**国家科学技术奖提名公示内容**

**（2019年度科技进步奖）**

1. **项目名称：**

畜禽粪污堆肥工业化技术装备创建与应用

1. **提名者：**

北京大北农科技集团股份有限公司

1. **提名意见**

2016年12月21日中央财经领导小组第十四次会议上习总书记指示：“加快推进畜禽养殖废弃物处理和资源化，关系6亿多农村居民生产生活环境，关系农村能源革命，关系能不能不断改善土壤地力、治理好农业面源污染”；紧接着今年6月份国务院办公厅出台《关于加快推进畜禽养殖废弃物资源化利用的意见》，反映出国家对养殖污染治理和发展生态循环农业的高度重视。

该项目针对目前养殖场的畜禽粪污存在的环境污染严重、肥料化利用技术落后、工业化水平低等问题，开展了畜禽粪污堆肥工业化技术装备创建与应用，通过五家单位近20年的联合攻关，揭示了外源微生物与添加物质促进堆肥升温、除臭、减排的原位调控机制，构建了高效、低成本并且能够适应不同粪便和粪水类型的关键工业化技术体系，研发出畜禽粪污处理的核心配套装备，提出了典型养殖场粪污工业化处理和利用的技术路线，实现了粪污处理的工业化和自动化。本项目经中国农学会组织的成果评价会鉴定，专家一致认为项目整体思路和关键技术处于国际领先水平。

中国农业大学资源与环境学院李季教授领导的项目团队长期从事农业废弃物方面的研究开发工作，连续主持了“十一五”、“十二五”和“十三五”国家科技支撑和重点研发等多个项目，取得了突出的成绩。在农业废弃物肥料化利用领域居国内领先地位。

我单位认真审阅了该成果推荐书及附件材料，确认全部材料真实有效，对照国家科技进步奖授奖条件，提名该项目为国家科学技术进步奖二等奖。

**四、项目简介**

我国每年养殖粪污产生量高达38亿吨，已成为生态文明建设和农业绿色发展的主要限制因素。发达国家在遵循种养结合原则下通过好氧、厌氧发酵技术已基本解决粪污产生与消纳的问题，而我国仍然处在由单一环保治理向环保和农业结合转变的过程中，存在整体解决方案缺乏、工艺装备落后、技术与工程脱节等问题。本项目紧紧围绕快速好氧堆肥过程及机理、工业化堆肥技术体系以及核心装备研制，取得了系统的理论、技术与应用成果，解决了堆肥工业化的技术瓶颈，为养殖粪污资源化利用提供了理论和技术支撑。

**1、揭示了外源微生物与添加功能材料促进堆肥升温、除臭、减排的原位调控机制，为建立高效生物堆肥技术体系提供了科学依据。**根据好氧堆肥“底物-微生物-温度”响应关系，建立了“细菌-真菌复合培养”方法，驯化筛选出适合于常温和低温不同环境条件的微生物菌株，研发出适用于工业化应用的系列堆肥接种剂产品；阐明了堆肥过程中碳、氮、硫挥发性气体的排放规律，明确了外源物质除臭、减排的原位调控机制；复合微生物菌剂产品在全国491家企业得到应用，占国内市场10%以上。

**2、构建了适应不同粪便和粪水类型的堆肥工业化技术体系，为我国养殖粪污肥料化利用提供了可靠的技术保障。**分别构建适合大中型养殖场畜禽粪便处理的连续动态槽式和中小型规模的密闭式反应器堆肥技术体系。重点研发了槽式分段间歇和反应器分层自动曝气工艺，开发了温-湿-氧在线自动监测及PLC模块化自动控制程序。连续动态槽式和反应器堆肥技术体系可以将发酵周期分别缩短至15天和7天，单位时间内堆肥处理效率提高20%以上，堆肥产品养分含量增加15%以上，可减排40%以上的氨挥发；主持编制了农业农村部行业标准《畜禽粪便堆肥技术规范》。建立了“微生物巢”异位发酵床技术体系，集成了输送、布料、补料、搅拌、出料、自动控制等为一体的技术与装备，粪水负荷量达20 kg/m3/d，实现了养殖场粪水的零排放，该技术已累积示范应用于300余家规模化养殖场，并被列为农业农村部2018年十项重大引领性农业技术。

**3、研发了连续动态槽式和密闭式反应器等核心堆肥装备，为整县制不同规模粪污处理提供了多元化解决方案。**首创了连续动态槽式堆肥系统，集成了精准配料、生物接种、矩阵布料、分段曝气、翻堆移位、在线监测、臭气控制和智能控制等核心装备；率先研制出适用于高湿物料（含水量≥80%）的一体化智能密闭式堆肥反应器系统，集成了液压驱动、桨叶搅拌、分层曝气、余热回用、生物干化、臭气处理、在线监测和智能控制等关键技术与装备，累计推广186台套。

项目共获得授权专利25项，其中发明专利20项；出版专著7本，发表研究论文227篇，其中SCI论文79篇；获省部级以上奖励6项；取得各类标准5项，微生物及肥料登记证13项；取得科技成果评价5项，其中2项达到国际领先，3项达到国际先进。近五年综合经济效益约147亿元，核心技术作为农业农村部主推技术被广泛应用，累计培训 1.1万人次。部分成果获得“大北农环境工程一等奖”和“山东省科技进步一等奖”。

**五、客观评价**

**（一）项目成果评价**

2017年8月，中国农学会组织专家对中国农业大学等单位完成的“养殖场畜禽粪污一体化处理及循环利用关键技术研究与应用”项目进行了科技成果评价，邀请李德发院士、印遇龙院士和李文华院士等为评价组专家，认为该成果在快速好氧发酵、养殖粪污微生物巢处理、典型养殖场粪污一体化处理和利用技术路线等方面达到国际领先水平。

2017年4月，中科合创（北京）科技成果评价中心组织专家对北京沃土天地生物科技股份有限公司等单位完成的“生物堆肥减排关键技术、装置及新产品开发”项目进行了科技成果评价，认为该成果在堆肥温室气体减排、密闭式堆肥反应器等方面居于国际领先水平。

**（二）曾获科技奖励**

1、养殖粪污生物机械一体化处理关键技术及装备研发和应用，第十届大北农科技奖，2017；

2、规模化畜禽粪污生物处理关键技术研究、设备开发与示范应用，山东省科技进步奖一等奖，2017；

**（三）查新报告**

中国农业科学院科技文献信息中心的查新检索结果表明：该项目建立的堆肥复合微生物菌剂、新型氮素损失控制材料与方法、快速堆肥技术体系、“微生物巢”异位发酵床处理技术、连续动态槽式堆肥系统和密闭式筒仓反应器堆肥系统具有新颖性。

**（四）应用单位评价**

**行业协会评价**

中国畜牧业协会评价概要：“作为国家畜禽养殖废弃物资源化处理科技创新联盟合作团队，承担了‘粪污堆肥处理与有机肥利用’方向的行业工作，带领粪污肥料化利用相关单位和成员进行了行业现状调研、技术创新和应用推广等开创性工作，编制完成了国内首部农业行业标准《畜禽粪便堆肥技术规范》（报批稿）和《异位发酵床技术规范》（预审稿），为近年来国家畜禽粪污处理和资源化利用行业发展做出了突出贡献”。

**推广部门评价**

山东省畜牧总站、福建省畜牧总站，山东土肥总站、广东土肥总站、湖南省土肥总站等评价概要：“推动我省规模化堆肥厂崛起和发展，快速堆肥技术、通风系统、菌剂及堆肥设备先后在我省新兴润田、东莞圣茵、广州奥特、东莞大众等数十家企业推广运用”；“高效快速堆肥技术带动了我省堆肥产业化发展，被上百家规模化堆肥厂推广使用，有效缩短了堆肥时间，降低了堆肥成本；技术达国际先进水平，设备智能安全可靠；带来了可观经济效益，实现了环境效益和经济效益完美结合”。

农业农村部将“异位发酵床处理猪场粪污技术”列为2018年十项重大引领性农业技术。

**（五）论文和著作评价**

中国农科院农业信息研究所出具的学术论文国内外影响力评价报告表明：中国农业大学堆肥团队国际和国内发文量均居第1位。

《堆肥工程实用手册》由化工出版社分别于2005年和2011年（第2版）出版，发行量10000册，迄今为止是国内堆肥行业唯一的工具书。

**（六）标准**

农业农村部行业标准：《畜禽粪便堆肥技术规范》。

山东省地方标准：《养殖场粪污处理与利用技术规范：猪场粪污》（DB37/T 2666—2015）。

沃土生物企业标准：《链板式翻堆机》（Q/VTFDJ0001-2016）、《出料移行车》（Q/VTYHC0002-2016）、《槽式自动布料系统》（Q/VTBLJ0003-2016）。

**（七）检测报告**

**1、产品登记证书**

（1）国家重点新产品证书

VT有机物料腐熟剂2014年获中关村国家自主创新示范区新技术新产品（服务）证书(XCP2014SW0002-HD)。

（2）产品获得的行业许可文件

2005年获VT菌剂（液体）肥料登记证（微生物肥(2005)准字(0197)号）；2011年，获VT微生物菌剂（粉剂）肥料登记证（微生物肥(2011)临字(1283)号）和VT复合微生物肥料（液体）肥料登记证（微生物肥(2011)临字(1309)号）。

**2、设备鉴定**

VTFDL-4链板式翻堆机；VTFYT-90密闭式筒仓堆肥反应器；VTFYT-120密闭式筒仓堆肥反应器

**3、其它证书**

计算机软件著作权登记证书“北京沃土堆肥自动控制软件（VOTO Compsoft）V2.0。

**六、应用情况**

**1．应用情况**

堆肥复合微生物菌剂（VT1000）已应用于国内491家企业，累计菌剂销售量达到8000余吨，近4年菌剂销售量达4000余吨；连续动态槽式发酵系统在国内推广84台套设备，一体化智能堆肥反应器在国内推广102台套，养殖粪污“微生物巢”异位发酵处理技术在国内300多家养殖场得到应用。经统计，以上堆肥相关技术成果已在全国550余家企业得到推广应用，近三年累计废弃物处理量达到1450万吨。主要应用单位情况如下：

表2 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 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 槽式技术服务、菌剂 | 应用对象：养殖固体废弃物资源化利用工程与技术服务 | 2001年-2018年 | 任莉  13124712361 |
| 2 | 山东亿安生物工程有限公司 | 异位发酵床技术、菌剂 | 应用对象：养殖粪污资源化利用工程与技术服务 | 2007年-2018年 | 魏茂莲  15668366770 |
| 3 | 广西金穗生物科技有限责任公司 | 槽式工艺、设备 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：10万吨/年 | 2011年-2018年 | 邓为忠  13907818518 |
| 4 | 山东大地乳业有限公司 | 槽式工艺、设备、菌剂 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：3万吨/年 | 2012年-2018年 | 聂仁武  15166261388 |
| 5 | 河北根力多生物科技股份有限公司 | 槽式工艺、设备 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：3万吨/年 | 2014年-2018年 | 张建荣  13931301612 |
| 6 | 广东温氏润田有机肥公司 | 槽式工艺、设备 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：20万吨/年 | 2010年-2018年 | 李世坤  13417990096 |
| 7 | 长沙浩博生物技术有限公司 | 槽式工艺、设备、菌剂 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：20万吨/年 | 2009年-2018年 | 张修厚  13637484969 |
| 8 | 武汉合缘绿色生物股份有限公司 | 槽式工艺、设备、菌剂 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：10万吨/年 | 2010年-2018年 | 杨涛  13437106315 |
| 9 | 滨州市京阳生物肥业有限公司 | 菌剂 | 应用对象：养殖废弃物处理  菌剂销售量：40吨 | 2013年-2018年 | 商红  15254388708 |
| 10 | 云南云叶化肥股份有限公司 | 槽式工艺、设备、菌剂 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：10万吨/年  菌剂销售量：7万吨 | 2010年-2018年 | 尚俞丽  13888848480 |
| 11 | 山东商道生物科技股份有限公司 | 槽式工艺、设备 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：10万吨/年 | 2010年-2018年 | 吴金娟  13356659803 |
| 12 | 四川省田宝生物科技有限公司 | 反应器 | 应用对象：养殖废弃物处理  菌剂销售量：20吨 | 2012年-2018年 | 杨天宝  13035658674 |
| 13 | 河南柳江生态牧业股份有限公司 | 反应器 | 应用对象：养殖废弃物处理  销售量：8台 | 2015年-2018年 | 胡海平  13903923230 |
| 14 | 福建农科农业发展有限公司 | 异位发酵床 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：12万吨/年 | 2014年-2018年 | 戴文霄  13959193266 |
| 15 | 山东福祖生物科技有限公司 | 异位发酵床 | 应用对象：养殖废弃物处理  处理规模：70 万吨/年 | 2013年-2018年 | 衣红芝  13963885272 |

**2．经济效益和社会效益**

**经济效益：**本项目自2001年开始至今，项目新增经济效益388.02亿元，近5年新增经济效益147.56亿元；其中本项目完成单位北京沃土与山东亿安自2001年至今的合同总收入为15.09亿元。本项目技术和设备在应用于上述15家主要企业后，近三年累计为各企业新增销售额约30.29亿元，新增利润约4.62亿元，本部分效益计算方法为：（1）新增经济效益=合同金额总和+肥料生产增加效益+肥料施用增加效益；（2）新增销售额=应用本项目技术所生产的产品销售量×销售价格；（3）新增利润=新增销售额-产品的成本、费用和税金。

**社会效益**：自2004年以来，在全国各地共举办了13届全国堆肥工程与技术研讨会和4期堆肥技术培训班，累计培训了3000余名技术人员，引领和推动了我国堆肥产业的不断升级和壮大，极大地推动了我国有机肥行业的快速发展。2015年举办了全球首次国际大型堆肥会议，吸引了共500名（包括海外120余名）堆肥学者和企业代表参加，推动了国际堆肥科研及产业界的紧密合作。依托农业部国家畜禽废弃物资源化利用科技创新联盟，在全国各地开展了累计10余次堆肥技术培训会议，培训人数合计4000余人，为各地畜禽粪污处理和利用提供了有力的技术支撑。组织牵头制定了国内首部农业行业标准《畜禽粪便堆肥技术规范》，该标准不仅能用来指导未来大批养殖场的堆肥设施建设，有利于养殖行业的健康发展，而且为养殖企业与种植基地及有机肥企业搭建了合作途径。通过该项目成果的推广应用，累计解决劳动就业10万人以上；累计推广种植面积约为28495万亩，作物平均增产率约15%。

**环境效益**：10余年来累计消纳固体有机废弃物8548.4多万吨，实现COD减排6.42万吨，总氮磷钾污染减排34.6万吨，温室气体排放量减少达336.1万吨CO2当量，减排率达55%以上，显著降低当地农业环境污染负荷；累计减少化肥用量288.4万吨（折合58亿元），有效减少了农业面源污染，改善了我国生态环境。

**七、主要知识产权和标准规范等目录**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 知识产权（标准）类别 | 知识产权（标准）具体名称 | 国家  （地区） | 授权号（标准编号） | 授权（标准发布）日期 | 证书编号 （标准批准发布部门） | 权利人（标准起草单位） | 发明人（标准起草人） | 发明专利（标准）有效状态 |
| 发明专利 | 一种好氧堆肥反应器 | 中国 | ZL 2008 1 0103134.0 | 2010/12/8 | 710126 | 中国农业大学 | 李季；高小弟；彭生平；张琴；徐智；张陇利 | 有效 |
| 发明专利 | 一种用于堆肥发酵的复合微生物菌剂及其生产方法和用途 | 中国 | ZL 2006 1 0078588.8 | 2009/3/4 | 475600 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 李季；康文力；彭生平 | 有效 |
| 发明专利 | 一种利用复合微生物巢处理粪水的方法 | 中国 | ZL 2014 1 0396029.6 | 2016/5/18 | 2072777 | 济南亿安生物研究所 | 刘务彪；李有志；潘登；张淑二；宫献智；刘丽芬；张涛 | 有效 |
| 发明专利 | 堆肥过程中控制氮素损失的方法和固定剂 | 中国 | ZL 2010 1 0519832.6 | 2011/4/27 | 1212233 | 中国农业大学 | 李国学； 张红玉； 马志宏 | 有效 |
| 发明专利 | 一种耐低温纤维素降解菌及其应用 | 中国 | ZL 2012 1 0087077.8 | 2015/8/12 | 1750758 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 李季；尚晓瑛；任莉；王莉瑛 | 有效 |
| 发明专利 | 一种猪舍发酵床及其应用 | 中国 | ZL 2008 1 0115483.4 | 2011/8/17 | 827521 | 中国农业大学 | 彭生平；李季；高小弟；康文力 | 有效 |
| 计算机软件著作权 | 北京沃土堆肥自动控制软件 | 中国 | 软著登字第1776421号 | 2017/05/19 | 中华人民共和国国家版权局 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 |  | 有效 |
| 论文 | Combined use of nitrification inhibitor and struvite crystallization to reduce the NH3 and N2O emissions during composting | 中国 |  | 2016/11/14 |  | 中国农业大学 | Tao Jiang , Xuguang Ma , Qiong Tang, Yang Juan, Guoxue Li, Schuchardt, Frank | 有效 |
| 论文 | Effect of adding Lactobacillus plantarum and soluble carbohydrates to swine manure on odorous compounds, chemical composition and indigenous flora | 中国 |  | 2006 |  | 中国农业大学 | Huang Can, Li Ji, Kang Wenli, Tang Xinyan | 有效 |
| 山东地方标准 | 养殖场粪污处理与利用技术规范猪场粪污 | 中国山东 | DB37/T2666-2015 | 2015/4/20 | 山东省质量技术监督局 | 山东省畜牧总站 | 李有志、侯世忠、李强、郭艺璇、孙仁修、陶安勇 | 有效 |

**八、主要完成人情况**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **姓名** | **排名** | **行政职务** | **技术职称** | **工作单位** | **完成单位** | **对本项目技术创造性贡献** |
| 李季 | 1 |  | 教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 项目主持人，负责项目的总体实施 |
| 李国学 | 2 | 系主任 | 教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 堆肥减排规律、调控机制 |
| 李有志 | 3 | 所长 | 研究员 | 山东省兽药质量检验所 | 山东亿安生物工程有限公司 | “微生物巢”异位发酵床技术 |
| 杨振海 | 4 | 站长 | 畜牧师 | 全国畜牧总站 | 全国畜牧总站 | 粪污处理技术标准制定及推广 |
| 许艇 | 5 | 无 | 教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 堆肥安全检测 |
| 李彦明 | 6 | 副站长 | 副教授 | 中国农业大学 | 中国农业大学 | 堆肥过程控制 |
| 李吉进 | 7 | 主任 | 研究员 | 北京市农林科学院植物营养与资源研究所 | 北京市农林科学院 | 堆肥配方及工艺 |
| 彭生平 | 8 | 董事长 | 高级农艺师 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 堆肥设备研发 |
| 李涛 | 9 | 副站长 | 研究员 | 山东省土壤肥料总站 | 山东亿安生物工程有限公司 | “微生物巢”处理技术研究与应用 |
| 张陇利 | 10 | 副总经理 | 工程师 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 堆肥设备研发 |

**九、主要完成单位及创新推广贡献**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **主要完成单位** | **排序** | **创新推广贡献** |
| 中国农业大学 | 1 | 项目总体设计和组织实施。堆肥微生物、堆肥减排调控机理、堆肥安全控制、有机肥田间试验 |
| 北京沃土天地生物科技股份有限公司 | 2 | 微生物接种剂研发、连续动态槽式及密闭式反应器研发 |
| 全国畜牧总站 | 3 | 粪污处理技术标准制定及推广 |
| 山东亿安生物工程有限公司 | 4 | “微生物巢”异位发酵床工艺研发与应用 |
| 北京市农林科学院 | 5 | 堆肥配方及工艺 |

**十、完成人合作关系说明**

中国农业大学资源与环境学院李季教授与李国学、许艇和李彦明等教授共同组建了有机废弃物处理与资源化利用研究团队分别引领不同的研究方向，在堆肥工艺研究、功能微生物菌剂筛选、堆肥质量安全和有机肥产品开发等方面取得系列研究成果，研究实力雄厚。近五年牵头主持了“十二五”国家科技支撑计划“循环农业科技工程”（2012BAD14B00）和“十三五”国家重点研发计划“农业废弃物好氧发酵技术与智能控制设备研发”（2016YFD0800600）等项目。研究成果“规模化养殖场固废生物堆肥处理及有机肥产业化”获2008年度神农中华农业科技进步三等奖，“有机固体废弃物高效安全快速堆肥关键技术研究与应用”获2013年教育部技术发明奖二等奖。自2004年以来，该团队共举办了13次全国堆肥技术与工程研讨会，举办了2次国际堆肥会议，累计培训堆肥技术人员3000余人；同时建立了“中国堆肥网”，出版了堆肥工程实用手册，有力地推动了国内堆肥产业从传统堆肥向现代工业化堆肥的转变，对有机肥产业的快速发展起到重要的提升作用。

中国农业大学资源与环境学院李季教授与北京沃土天地生物科技股份有限公司彭生平董事长、张陇利副总经理在有机固废生物处理技术研发、设备生产和微生物菌剂产品研制等方面进行了合作。双方共同开展了养殖粪污、田园废弃物、市政污泥、餐厨垃圾、农工牧等产业废弃物堆肥处理及有机肥生产项目，以及VT系列菌剂在堆肥发酵、秸秆腐熟、环境除臭、养殖益生素、肥料伴侣、生态种植、污染物降解等方面的推广应用。双方合作取得的两项科技成果“堆肥接种剂及其在固废生物处理中的应用”和“有机固体废弃物高校安全快速堆肥关键技术研究与示范”居国际先进水平，一项科技成果“生物堆肥减排关键技术、装置及新产品开发”居国际领先水平。

中国农业大学资源与环境学院李季教授与山东亿安生物工程有限公司专家李有志、李涛在畜禽粪污“微生物巢”异位发酵处理技术方面建立了合作关系，建设性地提出了利用生物工程处理畜禽粪污的全新思路。2017年，山东亿安生物工程有限公司、中国农业大学、山东省畜牧兽医局和北京沃土天地生物科技股份有限公司等单位联合申报了山东省科学技术进步奖，申报项目名称为“规模化畜禽粪污生物处理关键技术研究、设备开发与示范应用”，获得一等奖。

中国农业大学资源与环境学院李季教授与全国畜牧总站杨振海站长在畜禽粪污处理技术推广、粪便堆肥与有机肥利用及畜禽粪便堆肥技术规范标准制定方面建立了合作关系，并承担国家畜禽养殖废弃物资源化处理科技创新联盟有机肥专家组组长，有力的推动了国内畜禽粪污处理技术应用推广工作发展。

中国农业大学资源与环境学院李季教授与北京市农林科学院李吉进研究员合作开展了畜禽粪便、作物秸秆、沼渣沼液等多元化堆肥利用关键技术研究。共同参与了由中国农业大学组织的“十二五”和“十三五”课题，共同制定了《畜禽粪便堆肥技术规范》。