等 |
| 陕西省植物保护工作总站 | 3 | 田间病害调查、绿色防控技术规范制定、防控技术应用示范、技术培训 |
| 山西省农业科学院小麦研究所 | 4 | 抗病品种培育、抗病性鉴定与品种审定 |
| 陕西上格之路生物科学有限公司 | 5 | 防治药剂的登记、标准制定、原药生产工艺优化、药剂生产工艺优化与产品检验、田间示范推广 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同知识产权 | 王锡锋/2 | 1999-05-10 | 2019-3-31 | 论文 |
| 2 | 共同知识产权 | 赵 磊/3 | 2010-09-04 | 2019-3-31 | 论文，专利 |
| 3 | 共同知识产权 | 郝兴安/4 | 2005-09-10 | 2019-3-31 | 论文，专利 |
| 4 | 共同研究 | 曹亚萍/5 | 2008-09-10 | 2019-3-31 | 品种 |
| 5 | 共同研究 | 史静妮/6 | 2016-09-10 | 2019-3-31 | 推广应用 |
| 6 | 共同知识产权 | 刘 艳/7 | 2008-09-10 | 2019-3-31 | 论文 |
| 7 | 共同知识产权 | 吴 宽/8 | 2016-09-10 | 2019-3-31 | 论文 |
| 8 | 共同知识产权 | 安德荣/9 | 1999-09-10 | 2019-3-31 | 论文 |
| 9 | 共同研究 | 相建业/10 | 2008-09-10 | 2019-3-31 | 推广应用 |
| 10 | 共同研究 | 乌小瑜/11 | 2011-09-10 | 2019-3-31 | 药物登记 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  王锡锋研究员是共同立项设计和论文合著者。赵磊、郝兴安、安德荣、相建业、吴宽是课题组成员和论文合著者。以上完成人协助完成了小麦黄化矮缩类病害的流行监测、预测模型研发、样品采集与病原鉴定、基因组学分析、病原检测技术开发、致病机理研究、昆虫传毒机理和防治药剂研制等工作，发表了相关论文，获得了授权专利。曹亚萍是共同研究者，采用课题组筛选的抗黄矮病资源，杂交培育获得了抗病优良品种。史静妮与第一完成人合作完成了小麦黄化矮缩类病害的病害调查诊断、绿色防控技术方案的制定、技术培训、示范推广等工作。乌小瑜与第一完成人合作完成了甾烯醇药物的新药登记、标准制定、制剂生产工艺优化与质量检测等工作。 | | | | | |

### 一、项目名称：

油松育种资源选择、测定和高世代遗传改良

### 二、提名者与提名意见

**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**

油松为陕西省最主要造林树种，开展油松良种选育与繁育研究意义重大。

项目组在过去多年工作基础上，历时18年时间，在陕西、山西等油松主要分布区，选择油松优树953株，人工杂交创制杂交种子209 份，选出二代种子园建园材料546株，营建一代、二代种子园645亩，子代测定林955亩，良种示范林700亩。审定（认定）国家林木良种2个。对油松优树选择、种子园营建、子代测定、家系、单株遗传变异，多性状选择、配合选择，高世代种子园营建、种子园结实技术，建园材料遗传多样性分析等多项关键技术开展了深入研究，发表相关论文32篇，培养研究生10人，创新和发展了油松遗传改良、种子园营建与经营管理理论与技术，在陕西油松良种基地建设中得到广泛运用。

以上工作，丰富了陕西油松种子园建园材料遗传基础，扩大了陕西油松良种基地建设规模，提高了种子园产量及遗传品种，促进了初级种子园升级换代与高世代种子园营建，推动了陕西油松良种产业向规模化和高世代育种阶段发展。其育种理论、实践及技术研发、集成对其他针叶树遗传改良及种子园营建也有很好的指导意义。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖 二 等奖。

### 三、项目简介

**1、立项背景**

油松生长快、材质好、抗逆性强，是陕西用材及生态环境建设最主要造林树种，每年人工造林数量约占全省针叶树造林总数量80%以上。开展油松良种选育研究，经济、生态、社会意义重大。

陕西油松遗传改良起始于上世纪70年代初，截止2000年，已选择油松优树737株，建立无性系种子园2079亩，实生种子园321亩，子代测定林870亩。为生产单位提供了部分经过一定程度遗传改良的林木种子。但因良种基地规模小，单位面积产量低，已建种子园多为初级（一代）种子园，遗传改良水平低、增产幅度小，严重制约着陕西油松良种产业向规模化、高产化和高世代育种阶段发展。

针对以上问题，2000年起，我们在国家林业局、陕西省科技厅、林业厅等单位支持下，开展了《油松育种资源选择、测定与高世代遗传改良》研究。

**2、育种技术路线**

油松无性繁殖困难，通过种子繁殖，故油松遗传改良只能通过选育优良建园材料（优树、优良单株）营建种子园生产种子的途径来实现，即种子园途径。因建园材料改良程度不同，会形成不同世代种子园。技术路线如下：

首先在优良种源区优良林分选择优树，通过嫁接或采种育苗，营建初级无性系种子园或实生种子园，生产遗传品质得到一定程度改良的种子；同时用优树或控制授粉实生苗营造子代测定林，对建园优树子代遗传品种进行测定。然后根据子代测定结果，选择遗传品种好的材料（优良家系中的优良单株）营建二代种子园，并通过轮回选择及多世代育种，建立三代及更高世代种子园，不断提高遗传增益，生产遗传品种更好的种子，推广于生产。

**3、主要研究成果**

本项目历时18年时间，取得了以下主要研究成果。

①一代、二代种子园建园材料选择

在陕西、山西、甘肃、内蒙等全国油松主要分布区选择出一代种子园建园材料（优树）953株；在桥山国有林管理局双龙林场、陇县国有八渡林场、洛南县古城国有林场现有优树子代测定林（上世纪70-80年代营建）中，选出二代种子园建园材料546株。

所选优树材积生长量比优势木大30%以上，优良家系树高、胸径和材积的平均遗传增益达12.8%、11.9%和30.9%，优良单株材积遗传增益达40%以上，增产效果显著。

在二代建园材料选择中，开展了主成分遗传分析、遗传距离聚类分析、育种值综合评分法分析、综合指数选择分析共四种选择方法比较研究。结果表明：指数选择方法是评价多性状家系比较理想的方法。

②二代、三代高世代育种材料创制

首次在洛南县古城国有林场一代种子园、陇县国有八渡林场二代种子园开展了油松二代、三代高世代育种材料创制工作。先后人工套袋12788个，开展杂交组合369个，创制高世代育种材料209 份。

③子代林营建

用以上优树和控制授粉子代，营建各类子代测定林955亩，其中优树半同胞子代林755亩，控制授粉全同胞子代林200亩。

为后继选育出二代、三代种子园（从子代测定林中选出）种子园建园材料做好了材料储备，促进了陕西高世代育种工作开展。

④种子园营建

营建各类种子园645亩。其中用优树材料营建一代种子园395亩（无性系种子园195亩、实生种子园200亩），用优良家系优良单株材料营建二代无性系种子园250亩。

扩大了陕西现有种子园面积，推动了陕西油松良种基地建设向规模化、高世代育种阶段发展。

⑤审定国家林木良种1个，认定国家林木良种1个，营造良种示范林700亩。提高了陕西油松在国家层面良种地位，促进了陕西油松良种在全国更大范围推广。

⑥系统开展了种子园各无性系开花结实习性，雄、雌雄花空间分布，人工控制授粉、无性系再选择、截顶、修枝、施肥，激素处理等促进结实技术研究，建立了种子园促进结实技术体系，将种子园种子产量从平均每亩1.5公斤提高到了平均每亩2.0公斤，增产30%以上。

⑦对油松优树选择方法，不同种源、家系种实变异，子代苗期生长变异、稳定性，家系、单株配合选择，优良家系多性状选择方法，高世代种子园营建，不同省区、不同种群和二代种子园建园材料遗传多样性等多项关键技术开展了较深入研究，发表相关论文32篇（被引381次），培养研究生10人，创新和发展了油松遗传改良、种子园营建与经营管理理论与技术，为油松和其他针叶树遗传改良及种子园营建提供了理论与技术指导。

其理论与技术集成在洛南县古城国有林场、周至县国有厚畛子生态实验林场、陇县国有八渡林场、延安市桥山国有林管理局等单位油松良种基地建设中得到了广泛应用，大大提高了以上4个良种基地科技水平及种子园所产种子遗传品质和种子产量，取得了良好经济、生态、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）

2018年2月8日，陕西省林学会组织有关专家对本项研究进行了成果鉴定。

**鉴定意见如下：**

1.提供的资料齐全，符合科技成果评价要求。

2.课题经历18年，在陕西、山西、甘肃和内蒙古等主产区选择油松优树953株，创制杂交新种质209份，分别营造半同胞和全同胞子代测定林755亩和200亩。采用多性状选择和配合选择等方法选出优良家系82个、二代优良亲本546个，为油松长期育种奠定了坚实基础。

3.营建了一代无性系种子园195亩、实生种子园200亩和二代无性系种子园250亩。系统揭示了油松种子园无性系开花结实特性，建立了截顶矮化、施肥和激素处理等种子园丰产结实体系，显著促进了陕西油松良种产业的发展。审（认）定国家林木良种2个。

4.利用分子标记技术，系统揭示了陕西、山西、甘肃和内蒙古4省（区）18个种群，及陕西陇县二代种子园建园材料遗传多样性，为评价油松种质资源提供了科学依据。

评价委员会一致认为，该项研究目标明确，育种程序科学,数据翔实，结论可靠。油松二代育种和种子园丰产技术研究有明显创新性。

**成果达到国际同类研究先进水平。**

建议加强对二代育种亲本的进一步评价。

**研究成果的引用情况**

项目执行期间,共发表论文32篇， 被引381次。

其成果及技术集成在洛南县古城国有林场、周至县国有厚畛子生态实验林场、陇县国有八渡林场、延安市桥山国有林管理局等单位进行了广泛应用。

### 五、应用情况

结合项目实施，在陕西、山西、甘肃、内蒙等油松主要分布区，选择油松优树953株，人工杂交创制杂交种子209 份，选出二代种子园建园材料546株，在洛南县古城国有林场、周至县国有厚畛子生态实验林场、陇县国有八渡林场、延安市桥山国有林管理局等单位良种基地营造油松种子园645亩，子代测定林955亩，良种示范林700亩。

同期，结合项目实施，在以上林场，推广普及了优树选择，子代变异、遗传测定，家系多性状选择、家系、单株配合选择，高世代种子园营建，促进结实等经营管理等多项关键技术，大大提升了以上4个林场油松良种基地建设科技水平及建设质量。借助于本项目科技成果的广泛运用，以上4个良种基地现均成功晋升为国家油松良种基地。

新建645亩种子园，按每年每亩产种2.0公斤，有效产种期为30年，每公斤种子售价300元计， 30年正常生产期可产种子3.87万公斤，产值为1161万元。良种造林后，按每公斤种子育苗可造林30亩，每亩木材增产1.5立方米（增产15%）计，可增加木材产值10.45亿元。

通过促进结实技术推广使用，以上4个林场现有种子园产量由原来亩产1.5公斤提高到了亩产2公斤，增产30%以上。近3年（2018-2020年），生产种子7615公斤，产值228.45万元。

大量良种育苗造林，对增加木材产量，帮助农民脱贫致富，改善生态环境、建设青山绿水美丽中国也有很好经济、生态、社会效益。

### 六、主要知识产权和标准规范目录（限10条，发明奖和进步奖)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产**  **权类别** | **知识产权**  **具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| 林木良种证  (审定) | 洛南古城油松一代种子园种子 | 中国 | 国S-CSO(1)  -PT-003-2015 | 2016  -4-30 | 国S-CSO(1)  -PT-003-2015 | 西北农林科技大学 | 杨培华  谢俊锋  刘永红等 | 有效 |
| 林木良种证  (认定) | 桥山双龙油松种子园种子 | 中国 | 国R-SF-  PT-004-2009 | 2009  -12-30 | 国R-SF-  PT-004-2009 | 西北农林科技大学 | 杨培华等 | 已过5年认定期 |
| 论文 | 油松优良家系及单株配合选择研究 | 中国 | 2006，34（10）：67-71. | 2006 | 西北农林科技大学学报（自然科学版），2006，34（10）：67-71. | 西北农林科技大学 | 杨培华  樊军锋  刘永红等 |  |
| 论文 | 油松开花特性及人工控制授粉关键技术 | 中国 | 2012，（3）：3-5 | 2012 | 林业实用技术，2012，（3）：3-5. | 西北农林科技大学 | 杨培华  樊军锋  刘永红等 |  |
| 论文 | 油松优良家系遗传变异和综合选择研究 | 中国 | 2007，27.（6）：21-25、52 | 2007 | 中南林业科技大学学报，2007，27.（6）：21-25、52 | 西北农林科技大学 | 刘永红  杨培华  韩创举等 |  |
| 论文 | 陕西省油松不同种源和家系苗期性状的遗传变异分析 | 中国 | 2010，38（4）：64-70. | 2010 | 西北农林科技大学学报（自然版）2010，38（4）：64-70. | 西北农林科技大学 | 张 锁  樊军锋  刘永红等 |  |
| 论文 | 油松半同胞家系苗期生长性状遗传分析 | 中国 | 2008，36（5）：124-134. | 2008 | 西北农林科技大学学报（自然科学版），2008，36（5）：124-134. | 西北农林科技大学 | 韩创举  杨培华  刘永红等 |  |
| 论文 | 激素处理促进油松无性系种子园开花效应研究 | 中国 | 2011，（13）：69-72. | 2011 | 北方园艺，2011，（13）：69-72. | 西北农林科技大学 | 杨培华  赵 鹏  樊军锋等 |  |
| 论文 | 陕西地区油松天然群体遗传结构的RAPD分析 | 中国 | 2008，36（12）：1-3. | 2008 | 东北林业大学大学学报，2008，36（12）：1-3. | 西北农林科技大学 | 周飞梅  樊军锋  候万伟等 |  |
| 论文 | 我国油松主要分布区种质资源遗传多样性 | 中国 | 2009，37（12）：3-7，13. | 2009 | 东北林业大学学报2009，37（12）：3-7，13. | 西北农林科技大学 | 王 磊  樊军锋  刘永红等 |  |

### 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** |
| 樊军锋 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 负责项目设计、实施、验收；完成相关研究任务。 |
| 杨培华 | 2 | 高工 | 西北农林科技大学 | 协助项目主持人，完成选优、杂交、育苗、造林、遗传则定等任务。 |
| 刘永红 | 3 | 副研 | 西北农林科技大学 | 协助项目主持人，完成选优、杂交、育苗、造林、遗传则定等任务。 |
| 徐 华 | 4 | 高工 | 陕西省林木种苗  工作站 | 完成山西、内蒙、甘肃等地优树选择工作。 |
| 郭树杰 | 5 | 高工 | 陕西省林木种苗  工作站 | 完成山西、内蒙、甘肃等地优树选择工作。 |
| 谢俊锋 | 6 | 高工 | 洛南县古城国有林场 | 负责洛南县试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |
| 曹旭平 | 7 | 正高工 | 延安市桥山国有林  管理局 | 负责桥山国有林管理局试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |
| 吕小锋 | 8 | 工程师 | 陇县国有八渡林场 | 负责陇县试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |
| 廖绍明 | 9 | 工程师 | 周至县国有厚畛子生态实验林场 | 负责周至县试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |

### 八、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 | 申请项目立项，组织项目实施、负责项目结题验收等。 |
| 洛南县古城国有林场 | 2 | 负责洛南县试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |
| 延安市桥山国有林管理局 | 3 | 负责延安市桥山国有林管理局试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |
| 陇县国有八渡林场 | 4 | 负责陇县试验点工作，完成该点选育、杂交、育苗、造林等任务。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作**  **完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同  立项 | 樊军锋/1、杨培华/2  刘永红/3 | 2000.1 | 2002.12 | 陕西省农业攻关课题：水土保持及用材树适地适树研究和优良品种选育，编号，2000K04-G4，立项验收。 |
| 2 | 共同  立项 | 同上 | 2005.1 | 2007.12 | 陕西省农业攻关课题：油松遗传改良研究，课题编号，2005k01-G14-024，立项验收。 |
| 3 | 立项  协作 | 樊军锋/1、杨培华/2  刘永红/3、徐 华/4  郭树杰/5、谢俊锋/6  吕小锋/8、廖绍明/9 | 2003.1 | 2006.12 | 国家林业局重点项目：油松高世代育种及良种区域化试验，项目编号，2003-023-L23，立项验收。 |
| 4 | 立项  协作 | 同上 | 2006.1 | 2009.12 | 国家林业局推广项目：油松优良种源（家系）推广，项目编号，2006-85，立项验收。 |
| 5 | 立项  协作 | 同上 | 2007.1 | 2011.12 | 林业公益性行业科研专项：油松高世代育种材料的创造、测定及选择研究，项目编号，200704039，立项验收。 |
| 6 | 共同  成果 | 樊军锋/1、杨培华/2  刘永红/3、徐 华/4  郭树杰/5、谢俊锋/6  曹旭平/7、吕小锋/8、  廖绍明/9 | 2013.1 | 2017.12 | “油松育种资源选择、测定和高世代遗传改良”，成果鉴定。 |
| 7 | 共同  成果 | 杨培华/2、谢俊锋/6  刘永红/3 | 2000.1- | 2016.4 | “洛南古城油松一代种子园种子”，通过国审。 |
| **完成人合作关系说明** | | | | | |
| “油松育种资源选择、测定和高世代遗传改良”研究，持续18年时间，先后受到陕西省科学技术厅、国家林业局等单位多个项目资助，参加人数较多，且每人参加时间长短不一，合作关系多样化。。  2018年2月，成果鉴定时，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（18人）及排序（参见附件：主要研究人员名单）。  18位参加人中，樊军锋、杨培华、刘永红、徐 华、郭树杰、谢俊锋、曹旭平、吕小锋、廖绍明等前9位为最主要完成人员。其中樊军锋为项目主持人，其余8人均为项目参加人。  9人主要分工、合作关系如下:  樊军锋，全面负责项目立项、实施、验收。  杨培华、刘永红2人，协助主持人，完成选优、采种、杂交、育苗、种子园、子代林、示范林营建等具体工作实施。  徐华、郭树杰2人，负责完成山西、内蒙、甘肃优树选择、采种，并协调项目有关造林任务落实。  谢俊锋、曹旭平、吕小锋、廖绍明4人，分别负责洛南县古城国有林场、延安市桥山国有林管理局、陇县国有八渡林场、周至县国有厚畛子生态实验林场本单位优树选择、杂交、育苗、种子园、子代林、示范林营建等任务实施、完成。 | | | | | |

### 一、项目名称

鲜食葡萄品质调控关键技术研究与应用

### 二、提名者及提名意见

**1. 提名者**

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**2. 提名意见**

鲜食葡萄营养丰富，具有健脾补肾，补元养气，生津解渴等功效，在心血管疾病预防中有重要作用，具有重要的药用价值。白藜芦醇和原花青素是鲜食葡萄的重要营养成分。原花青素具有极强的抗氧化性；白藜芦醇具有的抗癌与抗氧化等作用，在保健功效中占有一席之地，这两种保健指标给葡萄带来了其他水果所不能比拟的健康药用价值，深受消费者喜爱。该成果提出了叶面喷施硒肥改善葡萄营养和保健品质的叶面施硒模式；研发了葡萄分时段精准控水关键技术；提出了葡萄健康栽培理念，总结出葡萄健康栽培技术；建立了一套适合中高端市场需求的标准化、数据化葡萄果穗管理技术；确定了主栽品种适宜叶果比及配套的枝叶修剪方法；筛选并推广非激素植物生长调节物质的前促后控葡萄生长发育技术。该成果在本学科权威学术刊物发表，代表性论文被国内外同行广泛引用，得到包括意大利Beatrice Pezzarossa教授、葡萄与葡萄酒专家亓桂梅研究员、徐海英研究员、伊朗园艺专家Seyed Morteza Zahedi教授、美国Tiziana Centofanti等著名专家肯定和引用，充分体现了该成果的科学价值及对推动科学技术发展所起到的重要作用，为我国乡村振兴战略实施和促进葡萄特色产业发展提供了理论依据和技术指导。关键技术得到广泛应用，累计应用面积达73.46万亩，产生了显著的社会经济效益。

提名该项目参评陕西省科技进步二等奖。

### 三、项目简介

**1. 项目背景**

依托国家科技支撑计划课题“城郊环保型高效农业关键技术研究与示范”中子课题“西安城郊经济林优质高效生产关键技术研究与示范”（2014BAD14B06，2014年1月-2017年12月）、杨凌示范区科技计划项目“鲜食葡萄提质增效应用技术研究与示范”（2018NY-14，2018年7月-2020年6月）和中国科学院水利部水土保持研究所创新专项“葡萄成熟期调节技术及品质效应”（2016年10月-2019年10月）。

**2. 主要成果**

鲜食葡萄营养丰富，具有健脾补肾，补元养气，生津解渴等功效，在心血管疾病预防中有重要作用，具有重要的药用价值。白藜芦醇和原花青素是鲜食葡萄的重要营养成分。原花青素具有极强的抗氧化性；白藜芦醇具有的抗癌与抗氧化等作用，在保健功效中占有一席之地，这两种保健指标给葡萄带来了其他水果所不能比拟的健康药用价值，深受消费者喜爱。本成果在探究鲜食葡萄果实品质调控机理基础上，揭示了葡萄生物活性物质和品质对调亏灌溉与栽培环境的响应以及不同葡萄品种果实品质对外源硒肥的响应机理，研发了鲜食葡萄提质增效的主要技术途径，形成了葡萄果实品质调控关键技术。

**（1）揭示了葡萄品质对调亏灌溉响应机制，提出了分时段精准控水灌溉技术**

依据多年田间试验，集成了冷棚和遮雨棚两种栽培微环境下鲜食葡萄分时段精准控水灌溉技术。指出调亏灌溉可以促进葡萄生物活性物质的累积和抗氧化活性的提高，改善营养品质，但其促进效果与栽培环境有关。冷棚葡萄始熟—完全成熟期、遮雨棚葡萄转色—始熟期为提高生物活性物质的最佳土壤水分亏缺时期，该时期进行调亏灌溉可提高葡萄果实原花青素、白藜芦醇、花色苷和总酚含量，能更有效提高葡萄果实保健品质、改善营养品质、提升节水稳产过程。

**（2）确立了控水调节葡萄生物活性物质代谢技术**

从苯丙氨酸代谢机理角度，揭示了葡萄生长发育过程中调亏灌溉对生物活性物质代谢的影响机理，确立了控水调节葡萄生物活性物质代谢技术。该技术认为冷棚葡萄始熟—完全成熟期、遮雨棚葡萄转色—始熟期为提高相关酶活性和代谢底物的较佳调亏灌溉时期，该时期进行调亏灌溉可提高葡萄果实中苯丙氨酸解氨酶、4-香豆酰-CoA连接酶活性和 L-苯丙氨酸含量，增强葡萄的抗氧化活性，从而提升了葡萄的保健品质。

**（3）提出了富硒葡萄生产技术**

在明确葡萄品种果实品质对外源硒肥的响应机理基础上，提出了涵盖有机硒肥添加适宜浓度、喷施次数、栽培微环境及适宜品种等技术指标，以增加硒为核心改善葡萄果实品质的叶面施硒生产技术。该技术确立了生产优质富硒葡萄的有机Se肥的使用类型、喷施时间、喷施方法。指出欧美杂交种葡萄相比欧亚种葡萄更适合用于优质富硒葡萄的生产；设施条件下喷施硒肥是优质富硒葡萄生产的较佳种植模式。

（4）**研发出外源硒肥调控糖代谢关键技术**

明确了喷施硒肥后高的糖分积累主要源于果实高的酸性转化酶活性、叶片高的光合速率及植株抗逆性的增强，进而确立了葡萄生长发育过程中外源硒肥调控糖积累代谢的关键技术。该技术提出了果实幼果期至膨大期精准控制硒肥，可以有效改善葡萄果实及叶片的糖代谢过程，促进糖积累，增加硒含量，提升果实营养品质。

**（5）建立了一套葡萄健康栽培果穗管理及枝叶修剪技术**

为进一步减少葡萄栽培时养分浪费，提升坐果率，减少疏果工作量，抵抗病虫害，控制葡萄商品价值，建立了一套以疏穗、疏花、疏果时间与准则、办法，枝叶/果比与合理负载为核心的标准化、数据化葡萄果穗管理和枝叶修剪技术。

**（6）集成了非激素物质调控葡萄植株生长发育关键技术**

该技术的关键核心在于秋季增施腐熟有机肥，春季使用腐殖酸类肥料，生长阶段叶面喷施微肥类植物生长刺激素，秋季喷施商品叶面肥。该技术进一步减少对环境和植株的不良影响，改善土壤质量，提升植物调节物质的利用效率。

### 四、客观评价

**1. 项目科技成果验收意见**

（1）《西部城郊生态涵养高效农业模式研究与示范》（2014BAD14B06）课题通过中国科学院科技促进发展局组织的验收。验收专家组认为：课题从农业设施结构、节水节肥、新型农艺等方面开展了相关关键技术研究与示范。形成了以葡萄优质栽培为核心技术的西安城郊生态涵养综合农业高效生产模式，研究成果具有创新性，经济、社会生态效益显著。（2）《鲜食葡萄提质增效应用技术研究与示范》（2018NY-14）项目通过了杨凌示范区科技创新和转化推广局组织的验收工作。验收专家认为：项目通过对葡萄产业现状的分析，创新性提出并闸述了葡萄健康栽培的理念，总结出相应的葡萄健康栽培的技术措施；建立了一套适合中高端市场需求的标准化、数据化葡萄果穗管理技术。确定了主栽葡萄品种适宜的枝叶修剪整形方法。筛选并推广非激素植物生长调节物质的前促后控技术体系。（3）《葡萄成熟期调节技术及品质效应》通过了中国科学院水利部水土保持研究所组织的验收。专家组认为：课题从葡萄枝条夏季修剪强度及留果量方面开展了相关研究；研发了设施条件下葡萄果实成熟期调节的关键技术：通过生长季修剪以及留果量控制调节成熟和收获期，实现设施栽培葡萄经济效益的提高。

**2. 国内外对本项目研究成果的引用情况**

该结果在国内外权威性学术刊物发表，主要8篇代表性论文被他引78次，其中一篇关于富硒葡萄品质调控论文单篇他引47次，受到同行专家肯定。

**在喷施硒肥对不同来源品种葡萄果实品质影响方面**，获得以下学者肯定：

①伊朗农业学院园艺专家 Seyed Morteza Zahedi 教授的积极肯定（见收录引证报告第4页第17条），其在《Environmental Pollution》上的论文引用了“叶面喷施低浓度的硒肥可增加葡萄果实内的硒含量，促进生长，提高产量”。②意大利佩鲁贾大学农业、食品和环境科学系 Paolo Benincasa 教授的积极肯定（见收录引证报告第3页第14条），其在《Journal of Agricultural and Food Chemistry》上的论文引用“施用硒肥不仅可以提高葡萄的硒含量和营养品质，且可以减少重金属Pb、Cr、Cd、As、Ni 的积累”。该结论也得到了华中农大微量元素研究中心主任胡承孝教授的积极肯定，其在《Metallomics》上的中也有所体现（见收录引证报告第5页第21条）。另外，意大利生态系统研究所Beatrice Pezzarossa 研究员在《Molecules》上的“Selenium enrichment of horticultural crops” （见收录引证报告第6页第30条），认为很少有研究对果树进行硒肥处理，并且硒肥的添加可提高果实和叶片中硒的浓度。西北农林科技大学梁东丽教授在《Environmental Science and Pollution Research》上的论文积极肯定（见收录引证报告第4页第15条），指出叶面喷施适宜浓度的硒肥可显著改善鲜食葡萄果实的硒含量。该结论在四川农业大学朱建清教授发表在《Journal of the Science of Food and Agriculture》上的论文（见收录引证报告第5页第20条）中也有所体现。③华中农大刘新伟博士的多次肯定，其在《Field Crops Research》、《Journal of the Science of Food and Agriculture》、《Journal of Plant Nutrition and Soil Science》及《Journal of the Science of Food and Agriculture》上（见收录引证报告第6页第29条、第5页第25条、第4页第19条和第5页第25条）的论文指出叶面喷施硒肥显著提高了鲜食葡萄果实内的硒含量；增加了葡萄果实内原花青素含量，喷施硒肥通过增加可溶性糖、维生素C、可溶性蛋白质和可溶性固形物，降低有机酸的浓度，改善了鲜食葡萄果实品质。④中国农学会葡萄分会常务理事长徐海英研究员其在《International Journal of Molecular Sciences》上的论文（见收录印证报告第6页第28条）积极肯定了该成果。

**在硒肥对果实糖代谢及相关酶活性的影响方面**，获得以下学者肯定：

①暨南大学杨宇峰研究员的积极肯定，其在《Algal Research》上（见收录引证报告第10页第10条）的论文认为叶面硒肥对提高鲜食葡萄叶片的光合供氧有显著作用。②生物学教授何福林的肯定，其在《International Journal of Biological Sciences》的论文（见收录引证报告第9页第9条）。西北农林科技大学葡萄与葡萄酒专家李华教授的积极肯定，其在《食品工业科技》（见收录引证报告第10页第2条）文中指出，喷施硒肥可显著提高浆果内的糖含量，影响糖代谢；四川农业大学园艺专家王智慧其在《Scientific Reports》的论文（见收录引证报告第9页第7条）中认为成熟果实中糖含量与代谢酶活性存在相关性，蔗糖代谢酶在糖代谢中起着重要作用，尤其是 SPS 在蔗糖生物合成中起重要作用。③山东省葡萄研究院亓桂梅研究员的肯定，其在《中国果树》的（见收录引证报告第10页第6条）论文中指出叶面喷施硒可提高葡萄果实糖的浓度，增加酸性转化酶活性，影响糖代谢，降低有机酸含量，提升葡萄果实的风味。

**在调亏灌溉对葡萄生物活性物质和相关酶活性的影响**，获得以下学者肯定：

①美国Tiziana Centofanti、Gary S. Banuelos 等国外同行的肯定，在《Journal of the Science of Food and Agriculture》发表的论文（见收录引证报告第11页第1条）中指出保证葡萄生理需求的前提下，适当控水可以提高葡萄果实可溶性糖、可溶性固形物；另外，调亏灌溉也能够增加葡萄果实可溶性固形物、总糖、维生素、花色苷和总酚含量。

### 五、应用情况

**1. 应用范围**

本项目成果先后在西安市鄠邑区、长安区、高陵区、灞桥区、临潼区、渭南市合阳县、临渭区、蒲城县、大荔县、华阴市、咸阳市杨陵区应用推广以“设施栽培技术”、“葡萄分时段精准控水控肥技术”、“富硒葡萄生产技术”、“主栽葡萄品种枝叶修剪整形技术”、 “数据化葡萄果穗管理技术”、“非激素物质调控葡萄植株生长发育关键技术”、“有机鲜食葡萄生产技术”集成的鲜食葡萄品质调控关键技术。

**2. 推广措施**

①以西北农林科技大学葡萄试验站为平台，建立推广协作平台和专家服务站，构建了产业研发与科技推广斜接的研发团队，成立了以推广区域果业相关部门技术骨干和农民技术骨干为成员的推广协助服务团，形成了多维一体化的推广模式。

②建立项目实施标准示范园6处，成为有关葡萄提质增效关键技术新技术展示、示范应用、现场观摩的场所，进一步辐射带动企业、专业合作社、种植户。

③开展技术培训、田间观摩、现场指导、网络服务、田间沙龙、公众号推送，扩大技术转化效果。累积组织各种技术培训46次，培训农民2310人次，培养技术骨干14名，组织田间观摩20余次，印发技术资料6000余册，公众号推送系列技术300条次，进一步扩大了项目关键技术的影响力，加速了成果的转化过程。

**3. 应用前景**

本研究成果正是基于制约葡萄产业健康发展的问题进行系统深入研究，以果实品质调控提升为目标，实施"控产提质增效"，促进葡萄特色产业转型升级及健康可持续发展，形成了成套葡萄果实品质调控关键技术，主要研究结果在国内外本学科权威性学术刊物广泛传播，实用技术在示范园区和种植农户当中大面积推广，产生了显著的社会、经济效益。由于该成果是基于农业高质量发展需求以及消费者对优质农产品的渴望而进行的系统研究所取得，因此，该成果对于农业、农村、农民经济发展和乡村振兴战略的实施具有重要意义和作用，在葡萄品质的提升和优质高效生产方面有广阔的应用前景。

**4. 应用单位情况**

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 | 杨陵区农业农村局 | 鲜食葡萄品质调控关键技术 | 种植户  0.46万亩 | 2016-2018 | 徐维利  029-87012326 |
| 2 | 西安市农业技术推广中心 | 鲜食葡萄品质调控关键技术 | 种植户  28万亩 | 2016-2018 | 李 俊  029-81544604 |
| 3 | 渭南市果业发展中心 | 鲜食葡萄品质调控关键技术 | 种植户  45万亩 | 2016-2018 | 苏新会  0913-2930596 |

**5. 获得效益**

葡萄品质调控关键技术成果通过论文传递、微信直播、技术培训、现场指导、网络服务、田间沙龙等途径广泛交流与传播，实用技术得到广泛应用。2016年—2018年间，组织技术培训46次，培训农民2310人次，培养技术骨干14名，组织田间观摩20余次，印发技术资料6000余册，公众号推送系列技术300条次，累计推广应用本成果中关键技术达73.46万亩，共计新增销售额283280万元，共计新增利润262370万元。

本项目集成技术的推广实施，有效提升了鲜食葡萄适应性，拓展了种植区域，促进了葡萄规模种植、集约化经营，降低了种植成本，增强了农民抵御风险的能力，提高了种植效益；同时，成规模的鲜食葡萄种植产业的形成, 可以充分挖掘区域的资源潜力，有效改善区域的生产生活条件和生态环境，带动的整个产业链，促进了区域经济社会整体快速发展。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录(不超过10件)

| **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 | 叶面喷施硒肥对3个葡萄品种果实产量、品质和硒含量的影响 | 中国 | DOI：10.13287/j.1001-9332.202003.007 | 2020.01.20 | 应用生态学报 | 西北农林科技大学 | 印宁 穆兰; 梁银丽; 郝旺林; 尹鸿飞; 朱帅蒙; 安小娟 |
| 2 | 著作 | 葡萄栽培技术教程 | 中国 | ISBN978-7-5683-0017-9 | 2015.05.01 | 西北农林科技大学出版社 | 西北农林科技大学 | 张宗勤 |
| 3 | 论文 | Spraying foliar selenium fertilizer on quality of table grape (Vitis vinifera L.) from different source varieties | 中国 | DOI: 10.1016/j.scienta.2017.02.02 | 2017.04.14 | SCIENTIA HORTICULTURAE | 中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学 | Zhu, SM  (朱帅蒙); Liang, YL  (梁银丽); Gao, DK  (高德凯); An, XJ  (安小娟); Kong, FC  (孔繁超) |
| 4 | 论文 | Changes in sugar content and related enzyme activities in Table Grape (Vitis vinifera L.) in response to foliar selenium fertilizer | 中国 | DOI: 10.1002/jsfa.8276 | 2017.09.01 | JOURNAL OF THE SCIENCE OF FOOD AND AGRICULTURE | 中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学 | Zhu, SM  (朱帅蒙); Liang, YL  (梁银丽); An, XJ  (安小娟); Kong, FC  (孔繁超）; Gao, DK  (高德凯); Yin, HF  (尹鸿飞) |
| 5 | 论文 | Response of Health-promoting Bioactive Compounds and Related Enzyme Activities of Table Grape (*Vitis vinifera* L.) to Deficit Irrigation in Greenhouse | 中国 | DOI: 10.1080/14620316.2017.1421486 | 2018.01.11 | JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCE & BIOTECHNOLOGY | 西北农林科技大学 | An, XJ  (安小娟); Liang, YL  (梁银丽); Gao, DK  (高德凯); Zhu, SM  (朱帅蒙); Kong, FC  (孔繁超) |
| 6 | 论文 | Response of fruit quality of table grape *(Vitis vinifera L.*) to foliar selenium fertilizer | 中国 | DOI: 10.17660/eJHS.2019/84.6.2 | 2019.12.08 | EUROPEAN JOURNAL OF HORTICULTURAL SCIENCE | 中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学 | Zhu, SM  (朱帅蒙); Liang, YL  (梁银丽); An, XJ  (安小娟); Kong, FC  (孔繁超); Yin, HF  (尹鸿飞) |
| 7 | 论文 | Study of soil respiration and fruit quality of table grape (Vitis vinifera L.) in response to different soil water content in a greenhouse | 中国 | DOI: 10.1080/00103624.2018.1538369 | 2018.10.29 | COMMUNICATIONS IN SOIL SCIENCE AND PLANT ANALYSIS | 中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学 | Zhu, SM  (朱帅蒙); Liang, YL  (梁银丽); Gao, DK  (高德凯) |
| 8 | 论文 | 1-Methylcyclopropene on Fruit Quality of Se-Enriched Grape (Vitis vinifera L.) during Shelf Life Period | 中国 | DOI: 10.3390/agronomy10091411 | 2020.09.17 | AGRONOMY | 中国科学院水利部水土保持研究所、西北农林科技大学 | Zhu, SM  (朱帅蒙); Liang, YL  (梁银丽); Mu, L  (穆兰);  An, XJ  (安小娟); Yin, HF  (尹鸿飞) |
| 9 | 论文 | 葡萄健康栽培及实用技术 | 中国 | DOI：10.13414/j.cnki.zwpp.2018.04.022 | 2018.07.15 | 中外葡萄与葡萄酒 | 西北农林科技大学 | 张宗勤; 李满良; 唐爱东;宋有来; 雷文英 |
| 10 | 标准 | 有机鲜食葡萄生产技术规程 | 中国 | DB6169/T126-2018 | 2018.03.15 | DB6169/T126-2018 | 西北农林科技大学、杨凌教稼现代农业技术 | 米宏彬、张宗勤、陈建增、孙永、  张世泽、颜廷婷、张莹、  王炳琳 |

### 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** |
| 梁银丽 | 1 | 正高 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 总体设计、关键技术1/2/3/4/5 |
| 张宗勤 | 2 | 副高 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 负责设计及技术研发推广、关键技术3/4/5/6 |
| 穆 兰 | 3 | 副高 | 陕西师范大学/中国科学院水利部水土保持研究所 | 设计与技术研究、关键技术3/4/5/6 |
| 郝旺林 | 4 | 中级 | 吕梁学院/中国科学院水利部水土保持研究所 | 品质调控、技术推广、关键技术1//3/4/5 |
| 朱帅蒙 | 5 | 中级 | 河南理工大学/中国科学院水利部水土保持研究所 | 硒肥调控研究、关键技术1/2/3/4 |
| 安小娟 | 6 | 副高 | 天水师范学院/西北农林科技大学 | 水分调控研究、关键技术1/2/3/4 |
| 印 宁 | 7 | 其他 | 西北农林科技大学/西北农林科技大学 | 硒肥调控研究、关键技术3/4 |
| 尹鸿飞 | 8 | 初级 | 吕梁学院/西北农林科技大学 | 修剪调控研究、关键技术3/4 |
| 高德凯 | 9 | 初级 | 榆林市生态环境局/西北农林科技大学 | 水分调控研究、关键技术2/4 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 作为项目主持单位，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，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。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 2 | 作为项目参与单位，给予该项目必要的人力、物力支持和必备的支撑条件，为本项目的顺利开展做出了重要贡献。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| **1** | 合作立项 | 梁银丽/1 | 2014.01 | 2020.09 | 报告、技术研发与推广、论文1/3/4/5/6/7/8 |
| **2** | 合作立项 | 张宗勤/2 | 2014.01 | 2020.09 | 报告、技术研发与推广、论文9、专著2、标准10 |
| **3** | 合作立项 | 穆 兰/3 | 2014.01 | 2020.09 | 报告、技术研发与推广、论文1/8 |
| **4** | 合作试验 | 郝旺林/4 | 2014.01 | 2020.09 | 报告、技术研发与推广、论文1 |
| **5** | 合作论文 | 朱帅蒙/5 | 2015.07 | 2020.09 | 报告、论文1/3/4/5/6/7/8 |
| **6** | 合作论文 | 安小娟/6 | 2015.07 | 2020.09 | 报告、论文1/3/4/5/6/8 |
| **7** | 合作论文 | 印 宁/7 | 2018.07 | 2020.09 | 报告、论文1 |
| **8** | 合作试验 | 尹鸿飞/8 | 2017.07 | 2020.07 | 论文1/4/6/8 |
| **9** | 合作试验 | 高德凯/9 | 2015.07 | 2018.07 | 论文3/5/7 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  第一完成人梁银丽，总体负责研究课题设计，论证，任务落实、计划制定，研究总结报告撰写等成果形成全过程，协调研究组人员团结协作、出色完成各项研究、技术研发和推广任务。指导博士、硕士研究生系统深入进行相关研究，并且撰写学术论文。项目执行期间，投入工作量占本人工作量的80%以上。第二完成人张宗勤，全程参与该课题设计、论证、立项、计划任务制定、方案设计、样地选取、研究开展以及各项实用技术研发和推广任务的落实。项目执行期间，投入工作量占本人工作量的80%以上。第三完成人穆兰，全程参与该课题立项、计划任务制定、方案设计、样地选取、各项指标的测定、数据分析、论文和年度报告的撰写，并完成关键技术的研发和推广任务。项目执行期间，投入工作量占本人工作量的50%以上。第四完成人郝旺林，参与该课题计划任务制定、方案设计、样地选取、各项指标的测定、数据分析和项目年度报告的撰写，并完成关键技术的研发和推广任务。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的50%以上。第五完成人朱帅蒙，参与项目实施过程，负责硒肥试验研究，参与年度研究报告撰写，完成关键技术的研发。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的50%以上。第六完成人安小娟，负责调亏灌溉试验研究，参与年度研究报告撰写，完成关键技术的研发。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的50%以上。第七完成人印宁，参与项目叶面喷硒肥试验研究、各项指标的测定、数据分析和论文撰写。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的90%以上。第八参与人尹鸿飞，负责葡萄修剪调控品质试验研究、论文撰写。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的70%以上。第九参与人高德凯，负责控水与微环境调控葡萄品质试验研究、论文撰写。项目执行期间，投入的工作量占本人工作量的60%以上。 | | | | | |

### 一、项目名称：

饲料添加剂新型微丸载体生产关健技术研发与推广

### 二、提名者及提名意见：

**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**：饲料添加剂产业是饲料工业的重要支柱。“禁抗”大背景下，我国饲料添加剂产业规模迅猛扩大，但是，绝大部分创新资源被投入于活性物质开发，而对载体的研究极度缺乏。近年来，载体分级变质、霉菌毒素污染、重金属超标等问题频发，不仅危及动物健康和生物安全，又严重限制饲料添加剂产业的可持续发展。为攻关绿色安全饲料添加剂载体生产技术瓶颈，西北农林科技大学动物营养与健康养殖科技创新团队与陕西瑞之源农牧科技有限公司、内蒙古溢多利生物科技有限公司和中牧实业股份有限公司组建了研发与推广团队。在陕西省饲料产业技术创新战略联盟（2012KTLM-11）、咸阳市重大科技计划（2017K01-32）和三原县重大科技计划（2018KJG-04）等项目的资助下，该项目组研发集成了原料复配、原浆搅拌、空心造粒等新型微丸载体生产核心科技创新点，填补了国内该领域的空白。该项目组以专利、标准、论文、学术研讨会、成果推广会、技术培训会等多种形式与行业深刻互动，在大范围示范推广中取得良好成绩。鉴于该项目所创造的较高学术价值和良好经济社会效益。

### 提名该项目为陕西省科技进步奖二等及以上。

三、项目简介：

此前，国内外饲料添加剂行业长期使用的传统载体具有如下缺陷：有机载体，以农产品加工副产物为主，如小麦麸、稻壳粉、玉米芯等，在储运、使用过程中产品质量极不稳定，水分高、易霉变，微生物及霉菌毒素污染严重，导致的产品质量与安全问题日益严峻；无机载体，以地产矿物产品为主，如石粉、膨润土等，在使用过程中，容重差异大、色泽混杂，导致产品混合不均匀、分级严重，且重金属超标频发，影响动物生长健康，危害食品安全。

为了寻求上述问题的解决方案，自2012年起，项目组潜心研究，通过原料复配、原浆搅拌、空心造粒等方面的技术攻关，创造性地集成了饲料添加剂新型微丸载体生产技术体系，科技创新主要体现在以下3个方面：

**（1）建立了饲料添加剂载体用原料数据库，提出了原料复配理念。**系统筛选了饲料添加剂载体生产的有机及无机原料，全面分析了其理化特征及生物学活性，建立了专门的载体用原料数据库。在此基础上，提出了原料复配理念，根据被载物质的pH、颜色、容重、吸附性、流散性、粒径等特征，结合被载物质生物学活性的影响因素及变化规律，实现了饲料添加剂载体配方的靶向精准设计。

**（2）创新了饲料添加剂载体用原料原浆制备技术，突破了复配原料匀化瓶颈难题**。针对复配原料的组合特性，实现了三个方面的技术创新：第一，原浆特异性粘合剂的设计及应用优化；第二，原浆水分调制及在线控制关键技术；第三，原浆搅拌工艺流程及关键参数体系。与此同时，研制出了一种饲料添加剂原浆搅拌新型装置，可实现对复配原料的高效匀化。

**（3）开发了饲料添加剂载体原浆喷雾造粒技术，填补了微丸载体生产技术空白**。创制出了成套的空心颗粒载体加工装置，采用干法旋转造粒、400℃变频闪蒸干燥、颗粒硬度实时测定等技术，在节能降耗、成品率等方面取得核心技术突破，首次实现了饲料添加剂新型微丸载体的工业化、全自动制备，并应用于研发各类绿色饲粮添加剂新产品。

项目组研制出的新型微丸载体，可有效解决传统载体流动性差、混合不均匀、质量不稳定、微生物及霉菌毒素污染、重金属超标等一系列问题，对于实现养殖健康和食品安全等具有重要意义。

### 四、客观评价：

**（1）项目验收意见**

2019年05月17日，有关专家对咸阳市重大科技计划项目“畜禽绿色饲料添加剂微丸载体研究与开发”（2017K01-32）进行验收。该项目：根据被载物质的容重、粒径、ph值，从农业部《饲料原料目录》选用无机矿物质前置设计，将饲料级麦饭石、轻质碳酸钙、膨润土、二氧化硅等无机材料加工成复合微丸载体，具有低水分（≤1.0%）、容重适中（0.7g/cm3）等特点，避免了饲料中有害微生物的污染和霉菌毒素、重金属对饲料产品的影响，提高了食品安全性。项目社会效益、生态效益作用明显，填补了国内该领域的空白。

2020年08月07日，有关专家对三原县重大科技计划项目“环境友好型饲料添加剂载体的研究与应用”（2018KJG-04）进行验收。该项目：通过理念、工艺、技术、产品和团队5个创新点，首次实现了饲料行业复合载体产品的工业化生产。产品主要用于维生素、酶制剂、调味剂、药物预混剂等添加剂预混料及国内外大型饲料企业、畜禽养殖产业。按2019全国年产饲料2.1亿吨计，其中添加剂预混料691万吨，按40%添加，年需用载体总量为276.4万吨，按每吨2100元计，市场潜能为58.04亿元，潜力巨大，前景广阔。对绿色饲料产品生产、环境保护、社会安置劳动力和市场开发等都具有重要的现实意义。

**（2）科技查新结论**

2018年07月03日，教育部科技查新工作站（Z08）对“饲料添加剂用新型微丸载体的研发与应用”进行了科技查新，查新点为“饲料用空心复合颗粒载体（石粉、麦饭石、膨润土、高岭土为主要原料，水、色素和粘合剂为辅助原料）生产系统及工艺研究”。查新结论为（报告编号：201836000 Z08X273）：“国内外未见与本课题查新点内容相同的文献报道”。

**（3）新产品鉴定结论**

2020年4月20日，有关专家对“新型饲料-复合微丸载体”进行了新产品鉴定，结论认为该产品：解决了传统产品流动性差、混合不均匀、微生物及霉菌毒素污染等问题，实现了复合饲料载体工业化生产，提升了饲料产品安全性能。该产品设计理念和工艺流程具有明显的创新性，技术工艺国内领先。

### 五、应用情况：

本项目研究成果及相关产品在省内外55家企业推广应用，产品覆盖30个省市，出口14个国家（地区）。据不完全统计，截止2020年，累积创造直接社会经济效益22.45亿元，近三年新增直接社会经济效益7.64亿元，出口创汇1.25亿元。与此同时，研发成果的推广应用有效降低了饲料产品霉菌毒素污染和重金属残留污染，创造了较高的环保价值。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录

| **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 | 制造兽药马杜霉素铵、伊维菌素或地克珠利预混剂的新工艺 | 中国 | ZL03121399.5 | 2008年12月03日 | 447957 | 中牧实业股份有限公司 | 朱高群  周 镇  赵晓萌 |
| 2 | 实用新型专利 | 一种饲料用空心复合颗粒载体生产系统 | 中国 | ZL201720300131.0 | 2017年12月15日 | 6725128 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王辉华  王顺明  房建斌  赵 民 |
| 3 | 实用新型专利 | 饲料用空心复合颗粒载体加工装置 | 中国 | ZL201720300132.5 | 2017年11月17日 | 6623895 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王辉华  房建斌  王顺明  康银杰 |
| 4 | 实用新型专利 | 饲料添加剂原浆搅拌装置 | 中国 | ZL201720306391.9 | 2017年11月24日 | 6642287 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王辉华  房建斌  王顺明  韩庆寿 |
| 5 | 实用新型专利 | 饲料添加剂空心颗粒喷枪 | 中国 | ZL201720300133.X | 2017年11月17日 | 6623894 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王辉华  王顺明  房建斌  康银杰 |
| 6 | 实用新型专利 | 一种饲料用复合颗粒载体硬度测定装置 | 中国 | ZL201720293760.5 | 2017年10月24日 | 6558082 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王辉华  韩庆寿  王顺明 |
| 7 | 标准 | 饲料原膨润土（微丸油菜黄、微丸大豆黄） | 中国 | Q/SRZY 016-2018 | 2018年05月08日 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 王顺明  韩庆寿 |
| 8 | 标准 | 混合型饲料添加剂复合酶制剂 | 中国 | Q/NYDL 05-2019 | 2019年12月05日 | 内蒙古溢多利生物科技有限公司 | 内蒙古溢多利生物科技有限公司 | 颜学锋  高 宇  王 芳 |
| 9 | 论文 | Supplemental nicotinamide dose-dependently regulates body phosphorus excretion via altering type II sodium-phosphate co-transporter expressions in laying hens | 中国 | doi.org/10.1093/jn/nxaa148 | 2020年05月29日 | Journal of Nutrition | 西北农林科技大学、陕西省纳米维生素工程研究中心、康奈尔大学 | 任周正  颜家坤  潘 冲  刘艳利  温灏宇  杨 欣  黄新活  雷新根  杨小军 |
| 10 | 论文 | The adaptability of Hy-Line Brown laying hens to low-phosphorus diets supplemented with phytase | 中国 | doi.org/10.1016/j.psj.2020.03.033 | 2020年04月15日 | Poultry Science | 西北农林科技大学 | 任周正  孙文强  程 曦  刘艳利  韩 迪  颜家坤  潘 冲  段玉兰  杨小军 |

### 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** |
| 任周正 | 1 | 无 / 副教授 | 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均作了创造性和重大贡献 |
| 刘艳利 | 2 | 无 / 副教授 | 西北农林科技大学 | 负责项目的组织实施、生产示范和推广任务等；在主要科技创新点的第1作了重要贡献，在创新点2、3作了部分贡献 |
| 王辉华 | 3 | 董事长/ 无 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 负责项目部分技术研发及成果推广与示范；在主要科技创新点的第2作了重要贡献，在创新点1、3作了部分贡献 |
| 韩庆寿 | 4 | 技术经理 /无 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 负责项目方案的实施和总结；在主要科技创新点的第3作了重要贡献 |
| 颜学锋 | 5 | 总经理/国家清洁生产审核师 | 内蒙古溢多利生物科技有限公司 | 负责项目部分技术研发及成果推广与示范；在主要科技创新点的第2、3作了部分贡献 |
| 朱高群 | 6 | 副总经理/兽医师 | 中牧实业股份有限公司 | 负责项目部分技术研发及成果推广与示范；在主要科技创新点的第1、3作了部分贡献 |
| 李志前 | 7 | 总经理 /无 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 负责项目部分技术成果推广与示范；在主要科技创新点的第2作了部分贡献 |
| 李 宏 | 8 | 无/高级畜牧师 | 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 负责项目部分方案的实施和成果总结；在主要科技创新点的第2、3作了部分贡献 |
| 杨小军 | 9 | 副院长/ 教授 | 西北农林科技大学 | 负责项目部分方案的实施；在主要科技创新的第1、2作了部分贡献 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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；研究出饲料添加剂新型微丸载体生产关健技术，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 |
| 陕西瑞之源农牧科技有限公司 | 2 | 集成项目理论和技术成果，研发相关微丸载体产品和配套技术，并将项目成果、研发产品大力推广应用 |
| 内蒙古溢多利生物科技有限公司 | 3 | 组织和参与实施与本项目相关的部分科研项目，并将项目成果和研发产品大力推广应用 |
| 中牧实业股份有限公司 | 4 | 应用项目组部分理论和技术成果研制相关饲料添加剂产品，并将技术成果和研制的产品大力推广应用 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 论文合著 | 任周正 / 1  刘艳利 / 2  杨小军 / 9 | 2012 | 2020 | 主要知识产权目录和标准规范等目录第9、10条 |
| 2 | 共同立项 | 任周正 / 1  王辉华 / 3  韩庆寿 / 4  李志前 / 7  杨小军 / 9 | 2014 | 2020 | 合作横向课题“饲料添加剂新型微丸载体原料复配及生产工艺研究” |
| 3 | 产业合作 | 任周正 / 1  王辉华 / 3  颜学锋 / 5  朱高群 / 6  李 宏 /8  杨小军 / 9 | 2016 | 2020 | 应用项目组的理论和技术成果研制相关饲料添加剂产品，并将技术成果和研制的产品大力推广应用 |
| 完成人合作关系说明（限1000字）  任周正（1）、刘艳利（2）、杨小军（9）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。王辉华（3）、韩庆寿（4）、李志前（7）、李宏（8）是陕西瑞之源农牧科技有限公司的技术骨干。颜学锋（5）是内蒙古溢多利生物科技有限公司的技术骨干。朱高群（6）是中牧实业股份有限公司的技术骨干。  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与陕西瑞之源农牧科技有限公司有长期的研究推广合作关系，着眼于产业共性难点问题，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，在饲料添加剂新型微丸载体生产技术方面取得关健性突破。内蒙古溢多利生物科技有限公司和中牧实业股份有限公司，充分依托项目组的理论和技术成果，研制出相关的饲料添加剂新产品，进行大力推广应用，创造了巨大的经济和社会效益。各方在技术创新与推广应用等方面的合作成效以专利、标准、论文等形式体现。 | | | | | |

一、项目名称：陕北白绒山羊种质创新与高效健康养殖关键技术研究与应用

二、提名者：杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

绒山羊是我国最具有特色的动物资源，也是我国唯一具有自主供种能力的草食家畜品种，其产业一直是提高农牧区社会经济和农牧民收入的支柱产业。自2008年以来，在国家和省部级科技计划支持下，针对绒山羊产业发展中存在的“品种退化、绒肉生产性能低、良种繁育体系不健全”等突出问题，围绕陕北白绒山羊优异种质挖掘与资源评价，分子育种和种质创新开展攻关，建立了陕北白绒山羊核心育种群，创制了绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体并进行了系统评价，建立了绒山羊高效养殖技术体系，形成陕北白绒山羊家庭羊场种养一体化生态养殖模式。

该成果具有很强的创新性和应用价值，技术成果部分实现产业化，并形成了研究单位--高校--企业--推广为一体的的产•学•研•推合作运行模式，其中绒山羊高效养殖与家庭羊场种养一体化生态养殖模式推广面积覆盖了陕北白绒山羊主产区的70%以上，获得重大经济和社会效益。获准国内外发明专利多件、起草系列行业标准，发表SCI论文50余篇，主编和参编著作多部。研究成果为我国地方家畜种质资源的有效保护、定向选育和高效利用提供了技术支撑和示范样板，提升了我省绒山羊产业的科技水平，并推动了我国羊产业发展的科技进步。

提名该项目为陕西省科技进步奖一等奖。

### 三、项目简介：

农安天下，种铸基石。畜禽良种对畜牧业发展的贡献率超过40%，决定着畜牧业发展的质量和效益。然而，我国主要畜禽品种资源长期依赖进口，亟待培育出一批具有自主知识产权的具有竞争力的畜禽新品种，提高畜禽核心种源自给率。绒山羊是我国最具特色的畜禽品种资源，其独特性、优异性能令世界瞩目，自主供种能力高。截至2020年，全国绒山羊存栏达到6000万只，其中内蒙古绒山羊存栏2400万只、陕西省陕北地区存栏1000万只。在荒漠半荒漠区和黄土高原农牧交错区，绒山羊产业一直是农牧民的主要收入来源，其经济社会生态作用具有不可替代性。

近十年以来，在中省多个科技项目资助下，项目组针对绒山羊产业发展中存在的“品种退化、绒肉生产性能低、良种繁育体系不健全”等突出问题，围绕陕北白绒山羊优异种质基因挖掘与评价、种质创新、高效生态健康养殖等开展攻关研究，建立了陕北白绒山羊核心育种群，创制了绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体并进行了系统评价。同时，开展了绒山羊营养需要量、家庭羊场“两年三胎”及高效舍饲健康养殖配套技术研究，形成了陕北白绒山羊家庭羊场种养一体化生态养殖模式，经济社会生态效益显著，引领示范作用突出。具体成果如下：

**1. 挖掘了一批绒山羊绒毛发育与生长、高繁、肉质性状的功能基因，创建了绒山羊基因资源高效利用分子育种技术。**开展与羊绒再生有关的皮肤毛囊周期性发育规律研究、与绒毛、肉质、多胎有关的关键调控基因和调控机理研究是新品种（系）培育的理论基础。利用细胞、分子生物学以及高通量测序与生物信息分析技术等基本探明了绒山羊皮肤毛囊及绒毛年内周期性的发育规律以及与绒长、细度、密度相关联的重要基因（如FGF5、FGF5s、LHX2、Tβ4）及其调控机理；通过建立毛乳头细胞、脂肪细胞、肌纤维细胞模型，对影响绒山羊肉脂发育（如MSTN、LPL、PPARr、FAS、HSL、CEBPα）、高繁（BMP15、GDF9、FecB等）的关键基因进行了系统研究，初步验证了部分基因-表型的作用关系。

**2．组建绒山羊核心育种群，建立了绒山羊体细胞克隆、转基因体细胞克隆、基因精确编辑的技术体系和生产体系，创制了绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体。**通过制订陕北白绒山羊新品种（系）培育方案、建立选育技术（企业）标准，组建了绒山羊超细型、多胎型、体大型等3个新品系核心群（1230只），目前已经进行了连续三个世代的选育，遗传进展良好。与此同时，基于细胞与分子育种需要，建立了具有良好种质背景的6株陕北白绒山羊胎儿成纤维细胞系；诸如pB-EGFP-NEO-CMV-PRD-cysE-cysM、PB-CMV-FGFs-EGFP等一批真核表达载体和配套建立的细胞、胚胎培养体系；建立了绒山羊体细胞克隆、转基因体细胞克隆、基因精确编辑(CRISPR/Cas9)的技术体系和生产体系，创制了目前世界上最大的基因编辑和克隆绒山羊育种群体（56只），并对其进行了表型和基因型评价，为绒山羊新品种（系）的分子育种和转基因育种奠定了基础。

**3.** **建立陕北白绒山羊高效养殖技术体系**。通过开展陕北白绒山羊不同生理阶段营养需要量研究，制定了陕北白绒山羊饲养标准；舍饲条件下陕北白绒山羊实施两年三胎繁殖体系的种公羊与适繁母羊的饲养管理、繁殖节律安排、营养调控、母羊发情配种、羔羊早期断奶培育等方面的技术要求，是实现陕北白绒山羊高效繁殖的技术保障。非产绒季节绒山羊光控增绒技术，阐明了光周期调控羊绒提前生长的主要调控机理，在显著提高产绒量50%的同时降低放牧草场压力46.7%，实现了绒山羊提质增效和草原生态环境保双赢目标。

**4. 形成陕北白绒山羊****家庭羊场种养一体化生态养殖模式**，在西北荒漠半荒漠生态脆弱区，为了保护生态环境，提高养殖效益，经过多年试验示范研究，总结形成了家庭羊场种养一体化生态养殖模式。在陕北建立标准化的舍饲养殖陕北白绒山羊示范场（户）10个，适宜的最优羊群结构模型3个，形成陕北白绒山羊3个不同养殖规模适宜畜草平衡结构。该模式主要特点和效益：饲养品种为陕北白绒山羊，饲养方式为以农户承包土地和家庭劳力为基础的完全舍饲养殖。土地种植饲草饲料作物新品种，利用节水灌溉等措施提高产量、质量；养殖规模根据承包地饲草料产量和家庭劳力确定，一般为150只左右，其中适龄母羊50只左右，做到草畜平衡；羊粪直接还田，实现农牧结合，农牧循环；这种家庭生态养殖模式，实现了良好的种植、养殖综合经济效益，一般每户收益15万元左右。实现了农村社区产业兴旺、农户农民安居乐业、家庭和谐生活幸福、环境生态越来越好的美好图景。

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. 本项目科技成果鉴定意见：**（1）2013年横山县畜牧局组织专家，以国家绒毛用羊产业技术体系首席科学家田可川为专家组组长对“白绒山羊非生绒期增绒技术”（绒山羊光控增绒）进行了现场鉴定，专家组一致认为绒山羊非生绒期增绒技术可以通过控制光照促进绒山羊非生绒期长绒，绒山羊光控增绒试验组与对照组相比产绒量提高71%，差异极显著；全年可两次抓绒，且长度都不低于5.5厘米；羊绒细度、强度、出产母羊和经产母羊的产羔率、初生重均与对照组差异不显著，鉴定委员会一致认为，该技术达到国内领先水平。

（2）2014年榆林市农业农村局组织专家，对“白绒山羊增绒技术—天然草场改良可持续利用示范研究”项目主要内容与示范效果进行了评估鉴定。鉴定委员会一致认为，在绒山羊光控增绒技术的推广过程中，走出了一条既保护生态，又促进畜牧业可持续发展并增加农牧民收入的路子，是一种天然草场改良与可持续利用的草畜综合系统创新模式，对促进牧区生态草业友好又快发展具有重要的示范意义。

（3）2016年，“国家绒毛用羊产业技术体系产业经济团队”和“国家绒毛用羊产业技术体系放牧营养调控团队”对“光控增绒技术”经济效益、社会效益和生态效益进行了评价，结论表明通过实施光控增绒技术，经济效益为平均每只羊因科技带来的纯收益为141.85元。社会效益为推动技术进步、提高基层技术人员技术水平、促进生产方式转变、提高农牧民物质文化生活水平、推动社会发展等方面所起的作用。生态效益为通过限时放牧使得绒山羊在暖季的放牧时间由传统的15小时左右缩短到7小时，降低了绒山羊对草场的践踏强度和频率，减轻草场压力，有效保持了草畜平衡，对恢复草原生态环境具有明显作用。

（4）2019年，“国家绒毛用羊产业技术体系专家”对“家庭羊场种养一体化生态养殖模式”经济效益、社会效益和生态效益进行了评价，结论表明根据家庭劳力及草料产量，饲喂最优羊群结构一般为150只左右，其中适龄母羊50只左右，做到草畜平衡；羊粪直接还田，实现农牧结合，农牧循环；这种家庭生态养殖模式，实现了良好的种植、养殖综合经济效益，一般每户收益15万元左右。有效保持了草畜平衡，对带动乡村振兴具有明显作用。

（5）2010年，国内报道了本研究团队创制我国首例克隆陕北白绒山羊“亮亮”顺利降生；2015年，国内外众多媒体报道了本研究团队创制的快长（MSTN基因编辑）兼高产绒（FGF5基因编辑）的世界最大群体规模的基因编辑绒山羊种群，对我国乃至世界绒山羊种质资源的创新和产业的可持续发展具有显著的推动作用。

（6）2020年，“国家绒毛用羊产业技术体系专家”在陕西省横山区，对陕北白绒山羊高效健康养殖关键技术进行现场考察和评价。认为坚持发展本品种选育、高繁品系及肉绒兼用新品系的选育，同时兼顾细绒多绒发展；在舍饲养殖的条件下，养殖形式的多元化，集约规模场、养殖小区、家庭羊场、合作社、养殖户的适度规模养殖，加强标准化规范养殖，实现一年两产或两年三产，每胎的双羔占比高，大大提高了产羔率，实现种养结合、综合收益效应。

**2. 国内外对本项目研究成果的引用：**

（1）论文发表及收录情况：本项目在国内外本领域重要学术刊物《FEBS Journal》、《BMC genomics》、《Animal Genetics》、《Frontiers in Genetics》、《Gene》、《中国农业科学》、《畜牧兽医学报》、《动物营养学报》、《家畜生态学报》等期刊上发表论文100余篇，其中SCI、EI收录50余篇。

（2）项目组成员先后受邀在国际动物遗传学大会、大动物基因编辑峰会、基因编辑者论坛和世界绵羊大会等重要的国内外会议上做报告20余次，研究成果被国内外学者他引500余次。先后主办中国西部肉羊产业创新发展论坛（2018）、第四届中国西部畜牧业创新发展论坛（2019）、动物分子设计育种国际研讨会（2019）和第五届西部畜牧博览会羊业论坛（2020）等，共吸引来自国内外1000余人参加。

（3）国家知识产权及技术部门认定：①获发明专利3项；②编写著作5项；③陕西省地方标准2项。

### 五、应用情况

陕北白绒山羊是毛乌素沙漠南缘、黄土高原的荒漠半荒漠区覆盖的陕西省榆林市横山县、榆阳区、靖边县和子洲县等县区的优势畜种，也是当地的畜牧业经济的支柱产业。项目成果的推广应用，提高了陕北白绒山羊的产绒量、羊绒品质以及羊肉产量，取得了良好的经济、社会和生态效益。

（1）推广应用范围、规模：2013-2020年通过陕北白绒山羊原种场、神木县畜牧中心、子洲县清水沟现代农业合作社、神木县大保当镇聚源养殖有限公司等项目技术示范点，将陕北白绒山羊饲养标准（包括种公羊、生长期、育成期、妊娠后期母羊、哺乳期母羊的营养需要）、光控增绒技术、陕北家庭羊场种养一体化绒山羊生态养殖模式等的推广应用提高了全舍饲条件下陕北白绒山羊饲草料利用效率，实现了陕北白绒山羊精准饲养和提质增效。

（2）新增单产：非长绒季节绒山羊增绒技术，提高绒毛产量，羊绒收益可增加效益50元/只，同时，羊只胴体重增加0.5kg，增加效益30元/只；技术覆盖羊只规模累计3万只，新增直接经济效益240万元，总经济效益1110万元。

（3）草畜平衡综合收益：每个家庭养殖户规模适龄母羊50只，户羊群总规模平均150只，户年均收益从8-10万元提高到15万元左右；技术覆盖家庭养殖羊群累计6万只，新增直接经济效益2400万元，总经济效益6000万元。

（4）市场效益：目前我国绒山羊存栏约为6,000万只，随着人口增长，对畜产品产量和品质的需求不断增加，羊只存栏还将大幅增加，如以10%的动物个体由基因编辑动物替代计算，每只创造经济效益300元，则可增加产值1.8亿元，其市场规模和产生的效应也相当可观。

该项目成果带动了陕北白绒山羊的健康高效养殖，实现了农村社区产业兴旺、农户农民安居乐业、家庭和谐生活幸福、环境生态越来越好的美好图景。

### 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)

| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利**  **有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 发明专利 | 生产转基因山羊的piggyBac转座子载体构建方法及其应用 | 中国 | ZL201110041480.2 | 2011-09-14 | 1133603 | 西北农林科技大学 | 陈玉林  白丁平  方 堃  杨明明  何晓琳 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种脂肪组织中挥发性脂肪酸的测定方法 | 中国 | ZL201010554504.X | 2013-03-20 | 323909 | 西北农林科技大学 | 陈玉林  韩卫杰 | 有效专利 |
| 发明专利 | 一种罗伊乳酸杆菌无抗性标记基因整合体系的建立方法及其应用 | 中国 | CN201510571587.6 | 2019-02-01 | 3239096 | 西北农林科技大学 | 陈玉林  曹平华  王小龙  杨雨鑫 | 有效专利 |
| 著作 | 陕北白绒山羊营养需要研究 |  | 中原农民出版社 | 2017年 |  |  | 王永军  田秀娥  陈玉林  杨雨鑫 |  |
| 著作 | 绒毛用羊生产学 |  | 中国农业出版社 | 2015年 |  |  | 田可川  贾志海  石国庆  杨博辉  洪琼花  柳 楠  李金泉  张明新  张世伟  肖海峰  马月辉  马利青  才学鹏  安晓荣  赵存发  陈玉林  吴建平  茅建新  郑文新  张艳花  付雪峰 |  |
| 著作 | 西北地区荒漠草原绒山羊高效生态养殖模式 |  | 中国农业科学技术出版社 | 2018年 |  |  | 赵存发  殷国梅  马月辉  才学鹏  王生荣  勿都巴拉  刘 斌  闫 昱  刘少卿  闫兴刚  刘和平  孙海洲  陈玉林  李玉荣  何云梅  张园园  李金泉  杨雨鑫  吴铁成  张燕军  郑文新  周俊文  宫 平  宫旭胤  郝巴雅斯胡良  桑 丹  高如军  曹建强  蒋 琳  窦永喜  蒲亚斌  雷赵民 |  |
| 文章 | 陕北白绒山羊断奶羔羊钙磷需要量的研究 |  | 畜牧兽医学报 | 2018年1月 |  |  | 王 浩  林昌龙  周广琛  陈玉林  杨雨鑫 |  |
| 文章 | 陕北白绒山羊羔羊微量元素需求量研究 |  | 动物营养学报 | 2018年5月 |  |  | 周广琛  王 浩  林昌龙  陈玉林  杨雨鑫 |  |
| 文章 | Base pair editing in goat: nonsense codon introgression into FGF5 results in longer hair |  | The FEBS journal | 2019年5月 |  |  | Li G, Zhou S, Li C, Cai B, Yu H, Ma B, Huang Y, Ding Y, Liu Y, Ding Q, He C, Zhou J, Wang Y, Zhou G, Li Y, Yan Y, Hua J, Petersen B, Jiang Y, Sonstegard T, Huang X, Chen Y, Wang X. |  |
| 文章 | Whole-genome bisulfite sequencing of goat skins identifies signatures associated with hair cycling |  | BMC genomics | 2018年8月 |  |  | Li C, Li Y, Zhou G, Gao Y, Ma S, Chen Y, Song J, Wang X. |  |

### 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** |
| 陈玉林 | 1 | 副校长/教授 | 西北农林科技大学 | 项目第一完成人：负责项目总体设计，课题的立项与组织实施。主要开展了陕北白绒山羊育种核心群的构建，基因精准编辑的技术体系和生产体系的构建和基因编辑绒山羊的生物安全性评价，陕北白绒山羊高效养殖技术体系，家庭羊场种养一体化生态养殖模式等研究 |
| 杨雨鑫 | 2 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 项目主要执行人：开展陕北白绒山羊的高效养殖及家庭羊场种养一体化研究，并负责撰写课题总结和论文 |
| 马保华 | 3 | 教授 | 西北农林科技大学 | 基因编辑羊的制备及生产体系的构建、两年三胎研究等工作 |
| 王小龙 | 4 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目主要执行人：开展基因精准编辑的技术体系和生产体系的构建等研究 |
| 屈 雷 | 5 | 教授 | 榆林学院 | 试验动物的饲养管理和基因编辑羊的中间试验申请等工作 |
| 高文瑞 | 6 | 副局长 | 榆林市横山区狄青塬种羊场 | 陕北白绒山羊育种核心群选育、饲养标准及光控增绒研究 |
| 王永军 | 7 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 陕北白绒山羊育种核心群的构建及高效饲养管理 |
| 张恩平 | 8 | 教授 | 西北农林科技大学 | 陕北白绒山羊育种核心群的构建及饲养标准制定等工作 |
| 闫 昱 | 9 | 高级畜牧师 | 榆林市畜牧兽医服务中心 | 陕北白绒山羊育种核心群选育及家庭羊场种养一体化研究 |
| 薛 瑞 | 10 | 高级畜牧师 | 横山县畜牧兽医技术推广站 | 陕北白绒山羊育种核心群选育及家庭羊场种养一体化研究 |

### 八、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 | 西北农林科技大学在本项目中全面负责项目的设计和实施，在项目四个技术创新方面发挥了重要作用。项目实施过程中，在实验条件、人员安排及其实验设备、试验动物等方面予以重点保障，管理部门按照课题管理办法进行检查、监督和组织协调，确保项目的顺利实施和完成。同时，在本项目开展过程中，校计财处、科研院、推广处等部门一直为项目给予专业指导和科学管理，并在项目成果鉴定等方面提供大力支持与协助 |
| 榆林学院 | 2 | 榆林学院在本项目中主要负责陕北白绒山羊体细胞克隆和转基因体细胞克隆研究等内容，并负责试验动物的饲养管理和基因编辑羊的中间试验申请等工作。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必要保障，管理部门积极协助申报课题和组织协调，确保项目的顺利实施和完成。同时，在本项目开展过程中，依托榆林学院的陕北白绒山羊工程技术研究中心和学院科研处等部门一直为项目给予科学管理，并在项目成果鉴定和推广应用提供了大力支持 |
| 榆林市横山区狄青塬种羊场 | 3 | 参与陕北白绒山羊性能测定和育种核心群构建，并辅助建立陕北白绒山羊高效养殖技术体系。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基本保障 |
| 榆林市畜牧兽医服务中心 | 4 | 主要参与调研陕北白绒山羊家庭羊场种养一体化生态养殖模式的调研及陕北白绒山羊育种核心群选育 |
| 横山县畜牧兽医技术推广站 | 5 | 主要参与调研陕北白绒山羊家庭羊场种养一体化生态养殖模式的调研及陕北白绒山羊育种核心群选育 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 项目合作  论文合著 | 陈玉林 | 2008年 | 至今 | 共同发表论文，共同授权知识产权。共同立项，承担高产绒量“转基因绒山羊新品种培育”、“陕西省国际合作项目、“陕西省重点研发计划项目”、“国家绒毛用羊产业技术体系”等课题 |
| 2 | 项目合作  论文合著 | 杨雨鑫 | 2009年 | 至今 | 共同发表论文，共同授权知识产权。共同负责“国家绒毛用羊产业技术体系”课题的实施 |
| 3 | 项目合作  论文合著 | 马保华 | 2008年 | 至今 | 共同发表论文，共同开展陕北白绒山羊“两年三胎”的技术模式 |
| 4 | 项目合作  论文合著 | 王小龙 | 2013年 | 至今 | 共同发表论文，共同授权知识产权。共同负责“高产绒量转基因绒山羊新品种培育”等课题的实施 |
| 5 | 项目合作  论文合著 | 屈 雷 | 2011年 | 至今 | 共同发表论文，共同承担负责“高产绒量转基因绒山羊新品种培育”课题 |
| 6 | 论文合著产业开发 | 高文瑞 | 2011年 | 至今 | 共同发表论文，共同制定陕西省地方标准《陕北白绒山羊饲养标准》及“高效增绒”模式 |
| 7 | 论文合著  产业合作 | 王永军 | 2008年 | 至今 | 共同发表论文，共同制定陕西省地方标准《陕北白绒山羊饲养标准》 |
| 8 | 论文合著  产业开发 | 张恩平 | 2008年 | 至今 | 共同发表论文，共同制定陕西省地方标准《陕北白绒山羊饲养标准》 |
| 9 | 产业开发 | 闫昱 | 2011年 | 至今 | 共同开发“家庭羊场种养一体化”生态养殖模式 |
| 10 | 论文合著  产业开发 | 薛瑞 | 2011年 | 至今 | 共同发表论文，共同出版专著，共同开发“家庭羊场种养一体化”生态养殖模式 |
| 2008-2020年期间在转基因重大专项、农业部行业专项和省科技攻关计划支撑等项目的持续资助下，项目组历经13年的合作研究和协同发展，完成单位之间形成了研究单位--高校--企业之间的产•学•研•推合作运行模式，完成人之间也围绕行业发展，建立了上下游稳定的合作关系，共同完成了绒山羊绒毛发育与生长、高繁、肉质性状的关键功能基因的鉴定，创制了绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体，并建立了绒山羊高效养殖技术体系和家庭羊场种养一体化生态养殖模式，推动了绒山羊产业快速发展。本项目完成人及工作单位包括：陈玉林、杨雨鑫、马保华、王小龙、王永军和张恩平（西北农林科技大学），屈雷（榆林学院），高文瑞（榆林市横山区狄青塬种羊场），闫昱（榆林市畜牧兽医服务中心），薛瑞（横山县畜牧兽医技术推广站）。  陈玉林与本单位杨雨鑫、马保华、王小龙、王永军、张恩平五位专家在共同申报实施国家和省部有关绒山羊方面的科技计划项目（课题）、发表学术论文、出版教材著作、申报发明专利等方面开展了紧密合作，在绒山羊绒毛发育与生长、高繁、肉质性状的关键功能基因挖掘、绒山羊核心育种群构建、绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体的制备、基因编辑绒山羊的生物安全性评价、高效健康养殖及产业化开发技术研究集成，以及该项部分科技成果的形成和示范推广应用做出了重要贡献。  陈玉林与榆林学院屈雷从2011年开始合作，研究绒山羊体细胞克隆、转基因体细胞克隆、基因精准编辑的技术体系和生产体系，组建绒山羊核心育种群，创制了绒肉兼用的基因编辑绒山羊育种资源群体。  陈玉林与及榆林市畜牧兽医服务中心闫昱、榆林市横山区狄青塬种羊场高文瑞及横山县畜牧兽医技术推广站薛瑞，从2011年开始合作，主要研究绒山羊的营养需要量，开发“家庭羊场种养一体化”生态养殖及“高效增绒”模式，在推动绒山羊高效养殖方面做出了重要贡献，并申请了陕西省地方标准《陕北白绒山羊饲养标准》。 | | | | | |
|  | | | | | |

### 一、项目名称：

太白高山地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术研发与应用

### 二、提名者：杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

太白高山地区是我国越夏蔬菜生产的主要基地，高山蔬菜是当地最具特色、最有影响力的主导产业。作为陕西的一张名片，“一县一业”的太白县，86%的耕地种植蔬菜，85%的群众从事蔬菜生产，73%的农民收入来自蔬菜。但是由于种植蔬菜品种单一，同科连作，施用化肥，导致土壤有机质缺乏，酸化板结。2008年根肿病零星发生，之后，短短几年时间，为害逐年加重，已严重制约当地主导产业发展，成为太白高山蔬菜产业持续发展的主要瓶颈。

针对这一重大生产问题，项目组经过10年的研究，弄清了太白高山地区根肿病种群组成及灾变规律，找到了根肿病防控的关键突破口。创新了“苗期人工接种+疫区病圃诱发+CRa基因功能分子标记”三位一体的快速、高效、准确根肿病抗性鉴定技术，并成功选育出两个抗根肿病大白菜新品种，大面积应用于生产。集成的“轮、种、育、土、肥、管、防”七个环节的根肿病绿色综合防控技术体系，突破了缺乏绿色环保、有效防病的技术瓶颈。依托西北农林科技大学在高山蔬菜主产区建立的太白蔬菜试验示范站，通过校地合作的成果转化模式，研究成果推广速度快，覆盖率高，经济社会生态效益显著。

该成果创新了根肿病防控理念与技术，构建了七个环节根肿病绿色综合防控技术体系，解决了陕西蔬菜产业发展中重大技术难题，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：

太白高山是我国越夏蔬菜生产的主要产地，产品主要满足全国50多个大中城市6-9月高温季节的蔬菜供应。太白高山蔬菜产业历经30余年的发展，已形成太白县最具特色、最有影响力的主导产业和农民增收的重要支撑，作为陕西一张名片，“一县一业”示范县，86%的耕地种植蔬菜，85%的群众从事蔬菜生产，73%的农民收入来自蔬菜。但是由于种植的蔬菜品种单一，同科作物连作，有机肥源短缺，以施化肥为主，导致土壤有机质缺乏，酸化板结现象严重。2008年十字花科根肿病零星发生，之后，短短3-4年时间，发生面积逐年扩大，为害程度逐年加重，轻则减产20%-30%，重则减产50%-60%，病害严重田块直接产量损失达80%以上，甚至毁田，严重威胁着当地蔬菜生产，已成为太白高山蔬菜产业持续发展的主要瓶颈。基于此，2011-2019年在国家现代农业产业技术体系建设专项资金项目、陕西省农业科技创新与攻关项目和农业科技示范推广项目资助下，开展了太白高山蔬菜根肿病疫情分布、灾变规律、病菌种群变异、抗病品种、高效栽培模式、综合防治等关键技术研究，取得以下创新性成果：

**1．明确了太白高山蔬菜产区根肿病种群组成及灾变规律，找到了根肿病防控的关键突破口，为病害防控和抗病育种指明了靶标。**明确了太白高山地区十字花科根肿病种群组成为4号和7号生理小种，产区85%以上的菜田均有疫情分布；查明了种子和秧苗大范围远距离引种、被污染河水和农机具、田间作业、带菌基质、家禽排泄物是当地根肿病主要的再侵染源。

**2．利用高效育种技术创制出大白菜抗根肿病新材料，选育登记2个抗根肿病大白菜新品种‘秦春2号’和‘秦春3号’，奠定了根肿病防控的第一道屏障。**创新了“苗期人工接种+疫区病圃诱发+CRa基因功能分子标记”三位一体的快速、高效、准确根肿病抗性鉴定技术，并成功应用于抗病品种选育和引种评价鉴定全过程，提高了抗病鉴定的准确性和预见性。

**3．明确了‘枯草芽孢杆菌XF-1’防治根肿病机制。**‘枯草芽孢杆菌XF-1’可明显提高十字花科作物根围微生物群落数，对根肿菌休眠孢子存活和萌发均具有强烈的抑制作用，特别是在根肿病发生早期用该生防菌进行处理是减少根肿病为害的最佳策略。

**4．集成出‘轮、种、育、土、肥、管、防’（轮作倒茬、抗病品种、无病菌育苗、改善土壤酸性环境、培肥地力、加强田间管理、辅以药剂防治）七个环节的根肿病绿色综合防控技术体系，突破了缺乏绿色环保、有效防病的技术瓶颈。**筛选出13个抗（耐）根肿病、商品性好、适应性强的十字花科蔬菜新品种，已成为当地的主栽品种；集成出6种适宜太白高山蔬菜产区轻简高效栽培模式及轮作倒茬栽培技术，有效缓解了土壤病原菌的累积和病害的发生与蔓延；采用无病菌基质，在无病菌环境下进行漂浮育苗技术，进行避病栽培，保证了蔬菜按季收获；筛选出十字花科蔬菜防治根肿病丸粒化新型种衣剂，便于定量、精准播种，提高出苗率，促进壮苗，对防治根肿病效果显著；筛选出对根肿病有较高防效、安全性高的‘枯草芽孢杆菌XF-1’、‘科佳’（10%[氰霜唑](https://baike.so.com/doc/5956115-7116590.html" \t "_blank)）和‘福帅得’（50%氟啶胺）等3种药剂，有效阻止了病原菌入侵和繁殖。

该项成果已在根肿病发生严重的地区陕西、云南、四川等省应用推广，根肿病防治效果比未防治田块防效提高85%以上，平均病株率由87.3%降到11.5%，防治成本降低52%，实现了减药省工、增效控害、绿色环保的目标。累计推广面积219.4万亩，新增经济效益总额为33.6亿元，经济、社会和生态效益显著。

### 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）

**（一）成果鉴定意见**

2015年7月17日宝鸡市科技局组织相关专家，对“太白高山地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术研究与示范”项目进行了科技成果评审。形成如下意见：

（1）该项目研究分析了太白高山地区根肿病发生的条件与传播规律，掌握了太白高山地区根肿病的分布区域与危害程度，通过生物鉴定方法和分子检测技术鉴定，明确了太白高山地区根肿病菌的生理小种主要是4号和7号。

（2）在综合分析品种特征特性的基础上，采用人工接种、大田诱发、CRa基因功能分子标记等手段，鉴定品种根肿病的抗性，筛选出适宜太白高山地区种植的抗根肿病大白菜和耐根肿病甘蓝与青花菜品种。

（3）筛选出了3种防治根肿病的有效药剂，总结出了种子处理、土壤消毒、和灌根等相应的防治方法，有效地控制了根肿病的发生与危害。

（4）研究集成出十字花科蔬菜与非十字花科蔬菜轮作倒茬模式、选用抗病品种、培育无菌壮苗、提高土壤pH值、增施有机肥、加强田间管理、选用高效药剂等‘轮、种、育、土、肥、管、防’七个环节的根肿病综合防治技术，为太白高山蔬菜产业持续健康发展提供了技术保障，综合防治示范效果显著，并对国内同类型地区蔬菜产业发展具有重要的参考价值，达到了国内同类研究的领先水平。

**（二）项目验收意见**

**1．“大白菜抗根肿病种质资源引进、创制与新品种选育”(2014K02-02-01)**

2016年6月7日陕西省科学技术厅组织有关专家对“大白菜抗根肿病种质资源引进、创制与新品种选育”项目，进行现场验收，形成以下意见：

该项目开展了大白菜特异优良性状育种材料、雄性不育性转育、育种材料加代等系列技术研究，创制抗根肿病大白菜种质材料3份，鉴定筛选抗根肿病大白菜优良杂交组合2个，培育抗病、优质、高产大白菜新品种3个，形成了新品种良种良法配套栽培技术。选育的抗病、优质、高产大白菜新品种及集成的新技术，在陕西及相关省区示范推广，取得较好的经济和社会效益。

**2．“优质、高产、多抗大白菜新品种选育及栽培技术研究”（2015NY103）**

2017年5月27日陕西省科学技术厅组织有关专家对“优质、高产、多抗大白菜新品种选育及栽培技术研究”项目进行验收，形成以下意见：

项目创制优质抗病白菜新种质10份、配制杂种优势较强的新组合5份。采用‘人工苗期接种+重病田诱发+CRa基因功能分子标记结合方法’鉴定品种的根肿病抗性，筛选出适宜太白高山地区种植的大白菜品种。研究集成出‘太白高山地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术’，该技术在太白县根肿病高发区推广应用，防效显著。

**（三）科技查新**

**1．项目查新报告**

教育部科技查新工作站（NO4）对该项目成果进行科技创新性查新，结果表明该项目中涉及的下述研究成果在国内外公开文献中未见报道，主要包括：

（1）太白高山地区十字花科蔬菜根肿病发病原因、疫情分布及菌群体组成的研究。

（2）鉴定筛选出的适宜太白高山种植、经济性状优良、抗根肿病的十字花科蔬菜品种，包括‘金峰3号’、‘耐斯高’、‘CR咏旺’和‘秦春2号’大白菜，‘秦春3号’和‘CR春玉’娃娃菜，‘先甘336’、‘威风’和‘绿球66’甘蓝，‘科顿’和‘雪健85’花椰菜，‘锦绣’和‘绿冠青’花菜，‘凌翠’和‘凌玉’萝卜。

（3）研究集成的 ‘轮、种、育、土、肥、管、防’七个环节的十字花科蔬菜根肿病综合防治技术。

（4）将‘苗期人工接种、疫区病圃诱发和CRa基因功能分子标记’相结合的快速、高效、准确根肿病鉴定技术。

（5）‘枯草芽孢杆菌XF-1’对十字花科根肿病的防效及防治机制研究。

**2．论文收录引证报告**

经教育部查新工作站论文收录查证报告显示：项目组发表的3篇英文论文被SCI-EXPANDED数据库收录，共被引6次，其中他引1次。项目组发表的22篇论文被CNKI数据库收录，共被引63次，其中他引54次；单篇最高引用14次，其中他引11次。

**（四）国家相关部门检测报告**

**1．抗病性鉴定报告**

经西北农林科技大学植保学院抗病鉴定：‘秦春2号’大白菜品种对病毒病、霜霉病和根肿病的抗性均表现为抗病，平均病情指数分别为5.66、16.52和10.05，田间软腐病发病率为2.61%。‘秦春3号’大白菜品种对病毒病和霜霉病表现为抗病，平均病情指数分别为7.83和18.17，对根肿病表现为耐病，平均病情指数为18.46。

**2．品质检测报告**

经西北农林科技大学测试中心品质检测：‘秦春2号’大白菜品种鲜叶球干物质含量5.04%，可溶性糖2.76%，维生素C 0.277mg﹒g-1，粗纤维1.76%，粗蛋白0.95%。‘秦春3号’大白菜品种鲜叶球干物质含量4.54%，可溶性糖2.54%，维生素C0.446 mg﹒g-1，粗纤维1.17%，粗蛋白1.11%。

### 五、应用情况

选育的2个抗根肿病大白菜新品种‘秦春2号’和‘秦春3号’已先后通过陕西省和国家新品种鉴定和登记，在各地种植普遍表现良好，目前已在陕西、云南、四川、甘肃、宁夏、山西、河南等地推广种植，田间表现抗病、优质、商品性好，深受广大种植户和消费者欢迎。集成的‘轮、种、育、土、肥、管、防’七个环节的根肿病绿色综合防控技术体系，轮作倒茬和选用抗病品种，可以从根本上解决根肿病的危害；通过无菌育苗培育的无菌苗，移栽后可以推迟根肿病发生45天左右时间，大白菜、娃娃菜、甘蓝是以叶球为商品器官的，花椰菜和青花菜是以花球为商品器官的，萝卜以肉质根为商品器官，待植株表现出根肿病症状前，就可以采收上市，从而可达到避病栽培的目的；采用‘枯草芽孢杆菌XF-1’或‘科佳’进行浸（拌）种、育苗床消毒和定植时蘸根处理和定植后灌根处理，播种（定植）前用‘福帅得’对带菌田块土壤进行处理，根肿病防治效果比未防治田块防效提高85%以上，平均病株率由87.3%降到11.5%，与不用药相比，大白菜、娃娃菜、甘蓝、花椰菜、青花菜和萝卜等十字花科蔬菜平均每亩增产鲜菜分别达3003.9kg、2950.9kg、2057.8kg、536.9kg、751.4kg和3524.7kg。该成果已在根肿病发生地区的陕西太白县、凤县、勉县、南郑、西乡、留坝、汉台和佛坪等县区以及云南、四川等省推广应用，累计推广面积219.4万亩，新增经济效益总额为33.6亿元，取得了显著的经济效益和社会生态效益。

### 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)

| **知识产权类别** | **知识产权具体**  **名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 植物新品种权 | 大白菜新品种秦春2号 | 中国 | GPD大白菜（2018)611110号 | 2019年  1月29日 | GPD大白菜（2018)611110号 | 西北农林科技大学 | 赵利民  张恩慧  景 兵  许忠民  惠麦侠  程永安 | 有效 |
| 植物新品种权 | 大白菜新品种秦春3号 | 中国 | GPD大白菜（2018)611111号 | 2019年  1月29日 | GPD大白菜（2018)611110号 | 西北农林科技大学 | 赵利民  张恩慧  景 兵  惠麦侠  许忠民  程永安 | 有效 |
| 植物新品种权 | 甘蓝新品种绿球66 | 中国 | 2010-1-56 | 2010年4月25日 | 国品鉴菜2010031号 | 西北农林科技大学 | 张恩慧  许忠民  程永安  马青山 | 有效 |
| 植物新品种权 | 大白菜新品种金早58 | 中国 | 2010-1-74 | 2010年8月23日 | 国品鉴菜2010031号 | 西北农林科技大学 | 赵利民  柯桂兰 | 有效 |
| 植物新品种权 | 萝卜新品种凌翠 | 中国 | 陕蔬登记字2010008号 | 2011年1月30日 | 陕蔬登记字2010008号 | 西北农林科技大学 | 赵利民  张秉奎 | 有效 |
| 植物新品种权 | 萝卜新品种凌玉 | 中国 | 陕蔬登记字2010007号 | 2011年1月30日 | 陕蔬登记字2010007号 | 西北农林科技大学 | 赵利民  张秉奎 | 有效 |
| 发明专利 | 一种甘蓝种子种衣剂及制备方法 | 中国 | ZL 2009 1 0021547 9 | 2012年5月23日 | 956988 | 西北农林科技大学 | 张恩慧  杨安平  许忠民  程永安  宋传奎  刘 辉  马青山 | 有效 |
| 论文 | Deciphering the bacterial and fungal communities in clubroot-affected  Cabbage rhizospheretreated with Bacillus Subtilis XF-1 | 中国 | 10.1016/j.agee.2018.01.001 | 2018年03月15日 | Agriculture, Ecosystems and Environment | 云南农业大学 | 刘春明  杨珍福  何鹏飞  ShahzadMunir  吴毅Honhing Ho  何月秋 | SCI论文；  何月秋通讯作者 |
| 论文 | Plasmodiophora brassicae root hair interaction and control by Bacillus subtilisXF-1 in Chinese cabbage | 中国 | 10.1016/j.biocontrol.2018.09.020 | 2019年01月12日 | Biological Control | 云南农业大学 | 何朋杰  崔文艳  ShahzadMunir  何鹏飞  李新宇  吴毅歆  杨绪旺  唐 萍  何月秋 | SCI论文；  何月秋通讯作者 |
| 论文 | Fluazinam positively affected the microbial communities in clubroot cabbage rhizosphere | 中国 | 10.1016/j.scienta.2019.05.046 | 2019年10月15日 | Scientia Horticulturae | 云南农业大学 | 刘春明  杨珍福  何鹏飞  ShahzadMunir  何鹏博  吴毅歆  Honhing Ho  何月秋 | SCI论文；  何月秋通讯作者 |

### 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** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 赵利民 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 负责项目设计，制定研究方案，组织实施项目计划。主持开展了太白十字花科根肿病危害调查、灾变规律、生理小种鉴定、大白菜和萝卜新品种选育与引种评价、药剂筛选试验、轻简高效栽培模式及轮作倒茬等研究工作，提出了根肿病“七字”绿色综合防控技术，组织实施了试验示范、技术培训和示范推广工作。对“主要科技创新”中所列的第1、2、4项科技创新有贡献。 |
| 惠麦侠 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 开展了十字花科蔬菜根肿病发病规律分析和生理小种鉴定；创建了根肿病人工与分子鉴定技术；参加新品种选育、根肿病综合防治技术集成与示范，成果宣传报道。对“主要科技创新”中所列的第1、2、4项科技创新有贡献。 |
| 赵志国 | 3 | 高级农艺师 | 太白县农业技术推广服务中心 | 开展了太白十字花科根肿病危害调查；根肿病综合防治技术示范与应用；无菌漂浮育苗技术示范与应用；参加了新品种引种鉴定。对“主要科技创新”中所列的第4项科技创新有贡献。 |
| 何月秋 | 4 | 教授 | 云南农业大学 | 开展枯草芽胞杆菌XF-1对大白菜根肿病防治效果研究；枯草芽胞杆菌XF-1和氟啶胺对大白菜根际微生物群落的影响研究；为推广生物防治根肿病提供了生态学依据。对“主要科技创新”中所列的第3项科技创新有贡献。 |
| 郭彦君 | 5 | 农艺师 | 太白县农业技术推广服务中心 | 开展根肿病新品种引进鉴定；根肿病综合防治技术示范与应用；无菌漂浮育苗技术示范与应用。对“主要科技创新”中所列的第4项科技创新有贡献。 |
| 简红忠 | 6 | 高级  农艺师 | 汉中市农业技术推广中心 | 开展根肿病新品种引进鉴定；根肿病综合防治技术示范与应用。对“主要科技创新”中所列的第4项科技创新有贡献。 |
| 程永安 | 7 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 组织实施了十字花科蔬菜根肿病研究工作；参与了根肿病相关技术研究种植模式研究和轮作研究中新品种选育；参与了根肿病综合防治技术示范与推广。对“主要科技创新”中所列的第1、4项科技创新有贡献。 |
| 张恩慧 | 8 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 主持开展了甘蓝类蔬菜新品种选育与引种评价、丸粒化新型种衣剂研究工作；参与了根肿病综合防治技术示范与推广。对“主要科技创新”中所列的第1、4项科技创新有贡献。 |
| 谭明权 | 9 | 农艺师 | 太白县农业技术推广服务中心 | 根肿病综合防治技术示范与应用；无菌漂浮育苗技术示范与应用；组织技术培训工作。对“主要科技创新”中所列的第4项科技创新有贡献。 |

### 八、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该项目的第一完成单位，负责项目总体设计并组织实施。在项目研究过程中，提供了研究所用仪器设备、实验用房、人员等基本条件，并对项目资金管理和使用进行检查、监督和组织协调，，确保项目顺利实施。在项目验收、成果鉴定和新品种审定等方面提供支持与协助。 |
| 太白县农业技术推广服务中心 | 2 | 在该项目实施过程中，无偿提供试验示范土地和人员；组织开展试验调查、现场观摩、技术培训，对项目研发的成果进行示范推广。 |
| 汉中市农业技术推广中心 | 3 | 在该项目实施过程中，对项目研发的成果进行示范推广。 |

### 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** | **合作起**  **始时间** | **合作完**  **成时间** | **合作成果** |
| **1** | 共同立项目、共同品种和共同论文等 | 赵利民/1、惠麦侠/2、程永安/6、张恩慧/7 | 2008-01-01 | 2020-12-31 | 品种、论文、专利等。 |
| **2** | 合作研究 | 赵志国/3 | 2011-01-01 | 2020-12-31 | 成果“太白高山地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术研究与示范（登记号9612015Y1000）”，主要完成人及论文发表。 |
| **3** | 论文合著 | 何月秋/4 | 2015-01-01 | 2020-12-31 | 抗根肿病品种的推广应用及在国内外期刊合作发表研究论文3篇：“枯草芽孢杆菌XF-1对大白菜根肿菌防控作用”，“枯草芽孢杆菌XF-1对根种大白菜根际中土壤微生物群落的影响”等。 |
| **4** | 成果应用 | 赵利民/1、惠麦侠/2、赵志国/3、郭彦君/5、简红忠/6、程永安/7、张恩慧/8、谭明权/9 | 2012-01-01 | 2020-12-31 | 成果“太白高山地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术研究与示范（登记号9612015Y1000）”的推广应用。 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  本项目共有9个完成人，就职于2家科研单位和2家农技推广单位，具体如下：赵利民/1、惠麦侠/2、程永安/7和张恩慧/8（西北农林科技大学），何月秋/4（云南农业大学），赵志国/3、郭彦君/5、谭明权/9。简红忠/6（汉中市农业技术推广中心）。上述完成人多年来在太白高山和汉中地区十字花科蔬菜根肿病综合防治技术研发与应用方面开展了广泛合作。具体合作关系如下：  赵利民/1、惠麦侠/2、程永安/7和张恩慧/8等4人都是同一课题组成员，共同承担了“大宗蔬菜产业技术体系（CARS-25-G-47）”、“大白菜抗根肿病种质资源引进、创制及新品种选育（2014K02-02-01）”、“优质、高产、多抗大白菜新品种选育及栽培技术研究（2015NY103）”和“大宗蔬菜新品种选育及配套栽培技术示范”等4个项目研究。  赵利民/1、惠麦侠/2、程永安/7和张恩慧/8等4人2011-2019年全程参与‘秦春2号’、‘ 秦春3号’、‘ 凌翠’、‘ 凌玉’、‘ 绿球66’、‘ 金早58’等十字花科蔬菜新品种的选育，共同进行根肿病疫情分布调查、灾变规律研究、高山蔬菜引种鉴定评价、蔬菜无菌育苗技术研究、防治根肿病药剂筛选、轻简高效栽培模式及轮作倒茬研究等工作，研究结果以品种、专利、论文等共同知识产权形式体现。  何月秋/4 2014年以来就和本成果两个完成单位合作，在生防菌防治根肿病方面做了工作；在国外期刊合作发表研究论文3篇：“枯草芽孢杆菌XF-1对大白菜根肿菌防控作用”，“枯草芽孢杆菌XF-1对根种大白菜根际中土壤微生物群落的影响”和“氟啶胺对甘蓝微生物群落的影响”，从不同角度证明了本成果研究筛选的防治根肿病药剂枯草芽孢杆菌XF-1，在根肿病发病早期用该药剂进行预防和处理是降低根肿病造成损害的最佳方式。  赵志国/3、郭彦君/5和谭明权/9等3人都是太白县农业技术推广服务中心业务骨干，2009年至今一直和西北农林科技大学太白蔬菜试验示范站专家教授密切合作，先后参与了太白高山地区根肿病疫情分布调查、灾变规律研究、高山蔬菜引种鉴定与评价、蔬菜无菌育苗技术研究、防治根肿病药剂筛选、轻简高效栽培模式及轮作倒茬研究等工作，组织技术培训和现场观摩，进行成果的推广应用。  简红忠/6是汉中市农业技术推广中心副主任，2009年至今一直和西北农林科技大学太白蔬菜试验示范站专家教授密切合作，先后参与了根肿病新品种和技术成果的推广应用。 | | | | | |

### 一、项目名称：

设施蔬菜灰霉病绿色防控技术创新与应用

### 二、提名者及提名意见（课题组自己拟好，600字以内）：

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**提名意见：**

灰霉病是设施蔬菜上最重要的病害，滥用农药造成严重的农药残留和环境污染，因此，进一步开展病害发生规律研究、筛选抗病优质品种和种质资源、挖掘生防因子、研发新型生物菌剂对该病的绿色持续控制具有重要意义。在明确设施蔬菜灰霉病发病规律、番茄品种抗病性的基础上，本项目研制出一套以棚室生态调控为主，膜下灌水，增温降湿，预防侵染，采用防落素中加入生物源物质ε-聚赖氨酸喷花、壳聚糖等植物免疫诱导剂增加植株抗病性，关键时期用药，弥粉法施药防控等创新性关键措施的设施蔬菜灰霉病的绿色防控技术，有效控制蔬菜灰霉病的发生，减少30%化学农药喷洒次数和施用量，达到较好的社会、经济和生态效益。项目执行期间，发表论文16篇，其中SCI论文3篇，授权国家发明专利1件，制定陕西省地方标准2项。

提名该项目为陕西省科技进步奖二等奖。

### 三、项目简介：不超过2页

本项目属于农业科学技术领域。目前陕西省设施蔬菜总规模达270多万亩，产量870多万吨，产值255亿元，面积产量稳居西北地区首位。然而，随着设施蔬菜面积不断增大，灰霉病(*Botrytis cinerea*)发生不断加重，灰霉病为低温高湿病害，以番茄、黄瓜、西葫芦、茄子和芹菜等设施蔬菜发生最为普遍，严重的减产70%以上，甚至毁棚，成为设施蔬菜栽培的主要限制因素。目前对其防治仍然采取化学防治为主的方法，不仅污染环境，而且农药残留危害人体健康，同时农药长期使用，使灰霉病菌产生严重的抗药性。造成这种现象的原因主要是：在设施条件下发生规律不清，缺乏抗病品种和生防制剂等绿色防控产品和技术，因此，开展病害发病规律研究、筛选抗病优质品种和种质资源、挖掘生防因子、研发新型生物菌剂对该病的绿色持续控制具有重要意义。本项目组在陕西省攻关项目“棚室蔬菜灰霉病关键防控技术”(2013K01-46)、国家公益性行业（农业）科研专项“保护地果蔬灰霉病绿色防控技术研究与示范”(201303025) 等项目支持下，针对设施蔬菜灰霉病发生严重的突出问题，开展系统研究，从科学规律发现、关键技术创新和全生育期设施蔬菜灰霉病绿色防控技术集成应用方面，取得以下研究成果：

1. 明确了陕西省设施蔬菜灰霉病的发生规律

陕西省设施蔬菜灰霉病病原菌主要以菌丝体或菌核、分生孢子随病残体在土壤中越冬，分生孢子能够在土壤中存活140天。病菌借气流、灌溉水和农事操作等传播。灰霉菌为弱寄生菌，从植物的伤口、衰老器官及枯死组织侵入。开败的花和伤口等是灰霉病菌侵入的重要途径。设施蔬菜遇低温、高湿和光照不足的情况下发病重。植株生长衰弱、受冻等，病势明显加重。降低湿度、植株健壮生长、减少菌源量和预防侵染是防控的关键。

2. 制定了番茄灰霉病抗性鉴定技术规范，筛选出一批抗灰霉病的优质番茄新品种和高抗野生资源，该规程已被颁布为陕西省地方标准

本着技术上先进、实施中可操作性强的原则，结合陕西省番茄品种抗灰霉病鉴定的实际情况，采用室内苗期鉴定和成株期鉴定相结合的方法，总结出一套番茄灰霉病抗性鉴定技术规范（DB61/T 1082-2017）。该技术具有准确度高、可靠性强和稳定性好等特点，适用于番茄生产品种、新育成品种、区域试验品种、亲本及中间材料的灰霉病抗性鉴定和评价，对陕西省抗灰霉病番茄品种的培育和应用具有实际指导意义。该规范已在全省进行推广和应用，为品种合理布局和抗病育种提供了科学依据。

3. 挖掘出针对灰霉病高效的新生防因子，获得多株高效生防菌株；明确了活性因子的生防机理；利用自主知识产权的生防菌剂开发的新型微生物菌肥获得国家肥料临时登记证并在生产上大面积推广，效益显著。

以番茄、黄瓜等设施蔬菜灰霉菌为靶标菌，从不同的生态环境筛选出多株具有高效拮抗效果的生防菌，包括从感染叶霉病的番茄病部分离出的重寄生链霉菌株PR和F46，从根际土壤分离的链霉菌SC11和LMM15，3株具有高效拮抗效果的解淀粉芽孢杆菌TD-7、枯草芽孢杆菌BH-8和贝莱斯芽孢杆菌GS-7；同时还发现，来自链霉菌的发酵产物和食品防腐剂ε-聚赖氨酸等新型活性物质对于灰霉病具有优异的抑菌作用和防病效果。

以TD-7菌株开发的微生物菌肥，与西安鼎盛生物化工有限公司合作已获产品登记，登记证号：微生物肥（2016）临字（3419）号，近几年在西安市、宝鸡市等市推广和应用，取得了较好的生态效益和经济效益。

4. 开发了壳聚糖、海藻酸寡糖和几丁寡糖等植物免疫诱导剂在灰霉病上的应用。

以番茄、黄瓜灰霉菌为靶标菌，开发了壳聚糖、海藻酸寡糖和几丁寡糖等植物免疫诱导剂在防控灰霉病上的应用。壳聚糖等均具有较高的激发子活性且易溶解易吸收，能够诱发系统抗病性。壳聚糖等施用后，诱导植株的*PR1、PR2、PR3*等抗病相关基因明显上调表达，并且通过激活水杨酸（SA）和茉莉酸（JA）信号途径协同调控来启动植株的免疫反应。具有良好的防病效果。

5. 弥粉法施药防控蔬菜灰霉病新技术推广

蔬菜灰霉病在低温高湿条件下发生严重，通过气流传播。常规喷雾造成棚室湿度增大。采用弥粉机进行粉尘法施药，不增加湿度，农药利用率提高30%，具有优异的防治灰霉病效果。并且施药不受天气限制、药剂整棚均匀弥散，设施大棚防控无死角，也可以杀死空气中灰霉病菌，省时、省工、大幅度节省施药劳动力投入。

6. 创建了蔬菜灰霉病绿色防控技术体系并大面积示范与推广

经过20年的协同攻关，团队研发出“降低菌源，控制湿度、预防侵染、诱增抗性”等4项绿色防病关键技术。在新技术的指导下，创建了以设施生态调控和提高植株抗病性为主，通过合理密植、膜下灌水和科学通风、去除开败的花、清洁田园、夏季高温焖棚、生物防治、化学防治和带药喷花等防控蔬菜灰霉病的绿色防控技术体系，形成陕西省地方标准（DB61/T 1081-2017）。

项目执行期间，发表论文16篇，其中SCI论文3篇，授权国家发明专利1件，制定陕西省地方标准2项，通过拍摄“番茄灰霉病防治关键技术”视频、中国杨凌农业高新技术产业博览会上进行科技讲座、通过培训班和田间现场讲解等普及蔬菜灰霉病防控技术，培训技术员和种植大户6000多人次。在陕西省西安市、咸阳市、渭南市和宝鸡市等地开展示范推广，推广面积150万亩，与农民自防区相比，示范区灰霉病减轻40%~60%，化学农药减量30%以上，施药次数减少3-5次，每亩挽回产量损失20%，新增效益28.35亿元。设施蔬菜产量和品质显著提高，经济、生态和社会效益显著。

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）不超过2页**

该项目研究水平达到同类研究的国内领先水平，获得1项授权国家发明专利，制定2个陕西省地方标准和规范，近3年应用面积达到150万亩，培养研究生9名，发表学术论文16篇，项目成果在社会上产生了很大的反响，成为设施蔬菜产业可持续发展的重要保障。

在明确设施蔬菜灰霉病发病规律、番茄品种抗病性的基础上，研制出一套以棚室生态防控为主，根据植株生长状况和天气进行膜下灌水，增温降湿，关键时期用药，以及以预防侵染为主，采用防落素中加入生物源物质ε-聚赖氨酸喷花、壳聚糖等植物免疫诱导剂增加植株抗病性，弥粉法施药防控等创新性关键措施的设施蔬菜灰霉病的绿色防控技术，即。通过生态防治、生物防治和诱导抗病性等设施蔬菜灰霉病防控关键技术的研究，有效控制蔬菜灰霉病的发生，减少30%化学农药喷洒次数和施用量，达到较好的社会、经济和生态效益。

项目科技成果通过结题验收：有关“设施蔬菜灰霉病绿色防控”的相关成果，得到了科技部、陕西省和杨凌示范区等项目的资助，专家组认真听取了项目工作总结、技术总结和验收自评估报告，审阅了有关资料，经质询、讨论，并进行了现场考察，认为该成果达到了国内领先水平，一致同意通过验收。

2. 国内外对本项目研究成果的引用情况：

本项目执行期间共发表论文16篇，其中SCI论文3篇，中文核心论文13篇，到目前为止他引226次，其中被SCI刊物引用16次、CNKI-CCD刊物引用210次，并被国内外同行专家广泛引用和肯定。

### 五、应用情况：不超过2页

2017-2019年，利用本项目研究成果在陕西省大面积推广，通过以控制棚室温湿度和提高植株抗病性为主的综合控制措施，设施蔬菜灰霉病发生面积逐年下降。三年共挽回蔬菜损失127.5万吨，折合人民币25.5亿元。另外由于生态防控和预防侵染，减少了农药的使用量，累计减少防治57万亩，降低成本2.85亿元，合计效益28.35亿元。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录(不超过10件)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 | 地方标准 | 《设施蔬菜灰霉病绿色防控技术规程》 | 陕西省 | DB61/T 1081-2017 | 2017-07-13 | DB61/T 1081-2017 | 马 青  王 阳  宗兆锋  赵新贝 | 马 青  王 阳  宗兆锋  赵新贝 |
| 2 | 地方标准 | 《番茄灰霉病抗性鉴定技术规范》 | 陕西省 | DB61/T 1082-2017 | 2017-07-13 | DB61/T 1082-2017 | 王 阳  马 青  宗兆锋  赵新贝 | 王 阳  马 青  宗兆锋  赵新贝 |
| 3 | 国家发明  专利 | 一种极长链霉菌菌株SL01、其微生物菌剂及其应用 | 中国 | ZL201510094922.8 | 2018-03-09 | 第  2839704号 | 王 阳  宗兆锋  甘 良 | 王 阳  宗兆锋  甘 良 |

七、主要完成人情况**（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖、三等奖单项授奖人数分别不超过11人、9人、7人。）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓 名** | **排名** | **行政/**  **技术职称** | **工作单位/**  **完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 马 青 | 1 | 教授 | 西北农林科技大学 | 项目第一完成人：负责项目总体技术方案设计与组织实施，明确了设施蔬菜灰霉病发病规律，开展以生态防控为主的设施蔬菜灰霉病的绿色防控措施的研究和推广，开展了生防菌株和活性成分的筛选及机理研究。主要贡献体现在研究成果1-6。 |
| 王 阳 | 2 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 项目主要执行人：开展了设施蔬菜灰霉病抗性鉴定，新生防因子的筛选及机理研究，生防菌剂的研发与推广等。主要贡献体现在研究成果2-6。 |
| 雷 虹 | 3 | 研究员 | 陕西省植物保护  工作总站 | 指导设施蔬菜灰霉病绿色防控技术通过全省相关推广体系在设施蔬菜重要作物上进行示范推广，指导田间科学施药。主要贡献体现在研究成果1和6。 |
| 徐 进 | 4 | 主任/研究员 | 西安市农业技术  推广中心 | 主要负责西安市设施蔬菜灰霉病绿色防控技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果6。 |
| 陈 琳 | 5 | 总经理 | 西安鼎盛生物化工  有限公司 | 开展解淀粉芽孢杆菌的登记和应用推广。旁证材料：微生物菌剂肥料临时登记证。主要贡献体现在研究成果3和6。 |
| 宗兆锋 | 6 | 教授 | 西北农林科技大学 | 开展了设施蔬菜灰霉病生防菌的分离鉴定和生防机理研究。国家发明专利一项。主要贡献体现在研究成果6。 |
| 张渭薇 | 7 | 农艺师 | 合阳县农业技术  推广中心 | 主要负责渭南市设施蔬菜灰霉病绿色防控技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果6。 |
| 杨勤元 | 8 | 高级农艺师 | 宝鸡市陈仓区农业技术推广中心 | 主要负责宝鸡市设施蔬菜灰霉病绿色防控技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果6。 |
| 张文斌 | 9 | 农艺师 | 咸阳市植物检疫站 | 主要负责咸阳市设施蔬菜灰霉病绿色防控技术的示范与推广。主要贡献体现在研究成果6。 |

八、主要完成单位及创新推广贡献**（一等奖、二等奖、三等奖完成单位分别不超过5个、4个、3个）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 开展了设施蔬菜灰霉病发病及流行规律研究及蔬菜灰霉病抗性鉴定，开展了生防菌株和活性成分的筛选及机理研究，在此基础上开展以生态防控为主的设施蔬菜灰霉病的绿色防控措施的研究和推广。并负责新成果的试验示范、理论培训与及其在设施蔬菜重要作物上大面积推广的技术指导。 |
| 陕西省植物保护  工作总站 | 2 | 指导设施蔬菜灰霉病绿色防控技术通过全省相关推广体系在设施蔬菜重要作物上进行示范推广，指导田间科学施药。 |
| 西安市农业技术  推广中心 | 3 | 协助该项目主持完成单位西北农林科技大学，开展重要生防菌剂中试生产和田间防病效果研究，创制了解淀粉芽孢杆菌等菌肥并登记和示范推广。 |
| 西安鼎盛生物化工  有限公司 | 4 | 协助该项目主持完成单位西北农林科技大学，配合陕西省植物保护工作总站在西安市的具体实施，在项目的具体实施过程中提供人员与服务条件支持，协调项目的顺利实施。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项 | 王阳/2 | 2012 | 2019 | 国家发明专利1件。共同参加国家公益性行业科研专项 “保护地果蔬灰霉病绿色防控技术研究与示范”、陕西省攻关项目“棚室蔬菜灰霉病关键防控技术”、“蔬菜再植病害绿色防控关键技术示范与推广”。 |
| 2 | 示范推广 | 雷 虹/3 | 2012 | 2019 | 指导设施蔬菜灰霉病绿色防控技术通过全省相关推广体系在设施蔬菜重要作物上进行示范推广。 |
| 3 | 共同立项 | 徐 进/4 | 2000 | 2019 | 示范推广 |
| 4 | 示范推广 | 陈琳/5 | 2013 | 2019 | 开展重要候选生防菌剂的中试生产和田间防病效果研究，创制了解淀粉芽孢杆菌等菌肥并示范推广。 |
| 5 | 示范推广 | 宗兆锋/6 | 2015 | 2019 | 共同参加国家发明专利1件。 |
| 6 | 示范推广 | 张渭薇/7 | 2015 | 2019 | 示范推广 |
| 7 | 示范推广 | 杨勤元/8 | 2015 | 2019 | 示范推广 |
| 8 | 示范推广 | 张文斌/9 | 2015 | 2019 | 示范推广 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  马青负责项目总体设计、实施方案制定及任务分工落实。王阳、宗兆锋是项目组成员，协助主持人开展设施蔬菜灰霉病流行规律、蔬菜灰霉病抗性鉴定，开展生防菌株和活性成分的筛选及生防机理研究，在此基础上开展以生态防控为主的设施蔬菜灰霉病的绿色防控措施的研究和推广。并负责新成果的试验示范、理论培训及其在设施蔬菜重要作物上大面积推广的技术指导。  雷虹负责将本项目研究成果通过全省相关推广体系在设施蔬菜重要作物上进行示范推广，并指导田间科学施药。开展设施蔬菜灰霉病产量损失估计方法研究等。  陈琳协助主持人开展重要候选生防菌剂的中试生产和田间防病效果研究，创制了解淀粉芽孢杆菌等菌肥并登记和示范推广。  徐进、张渭薇、杨勤元、张文斌分别负责设施蔬菜灰霉病绿色防控技术体系在渭南市、西安市、宝鸡市和咸阳市的示范与推广。 | | | | | |

一、项目名称：小麦品种西农822的选育与应用

### 二、提名者及提名意见（课题组自己拟好，600字以内）：

该项目针对消费者对小麦大宗食品品质的迫切需求及气候变化导致生产中生物和非生物逆境灾害增加等问题，以特色种质为基础，以中筋优质和高产稳产多抗为目标，成功育成创新性品种西农822，品种改良取得重要进展。西农822面粉的馒头、面条加工品质优良；抗寒耐热、抗穗发芽、抗条锈病和白粉病，大田赤霉病发病轻。2011年以来在陕西关中、安徽、河南、江苏推广种植，累计推广面积超千万亩。在育种方面，在创育出亲本“西农918”的基础上，通过杂交和MAS技术重复强化高产、多抗的遗传比重，解决了多种抗性难以聚合的难题。该项目目标明确，育种技术具有创新性，育成品种成果转化快，社会经济效益显著，应用前景广阔。

提名陕西省科学技术进步奖二等奖

### 三、项目简介：不超过2页

黄淮麦区是我国第一大麦区，约占全国小麦面积的2/3。新世纪以来该区小麦生产进入高产阶段，消费者对面条馒头等大宗食品的品质要求更加迫切；气候变暖加上耕作措施变化导致小麦病害加重，倒伏、穗发芽、冬春寒害和干热风等灾害频发，严重威胁国家粮食安全。针对以上两大问题项目组制定了高产优质多抗的育种目标，历时20年完成了“西农822”小麦新品种在陕豫皖苏4个省份的选育、引种和示范推广，在高产优质多抗小麦新品种选育及应用上取得了新突破。

1、在以大宗食品品质为目标创育出亲本“西农918”的基础上，通过杂交和MAS技术重复强化高产、多抗的遗传比重，解决了多种抗性难以聚合的难题，育成面条馒头品质优异的高产多抗新品种“西农822”。

2、采用异地穿梭表型鉴选技术与早、中、高世代全程品质鉴定技术相结合，解决了籽粒品质与加工品质的环境稳定性难题。

3、校、地、企联合，通过实施配套栽培技术、种子繁育加工技术、示范与推广技术，促进了西农822的大面积应用和产业化，成为黄淮麦区的骨干品种。

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）不超过2页

陕西省区试抽样品质分析：容重800g/L，蛋白质含量(干基)13.0%，湿面筋含量(14%水分基)31.4%，沉淀值51.2ml，吸水率55.0%，稳定时间3.9min，最大抗延阻力320E.u，拉伸面积77cm2，角质率98%，降落数值164S。

江苏引种试验公告，评价亩产575.6公斤，较对照淮麦20增产4.7%。

抗病性鉴定：西农822高抗条锈病，中抗白粉病，田间综合抗病性好。

专家鉴定评价：该品种具有三个优点：一是高产稳产，株型结构好，产量三因素协调，生产表现良好；二是综合抗性好，适应性好，抗冻耐寒，较耐热，抗穗发芽，抗条锈和白粉病，田间赤霉病发病轻；三是具有良好的大宗食品加工品质，面粉色泽亮白，适宜制作优质面条和馒头，深受消费者喜爱。“西农822”满足了生产上对高产稳产多抗品种的需求，对保障国家粮食安全做出较大贡献，同时也满足了加工企业和消费者对优质面条馒头品种的需求，该品种在今后几年仍有良好的市场需求和生产应用价值。“西农822”选育与应用整体技术达到国内领先水平。

### 五、应用情况：不超过2页

2011年以来，西农822在陕西省关中灌区、安徽省中北部、河南省大部和江苏省中北部进行示范种植和辐射推广，目前已成为陕西省关中灌区的主栽品种之一，也是安徽、河南和江苏的重点推广品种。

近三年累计推广超千万亩。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录(不超过10件)

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 | 品种审定证书 | 西农822 | 中国 | 陕审麦2011001 | 2011. 5.12 | 陕审麦2011001 | 西北农林科技大学 | 王 辉  冯 毅  孙道杰  李学军  闵东红 |
| 2 | 品种审定证书 | 西农822 | 中国 | 皖麦2015004 | 2015. 3.28 | 皖品审（2015）第009号 | 西北农林科技大学 | 王 辉  冯 毅  晁林海  唐怀坡  孙道杰  李学军 |
| 3 | 品种权证书 | 西农822 | 中国 | CNA20140423.9 | 2018.11.8 | 第2018011947号 | 西北农林科技大学 | 王 辉  李学军  冯 毅  孙道杰 |
| 4 | 发明专利 | 一种小麦群体调节能力的鉴定方法 | 中国 | ZL201711026323.8 | 2017.10.27 | 证书号第3739356号 | 西北农林科技大学 | 孙道杰  冯 毅  张玲丽  许小宛  姚俭昕  高雅洁  王 辉 |
| 5 |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 |  |  |  |  |  |  |  |  |

七、主要完成人情况**（应按照贡献大小排序，一等奖、二等奖、三等奖单项授奖人数分别不超过11人、9人、7人。）**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **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 辉 | 3 | 教授 | 西北农林科技大学 | 品种选育推广 |
| 孙道杰 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 品种选育推广 |
| 冯 毅 | 2 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 品种选育推广 |
| 张玲丽 | 4 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 品种鉴定推广 |
| 李学军 | 5 | 教授 | 西北农林科技大学 | 品种选育推广 |
| 闵东红 | 6 | 教授 | 西北农林科技大学 | 品种选育鉴定 |
| 刘永锋 | 7 | 总经理 | 陕西荣华农业科技有限公司 | 品种示范推广 |
| 晁林海 | 8 | 总经理 | 安徽华展种业有限公司 | 品种鉴定推广 |
|  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |

八、主要完成单位及创新推广贡献**（一等奖、二等奖、三等奖完成单位分别不超过5个、4个、3个）**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 西北农林科技大学 | 1 | 品种选育推广 |
| 陕西荣华农业科技有限公司 | 2 | 品种应用推广 |
| 安徽华展种业有限公司 | 3 | 品种鉴定推广 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项选育品种 | 王 辉  孙道杰  冯 毅  张玲丽  李学军  晁林海  闵东红 | 2002 | 2015 | 西农822品种  陕审皖审 |
| 2 | 成果推广 | 王 辉  刘永锋 | 2011 | 2020 | 陕西关中成果推广 |
| 3 |  |  |  |  |  |
| 4 |  |  |  |  |  |
| 5 |  |  |  |  |  |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  本项目2001年开始实施，经过近10余年的选育改良，2011年完成品种选育；2011年至 2020年主要开展西农822的栽培技术研究、重要性状遗传研究以及种子生产、品种示范、种植技术示范、品种的提纯复壮、宣传推广等工作。项目完成人在品种选育和推广应用方面各有侧重，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**。** | | | | | |

一、项目名称：西农233玉米品种选育及应用

### 二、提名者及提名意见：

**提 名 者**：杨凌农业高新技术示范区管理委员会

**提名意见**：该项目针对玉米生产生态环境恶化和植物病原发生变异对玉米杂种优势产量效应提升的影响，以及玉米生产方式的转变，以国产玉米自交系昌7-2为基本种质，导入美国优良自交系基因，自主育成优异玉米自交系西农672，用西农672作母本育成集丰产性突出、抗逆能力强，融坚杆、抗倒伏、活杆成熟和籽粒脱水快于一身的玉米品种西农233，实现了玉米高产稳产与广适多抗籽粒脱水快等优良性状的结合。

该项成果，一是通过高配合力、坚杆抗倒伏、多抗广适优良基因的重组累加的玉米自交系选育技术；和优异自交系亲本的择优利用，逐步解决了玉米新品种选育中高产、稳产、多抗、广适等性状难以聚合的技术难题；二是总结提出资源高效型玉米新品种选育的新思路，提出植物占位立体营养调控的理论学说，指导玉米育种中坚杆直立、叶片上挺育种材料创制，为当代玉米“高产稳产、多抗早熟、广适”玉杂交种选育提供了理论支撑和指导参考。三是大面积生产推广应用，取得了显著的社会经济效益。

西农233玉米品种选育育种目标明确，技术路线先进，育种策略具有独创性；西农672自交系的育成具有创新性育种进展，对优化玉米种植业结构，整体提升玉米生产水平和抗灾保收能力以至确保国家粮食安全有重要作用。

该项目主要内容经完成单位公示，无异议。推荐陕西省科学技术贰等奖。

### 三、项目简介：

**（一）本项目所属科学领域：作物育种学**

进入新世纪，气候干暖化导致农作物生产生态环境持续恶化，玉米生产中光热水土营养供给约束、以及植物病原的发生变异对玉米产量的提升负效应增高；气候干暖化还引起玉米杂种优势生长发育的库、源、流生理生化应对变化，影响玉米杂种优势产量效应的提升，除全球气温升高引起玉米粗缩病、病毒病大发生外，玉米倒伏、玉米高温热害、黄淮玉米区玉米锈病也在各地不时蔓延发生；玉米产业发展中的玉米生产方式已由传统的人工生产向机械化生产转变，玉米生产机械化对品种提出了更加高产稳产、抗逆广适、坚杆直立、适宜机收的目标要求；玉米品种基因改良既要客服玉米生态环境恶化对产量提升的削减，还要适应新时期玉米生产机械化、黄淮地区两熟制的生产要求；作物生产生态恶化、产业发展的玉米育种目标要求更高，玉米品种选育急切需要培育出新的、更加优异的玉米种质新材料。

基于承担学校育种专项“玉米种质创新与新品种选育研究”15年、省“13115”重大科技专项、省科技统筹重大科技攻关专项“玉米新品种选育及关键技术研究”子课题、省科技攻关“昌7-2自交系改良与玉米种质创新研究”2个三年计划、并在3个学校推广专项、1个杨凌示范区推广专项长达18年攻关资助下，着重于生产上大面积应用品种郑单958父本昌7-2的改良研究，为克服昌7-2“根系发育差,不抗根倒伏,穗位过高,成熟偏晚,叶片较宽大,穗上部分过于繁茂”的不足，用美国优异自交系PH6WC做供体来改良中国最王牌自交系昌7-2（受体），从西农672自交系的配合力测定、到强优势组合鉴定筛选、高产稳产多抗玉米品种‘西农233’育成审定、生产推广，分步解决了玉米育种中优异自交系和高产杂交种培育中高产稳产、多抗广适和早熟等优良基因难以聚合的技术难题，丰富了当代玉米育种的理论与实践。

**(二)本项目实施的攻关研究内容**：

1.基于昌7-2的优异玉米自交系西农672选育

以优异自交系昌7-2为选系牵头材料，坚持“优中选优、持续选优”、“供体”和“受体”高基点基础组材；在双亲遗传血缘不交叉、又有利用前景下，坚持优异性状择优组团原则；采用连续自交鉴定选优的系统育种法进行配合力高、广适多抗能力强、农艺性状好的优异自交系选育。

2.优异自交系西农672配合力测定及其强优势组合西农233鉴定筛选

“测用结合”进行优异新系、新组合选育，对初选优异新系及其强优势组合，有计划地系统地进行多年、多点、多重复较高质量的玉米新品种比较鉴定，并采用高稳评价模型（Hc.v%）=(X-S)/Va×100%对新组合进行分析评价。

3.强优势组合西农233的亲本繁育及品种区试推广

对选育的强优势组合进行高产稳定性鉴定比较，选择高稳系数（%）最高的新组合升级实施育成新品种的区试审定推广；根据现代玉米产业开发高产高效、易制种、制种产量高的现代玉米种业发展理念，筛选繁育制种产量高的穗行，结合采用优异自交亲本姊妹交制种技术，实现易制种、制种产量高的现代玉米种业发展目标进行西农233繁育推广。

4.省内外结合、校企联合，实施西农233玉米品种大面积生产高效推广

以大学科研为依托，省内外结合、校企结合，大学玉米育种专家教授、种企专家、基层农技部门专家和农民技术员相结合，实施西农233玉米品种大面积生产高效推广。

**（三）本项研究取得了以下成果：**

**1.培育成配合力高、抗逆能力强、叶片直立上挺的优异玉米自交系西农672。**配合力系统测试结果显示：西农672自交系产量配合力高于昌7-2、逊色于PH6wc；用西农672杂交组配的“西农233”“西农2580”，业已通过陕西省省级审定；用西农672自交系杂交组配的西农2155、西农2563、西农2550等正参加有关省区玉米区试。西农672自交系的育成丰富了我国玉米种质基因库。

**2.培育成丰产性突出、抗逆能力强、早熟抗倒伏的“西农233”。**西农233 2011年育成，2012—2014年推荐参加省内外多年多点试验鉴定； “2012年陕西省玉米协作组联合鉴定试验总结报告”全省春、夏播10个试点：西农233较先玉335平均增产0.8%、较郑单958平均增产2.8%；2015年推荐参加“陕西省关中夏玉米区域试验”。

2015年---2016年两年区试及2016年生试鉴定，西农233达到陕西省农作物育成新品种（玉米）审定标准，2017年通过陕西省省级审定、2018年通过河南省认定，在陕豫两省大面积生产推广，为陕、豫两省“藏粮于技”、稳定提升粮食生产能力提供了科技支撑与生产贡献。

**3.玉米育种思路方法技术创新。**通过高配合力、坚杆抗倒伏、优异自交亲本优良基因的重组累加的玉米自交系选育技术，和高配合力、多抗广适自交系亲本的择优利用，逐步解决了玉米新品种选育中高产稳产、多抗广适、优质等性状难以聚合的技术难题，为玉米常规育种技术难以解决的难题增加了新的技术思路和方法途径。

**4**.**创立了植物占位立体营养调控新理论**。总结提出资源高效型玉米新品种选育的新思路，提出植物占位立体营养调控的理论学说，指导玉米育种中坚杆直立、叶片上挺育种材料创制，为当代“高产稳产、多抗早熟、广适”玉米杂交种选育提供了理论支撑和指导参考。

**5．为粮食增产农民增收做出了贡献**。生产推广统计结果：2018--2020年陕西省渭南市、安康市以及河南省，3年共推广西农233玉米品种162.6万亩；累计新增产玉米4549.54万公斤；累计新增纯经济效益8166.9047万元，取得了显著的社会经济效益和综合科技推广效益。

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）**

**（一）西农672自交系2018年申请了农业部品种权保护**

用西农672自交系杂交组配的“西农233”“西农2580”，已通过陕西省省级审定；用西农672自交系杂交组配的西农2155、西农2563、西农2550等正参加有关省区玉米区试，还有一批强优势组合正在测试鉴定中。

**（二）“陕西省关中灌区夏玉米品种区域试验”测试鉴定**

2015年区试结果：西农233平均产量722.3公斤；较郑单958平均增产8.6%；增产点10个点/10个试点。增产试点率100%；居试验第3 名。

2016年区试结果：西农233平均产量671.3公斤；较郑单958平均增产8.04%；增产点10个点/10个试点。增产试点率100%；居试验第2名。

西农233 2016年生试结果：平均亩产641.0kg，较对照郑单958增产6.17%，居试验第8位，10个试点中9个试点增产，增产试点率90%。

**（三）西北农林科技大学植保学院玉米病害研究组抗病鉴定**

西农233品种高抗茎腐病和黑粉病，抗穗腐病，中抗大斑病。

**（四）农业部农产品品质鉴定测试（西北分中心）测试结果**

西农233玉米容重736克/L，粗蛋白（干基）8.68%，粗脂肪4.19%，粗淀粉（干基）75.5%。

**（五）陕西省、河南省西农233大面积推广表现高产稳产抗倒伏，推广传播扩大快，增产增效显著**

### 五、应用情况

经过对陕西省、河南省西农233推广种植面积统计，2018----2020年陕西省渭南市、安康市以及河南省3年共生产推广西农233玉米品种162.6万亩；累计新增产玉米4549.54万公斤；累计新增纯经济效益8166.9047万元，取得了显著的社会经济效益和综合科技推广效益。

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)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书**  **编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| 品种  审定 | 西农233 | 中国 | 陕审玉2017021号 | 2017年  7月26日 | 2017-64-0034 | 西北农林科技大学 |  | 有效 |
| 品种权保护 | 西农672 | 中国 | 20171441.2 | 2018年  1月1日 |  | 西北农林科技大学 |  | 有效 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

### 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** |
| 张永科 | 1 | 副研究员 | 西北农林科技大学 | 课题主持人 |
| 廖允成 | 2 | 教授 | 西北农林科技大学 | 育种项目实施总体指导 |
| 海江波 | 3 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 育种项目实施指导 |
| 龙书生 | 4 | 副教授 | 西北农林科技大学 | 育种项目课题骨干 |
| 郭 勇 | 5 | 高级农艺师 | 西北农林科技大学 | 育种项目课题骨干 |
| 张 艳 | 6 | 农艺师 | 安康市汉滨区农技站 | 西农233生产推广 |
| 刘新江 | 7 | 高级农艺师 | 渭南市种子工作站 | 西农233生产推广 |
| 孙永亮 | 8 | 农艺师 | 河南省硕丰种业有限公司 | 西农233生产推广 |
| 李 怀 | 9 | 农艺师 | 河南省金囤种业有限公司 | 西农233生产推广 |

### 八、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 | 主持西农233项目申报、实施、总结和验收 |

**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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同审定品种和发表论文 | 廖允成 | 2010.01 | 2015.12 | 西农233审定和发表论文 |
| 2 | 共同审定品种 | 海江波 | 2013.01 | 2020.12 | 西农233审定 |
| 3 | 承担抗性鉴定 | 龙书生 | 2013.01 | 2020.12 | 抗性鉴定结果 |
| 4 | 共同审定品种 | 郭 勇 | 2014.10 | 2020.12 | 西农233审定 |
| 5 | 共同推广 | 张 艳 | 2017.01 | 2020.12 | 应用证明 |
| 6 | 共同推广 | 刘新江 | 2017.01 | 2020.12 | 应用证明 |
| 7 | 共同推广 | 孙永亮 | 2017.01 | 2020.12 | 应用证明 |
| 8 | 共同推广 | 李 怀 | 2017.01 | 2020.12 | 应用证明 |
| **完成人合作关系说明（限1000字）**  **2010.01～2015.12**项目主持人**与**廖允成合作共同审定西农233玉米品种并合作完成了‘植物占位立体营养调控研究’一文。  **2013.01～2020.12**项目支持人与海江波、郭勇共同审定西农233玉米品种并共同立项-校级推广项目西农233玉米品种的推广应用。龙书生承担项目中玉米自交系西农672和杂交种西农233的抗病鉴定和宣传推广等工作；  **2017.01～2020.12**张艳参加西农233玉米品种在陕西省陕南片生产宣传推广工作，刘新江参加西农233玉米品种在陕西省关中地区生产宣传推广工作，孙有亮和李怀参加西农233玉米品种在河南省大面积生产宣传推广工作。 | | | | | |

一、项目名称：农业生态系统水分消耗及温室气体排放对变化环境的响应

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**：研究农业生态系统水分消耗及温室气体排放特征，对制定我国水资源管理以及农田温室气体减排策略，保障农业的可持续发展具有重要意义。本项目从农田和区域角度出发，系统研究了农业生态系统水分消耗和不同农业管理措施下农田温室气体的排放特征，并基于未来气候变化情景下，阐明了变化环境对区域农田主要作物需水量和水分生产力的影响。取得的重要原创性成果和科学发现如下：

探明了农田系统作物水分通量的变化规律，明确了影响作物水分通量的关键因子，构建了土壤-植物-大气连续体水热传输模型；阐明了不同农业措施对农田温室气体排放通量和排放总量的影响规律，揭示了影响农田温室气体排放的土壤环境机理；阐明了未来气候情景下，西北地区温度、降水等主要气候要素的变化特征，明确了变化环境对农田主要作物需水量的影响特征；创建了基于“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法，探明了黄河流域典型灌区作物水分生产力对气候、灌溉水利用效率和化肥使用量的敏感程度，揭示了自然、社会、经济要素变化对农业用水的驱动机制。

目前，项目代表性研究成果均发表于领域内顶级或高水平期刊（Hydrology and Earth System Sciences和Agricultural and Forest Meteorology等）。而且，项目研究成果也受到了国内外同行专家的广泛重视和认可。该项目8篇代表性论著总他引300次，包括Journal of Hydrology和Agricultural Water Management等本学科国内外知名刊物和重要部门引用。

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及以上。

### 三、项目简介：

农业耗水是一个地区主要的水量支出，直接影响着当地水资源的配置，在水资源紧缺地区，农业耗水问题一直受到广泛关注。温室气体排放是全球气候变暖的主要驱动因子，农田生态系统的温室气体排放量占人为温室气体排放总量的21%～25%，是重要的温室气体产生源。因此，研究农业生态系统水分消耗及温室气体排放特征，对制定我国水资源管理以及农田温室气体减排策略，保障农业的可持续发展具有重要意义。近年来，气候环境变化已成为全世界学者和决策者共同关注的重要环境问题，温度、降水、CO2浓度变化等都可能会影响农业生态系统耗水量及温室气体排放量等。气候的变异性和极端性将使覆盖了近40%地球陆地的农业生态系统面临较大的挑战。然而，由于不同环境变量之间相互作用的复杂性，环境的变化对农业生态系统水碳效应还不明确，因此在环境变化的背景下，量化农业耗水及其水分生产力、明确温室气体排放特征并揭示其主要影响因素，对应对环境变化、进而提出有效的节水增产减排策略、确保粮食生产安全具有重要意义。

本项目从区域、农田角度出发，系统研究了农业生态系统水分消耗和温室气体排放特征，探明了影响农业耗水和温室气体排放通量的关键环境因子，揭示了影响农田温室气体排放的土壤环境机理，并基于未来气候变化情景下，阐明了变化环境对区域农田主要作物需水量、水分生产力的影响，创建了基于“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法，揭示了自然、社会、经济发展等变化环境对农业用水的影响过程和驱动机制。在“碳达峰”和“碳中和”的需求背景下，为实现农业生态系统节水、减排提供了科学依据和调控路径。

**主要科学发现和科学价值如下：**

**1. 探明了农田系统作物水分通量的变化规律，明确了影响作物水分通量的关键因子，构建了土壤-植物-大气连续体水热传输模型，确定了作物水分高效利用的管理模式。**

基于长期田间通量观测数据，分析了能量及水分通量不同时间尺度的变化特征及其主控因子，其中净辐射为影响夏玉米冬小麦蒸散发的直接主控因子，并与饱和水汽压差直接负相关，冬小麦则相反；揭示了能量及水碳通量之间的耦合关系，提出了描述关中平原典型农田生态水文过程的参数化方案；在充分考虑水汽热耦合运移的STEMMUS 模型基础上加入了蒸发蒸腾计算模块和根系吸水计算模块（宏观和微观根系吸水模型），建立了适合本地区的土壤-植物-大气连续体水热传输模型。

揭示了灌溉农田影响冬小麦、夏玉米不同灌水时期灌水效率及深层渗漏量的主要因素，制定了提高灌水效率，减少水分深层渗漏量的灌水策略；探明了不同水文年下冬小麦、夏玉米水分利用效率、产量等变化规律，确定了不同降水年型下较优的水分管理模式；揭示了地膜覆盖影响作物水分吸收利用的根区土壤环境机理，探明了覆膜栽培冬油菜、冬小麦在不同降雨年型下的节水保产效应，确定了西北旱区冬油菜、冬小麦节水增产减排的覆膜种植方式、施氮量、补灌量和补灌时期。

**2. 探明了不同农业措施对农田温室气体排放通量和排放总量的影响规律，揭示了****影响农田温室气体排放的土壤环境机理，确定了作物增产减排的农业管理措施。**

探明了不同灌水策略对农田温室气体排放的影响规律和作用路径。灌水可增加农田温室气体的排放量，亏缺灌溉可在一定程度上减少温室气体排放通量及年际排放总量；确定了影响农田土壤温室气体排放的主控因素（土壤水分、温度、过氧化氢酶活性是影响农田土壤CO2排放的关键因素，土壤水分、温度、硝态氮含量、硝化细菌和反硝化细菌数量是影响土壤N2O排放的关键因素），建立了温室气体排放通量与土壤主控因素的定量关系（土壤CO2排放通量与土壤孔隙含水率间呈二次多项式关系，与土壤温度呈显著指数正相关关系，与土壤过氧化氢酶活性呈显著正相关关系），揭示了影响农田温室气体排放的土壤环境机理，提出了农田节水减排管理措施（温室番茄：加气+亏缺灌溉20%水平的地下滴灌灌水模式；冬小麦、夏玉米：苗期和拔节期均亏水20%，其它主要生育期实施充分灌溉的灌水模式）。

**3. 阐明了未来气候情景下，西北地区温度、降水等主要气候要素的变化特征，明确了变化环境对农田主要作物需水量的影响特征。**

在RCP4.5和RCP8.5两种情景下，西北地区温度整体呈上升趋势，同时RCP8.5情景的温度上升幅度要高于RCP4.5情景；中部地区降水量呈增加趋势，其余地区呈下降趋势。在未来气候情景下，大多数区域玉米的作物需水量都呈增加的趋势，西北地区的东部和西部增加趋势更大，中部区域较小。西北河套灌区ET0在2040～2069和2070～2099两个时段将分别上升3.9%～6.1%和7.5%～12.2%，增加了主要作物生育期的需水量，农业灌溉需水总量呈现增多的趋势；陕北地区在未来气候变化情景下作物蒸发蒸腾总量、灌溉需水量呈不显著下降趋势。西北大部分地区玉米单产整体呈现出增加的趋势，陕西北部和新疆北部增幅较大，RCP8.5产量的变化趋势比RCP4.5更加显著。

**4. 创建了基于“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法，揭示了自然、社会、经济要素变化对农业用水的驱动机制，探明了黄河流域典型灌区作物水分生产力对气候、灌溉水利用效率和化肥使用量的敏感程度。**

建立了“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价框架，弥补了现有研究缺乏从系统观的视角分析社会、经济发展对农业用水影响的不足，为分析区域农业水资源利用和可持续性提供了全过程链信息。基于水资源系统发展Logistic曲线和协同理论，建立了区域农业水资源可持续调控的路径和方法，为区域水资源可持续调控提供了有效途径。分析评价了黄河流域典型灌区气候、农业生产投入因子和灌溉水平对作物水分生产力变化的驱动力，明确了灌区作物水分生产力的影响因素及其调控方向，为通过作物水分生产力调控实现农业水资源高效利用提供参考。

### 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）

项目研究成果受到国内外同行专家的广泛重视和认可。该项目8篇代表性论著总他引268次，包括Journal of Hydrology、Agricultural Water Management、Resources Conservation and Recycling、Journal of Cleaner Production和水科学进展等本学科国内外知名刊物和重要部门引用。

长安大学旱区地下水文与生态效应教育部重点实验室王文科教授团队发表在Journal of Hydrology（2020, 591: 125579）的论文中正面评价了本项目中采用蒸渗仪评估土壤水分动态变化和蒸散分配比例的方法，并直接引用了本项目中关于地下水和土壤水分对植物生长贡献的定量分析结果（代表性成果1）。伊朗学者Reza Mazarei在农林科学顶级期刊Agricultural Water Management发表的Optimization of furrow irrigation performance of sugarcane fields based on inflow and geometric parameters using WinSRFR in Southwest of Iran（2020）以及Temporal variability of infiltration and roughness coefficients and furrow irrigation performance under different inflow rates（2021）引用项目成果，肯定了土壤入渗参数及田面糙率系数的季节变异性结论，明确了这种季节变异特征降低了灌水利用效率，验证了考虑土壤入渗参数及田面糙率系数的季节变异性特征可以有效提高沟灌条件下灌溉质量及水分利用效率（代表性成果1）。

中国农业大学康绍忠院士团队多次引用项目研究成果，其发表在Soil and Tillage Research的论文Inorganic nitrogen fertilizer and high N application rate promote N2O emission and suppress CH4 uptake in a rotational vegetable system中证实了本项目关于农田温室气体排放规律的研究结果（代表性成果2）。中国科学院水利部水土保持研究所冯浩研究员团队发表在农业机械学报（2017, 48: 223-230）的论文中证实了本项目中关于农田CO2排放的关键影响因子及其相应影响规律的研究结果。埃及吉萨农业研究中心大田作物研究所EI-Shahawy TA研究团队发表在Agricultural Water Management（2021, 244: 106589）中的论文、西安理工大学白丹教授团队发表在Agricultural Water Management（2021, 252: 106875）中的论文、河海大学徐俊增教授团队发表在Geoderma（2020, 361: 114053）和Biology and Fertility of Soils（2020, 56: 1121-1217）中的论文也对本研究成果进行了高度评价和积极引用。

国际环境与经济研究中心Stella Apostolaki教授团队发表在环境科学领域著名期刊Science of The Total Environment（2019, 679: 70-79）上的论文正面评价了“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法实现了在生态、化学和社会属性和影响方面对水体的准确表征，并可通过量化相关指标来绘制当前农业用水状况（代表性成果4）。清华大学赵建世教授科研团队发表在Journal of Hydrology（2018, 567: 212-226）上的论文直接引用“区域社会、经济的发展和居民消费结构的改变，使当地水资源消耗的驱动力增加，并一定程度上限制了农业用水规模”的结论。意大利基耶蒂-佩斯卡拉大学Casolani Nicola研究团队在Journal of Cleaner Production（2020, 262: 121331）上的论文中肯定了“涉及气候因素对作物水分生产力和作物需水量影响的指标可能是作物生产和总体上监测整个农业和环境系统的一个非常重要的工具”的研究结果。中南大学邓红卫教授团队发表在Journal of Cleaner Production（2020, 268: 122235）上的论文直接引用本项目中影响农业用水过程的6个“驱动（D）”指标，并采用了本项目中关于区域水资源利用过程及其发展速度的研究方法。安徽财经大学宋马林教授团队发表在环境科学领域著名期刊Journal of Cleaner Production（2018, 184: 611-621）上的论文中肯定了产业结构的变化是影响农业系统水资源利用效率的关键因素，改进农业技术水平可以提高农业系统水资源利用效率的研究结果。加拿大不列颠哥伦比亚大学Rehan Sadiq教授团队发表在环境科学领域著名期刊Journal of Cleaner Production（2020, 259: 120897）上的论文和德国莱布尼茨农业景观研究中心Carsten Paul教授团队发表在环境科学领域著名期刊Journal of Cleaner Production（2019, 227: 1054-1067）上的论文也对本研究成果进行了正面评价和积极引用。

### 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)

1. Yu Lianyu, Zeng Yijian, Su Zhongbo, Cai Huanjie, Zheng Zhen. The effect of different evapotranspiration methods on portraying soil water dynamics and ET partitioning in a semi-arid environment in Northwest China. Hydrology and Earth System Sciences, 2016, 20: 975–990.

2. Sun Shikun, Wang Yubao, Liu Jing, Cai Huanjie, Wu Pute, Geng Qingling, Xu Lijun. Sustainability Assessment of Regional Water Resources Under the DPSIR Framework. Journal of Hydrology, 2016, 532: 140–148.

3. Gu Xiaobo, Cai Huanjie, Zhang Zhitao, Fang Heng, Chen Pengpeng, Huang Peng, Li Yupeng, Li Yuannong, Zhang Li, Zhou Jiaming, Du Yadan. Ridge-furrow full film mulching: An adaptive management strategy to reduce irrigation of dryland winter rapeseed (*Brassica napus* L.) in northwest China. Agricultural and Forest Meteorology, 2019, 266–267: 119–128.

4. Xu Jiatun, Cai Huanjie, Qaisar Saddique, Wang Xiaoyun, Li Liang, Ma Chenguang, Lu Yajun. Evaluation and optimization of border irrigation in different irrigation seasons based on temporal variation of infiltration and roughness. Agricultural Water Management, 2019, 214: 64–77.

5. 陈慧, 侯会静, 蔡焕杰, 朱艳, 王超. 加气灌溉对番茄地土壤CO2排放的调控效应. 中国农业科学, 2016, 49(17): 3380–3390.

6. 蔡焕杰. 大田作物膜下滴灌的理论与应用. 西北农林科技大学出版社, 2003.

7. 代锋刚, 付晓刚, 蔡焕杰, 李铎. 灌区农业节水对地下水空间分布影响及模拟. 地质出版社, 2015.

8. 张鑫, 蔡焕杰. 区域生态环境需水量与水资源合理配置. 西北农林科技大学出版社, 2008.

### 六、代表性引文

| **序号** | **被引代表性论文专著序号** | **引文名称/作者** | **引文刊名** | **引文发表时间**  **（年月日）** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | 1 | Water use of Salix in the variably unsaturated zone of a semiarid desert region based on in-situ observation/Zhao Ming, Wang Wenke, Wang Zhoufeng, Chen Li, Ma Zhitong, Wang Qiangmin | Journal of Hydrology | 2020年12月1日 |
| 2 | 2 | Investigating the impacts of urban densification on buried water infrastructure through DPSIR framework/Kaur M, Hewage K, Sadiq R | Journal of Cleaner Production | 2020年6月20日 |
| 3 | 2 | A Budyko-type model for human water consumption/Lei Xiaowen, Zhao Jianshi, Wang Dingbao, Sivapalan Murugesu | Journal of Hydrology | 2018年12月1日 |
| 4 | 2 | Using a systemic approach to address the requirement for Integrated Water Resource Management within the Water Framework Directive/Apostolaki S, Koundouri P, Pittis N | Science of The Total Environment | 2019年8月20日 |
| 5 | 3 | Increasing maize production and preventing water deficits in semi-arid areas: A study matching fertilization with regional precipitation under mulch planting/Zhang Xudong, Li Zhimin, Siddique KHM, Shayakhmetova A, Jia Zhikuan, Han Qingfang | Agricultural Water Management | 2020年11月1日 |
| 6 | 3 | A comprehensive analysis of water productivity in natural vegetation and various crops coexistent agro-ecosystems/Ren Dongyang, Xu Xu, Engel B, Huang Quanzhong, Xiong Yunwu, Huo Zailin, Huang Guanhua | Agricultural Water Management | 2021年1月1日 |
| 7 | 4 | Extensive comparison of various infiltration estimation methods for furrow irrigation under different field conditions/Ebrahimian H, Ghaffari P, Ghameshlou AN, Tabatabaei SH, Dizaj AA | Agricultural Water Management | 2020年3月1日 |
| 8 | 4 | Optimization of furrow irrigation performance of sugarcane fields based on inflow and geometric parameters using WinSRFR in Southwest of Iran/Mazarei R, Mohammadi AS, Naseri A, Ebrahimian H, Izadpanah Z | Agricultural Water Management | 2020年2月20日 |

### 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** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 蔡焕杰 | 1 | 无/教授 | 西北农林科技大学 | 系统研究了区域农业耗水和温室气体排放特征，明确了农田耗水和温室气体排放的季节与年际变化特征，探明了影响农业耗水和温室气体排放通量的关键环境因子，建立了农田温室气体排放通量与关键影响因子之间的定量关系,揭示了影响农田二氧化碳温室气体排放的土壤环境机理。是代表性论文1−5的通讯作者。 |
| 孙世坤 | 2 | 副院长/教授 | 西北农林科技大学 | 揭示了黄河流域典型灌区作物水分生产力对气候、灌溉水利用效率、化肥使用量的敏感性，创建了基于“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法，揭示了自然、社会、经济环境变化对农业用水的影响过程和驱动机制。是代表性论文2的第一作者。 |
| 谷晓博 | 3 | 无/副教授 | 西北农林科技大学 | 揭示了地膜覆盖影响作物水分吸收利用和温室气体排放的根区土壤环境机理，探明了覆膜栽培冬油菜、冬小麦在不同降雨年型下的节水保产效应，确定了西北旱区冬油菜、冬小麦节水增产减排的覆膜种植方式、施氮量、补灌量和补灌时期。是代表性论文3的第一作者。 |
| 徐家屯 | 4 | 无/助理  研究员 | 西北农林科技大学 | 揭示了灌溉农田影响冬小麦、夏玉米年内不同灌水时期灌水效率及深层渗漏量的主要因素，确定了提高灌水效率，减少水分深层渗漏量的灌水策略。是代表性论文4的第一作者。 |
| 张鑫 | 5 | 副院长/教授 | 西北农林科技大学 | 建立了区域生态环境需水量的概念体系，提出了确定和计算区域生态环境需水量的概念性框架和步骤，构建了区域生态环境需水量的数学模型，丰富完善了区域生态环境需水量的理论体系和量化方法。是代表性论著8的作者。 |
| 代锋刚 | 6 | 无/副教授 | 河北地质  大学 | 阐明了陕西省泾惠渠灌区农业节水对地下水空间分布的影响过程，定量评价了不同农业节水措施对灌区地下水空间分布的影响，确定了适宜的农业节水措施和合理的地下水开发利用模式。是代表性论著7的作者。 |

### 八、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，给予该项目充足的人力、物力支持和必备的支撑条件，为该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。在该项目中，重点开展了农业生态系统水分消耗和温室气体排放对变化环境的响应机制，探明了不同管理模式下农田耗水和温室气体排放的季节与年际变化特征，明确了影响农田耗水和温室气体排放的关键环境因子，揭示了影响农田温室气体排放的土壤环境机理，确定了作物节水增产减排的农业管理模式。 |
| 河北地质大学 | 2 | 河北地质大学作为项目主要完成单位，阐明了陕西省泾惠渠灌区农业节水对地下水空间分布的影响过程，定量评价了不同农业节水措施对灌区地下水空间分布的影响，确定了适宜的农业节水措施和合理的地下水开发利用模式。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 论文合著 | 蔡焕杰/1，孙世坤/2 | 2007年9月 | 2020年12月 | 代表性论文2 |
| 2 | 论文合著 | 蔡焕杰/1，谷晓博/3 | 2018年6月 | 2020年12月 | 代表性论文3 |
| 3 | 论文合著 | 蔡焕杰/1，徐家屯/4 | 2013年9月 | 2020年12月 | 代表性论文4 |
| 4 | 论文合著 | 蔡焕杰/1，张鑫/5 | 2001年6月 | 2020年12月 | 代表性论著8 |
| 5 | 论文合著 | 蔡焕杰/1，代锋刚/6 | 2002年9月 | 2015年12月 | 代表性论著7 |
| 成人合作关系说明（限1000字）  该项目第1完成人蔡焕杰、第2完成人孙世坤、第3完成人谷晓博、第4完成人徐家屯和第5完成人张鑫属西北农林科技大学水利与建筑工程学院的同一科研组，共同开展项目的研究工作，合作撰写发表论文。  第1完成人蔡焕杰和第2完成人孙世坤开展合作研究，创建了基于“驱动-压力-状态-影响-响应”模型的全过程链农业用水评价方法，揭示了自然、社会、经济发展对农业用水影响的影响过程和驱动机制，揭示了黄河流域典型灌区作物水分生产力对气候、灌溉水利用效率、化肥使用量的敏感性（代表性论文2）。  第1完成人蔡焕杰和第3完成人谷晓博开展合作研究，通过田间试验观测，揭示了地膜覆盖影响作物水分吸收利用和温室气体排放的根区土壤环境机理，探明了覆膜栽培冬油菜、冬小麦在不同降雨年型下的节水增产效应，确定了西北旱区冬油菜、冬小麦节水增产减排的农业管理模式。（代表性论文3）。  第1完成人蔡焕杰和第4完成人徐家屯开展合作研究，通过田间试验，揭示了灌溉农田条件下，影响冬小麦、夏玉米不同灌水时期灌水效率及深层渗漏量的主要因素，确定了提高灌水效率，减少水分深层渗漏量的灌水策略（代表性论文4）。  第1完成人蔡焕杰和第5完成人张鑫开展合作研究，建立了区域生态环境需水量的概念体系，提出了确定和计算区域生态环境需水量的概念性框架和步骤，构建了区域生态环境需水量的数学模型，丰富完善了区域生态环境需水量的理论体系和量化方法（代表性论著8）。  该项目第6完成人代锋刚副教授，在2002-2012年期间属西北农林科技大学水利与建筑工程学院第1完成人蔡焕杰的研究生，共同开展科研工作，合作撰写研究论文；2012-2020年期间在河北地质大学水资源与环境学院工作，但仍与项目第1完成人保持着密切科研合作关系，阐明了陕西省泾惠渠灌区农业节水对地下水空间分布的影响过程，定量评价了不同农业节水措施对灌区地下水空间分布的影响，确定了适宜的农业节水措施和合理的地下水开发利用模式（代表性论著7）。 | | | | | |

一、项目名称：黄土高原生态修复关键技术创新及协同发展模式

二、提名者及提名意见**：**杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

黄土高原是我国乃至全球水土流失最为严重和生态环境最为脆弱的地区之一，也是我国“两屏三带”生态屏障的重要组成部分。几十年来，国家对黄土高原生态治理高度重视，开展了大量的水土流失防治与生态修复科学研究与治理工作，尤其是1999年以来实施的退耕还林（草）等生态工程取得了显著的成效，植被初步实现了由黄变绿，黄河水沙显著减少，黄土高原的生态治理与经济发展进入了新阶段，并面临新的机遇和挑战。该成果根据黄土高原自然资源禀赋以及经济社会特征，以生态修复机理研究为基础，系统探索了生态修复的关键科学问题，包括植被的水土保持机制、土壤质量恢复机制、植物-土壤-微生物协同机制和生态-经济-社会耦合机制。以此为基础，系统地研发了植被恢复技术、土壤质量提升技术和生态产业高效管理等关键技术。基于山水林田湖草系统治理理念，以流域生态系统服务功能整体提升为目标，在流域和县域两个尺度上构建了生态设计模型和不同类型区生态修复模式。在区域尺度明确了黄土高原资源承载力与产业布局、生态修复格局及生态恢复效应。该成果发表学术论文100篇以上，总被引次数2000次以上，有关模式和技术推广100万亩以上。该成果拓展了生态修复机理研究，为黄土高原水土保持与生态修复、黄河流域高质量发展提供了可推广、可复制的关键技术及示范样板。

提名该项目为陕西省科学技术进步奖一等奖。

### 三、项目简介

本项目属于生态环境领域，涉及林学、土壤学、水土保持学、生态学等多个学科，在国家科技支撑计划、国家重点基础研究发展计划（973计划课题）、科技基础性工作专项、中科院西部行动计划、国家自然科学基金等国家/省部计划及企事业单位委托项目的支持下，通过定位试验、联网监测、室内分析、模型模拟和试验示范，结合遥感解译、空间分析和生态设计等技术，以黄土高原的生态经济协调发展，生态高质量发展为核心，系统揭示了黄土高原生态修复机理，创新了区域生态修复的关键技术，研发了基于服务功能权衡的流域生态设计模型和不同区域生态修复模式，明确了黄土高原资源承载力与产业布局、生态修复格局及生态恢复效应，取得了如下创新性成果：

**1.阐明了黄土高原生态修复过程与机理**

（1）阐明了植被修复的固土机制：系统分析了植被恢复过程中根系分布特征及其对土壤结构的影响；明确了根系影响土壤腐殖质、水稳性团聚体特征、土壤入渗能力和土壤抗剪强度的机制；辨析了根系缠绕、固结和强化抗冲性作用的三种方式：网络串连作用、根土粘结作用及根系生物化学作用，并量化了根系特征通过三种方式影响土壤抗冲性变化的贡献；建立了根系强化抗冲性的机制模型。

（2）明确了生态修复过程中的土壤质量恢复机制：量化了黄土高原侵蚀土壤质量退化过程，发现侵蚀土壤质量退化的实质是土壤质地和结构退化；定量刻画了土壤团聚体内部的二维和三维结构，首次发现植被恢复使得土壤团聚体内部微结构从紧密的细孔结构发育到疏松的复杂多孔结构；建立了黄土高原土壤质量评价指标体系、评价模型及评价方法。

（3）发展了植被恢复过程中的植物-土壤-微生物的协同机制：以多尺度、多模式、多过程的耦合机制为研究核心，以生态恢复过程中的土壤微生物结构与功能形成机制为重点，明晰了生态恢复过程中的微生物演变规律，揭示了根际微生物效应的形成机理，探索了植被恢复过程中的植物-土壤-微生物的互馈机制，阐明了未来全球变化背景下植物-土壤-微生物的应对策略和响应机制。

（4）揭示了生态修复过程中的生态-经济-社会耦合机制：从资源禀赋与人类社会利用程度的视角，基于能值思想理解流域及典型区产业与资源环境系统之间的协调性；基于生态足迹思想，剖析了流域“三生空间”的需求-供给平衡状况；基于能值和生态足迹分析明确了流域的人口承载和空间承载的上下限；应用可持续生计框架，阐明了生态修复与人类福祉之间的互馈机制。

**2. 创新了黄土高原生态修复的关键技术**

（1）提出了植被结构改善与多功能提升的技术体系：针对黄土高原地区植被结构不合理和生态功能低等问题，根据近自然经营理念及植被对水土流失阻控机制，研发了典型群落生产力提升与稳定性维持技术、退化植被结构改造与功能提升技术、人工林结构改造与多目标经营技术、流域植被优化配置和生态功能整体提升技术，为黄土高原地区植被恢复提供技术支撑。

（2）发展了生态修复过程中土壤质量提升技术：根据土壤质量演变机理、土壤质量评价模型和障碍诊断，提出了基于土壤恢复力和恢复潜力的土壤质量分区提升技术、基于土壤健康的土壤微生物活化技术、土壤质量障碍诊断与调理技术、土壤质量退化监测与防控技术、土壤质量多因子耦合提升技术，为黄土高原土壤质量改善和功能提升提供了科技支撑。

（3）研发了水资源智慧利用与生态产业高效管理技术：针对干旱缺水的问题，研发了雨水就地拦蓄利用技术、山地自流灌溉及水肥一体化技术、人工经济林水分消耗调控技术，开发了基于合理灌水量和灌水周期的智慧调控技术，提出了人工经济林水分可持续利用技术体系，促进了区域生态产业的高效管理。

**3.提出了黄土高原不同类型区生态经济模式：**

基于山水林田湖草综合治理理念，以生态修复与经济协调发展为目标，揭示了黄土高原不同类型区植被结构、生态产业、水土保持与生态修复及社会和经济等要素间关系，阐明了典型流域/县域20年生态系统服务价值的时空分异特征，权衡了生态系统服务功能。以此为基础运用土地利用动态模型模拟了生态优先、生态-经济兼顾及经济优先情景下的空间利用格局，提出了不同类型区生态服务价值最优的生态设计，包括宽梁缓坡丘陵区定西模式、梁状丘陵区固原模式、丘陵沟壑区安塞模式及高塬沟壑区长武模式，在此模式下流域/县域生态服务价值可提高45~70%，为黄土高原山水林田综合治理，实现生态修复与经济协同发展提供了有效范式。

**4. 明确了黄土高原区域生态修复格局与效应**

基于土地利用/覆被变化格局分析，应用CLSE模型估算了20多年的黄土高原土壤侵蚀时空变化，结合生态足迹-生态承载力平衡分析，揭示了黄土高原生态安全时空特征及影响因素；应用GIS平台分析了黄土高原种植、养殖和苹果产业产值的空间集聚特征，明确其与水热资源的时空关系；通过能值流分析，揭示了上述产业的生态可持续性时空格局；以产业产值和能值可持续性指数为指标，评价了各产业-生态可持续性协调度，明确了黄土高原上述产业-生态协调发展时空格局，识别了生态可持续的产业发展区，为黄土高原生态修复与生态产业的协同发展提供了科技支撑。

### 四、客观评价

针对黄土高原生态修复与生态产业协同发展的关键问题，从水土保持、植被恢复、土壤质量提升、植物-土壤-微生物协同、生态-经济-社会耦合等几方面揭示了生态系统结构改善与功能提升机制；基于区域资源禀赋，遵循山水林田湖草系统治理理念，提出区域生态修复的植被恢复技术、土壤质量提升技术、水资源智慧利用与生态产业高效管理技术，研发了基于服务功能权衡的流域生态设计模型和不同区域生态修复模式，明确了黄土高原资源承载力与产业布局、生态修复格局及生态恢复效应。

研究成果发表论文100多篇，其中SCI 论文30多篇，被国内外学者他引2000多次，出版专著4部，制定技术规程2项，授权发明专利2件，有关技术和模式推广应用了100万亩以上。研究成果拓展了生态脆弱区生态修复、生态-经济耦合研究领域，推动了恢复生态学科发展，为脆弱生态区山水林田湖草生态修复提供了依据与实体样板，有关技术和模式成为行业和地方生态修复和产业发展规程，呈现出广阔应用前景。

### 五、应用情况

该成果的人工林结构优化及多功能提升技术、水资源智慧利用与生态产业高效管理技术、土壤质量提升技术等多项技术被延安市水务局、吴起县林业局等多家单位推广。项目理论及技术成果先后在流域规划与综合治理、退化生态系统修复、山水林田湖草规划、清洁小流域建设等方面得到应用，实现了黄土高原生态修复和生态系统服务功能稳定提升，取得了显著的社会经济和生态效益，项目研究成果具有广阔的应用前景。

### 六、主要知识产权目录和标准规范等目录

| **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 | 专著 | 中国水土流失防治与生态安全（西北黄土高原区卷） | 中国 | 9787030263117 | 2010年  3月 | 科学出版社 | 西北农林科技大学 | 刘国彬  李敏等 |
| 2 | 论文 | 黄土高原生态工程的生态成效 | 中国 | 10.16418/j.issn.1000-3045.2017.01.002 | 2017年  1月20日 | 中国科学院院刊 | 西北农林科技大学 | 刘国彬  上官周平  姚文艺  杨勤科  赵敏娟  党小虎  郭明航  王国梁  王 兵 |
| 3 | 论文 | Soil bacterial community dynamics reflect changes in plant community and soil properties during the secondary succession of abandoned farmland in the Loess Plateau | 中国 | 10.1016/j.soilbio.2016.02.013 | 2016年  3月2日 | Soil Biology and Biochemistry | 西北农林科技大学 | 张 超  刘国彬  薛 萐  王国梁 |
| 4 | 论文 | Identification of soil quality factors and indicators for the loess plateau of China | 中国 | 10.1097/01.ss.0000209359.55322.aa | 2006年  5月 | Soil Science | 中国科学水利部水土保持研究所 | 许明祥  赵允格  刘国彬  Wilson, G.V. |
| 5 | 论文 | The influence of gap creation on the regeneration of Pinus tabuliformis planted forest and its role in the near-natural cultivation strategy for planted forest management | 中国 | 10.1016/j.foreco.2011.04.007 | 2011年  5月8日 | Forest Ecology and Management. | 西北农林科技大学 | 王国梁  刘 芳 |
| 6 | 论文 | Emergy measures of carrying capacity and sustainability of a target region for an ecological restoration programme: A case study in Loess Hilly Region, China | 中国 | 10.1016/j.jenvman.2012.02.023 | 2012年  7月15日 | Journal of Environmental Management | 西安科技大学 | 党小虎  刘国彬 |
| 7 | 论文 | Effects of drip irrigation on deep root distribution, rooting depth, and soil water profile of jujube in a semiarid region | 中国 | 10.1007/s11104-013-1880-0 | 2013年  8月29日 | Plant Soil | 西北农林科技大学 | 马理辉  刘小莉  汪有科  吴普特 |
| 8 | 发明专利 | 一种黄土高原苔藓结皮的快速培育方法 | 中国 | ZL201410586406.2 | 2017年  1月25日 |  | 西北农林科技大学 | 卜崇峰  杨永胜  穆兴民  张 鹏  叶 菁  袁 方 |
| 9 | 发明专利 | 一种以保护性整地方式栽培瑞典能源柳的方法 | 中国 | ZL 2010.10149701.3 | 2011年6月8日 |  | 西北农林科技大学 | 张文辉  何景峰  马 闯  宋晓珍 |
| 10 | 技术规程 | 宁夏黄土丘陵区山杏高接换种技术规程 | 中国 | DB64/ T535—2016 | 2016年12月  28日 |  | 宁夏农林科学院 | 蔡进军  董立国  许 浩  马 璠  季 波  王月玲  郭永忠  韩新生  李 娜  陈克斌  马 杰  贾生舜  冯 潜  张源润 |

### 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** |
| 刘国彬 | 1 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 负责项目的总体计划实施，包括立项、实施、总结及鉴定，协调、审定各子任务研究进展、数据质量控制、研究结果汇总及成果集成；完成了相关机制研究和示范应用；负责年度报告、结题验收报告的编写。是支撑项目的主持人，专著1、代表论文1、2的第一作者，论文3、4、6的共同作者 |
| 王国梁 | 2 | 研究员 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 开展植被结构调整与功能提升技术研究，揭示植被结构与功能的耦合机制，集成了植被结构调整、稳定性维持及功能提升技术体系，是支撑项目的主要完成人，论文5的第一作者，代表论文5的第一作者，专著1、代表论文2、3的共同作者 |
| 许明祥 | 3 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 系统研究了黄土高原侵蚀土壤质量退化过程，建立了黄土丘陵区土壤质量评价指标体系、评价模型及评价方法，拟订了分级标准，识别出表征侵蚀土壤质量的关键指标，研发出土壤质量提升技术。是支撑项目的主要完成人，代表论文4的第一作者 |
| 张 超 | 4 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 开展了基于山水林田湖草综合治理理念，以生态修复与经济协调发展为目标的黄土高原山水林田湖草综合治理的典型生态经济模式研究，模拟了生态优先、生态-经济兼顾及经济优先情景下的空间利用格局，提出黄土高原基于生态服务价值最优的生态设设计。是支撑项目的主要完成人，代表论文3的第一作者 |
| 党小虎 | 5 | 教授 | 西安科技大学 | 估算了黄土高原土壤侵蚀时空变化，揭示了黄土高原生态安全时空特征及其影响因素；分析了黄土高原种植、养殖和苹果三大产业产值的时空分异及空间集聚性特征，揭示了黄土高原三大产业的生态可持续性时空格局，明确了黄土高原产业-生态协调发展时空格局，识别了生态可持续的产业发展区。是支撑项目的主要完成人，代表论文6的第一作者，专著1的共同作者 |
| 马理辉 | 6 | 副研究员 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 制定了以旱作用水技术为主、集雨补灌技术为辅的生态产业高效用水技术应用模式，形成了黄土区主导产业苹果、红枣的滴灌水肥一体化的技术体系，揭示了滴灌调控果树根系分布、缓解果园深层土壤水分消耗、维持人工经济林水分可持续利用的作用和机理。是支撑项目的主要参与人，是代表论文7的第一作者 |
| 蔡进军 | 7 | 研究员 | 宁夏农林科学院 | 开展了黄土梁状丘陵区林草植被体系结构优化及杏产业关键技术研发与示范研究，制定了宁夏黄土丘陵区山杏高接换种技术规程以及青海云杉育苗技术规程。是支撑项目的主要完成人，是代表成果10技术规程的第一完成人。 |
| 王 兵 | 8 | 副研究员 | 中国科学院水利部水土保持研究所 | 系统研究了植被恢复强化土壤抗冲性的时空动态特征以及枯落物特征、根系特征、化学元素积累，影响抗冲性土体构型的诸因素在植被演替过程中的变化。提出植物强化土壤抗冲性的三种作用方式，并建立了相应的机制模型。是支撑项目的主要完成人，是代表论文2的共同作者 |
| 卜崇峰 | 9 | 研究员 | 西北农林科技大学 | 协助完成了生态修复的关键技术研究工作，研发出一种利用生物结皮改良土壤质量的方法，是支撑项目的主要完成人，是代表成果8专利的第一完成人 |
| 肖列 | 10 | 副教授 | 西安理工大学 | 协助完成了植被恢复过程中的植物-土壤-微生物的协同机制研究，明晰了生态恢复过程中的微生物演变规律，揭示了根际微生物效应的形成机理，探索了植被恢复过程中的植物-土壤-微生物的互馈机制。是支撑项目的主要完成人。 |
| 张文辉 | 11 | 教授 | 西北农林科技大学 | 完成了植被结构调整与功能提升技术研究，评估了整地方式对土壤质量的影响，揭示了瑞典能源柳结构与功能的耦合机制，研发了一套植被结构调整、稳定性维持及功能提升技术体系，是支撑项目的主持人之一，是代表成果9专利的第一完成人 |

### 八、主要完成单位及创新推广贡献

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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，在本研究的立项、实施、总结及鉴定等整个过程中，学校均给予了人力、物力和财力的支持，揭示了黄土高原生态系统结构改善与功能提升机制，提出区域生态修复的植被恢复技术、土壤质量提升技术、生态产业高效管理技术，研发了基于服务功能权衡的流域生态设计模型和不同区域生态修复模式，明确了黄土高原资源承载力与产业布局、生态修复格局及生态恢复效应。 |
| 中国科学院水利部水土保持研究所 | 2 | 协助完成了黄土高原侵蚀土壤质量退化过程及其驱动因子分析，建立了黄土丘陵区土壤质量评价指标体系、评价模型及评价方法，提出黄土高原土壤质量恢复具有长时序性和滞后性，拟订了分级标准，识别出表征侵蚀土壤质量的关键指标，研发出土壤质量提升技术。 |
| 西安科技大学 | 3 | 估算了黄土高原土壤侵蚀时空变化，揭示了黄土高原生态安全时空特征及其影响因素，分析了黄土高原种植、养殖和苹果三大产业产值的时空分异及空间集聚性特征，揭示了黄土高原三大产业的生态可持续性时空格局，明确了黄土高原产业-生态协调发展时空格局，识别了生态可持续的产业发展区。 |
| 宁夏农林科学院 | 4 | 协助完成了黄土高原不同类型区植被结构、生态产业、水土保持与生态修复及社会和经济等要素间关系分析，制定了梁状丘陵区山杏嫁接及云杉育苗技术规程，为黄土高原山水林田综合治理，实现生态修复与经济协同发展提供了有效范式。 |
| 西安理工大学 | 5 | 以多尺度多模式多过程的耦合机制为研究核心，以生态恢复过程中的土壤微生物结构与功能形成机制为重点，明晰了生态恢复过程中的微生物演变规律，揭示了根际微生物效应的形成机理，探索了植被恢复过程中的植物-土壤-微生物的互馈机制。 |

### 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** | **合作起始时间** | **合作完成时间** | **合作成果** |
| 1 | 共同立项、研究任务分担、共同总结成果、论文合著 | 刘国彬、王国梁/第1、第2 | 2006.1. | 2020.12 | 项目结题、代表性论文2、9、10 |
| 2 | 共同立项、研究任务分担、共同总结成果、论文合著 | 刘国彬、许明祥/第2、第3 | 2007.1 | 2020.12 | 项目结题、代表性论文7、9、10 |
| 3 | 研究任务分担、共同总结成果、论文合著 | 刘国彬、张超/第2、第3、第4 | 2013.7 | 2020.12 | 代表性论文6 |
| 4 | 研究任务分担、共同总结成果、论文合著 | 刘国彬、党小虎/第1、第5 | 2010.1 | 2020.12 | 代表性论文2、8 |
| 5 | 共同总结研究成果 | 王国梁、马理辉/第2、第6 | 2010.7 | 2020.12 | 项目合作 |
| 6 | 共同立项、研究任务分担 | 刘国彬、王国梁、蔡进军/第1、第2、第7 | 2013.1 | 2020.12 | 项目合作 |
| 7 | 共同立项、研究任务分担 | 刘国彬、王兵/第1、第8 | 2013.5 | 2020.12 | 项目合作  论文发表 |
| 8 | 研究任务分担、共同总结成果 | 刘国彬、卜崇峰/第1、第9 | 2006.7 | 2020.12 | 项目合作  论文发表 |
| 9 | 项目合作  论文合著 | 刘国彬、肖列/第1、第10 | 2012.7 | 2020.12 | 项目合作  论文发表 |
| 10 | 研究任务分担、共同  总结成果 | 刘国彬、张文辉/第1、第11 | 2008.1. | 2018.1 | 项目合作  论文发表 |
| **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：刘国彬、许明祥、张超、卜崇峰、张文辉（西北农林科技大学），中国科学院水利部水土保持研究所（王国梁、马理辉、王兵），党小虎（西安科技大学），蔡进军（宁夏农林科学院），肖列（西安理工大学）。  西北农林科技大学的刘国彬、许明祥、张超、卜崇峰、张文辉是一个良好的科研团队。在科研项目、论文发表等方面有着密不可分的合作关系，长期以来在生态系统结构改善与功能提升，区域生态修复的植被恢复技术、土壤质量提升技术、生态产业高效管理技术以及流域生态设计模型等方面开展了深入的合作研究。  中国科学院水利部水土保持研究所的王国梁和王兵师从刘国彬研究员，工作后加入刘国彬团队从事科研工作，揭示了植被恢复过程中土壤质量改善和植物-土壤-微生物协同演变机制；提出了区域生态产业高效管理技术，研发了黄土高原不同区域生态修复模式。马理辉与刘国彬研究团队长期开展黄土高原生态修复与生态产业协同发展的合作研究工作。  西安科技大学党小虎教授2004年-2007年师从刘国彬研究员，2007年入职西安科技大学至今，与西北农林科技大学刘国彬老师团队在黄土高原生态-经济-社会耦合、资源承载力与产业布局、生态修复格局及生态恢复效应等方面开展了合作，共同在Science of the Total Environment、农业工程学报等国内外学术期刊发表学术论文10余篇。  西安理工大学肖列副教授2010年-2015年师从刘国彬研究员。2015年入职西安理工大学从事教学和科研工作。自2010年至今，肖列与西北农林科技大学刘国彬教授团队在黄土高原植被恢复、土壤质量提升、植物-土壤-微生物协同机制等方面开展了合作，共同在《Soil and Tillage Research》、《Journal of Soils and Sediments》、《应用生态学报》等国内外学术期刊发表学术论文多篇。  宁夏农林科学院蔡进军研究员与项目完成单位长期开展黄土高原生态修复与生态产业协同发展的合作研究工作，先后合作了十五国家科技攻关重大项目课题“半干旱退化山区生态农业建设技术研究与示范”，十一五国家科技支撑计划重大项目课题“半干旱黄土丘陵区退化生态系统恢复技术研究与示范”，十二五国家科技支撑重点项目课题“宁南山区脆弱生态系统恢复技术研究”。 | | | | | |

**一、项目名称**

65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯制备工艺及应用研究

**二、提名意见**

提名单位：杨凌示范区科技局

提名意见：金刚石线是一种线性切割工具，具有强度高、结合力强、耐热耐磨性好等特点，尤其适合于晶体硅、蓝宝石、石英以及磁性材料等硬脆材料的切割，其中在硅基太阳能电池切片领域应用范围最广。项目组通过技术攻关，突破技术壁垒，开发出65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯，其产品在性能达到并超过日本进口产品的同时，实现了对日本产品的替代，填补了国内技术空白。

项目产品在隆基股份，晶科能源，协鑫集团等90%以上的光伏企业广泛应用，金刚线产品价格也由于产品的国产化迅速降低，由2015年800-1000元/公里下降为目前的50元/公里，售价仅为2015年的二十分之一，加速了硅片切割技术转换，节约了硅片成本，推动了光伏平价上网。

鉴此，提名该项目为陕西省科学技术进步奖三等奖。

**三、项目简介**

金刚石线是一种线性切割工具，主要通过复合电镀，将金刚石颗粒以一定的分布密度均匀地固结在高强度钢线上制成，其具有强度高、结合力强、耐热耐磨性好等特点，尤其适合于晶体硅、蓝宝石、石英以及磁性材料等硬脆材料的切割，其中在硅基太阳能电池切片领域应用范围最广，市场潜力最大。

由于生产技术难度大、成本高，2015年以前金刚线主要依赖进口，市场长期被日本厂商垄断。为了打破日本企业的技术垄断，国内多家企业纷纷投入研发，2015年本项目承担单位杨凌美畅新材料股份有限公司成立，作为金刚石线制造领域的先进代表，其历经5年自主研发的硅切片电镀金刚石线从实验室走向了工业化生产，通过自主研发生产线，大幅提高了生产效率并降低了生产成本，其产品在性能达到并超过日本进口产品的同时，实现了对日本产品的替代，随后金刚线在单多晶切割领域快速渗透，逐步全面取代了传统砂浆切割。

随着金刚石线在光伏行业不断应用，为有效降低锯缝损失，节约成本，细线化成为金刚石线锯发展的必然趋势。更细的线径意味着更小的切割损耗，如能在保持高切割力的同时，尽量减小线径，则可大幅提高客户端出片率,减少硅粉损失，节约切割成本。而早在2017年，我司率先生产的第一代产品母线直径为80μm的电镀金刚石线及第二代产品母线直径为70μm的电镀金刚石线已不再满足市场主流需求。

在此背景下，我司于2017年7月正式启动母线直径为65/60μm级镍基复合电镀金刚石线开发。本项目采用线径为65μm及60μm的高碳钢丝作为线芯基体，以金属镍作为金属镀层，以表面镀覆有镍镀层的金刚石颗粒作为磨料，利用复合电镀工艺来制造电镀金刚石线锯。

项目组针对65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯生产制造过程中存在的技术壁垒包括上砂难、镀液容易失效、断线率高等难题，进行了研发攻关。深入开展金刚石微粉选型，金刚石微粉预处理、复合电镀工艺优化、高速电镀技术及新型切割工艺开发等研究，最终成功研发出65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯，并将其应用于硅片切割。在进一步缩小线径的同时，不仅保障了切割效力，还提升了切割速度，减少了硅片损耗，节约了切割成本，推进了光伏平价上网进程，对超硬材料行业的发展产生积极影响。其主要科技创新如下：

1、通过对不同粒径分布、形貌、晶型的金刚石微粉的上砂能力分析，选择粒径较小，上砂能力较强，稳定性较高的金刚石微粉作为本项目原材料。

2、通过金刚石颗粒预处理，对其表面特点进行调节，保证金刚石上砂的稳定性和均匀性。

3、针对金刚线主要生产材料钢丝母线进行了研究，与苏闽（张家港）新型金属材料科技有限公司开展战略合作，开发了满足于细线化生产所用高韧性、高抗拉强度及抗疲劳强度，低翘曲度的钢丝。

4、通过镀液优化配比和高效添加剂的选用，提供了较大的工艺窗口，减少了金刚石颗粒团聚、叠砂，保证了产品的高质量、性能稳定和高成品率。

5、开发高效上砂与减少金刚石颗粒团聚或叠砂的高效添加剂及使用方法

6、高效上砂与减少金刚石颗粒团聚或叠砂的电镀液在线处理技术开发

7、通过优化电镀工艺，减少生产断线率。

8、提高镀层对金刚石颗粒的把持力。

9、提高镀层与钢丝结合力。

已累计申请发明专利1件（公开状态），授权实用新型专利2项；修订企业标准1项。

2018年，公司65/60μm级镍基复合电镀金刚线正式推向市场，受到了广大客户的一致好评，甚至达到一线难求的境地。65/60μm级镍基复合电镀金刚线的成功开发进一步巩固了公司金刚线生产制造行业龙头地位，并为后续更细线径电镀金刚线的开发积累了丰富经验。

**四、客观评价**

1.知识产权

1.1发明专利：一种金刚石定向有序排布的电镀金刚线及其制造方法（CN201911264032.1，发明公开）。

1.2实用新型专利：一种金刚石单线切割机（CN201821571996.1），一种金刚石线锯上砂槽搅拌装置（CN201821571996.1）。

1.3 制定标准：制定企业标准《电镀金刚石线》（标准号：Q/YLMC 011-2016）。

2.发表期刊文章：项目组在中国新技术新产品发表文章《电镀金刚线的四化技术路线》，提出了电镀金刚线的主要技术要素,给出了电镀金刚线的系列检测方法,详细介绍了电镀金刚线的四化技术路线,深入分析了四化技术路线的优点、难点,最后指出了未来金刚线产品发展趋势。

3. 客户评价

隆基绿能科技股份有限公司线切片工厂评价：“本司于2016年逐步使用杨凌杨凌美畅新材料股份有限公司产品，从最早的70um级镍基复合电镀金刚石线锯至2018-2019年的60/65um级镍基复合电镀金刚石线锯，经过3年左右的时间，线径下降约15%左右，母线线径降低，可降低单位硅片对硅料需求，硅片切得更薄，一定程度上降低了我司硅片切割成本，也降低了硅耗；进一步提升了硅片生产效率及硅片品质，为薄片化提供了强有力的技术支持，促进了光伏行业平价上网的步伐。

除此之外，杨凌美畅新材料股份有限公司的金刚线锯不单是适应客户和市场的发展方向降低母线线径，而且在金刚线品质上进行了持续性的研究和改进，断线率下降至少40%，线痕率下降至少30%，很大程度上提升了客户满意度，另外，也为国内金刚线市场树立了标杆作用，促进了国内其他线锯企业的快速发展。”

4、验收意见

2020年8月20日，陕西省科技厅组织有关验收专家，对该项目进行了验收，形成验收意见：“验收资料齐全，符合验收要求；项目完成了高速电镀技术，完成了晶硅切割实验，分析了切割后线的微观失效形式，优化了复合电镀工艺等关键技术，研制出了65/60镍基复合电镀金刚石线锯；授权实用新型专利2件，修订企业标准1项；专项经费支出符合有关规定。项目基本完成了合同书规定的任务，同意通过验收。”

5、人才培养

本项目完成人贾海波、刘海涛、郭向华、吕艳阳、张迎九，入选2020 年陕西省科技厅创新能力支撑计划 ——科技创新团队，团队名称为“微米级金刚石切割工具研究及应用开发创新团队”。

**五、推广应用情况**

开发的65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯，在产品质量一致性，金刚石颗粒分布均匀性，表面光滑且断裂强度及切割效率等关键参数方面均优于国内外同类产品。

公司基于此研发成果，进行多维度创新，实现了更细线径的新产品研发及量产销售，近三年公司金刚线产品约占据50％左右的国内市场份额，位居行业第一。公司金刚线产品在隆基股份，晶科能源，协鑫集团等90%以上的光伏企业应用，金刚线产品价格也由2015年800-1000元/公里下降为目前的50元/公里，售价仅为2015年的二十分之一，加速了硅片切割技术转换，节约了硅片成本，推动了光伏平价上网。

**六、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 实用新型 | 一种金刚石单线切割机 | 中国 | CN209552187U | 20191029 | CN201821571996.1 | 杨凌美畅新材料股份有限公司 | 郭长磊 |
| 2 | 实用新型 | 一种金刚石线锯上砂槽搅拌装置 | 中国 | CN208667890U | 20190329 | CN201821571996.1 | 杨凌美畅新材料股份有限公司 | 王伟等 |
| 3 | 企业标准 | 杨凌美畅新材料股份有限公司企业标准——电镀金刚石线 | 中国 | / | / | Q/YLMC 011-2016 | 杨凌美畅新材料股份有限公司 | / |
| 44 | 期刊文章 | 电镀金刚线的四化技术路线 | 中国 | / | 中国新技术新产品  2017 NO.08（上） | / | 杨凌美畅新材料有限公司 | 曲东升；刘继拓；张迎九；贾海波 |

**七、主要完成人情况**

（1）贾海波，排名1，工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：项目负责人，提出本项目研究思路、组织课题实施，对65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯的工业化起到决定性作用，对本项目的创新点1-9做出了创造性贡献。

（2）刘海涛，排名2，工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：主要负责组织课题实施，对本项目的创新点1、2、3、4、5、6做出了创造性贡献。

（3）郭向华，排名3，工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：对本项目的创新点2、4、7、8、9做出了创造性贡献。

（4）樊华，排名4。工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：对本项目的创新点3、4、7、9做出了创造性贡献。

（5）吕艳阳，排名5，工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：对本项目的创新点3、4、5、6做出了创造性贡献。

（6）张迎九，排名6，工作单位：杨凌美畅新材料股份有限公司。对本项目技术创造性贡献：对本项目的创新点1-9做出了创造性贡献。

**八、主要完成单位情况**

杨凌美畅新材料股份有限公司为本研究的牵头及完成单位，负责项目的总体方案的制定、组织并实施，对项目的创新点做出了系统性贡献。

**九、完成人合作关系说明**

该项目的主要完成单位为杨凌美畅新材料股份有限公司，为国内金刚线制造龙头企业，长期以来金刚线市场份额稳居行业第一。

贾海波担任本项目的总负责人，带领团队开展了主要原材料选型，金刚石颗粒预处理、结合力，复合电镀工艺优化及镀液循环和高速电镀技术等研究，实现了65/60μm级镍基复合电镀金刚石线锯的规模化生产。

项目主要完成人共6人，排序以项目实施过程中的贡献情况为依据，其均来自杨凌美畅新材料股份有限公司，在同一团队工作近5年，共同完成多个金刚线“细线化”项目的研发工作，申请多篇知识产权并获得授权。上述人员是所述项目的负责人或主要研究骨干，限于名额，一些研究骨干未列入。

通过共同项目立项合同、共同成果评价，充分体现了主要完成人和完成单位的紧密合作关系。

1. **项目名称：**

苹果采后分选线研发与推广应用

1. **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：采后处理是保证贮藏质量、促进果品营销，提高产品增值的重要环节，是现代果业发展的重要内容，以最优的内在品质和最吸引人的外观形态满足不同层次的消费者的需求。当前陕西省苹果采后商品化处理生产线存在品牌多样化、分级标准不统一、损伤率高等问题，该项目通过对现有商品化处理生产线机械、控制、软件模块进行升级改造，优化生产线工序流程，重点是轻柔化处理升级、品质检测、病害检测等核心单元，攻克了苹果商品化处理生产线多工位协同控制的难题，取得了一些创新性成果，达到了本领域目前国内的最高水平。该项目的研发成果广泛应用于陕西省的采后商品化处理中，生产率可达3~5t/h，取得了较好的社会经济效益，对整体提升陕西省乃至我国苹果采后商品化处理做出了重大贡献。同意提名该项目为陕西省科学技术奖二等奖。

三、**项目简介：**

我国是水果生产大国，特别是90年代以来发展更为迅速。水果产业已经成为我国农村经济的一大支柱产业，为促进农民增收、扩大城乡居民就业和改善生态环境做出了积极贡献。虽然我国水果产量很大，但国内水果价格低，“卖果难”问题经常出现，水果生产快速发展的势头受到抑制。而且中国水果以本国消费为主，参与国际贸易的比例一直很低，出口量不到国际水果贸易的3%，其中重要一个原因在于采后商品化处理落后，外观质量较差，导致水果的市场竞争力比较弱。根据水果产销趋势可以发现，水果产值的大部分都是采后处理和采后加工创造来的。水果的采后商品化处理包括清洗、打蜡、分级、包装。目前我国国内水果商品化处理过程中的清洁、打蜡设备已经比较成熟，关键在于分级技术还比较落后，水果的分级指标包括外部品质和内部品质两个方面，外部品质的主要分级指标是水果的果形、大小、色泽、表面质量和颜色等，其中水果的表面质量可以通过表面光洁度、表面缺陷（斑点、污点、烂坏）、损伤来描述，内部品质是糖度、硬度、酸度、可溶性固形物含量等指标。

采后处理是保证贮藏质量、促进果品营销，提高产品增值的重要环节，是现代果业发展的重要内容。它既方便人民生活，又可使产品增值，以最优的内在品质和最吸引人的外观形态满足不同层次的消费者的需求，使生产者和经营者实现优质优价获得最大经济效益。采后机械分级商品化处理速度快，工作效率高，分级准确，从而实现果实商品化，有利于达到分级销售，提高销售价格；有利于减少采后损失，延缓衰老，提高商品性；有利于减少病害和腐烂，避免浪费；有利于拓宽市场，提高信誉，提高附加值，创出品牌。

针对当前陕西省苹果采后商品化处理生产线品牌多样化、分级标准不统一、损伤率高等问题，以提高苹果采后商品化处理率，优化升级采后处理关键设备为目标，通过对现有商品化处理生产线机械、控制、软件模块进行升级改造，优化生产线工序流程，重点是轻柔化处理升级、品质检测、病害检测等核心单元，解决苹果损伤率过高的问题。开展苹果内部品质与病害光谱响应模型研究，开展对多维大数据信息预处理分析，异常信息剔除，提取有效特征参数，依靠光在水果组织中的传输机理，探明苹果组织的物理结构、化学成分、生理状态等对光谱信息的影响规律，利用偏最小二乘算法、人工神经网络分析、遗传算法、支持向量机等分析算法，建立精度高、适用性好、稳健性强的苹果内部品质指标（糖度、采收成熟度等）回归分析模型及内部病害（水心病、霉心病、损伤度等）判别分析模型。集成苹果糖度、成熟度、水心病、霉心病、损伤度等关键技术优化现有生产线检测模型，统一选果线的相关技术参数，实现多参数同时现场检测。综上，通过本课题的实施获得苹果采后分选线并进行推广应用。

**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）**

国外早期的水果自动分级主要通过CCD相机，采用无损检测、计算机分析处理等手段对水果逐一进行分析判别后得出综合结论。Kavdir等使用神经网络算法对柑橘进行分级，把缺陷和物理特征作为神经网络分类器的输入参数，对柚子和橙子的分级准确率为98.5%，对橘子的分级准确率为98.3%，使用神经网络分类，训练好网络后，利用ANN的泛化功能，对橙子的彩色RGB图像，结合颜色和果形分析，获得实时性的分级结果。Miller采用彩色电视摄像机和近红外线扫描摄像机获得桃子、柑橘等水果图像进行较深入的研究，对桃子表面的灰度图像进行阴影校正、图像分割和边缘检测，然后用灰度和色度阈值及区域增长法求得损伤阴影表面面积，与人工测得的结果相关系数达0.56。Pathaveerat等使用高速单脉冲核磁共振技术作为油梨在线分级的工具，一个单脉冲NMR获得质子的自衰变，把这个自衰变作Foruier变化，测定油梨的成熟度。

国内的水果自动分级研究起步较晚，主要在水果外在品质检测展开研究，针对水果内部品质检测的研究并不多。李庆中等在实数域分形盒维数计算方法的基础上，提出了双金字塔数据形式的盒维数快速计算方法，对于待识别水果图像的可疑缺陷区，提出用5个分形维数作为描述该区域粗糙度和纹理方向性的特征参数，利用人工神经网络作为模式识别器，区分表面的缺陷区，识别的准确率为93%。李永华等给予计算机视觉的苹果形状和尺寸识别的方法，首先通过中值滤波和阈值法去除图片中的噪音和背景信息，并转换为二值图像，然后进行边缘提取，最后针对苹果边缘进行快速傅里叶变换来提取包含形状和尺寸信息的傅里叶系数，用来作为苹果形状和尺寸分级的依据。

目前将分选机划分为四个时代，机械式（1.0）、电子式（2.0）、光电式（3.0）和内在品质分选机（4.0）。机械式分选机早在八、九十年代就已经在发达国家普及应用。其结构简单，但只能对果品大小进行分级，且会对果品果实造成一定的机械损伤，现已逐步被淘汰。目前使用最多的是电子式和光电式分选机。欧美发达国家已普及进入3.0时代，一部分已进入4.0时代。日本采后处理技术和设备较为先进，果品采后分选已进入4.0时代。世界果品生产强国如波兰、意大利、法国、美国、日本等，基本实现了鲜食果品100%采后处理、60%～80%气调贮藏，65%以上冷链运输和冷柜销售，总体果实损失率保持在5％以内。

因此，在国内外公开发表的文献中未见与该项目查新点相同的报道。

该分选线已获得农业农村部农业机械试验鉴定总站的鉴定报告，其产品型号为6GFDCSG-1，该项目技术用于我省果品分选中技术可行，效果良好。

**五、应用情况**

该项目组对现有采后生产线机械、控制、软件模块进行升级改造，优化生产线工序流程，重点是轻柔化处理升级、品质检测、病害检测等核心单元为研究主线，可以对水果的外部缺陷、色泽、尺寸和形状进行全面的检测，在此基础上采用近红外技术保证检测的精度和速度，分级基准和基数可以根据用户的要求和市场的需要任意调整，通过增减通道数，可以调整系统的处理量，一整套生产线由计算机视觉系统，能完成水果的单列化并均匀的翻转水果输送系统，精确地实施分级，自动控制系统，实现了检测指标的多元化，果品大小、形状、色泽、果面缺陷、糖度、酸度、霉心病等多项检测一次完成。

所开发的苹果采后分选线，已经应用于多家公司，生产率可达3~5t/h，大大提高了苹果生产加工的工作效率，为我单位节约了大量人力、物力和劳动成本开支，从根本上解决苹果采后处理化问题，弥补此前果品分选工作中的不足，树立全新的区域生态形象，提高居民的生活质量和健康水平，促进区域经济的良性增长。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 陕西果业科技集团有限公司 | 苹果采后分选线投入使用 | 运用苹果采后分选线进行分选，生产率可达3~5t/h | 2018~2019年 | 白博文/13629119867 |
| 2 | 陕西果业集团米脂有限公司 | 苹果采后分选线投入使用 | 运用苹果采后分选线进行分选，生产率可达3~5t/h | 2018~2019年 | 高小龙/15686136268 |
| 3 | 陕西果业铜川集团有限公司 | 苹果采后分选线投入使用 | 运用苹果采后分选线进行分选，生产率可达3~5t/h | 2018~2019年 | 王宏/18309220553 |
| 4 | 陕西九州果业有限公司 | 苹果采后分选线投入使用 | 运用苹果采后分选线进行分选，生产率可达3~5t/h | 2018~2019年 | 刘天歌/18792937523 |

**六、主要和知识产权证明目录（限10条，发明奖和进步奖填写)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **知识产权类别** | **知识产权具体名称** | **国家**  **(地区)** | **授权号** | **授权日期** | **证书编号** | **权利人** | **发明人** | **发明专利有效状态** |
| 1 | 其他 | 农业机械试验鉴定证书 | 中国 | 6GFDCSG-1 | T202000090777 | 陕西果业科技集团杨凌有限公司 |  | 有效 |

**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** |
| 南学平 | 1 | 董事长/高级农艺师 | 陕西果树科学研究院有限公司 | 负责项目的总体设计与过程管理，指导苹果分选线设备的设计与研发； |
| 牛向军 | 2 | 总经理/高级农艺师 | 陕西果树科学研究院有限公司 | 负责对苹果分选线的设计及实际推广应用工作。 |
| 曹格妮 | 3 | 副院长/高级农艺师 | 陕西果树科学研究院有限公司 | 参与包装耗材输送系统（循环疏通系统）工作。 |
| 郭昭龙 | 4 | 主任/总工程师 | 陕西果业科技集团杨凌有限公司 | 参与外观识别（机器视觉+视觉学习算法）工作。 |
| 张团斌 | 5 | 副经理/中级工程师 | 陕西果业科技集团杨凌有限公司 | 参与内部品质（可见近红外光谱技术）工作。 |
| 胡宝龙 | 6 | 副主任/中级工程师 | 陕西果业科技集团杨凌有限公司 | 参与称重系统（特制专用承载托盘、悬臂四点称重系统）工作。 |

### 八、主要完成单位情况

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 陕西果树科学研究院有限公司 | 1 | 在项目研究中，陕西果树科学研究院有限公司在人力、物力、财力等方面给予了大力支持。提供了实验设备以及试验地等，保证了人员的配备，并积极组织申报课题研究经费，严格审查材料、组织农业机械试验鉴定等。优化现有生产线检测模型，对技术、设备和平台进行集成、示范和推广，样机进一步扩大测试地区，并委托第三方对设备性能进行测试，提供测试报告，通过第三方对产品质量进行鉴定，出具测试报告，负责与当地部门的对接与协调工作。该项目攻克了苹果商品化处理生产线多工位协同控制的难题，对整体提升陕西省乃至我国苹果采后商品化处理做出了重大贡献。 |

1. **完成人合作关系情况**

完成人南学平是本项目的第一完成人。负责项目的总体设计与过程管理，指导苹果分选线设备的设计与研发；

完成人牛向军是本项目的第二完成人。负责对苹果分选线的设计及实际推广推广工作。

完成人曹格妮是本项目的第三完成人。参与包装耗材输送系统（循环疏通系统）工作。

完成人郭昭龙是本项目的第四完成人。参与外观识别（机器视觉+视觉学习算法）工作。

完成人张团斌是本项目的第五完成人。参与内部品质（可见近红外光谱技术）工作。

完成人胡宝龙是本项目的第六完成人。参与称重系统（特制专用承载托盘、悬臂四点称重系统）工作。

**十、主要完成单位情况**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **单位名称** | **排名** | **主要贡献** |
| 陕西果树科学研究院有限公司 | 1/2 | 1）组织并完成了项目策划和实施工作；  2）为项目的顺利实施提供了人力资源与优质的工作环境与场所；  3）提供了本项目所需的设备、图书资料和数据库等资源；  4）负责项目的研发工作。 |
| 陕西果业科技集团杨凌有限公司 | 2/2 | 1）协助项目的申报工作；  2）负责与农业机械部门的对接与协调工作；  3）负责项目的推广与应用工作。 |

1. **完成单位合作关系说明**

合作双方具有良好的合作关系，陕西果树科学研究院有限公司负责整个项目的研发，提供本项目所需的设备、图书资料和数据库等资源，对技术、设备和平台进行集成、推广和应用，陕西果业集团杨凌有限公司以技术支持的形式参与苹果采后分选线的研发、推广工作。