**2018年国家科学技术奖提名公示内容**

1. **项目名称**

饲料主要霉菌毒素生物降解剂的创制与应用

1. **提名意见**

我学会审阅了该成果提名书及附件材料，确认全部材料真实有效，相关成果均符合国家奖励办的填写要求。

霉菌毒素污染不但引起中毒和生产性能下降，给饲料工业、畜牧业带来巨大经济损失，而且还在肉、蛋、奶等可食部位中残留，严重威胁食品安全。针对上述问题，项目组历经12年努力，在霉菌毒素降解菌筛选、降解机理、安全有效性验证、发酵工艺、生物降解剂创制、风险防控体系等方面取得了显著成效，并联合饲料和养殖企业进行了开发与应用。该成果分别筛选得到高效降解黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、单端孢霉烯族毒素等饲料中主要霉菌毒素的益生菌株，分别阐明了其降解机理；通过对以上成果的集成创新，创制了世界上首个同时高效降解多种主要霉菌毒素的微生态型生物降解剂，验证了其安全有效性，建立了霉菌毒素污染风险防控体系，开发出适用于不同动物的安全高效的生物降解型配合饲料，并产业化应用。授权发明专利9 件，制定国家标准1项，发表论文40 篇（其中SCI 19 篇，总引266 次，他引238次），专著1部；获省部级一等奖2项，二等奖1项，中国专利优秀奖1项。

该研究属长期性、基础性、公益性工作，研究时间长，工作量大，技术成熟，在霉菌毒素生物降解剂创制、降解机理、解毒效果方面具有重大创新，实现了陈化粮和霉变原料的安全、高值化利用，保障了动物健康和肉蛋奶食品安全，成效显著。

提名该项目为国家科学技术进步奖 二 等奖。

1. **项目简介**

霉菌毒素污染给饲料工业、畜牧业带来了巨大经济损失，严重威胁了动物源食品安全。世界卫生组织估测，全球约有25％的农作物受到霉菌毒素污染，2％以上不能食用，造成经济损失接近1万亿美元/年。国家粮食局调研发现，我国谷物霉菌毒素阳性率90%以上，因霉变造成的粮食产后损失每年高达2100万吨（占粮食总产量4.2%），直接经济损失约为180亿到240亿元/年，间接损失超过1000亿元/年。霉菌毒素污染的普遍性和严重程度远远超过世界平均水平，且呈逐年上升趋势。造成霉菌毒素污染的因素很多，如：种植制度不合理，没有轮作、休耕、深翻措施，种植密度过大等；极端气候频发导致霉菌在田间发生概率增加；种植户缺乏适宜的干燥和储存条件；玉米酒精糟、小麦麸等霉菌毒素污染风险较大的副产物在饲料中普遍使用；饲料资源短缺和价格昂贵导致发霉原料难以按照卫生标准彻底禁用；陈化粮严重积压和发霉变质等。由于习惯上经常将不符合人类食用标准的霉菌毒素超标原料转为饲料原料饲喂动物，霉菌毒素对饲料安全的影响远远高于其对人类植物性食品安全的直接影响。饲料霉菌毒素污染不仅会引起动物肝肾脏病变、肠毒综合症、腺胃肌胃炎、繁殖障碍等疾病，还会在肉、蛋、奶等可食部位中残留，引发动物性食品安全问题。

传统物理化学脱毒方法存在效果不稳定、营养成分损失大、难以规模化生产等缺点。霉菌毒素污染控制急需一种效率高、特异性强以及对饲料和环境没有污染的消减技术。利用微生物或其产生的酶进行解毒具备以上优势，代表了生物解毒的新方向。已发现一些真菌、细菌及其代谢产生的酶能够体外降解某种霉菌毒素。但是，仍然存在难以解决的技术难题：这些具有降解作用的微生物不属于益生菌，不能直接添加；降解作用的微生物、微生物自身产生的降解酶或者重组蛋白技术表达的酶对温度敏感，在饲料制粒、膨化等加工过程中损失很大；功能单一，只对一种霉菌毒素有降解作用。国内外采用益生菌降解霉菌毒素的研究鲜有报道，对霉菌毒素蓄积转化规律、生物降解机理了解不够透彻，缺乏同时降解多种主要霉菌毒素的生物降解剂产品，有待建立涵盖产业链各环节的霉菌毒素污染风险管控体系。

本项目从霉菌毒素降解菌筛选、解毒作用机理、动物安全与有效性验证、生物降解剂创制、规模化发酵生产工艺、产业链风险管控体系、产业化应用等方面进行研究，为系统控制和解决饲料中霉菌毒素污染问题奠定基础。主要内容包括：

1）构建了霉菌毒素降解菌株资源库，优选得到高效降解主要霉菌毒素的益生枯草芽孢杆菌：采集土壤、霉变原料、动物粪便、食糜等自然生境样品512个，分离得到1099株备选菌株；建立了安全、快速的霉菌毒素降解菌株的筛选平台，首创了香豆素-黄曲霉毒素两步筛选黄曲霉毒素降解菌的新方法，提高了研发人员的安全防护水平；筛选并鉴定得到25株黄曲霉毒素降解菌、5株玉米赤霉烯酮降解菌、2株单端孢霉烯族毒素降解菌，针对三类毒素分别从中优选降解活性高、公认安全性好、益生作用强、抗逆性强的枯草芽孢杆菌亚种（Bacillus subtilis）ANSB060、ANSB01G、ANSB471，系统研究了其生物学特性。

2）阐明了三类霉菌毒素高效生物降解的作用机理和降解途径：通过基因克隆和重组蛋白表达技术得到黄曲霉毒素降解酶纯酶，阐明了枯草芽孢杆菌亚种（Bacillus subtilis）ANSB060高效降解不同构型黄曲霉毒素的新途径：该降解酶水解氧杂萘邻酮环上芳香内酯键和碳8位的甲氧基团，生成2,4-二羟基苯丙-二氢呋喃和1-羧酸-5-酮环戊烯或2-羧基戊酸；分离纯化得到玉米赤霉烯酮降解酶簇，阐明了枯草芽孢杆菌亚种（Bacillus subtilis）ANSB01G高效降解玉米赤霉烯酮的新途径：该酶簇催化酚羟基与谷氨酸的γ-羧基结合，进而催化内酯环水解、脱羧、羰基还原，生成L-谷氨酸-5-（3'-羟基-5'-(6"-羟基-1",9"-十一碳二烯基)）苄酯；分离纯化得到单端孢霉烯族毒素降解酶簇，阐明了枯草芽孢杆菌亚种（Bacillus subtilis）ANSB471降解多种单端孢霉烯族毒素的降解途径，该酶簇具有环氧键还原酶和乙酰基水解酶活性，使呕吐毒素（DON）、雪腐镰孢菌烯醇(NIV)、疣孢菌素（VER）分子中C12,13环氧键还原为不饱和双键，使镰孢菌烯酮(FUS)、双乙酸基藨草烯醇（DAS）、镰孢菌酸（NEO）同时发生去环氧键和去乙酰基反应。

3）优化了霉菌毒素降解菌发酵生产工艺参数，创制了复合多效霉菌毒素微生态降解剂：通过菌种驯化和培养基优化使枯草芽孢杆菌亚种（Bacillus subtilis）ANSB060、ANSB01G、ANSB471芽孢率分别达到93%、96%和93%；通过特殊的指数流加补料技术将发酵液中活菌数提高到109CFU/ml~1011CFU/ml；优化了规模化发酵和后处理工艺流程参数，创制出同时降解饲料中黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮和单端孢霉烯族毒素的新型微生态制剂，体外对三种毒素的降解率分别达到81%、85%和95%，回肠食糜中毒素分别减少49.2%、50.3%和75.1%，并实现了产业化。

4）验证了霉菌毒素降解剂及其降解产物的安全性，建立了饲料霉菌毒素生物安全综合管控体系：对三株菌降解产物进行安全性评价，证实黄曲霉毒素降解产物无免疫抑制作用和致突变活性，玉米赤霉烯酮降解产物无促催乳素分泌和致生殖器官水肿效应，呕吐毒素降解产物无致消化道水肿和抑制采食效应；通过蛋鸡、肉鸡、猪、鸭、奶牛、鱼等动物试验验证了降解剂缓解霉菌毒素中毒的有效性；系统总结动物对不同毒素敏感性、毒素转化残留规律、降解剂量效关系，提出了该制剂在饲料中的配套应用技术，建立了饲料霉菌毒素生物安全综合管控体系。

授权国家发明专利9 件；出版专著1部；发表论文40 篇（SCI 19 篇，总引266 次，他引238次）；成果技术成熟，全面改善动物健康水平和生产性能，显著减少霉菌毒素在肉、蛋、奶中残留，保障动物源性食品安全，实现了陈化粮和霉变原料的安全、高值化利用。累计推广生物降解剂11987.8吨，生物降解饲料2385.9万吨，取得了显著的经济、社会和生态效益。

**四、客观评价**

**1．管理部门和检索机构**

1.1 国家知识产权局：9项国家发明专利（附件1）

1.2国家标准《玉米干全酒糟（玉米DDGS）》GBT 25866-2010 （附件2）

1.3 发表学术论文40篇。其中SCI论文19篇，总引次数266次（单篇最高总引次数60次），他引次数238次（单篇最高他引次数56次）。（附件3）

**2．科技查新报告**

经教育部科技查新工作站点查新，得出以下查新结论：A.除本课题组人员发表的专利和文献外，国内外未见与本研究相同的降解黄曲霉毒素的枯草芽孢杆菌ANSB060和枯草芽孢杆菌ANSB324，及其应用的报道。B. 除本课题组人员发表的专利和文献报道外，国内外未见对饲料玉米赤霉烯酮（ZEA）降解活性高达85%的枯草芽孢杆菌 ANSB01G及其机理的报道。C. 除本课题组人员申请的专利和文献外，国内外未见将饲料95%以上的DON降解成无毒代谢产物的枯草芽孢杆菌ANSB471研究和应用的报道。D.除本课题组人员发表的专利和文献报道外，国内外未见橙红色粘球菌菌株（ANSM068）降解黄曲霉毒素B1及其机理的报道。E. 除本课题组人员发表的文献报道外，国内外未见将降解饲料AFT、ZEA和DON的3株芽孢杆菌进行工业化发酵生产，并与黄曲霉毒素降解酶配伍组合，研制出高效降解饲料霉菌毒素的生物降解剂，并已经获得饲料添加剂生产许可的同时降解饲料多种毒素的霉菌毒素生物降解剂的报道。（附件4：科技查新报告）

**3.国际同行对科研成果的评价**

加拿大麦吉尔大学教授、西北农林大学教授Xin Zhao在本领域国际顶尖期刊发表文章（Toxins 2016, 8, 300; doi:10.3390/toxins8100300）中指出“世界范围内除计成课题组发表文章外，很少有用微生物降解饲粮饲喂动物，缓解动物霉菌毒素中毒症”。加拿大农业部农业食品研究中心Ting Zhou 研究员在本领域国际顶尖期刊发表综述(Toxins 2017, 9, 130; doi:10.3390/toxins9040130)中评价指出“枯草芽孢杆菌ANSB01G 除了能降解饲料中赤霉烯酮外，还能耐受动物肠道环境，对大肠杆菌等病原菌产生抗菌活性物质，改善动物生产性能，商业应用价值广阔”。（附件5）

**3．成果评价结论**

2017年12月20日中国农学会组织印遇龙院士为组长、南志标院士和李德发院士为副组长的专家组对本科研成果进行了评价，评价结论： 饲料霉菌毒素污染严重威胁动物健康和食品安全。该成果针对霉菌毒素污染防控中存在的技术难题，进行了系统研究。总体技术水平达到国际先进，其中霉菌毒素生物降解剂创制、降解机理、解毒效果方面达到了国际领先水平。（附件6：科技成果评价证书）

**4. 重要科技奖励**5项（**附件7-11**）

4.1“霉菌毒素生物降解机理及饲料污染控制技术” 获2014-2015年度中华农业科技进步一等奖；

4.2“饲料主要霉菌毒素生物降解剂的创制与应用”获2017年度中国产学研合作创新成果奖一等奖；

4.3“饲料主要霉菌毒素生物降解剂的创制与应用”获2017年度北京市科技进步奖二等奖；

4.4专利成果《用于降解黄曲霉毒素的枯草芽孢杆菌》获得2015年度中国专利优秀奖；

4.5专著《霉菌毒素与饲料食品安全》获得第十届中国石油与化学工业优秀科技图书奖。

**五、推广应用情况、经济效益和社会效益**

**1．推广应用情况**

**1.1 发表文章的引用**

该项目发表学术论文40篇。其中SCI论文19篇，总引次数266次（单篇最高总引次数60次），他引次数238次（单篇最高他引次数56次）。

**1.2成果推广规模**

该项目成果主要应用在饲料生产和动物养殖领域，主要应用于生产猪、鸡、鸭饲料、肉牛、奶牛饲料、鱼虾等动物饲料的饲料企业，及各类型规模化单胃动物、反刍动物和水产动物养殖企业和农村散养户。

根据动物对毒素的敏感性不同，本技术成果目前共开发出两大系列12个产品剂型，分别为河南亿万中元生物技术有限公司开发的霉立解系列产品6个（猪用型粉剂、鸡用型粉剂、鸭用型粉剂、反刍动物用粉剂、水产动物用粉剂、液态霉立解），北京科润生科技发展有限公司开发的百霉解系列产品6个（黄曲霉毒素增强型、玉米赤霉烯酮增强型、呕吐毒素增强型、免疫调节型、繁殖增强型、多效复合型）。

该项目成果推广应用到全国约29 省市。用户包括500余家饲料生产企业和2000 多家养殖企业。2016年获得出口许可证后，产品还出口到柬埔寨、越南、菲律宾等国家。典型应用企业包括四川铁骑力士实业有限公司、环山集团股份有限公司、辽宁禾丰牧业股份有限公司、中粮饲料有限公司、深圳市金新农科技股份有限公司、新疆天康饲料科技有限公司、广州南宝饲料有限公司、北京市华都峪口禽业有限责任有限公司、北京金星鸭业有限公司、浙江天蓬集团有限公司、福建丰泽农牧饲料有限公司、河南广联农牧集团有限公司、安徽荣达禽业开发有限公司等多家农牧龙头企业。

饲料养殖企业根据该成果提出的霉菌毒素污染风险综合防控体系，根据原料卫生质量、动物敏感性、毒素转化残留规律、生物降解剂量效关系、食品安全要求等按需精准添加生物降解剂，开发生物降解型仔猪料、育肥猪料、繁殖母猪料、种公猪料、肉仔鸡料、生长育肥鸡料、蛋雏鸡料、产蛋高峰期料、产蛋后期料、肉鸭、蛋鸭、奶牛、肉牛、鱼虾料等饲料产品，并进行产业化应用。

根据应用单位出具的应用证明，中国农业科学院农业经济与发展研究所测算表明，从2012-2017年，该项目成果推广生物降解剂11987.8吨，生物降解饲料2385.9万吨，已获得直接经济效益23.93亿元，间接经济效益39.14亿元。

**主要典型应用单位情况**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **应用单位名称** | **应用技术** | **应用起止时间** | **应用情况** |
| 河南亿万中元生物技术有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2006-2017 | 累计生物降解剂10361吨，累计生物降解型饲料45.3万吨；饲料生物降解剂新增销售额2.59亿元，新增利润1.55亿元，饲料新增销售额14.19亿元，新增利润0.68亿元 |
| 辽宁禾丰牧业股份有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2008-2017 | 累计生物降解型饲料443.98万吨；新增销售额135.21亿元，新增利润1.50亿元 |
| 四川铁骑力士实业有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2008-2017 | 累计生物降解型饲料691.05万吨；新增销售额207.67亿元，新增利润6.91亿元 |
| 山东环山集团有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2007-2017 | 累计生物降解型饲料284.42万吨；新增销售额87.38亿元，新增利润2.64亿元 |
| 北京科润生科技发展有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品 | 2009-20000 | 累计生物降解剂1626.8吨，饲料生物降解剂新增销售额0.81亿元，新增利润0.11亿元 |
| 深圳市金新农饲料股份有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2010-2017 | 累计生物降解型饲料50.89万吨；新增销售额17.81亿元，新增利润0.55亿元 |
| 新疆天康饲料科技有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2011-2017 | 累计生物降解型饲料130万吨；新增销售额39亿元，新增利润0.23亿元 |
| 广东南宝集团饲料公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2010-2017 | 累计生物降解型饲料204万吨；新增销售额61.20亿元，新增利润0.63亿元 |
| 中粮饲料有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2011-2017 | 累计生物降解型饲料339.1万吨；新增销售额103.43亿元，新增利润0.61亿元 |
| 北京市华都峪口禽业有限责任公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2012-2017 | 累计生物降解型饲料36.4万吨；新增销售额9.76亿元，新增利润0.63亿元 |
| 浙江天蓬集团有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2011-2017 | 累计生物降解型饲料46.31万吨；新增销售额13.89亿元，新增利润2.34亿元 |
| 北京金星鸭业有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2010-2017 | 累计生物降解型饲料24万吨；新增销售额6.72亿元，新增利润0.16亿元 |
| 福建丰泽农牧饲料有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2008-2017 | 累计生物降解型饲料339万吨；新增销售额101.70亿元，新增利润0.34亿元 |
| 安徽荣达禽业开发有限公司 | 霉菌毒素生物降解剂产品及饲料 | 2012-2017 | 累计生物降解型饲料14.1万吨；新增销售额3.95亿元，新增利润0.09亿元 |

**2．近三年经济效益**

单位：万元人民币

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 自 然 年 | 完成单位 | 其他应用单位 |
| 新增销售额 | 新增利润 | 新增销售额 | 新增利润 |
| 2015 年 | 870639.0 | 31972.8 | 620982.5 | 13710.0 |
| 2016 年 | 1358948.7 | 47614.9 | 829015.8 | 18537.2 |
| 2017 年 | 1567293.8 | 53476.6 | 921416.9 | 22062.1 |
| 累 计 | 3796881.4 | 133064.3 | 2371415.2 | 54309.3 |
| 主要经济效益指标的有关说明： 完成单位的经济效益根据项目完成单位、典型应用单位提供的应用证明材料，并经中国农业科学院农业经济与发展研究所测算的直接经济效益。计算公式如下：新增销售额=生物降解剂新增销售额+生物降解型饲料新增销售额+健康养殖新增销售额生物降解剂新增销售额=∑(降解剂单位价格×当年累计降解剂销售量)生物降解型饲料新增销售额=∑(降解型饲料单位价格×当年累计降解型饲料销售量)健康养殖新增销售额=∑（养殖动物单位价格×当年增产养殖动物数量）新增利润=生物降解剂新增利润+生物降解型饲料新增利润+健康养殖新增利润生物降解剂新增利润=∑(降解剂单位利润×当年累计降解剂产销量)生物降解型饲料新增利润=∑(降解型饲料单位利润×当年累计降解型饲料产销量)健康养殖新增利润=∑（养殖动物单位利润×当年增产养殖动物数量）该项科研成果已获得直接经济效益23.93亿元（其中2015-2017年18.74亿元） 。 |
| 其他经济效益指标的有关说明：本项目的间接经济效益为养殖场（户）采用本成果后的所带来的经济效益，并考虑到贴现和缩值。已获间接经济效益的计算公式为：已获间接经济效益=(单位规模新增纯收益×缩值系数×已推广的有效益规模—已投入的推广费用) ×贴现系数—已推广期间应分摊的科研费用；已推广期间应分摊的科研费用=（已推广规模/可能的推广总规模）×总科研费用复利值我国农业科研成果缩值系数一般取值0.6~0.8，本项目取0.8。预测期间应分摊的科研费用=总科研费用复利值－已推广期间应分摊的科研费用。该项科研成果已获得间接经济效益39.14亿元（其中2015-2017年29.76亿元） 。 |
| **注：新增销售额**指完成单位技术转让收入及应用单位应用本项目技术所生产的产品或服务销售额；**新增利润**指新增销售额扣除相关产品或服务的成本、费用和税金后的余额。 |

**3．社会效益**

1）主办国际霉菌毒素论坛（2015 郑州）、2016 国际饲料原料应用大会、第一届（2012 北京）和第二届（2013 年北京）中西畜产品质量安全-霉菌毒素消减技术论坛，参加第一届中国真菌毒素大会（2016 北京）、中国科普日食品安全大讲堂（2012 北京）等国际国内会议并做报告，普及霉菌毒素污染危害及防控知识。受农业部、北京市畜牧总站、省市饲料协会、饲料和养殖企业等单位委托培训国际国内技术人才约1.2万人次；为农业部、畜牧站及饲料原料主管部门、科研单位、饲料和养殖企业等检测样品30000 多个批次；

2）霉菌毒素生物降解添加剂和生物降解型饲料的推广应用可使饲料中主要霉菌毒素综合降解率达到80％以上，减少动物霉菌毒素慢性中毒症70％以上，提高蛋禽产蛋量5％以上，提高肉鸡、猪等日增重7％以上，改善饲料转化效率10％以上，实现AFT、ZEA 和DON 等毒素及其代谢产物在肉、蛋、奶中残留低于检测限，并通过减少继发感染提高动物成活率2％以上，减少治疗药物用量。因此，该项目成果推广应用可为养殖场户增加收入。这部分收入可以通过计算候选单位和应用单位的生物降解型饲料中非自用部分的生产销售量进行估算。不同企业单位规模社会效益（元/吨）存在差异（70-320 元/吨生物降解型饲料），为了简便计算采用其算术平均值192.41元/吨进行估算。中国农业科学院农业经济与发展研究所经济效益评价报告测算结果表明：所有应用单位合计，2012-2017年期间累计39.14亿元。

3）有利于尽快解决库存陈化玉米、小麦等霉菌毒素超标不能被人和动物利用的问题，按照陈化粮库存3 亿吨估算，可以按照霉菌毒素污染综合防控体系估算生物降解添加剂适宜用量，将其转化为生物降解饲料，按照每吨陈化粮通过转化增值100 元计算，可以创造社会效益300 亿元。

4）项目成果推广应用可以实现毒素及其代谢产物在肉、蛋、奶中残留量低于检测限，大大提升了畜禽、水产品等动物源性食品安全性，有利于人类的身体健康。

5）采用该成果产品后，还可减少动物体内毒素外排，缓解了霉菌毒素对畜舍及其周边环境的污染。

**六、主要知识产权证明目录（不超过10件）**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 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 | 用于降解黄曲霉毒素的枯草芽孢杆菌及其分泌的活性蛋白 | 中国 | ZL 201010539983.8 | 2012.3.7 | 918792 | 中国农业大学 | 马秋刚, 雷元培, 计成, 赵丽红, 高欣 | 有效 |
| 发明专利 | 同时降解玉米赤霉烯酮和纤维素的枯草芽孢杆菌及其应用 | 中国 | ZL 201010620651.2 | 2012.5.23 | 951099 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 计成，马秋刚，雷元培，赵丽红，高欣 | 有效 |
| 发明专利 | 一株高效降解呕吐毒素的枯草芽孢杆菌及其应用 | 中国 | ZL 201310169636.4 | 2015.4.8 | 1627804 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 计成，马秋刚，赵丽红，李笑樱。 | 有效 |
| 发明专利 | 一种筛选降解黄曲霉毒素B1细菌的方法 | 中国 | ZL 200910087595.8 | 2010.7.28 | 653086 | 中国农业大学 | 计成, 关舒, 马秋刚, 赵丽红, 王宁, 牛天贵, 梁志宏, 李俊霞 | 有效 |
| 发明专利 | 用于降解黄曲霉毒素B1的粘球菌菌株及其活性蛋白 | 中国 | ZL 200910092920.X | 2010.9.22 | 674993 | 中国农业大学 | 马秋刚, 计成, 赵丽红, 关舒, 牛天贵 | 有效 |
| 发明专利 | 用于降解黄曲霉毒素的枯草芽孢杆菌 | 中国 | ZL 200910242938.3 | 2010.11.3 | 694167 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 计成, 马秋刚, 高欣, 赵丽红, 雷元培 | 有效 |
| 发明专利 | 枯草芽孢杆菌ANSB060的应用 | 中国 | ZL 201010129783.5 | 2012.11.28 | 1088427 | 计成, 马秋刚, 高欣,董军，王强，张艳，黎敏 | 计成, 马秋刚, 高欣,董军，王强，张艳，黎敏 | 有效 |
| 发明专利 | 一株高效降解呕吐毒素的枯草芽孢杆菌及其应用 | 中国 | ZL 201310169636.4 | 2015.4.8 | 1627804 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 计成，马秋刚，赵丽红，李笑樱。 | 有效 |
| 发明专利 | 枯草芽孢杆菌ANSB0E1及其应用 | 中国 | ZL 201310676784.5 | 2015.8.5 | 1745291 | 中国农业大学 | 计成，张建云，雷元培，马秋刚， 赵丽红 | 有效 |

**七、主要完成人情况表**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 姓名 | 排名 | 职务/职称 | 工作单位/完成单位 | 对本项目技术创造性贡献 |
| 马秋刚 | 1 | 副系主任/副教授 | 中国农业大学 | 对创新点1,2,3,4均有贡献 |
| 计 成 | 2 | 教授 | 中国农业大学 | 对创新点1,2,3,4均有贡献 |
| 赵丽红 | 3 | 副教授 | 中国农业大学 | 对创新点1,2,3,4均有贡献 |
| 杨振海 | 4 | 站长 | 全国畜牧总站 | 对创新点4有贡献 |
| 陈 余 | 5 | 副站长 | 北京市畜牧总站 | 对创新点1,4均有贡献 |
| 金卫东 | 6 | 董事长 | 辽宁禾丰牧业股份有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 陈俊海 | 7 | 董事长 | 深圳市金新农饲料股份有限公司/中国农业大学 | 对创新点4有贡献 |
| 郑文革 | 8 | 总经理 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 鲍英慧 | 9 | 技术总监 | 环山集团股份有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 杨玉峰 | 10 | 技术总监 | 四川铁骑力士实业有限公司 | 对创新点4有贡献 |

**八、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **序号** | **单位名称** | **创新推广贡献** |
| 1 | 中国农业大学 | 对创新点1,2,3,4均有贡献 |
| 2 | 全国畜牧总站 | 对创新点4有贡献 |
| 3 | 北京市畜牧总站 | 对创新点1,4有贡献 |
| 4 | 河南亿万中元生物技术有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 5 | 四川铁骑力士实业有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 6 | 环山集团股份有限公司 | 对创新点4有贡献 |
| 7 | 辽宁禾丰牧业股份有限公司 | 对创新点4有贡献 |

**九、完成人合作关系说明**

1. 马秋刚、计成、赵丽红分别为本成果的第一、二、三完成人。计成是该项目工作前期的主要组织者，马秋刚是该项目工作后期的主要组织者，马秋刚、计成、赵丽红都是该项目的具体实施者。合作完成了黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、单端孢霉系族毒素等降解菌筛选、发酵条件优化、降解产物分析、安全有效性评价等内容。
2. 马秋刚、陈余分别作为成果的第一和第四完成人，组织实施了北京市饲料霉菌毒素污染调研、霉菌毒素生物降解剂推广示范和产业化应用等工作。
3. 马秋刚、计成、郑文革、赵丽红分别作为第一、第二、第六和第三完成人，组织实施了本成果的产业化工作。其中郑文革负责资金筹措、生产线建设、组织生产、推广应用；马秋刚负责生产线调试和试生产；赵丽红负责中试线建设和产品效果验证；计成负责产品开发并为产业化全过程提供技术指导。
4. 马秋刚、计成、杨振海分别作为第一、第二和第四完成人，负责全国饲料霉菌毒素污染调研、霉菌毒素限量标准制修订、生物降解剂的精准使用方案等。
5. 杨振海、杨玉峰分别作为第四和第十完成人，负责西南地区饲料霉菌毒素污染调研、成果的推广应用，杨振海负责总体规划，杨玉峰负责成果的推广应用。
6. 杨振海、金卫东分别作为第四和第七完成人，负责东北华北地区霉菌毒素污染调研、成果的推广应用，杨振海负责总体规划，金卫东负责成果的推广应用。
7. 杨振海、鲍英慧分别作为第四和第六完成人，负责华东地区霉菌毒素污染调研、成果的推广应用，杨振海负责总体规划，鲍英慧负责成果的推广应用。
8. 马秋刚、计成、郑文革、金卫东、鲍英慧、陈俊海、杨玉峰分别作为第一、二、六、七、八、九和十完成人，负责生物降解剂产品效果验证，并总结相关技术资料。

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者 | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 合作研究 | 马秋刚，计成，赵丽红 | 2006.1 | 合作完成了黄曲霉毒素、玉米赤霉烯酮、单端孢霉系族毒素等降解菌筛选、发酵条件优化、降解产物分析、安全有效性评价等内容。获得10项授权发明专利，发表SCI论文20篇 | 主要知识产权证明目录1-10，SCI论文目录1-19 |  |
| 2 | 合作调研 | 马秋刚、陈余 | 2008.3 | 组织实施了北京市饲料霉菌毒素污染调研、霉菌毒素生物降解剂推广示范和产业化应用等工作。合作发表中文核心期刊文章4篇 | 核心期刊论文目录8-11 |  |
| 3 | 合作研究 | 马秋刚、计成、郑文革、赵丽红 | 2008.6 | 共同组织实施本成果的产业化 | 生产许可证、批准文号、推广应用证明1 |  |
| 4 | 合作研究 | 马秋刚、计成、杨振海、郑文革 | 2016.5 | 负责全国饲料霉菌毒素污染调研、霉菌毒素限量标准制修订、生物降解剂的精准使用方案等。 | 见附件《推动霉菌毒素生物降解技术研发和产业化产学研合作协议》 |  |
| 5 | 合作研究 | 杨振海、杨玉峰 | 2009.12 | 西南地区饲料霉菌毒素污染调研、饲料霉菌毒素生物安全综合管控体系建设、成果的推广应用 | 推广应用证明2 |  |
| 6 | 合作研究 | 杨振海、金卫东 | 2010.6 | 东北华北地区霉菌毒素污染调研、饲料霉菌毒素生物安全综合管控体系建设、成果的推广应用 | 推广应用证明3 |  |
| 7 | 合作研究 | 杨振海、鲍英慧 | 2011.9 | 华东地区霉菌毒素污染调研、饲料霉菌毒素生物安全综合管控体系建设、成果的推广应用 | 推广应用证明4 |  |