

# 山东省科学技术奖提名公示

(2020 年度)

**项目名称：**花生连作障碍消减和稳产增效关键技术创建及应用

**提 名 者：**山东省农业科学院

**主要完成人：**刘苹，郭峰，万书波，孟维伟，孟静静，唐朝辉，杨东清，于天一，陈建爱

**主要完成单位：**山东省农业科学院资源与环境研究所，山东省农业科学院生物技术研究中心，史丹利农业集团股份有限公司，山东省花生研究所，山东省农业科学院原子能农业应用研究所，山东农业大学，山东省农业科学院作物研究所

## 提名意见

该项目针对我国花生连作面积较大、连作障碍及减产严重等问题，开展了花生连作障碍机理和高产关键技术方面的研究。发明了研究花生根系分泌物化感物质的装置与方法，首次分离鉴定出 6 种花生主要化感物质，揭示了化感物质对花生根际微生态环境演替变化的化感机制。阐明了化感物质对花生生长发育、不同品种化感机制差异。明确花生根系分泌物化感物质对自身生长发育的自毒作用。探明了主要农艺措施的调控效应，解析了化感物质、木霉与根腐病镰刀菌间的互作关系，探明了丛枝菌根菌与外源钙结合缓解连作障碍的作用，研发出物化产品，创建出三套技术，建立了花生连作高产技术体系。创造了不同肥力连作田的高产记录，千亩技术应用示范效果显著。制定行业/地方标准和技术规程 7 项，授权专利 10 项，其中发明专利 6 项，登记计算机软件著作权 8 件，发表论文 23 篇，获国家和山东省肥料登记证 2 项，1 项技术被列为山东省主推技术。

项目整体居同类研究国际领先水平。

提名该项目为山东省科学技术进步奖 二 等奖

## 项目简介

花生是我国重要的油料经济作物，对促进农民增产增收和保障国家油脂安全具有重大意义，因连作障碍而造成大幅减产的问题已成为制约我国花生产业健康发展的重大瓶颈。在国家科技支撑计划等项目的支持下，历经 14 年攻关研究，取得重要突破。

1. 揭示了化感物质对花生根际微生态环境演替变化的作用机制。发明了研究花生根系分泌物化感物质的装置与方法，首次从根系分泌物中分离鉴定出月桂酸、豆蔻酸、2,4-二甲基苯甲醛等花生主要化感物质，发现根系分泌物的化感作用是造成土壤养分失调、土壤酶活性降低、微生物区系失衡和病原菌累积的直接原因，揭示了化感物质对花生根际微生态环境演替变化的化感机制。

2. 阐明了化感物质对花生生长发育与品种间存在连作抗性差异的化感机制。明确了花生根系分泌物化感物质对自身生长发育存在明显的自毒作用，抑制根系活力、光合特性和影响膜功能而阻碍花生的生长发育。大小花生品种存在较为明显的连作抗性差异，根系分泌的化感物质种类和数量不同，且对连作年限的响应也存在差异。

3. 探明了主要农艺措施缓解花生连作障碍的调控效应。明确了有机无机肥配施、冬闲压青、耕层翻耕和玉米花生宽幅间作等措施对减少连作花生根际化感物质的作用。解析了化感物质、木霉与根腐病镰刀菌间的互作关系。探明了丛枝菌根菌与外源钙结合缓解连作障碍的作用。研发出生物有机肥、花生连作障碍防控调理剂等产品。

4. 建立了花生连作障碍防控技术体系。高肥水连作田、丘陵旱地连作田、盐碱地连作田分别创造了 674.6 公斤/亩、525.5 公斤/亩、387.3 公斤/亩的高产纪录。应用玉米花生间作技术的连作试验田，亩产花生 372.8 公斤，较对照增产 15.1%。千亩技术应用示范田产量达到 411.8 公斤/亩，较常规连作田增产 17.1%，缓解了花生连作障碍。

形成行业/地方标准和技术规程 7 项，授权专利 10 项，其中发明专利 6 项，登记计算机软件著作权 8 件，发表论文 23 篇，其中 SCI 论文 2 篇，获得国家肥料登记证和山东省肥料正式登记证 2 项，玉米花生宽幅间作技术模式 2017 年被山东省列为主推技术。近年来累计推广 2011.7 万亩，增产 74.7 万吨，新增利润 27.2 亿元，大幅提高了连作条件下花生的生产水平。

## 客观评价

### （一）农学会评价成果整体达到国际先进水平

专家组认为该项目该成果针对我国花生连作面积大、连作障碍严重、产量低等问题，在连作障碍机理及高产技术方面取得突破，形成了花生连作高产栽培技术体系，取得了显著的社会经济效益，推进了花生生产的健康发展，整体居同类研究的国际领先水平。

### （二）科技查新报告显示该成果具有 3 方面的新颖性

经山东省农业科学院科技信息研究所对本项目的创新点进行了查新，显示具有以下创新点：1. 发明了研究花生根系分泌物化感物质的装置与方法，首次分离鉴定出多种花生主要化感物质。2. 揭示了化感物质对花生根际微生态环境、植株发育及不同品种的化感作用，明确了化感物质、木霉与根腐病镰刀菌关系，阐明了花生连作障碍机制。3. 建立了花生连作高产栽培技术体系，创造了不同地力条件的高产记录。

### （三）得到同行专家高度评价

国际半干旱作物研究所 Rajeev Varshney 院士，认为本项目在花生连作障碍机理研究与技术创新取得重要进展，有利于缓解花生连作障碍、提升单产及品质，值得世界花生种植国借鉴及应用。

(四) 专利、论文、计算机软件著作权、项目技术等得到广泛认可

授权专利 10 项、发表论文 23 篇、登记计算机软件著作权 8 项，文章发表在 Allelopathy Journal、Journal of Integrative Agriculture 等杂志上。玉米花生宽幅间作技术模式 2017 年被山东省列为主推技术

(五) 项目技术成为行业或地方标准/技术规程

项目制定的花生连作高产栽培技术规程、花生逆境生产技术规程、油菜花生周年生产技术规程、玉米花生宽幅间作高产高效栽培技术规程等均已成为行业或地方标准/技术规程。

## 应用情况

研究建立了针对性强、应用范围广、先进适用的花生连作高产栽培技术体系，该技术 2014 年开始推广应用，应用面积逐年增加，为全省及我国花生持续高产稳产提供了强有力的技术保障。截止到 2019 年底，该技术在山东、辽宁、吉林等花生主产区累计推广 2011.7 万亩，增产 74.7 万吨，新增效益 27.2 亿元，经济和社会效益显著，为保障油脂安全发挥了重要作用。

### 主要知识产权和标准规范等目录（不超过 10 件）

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	植物根系分泌物化感作用研究用装置及其应用方法	中国	ZL200910256458.2	2011-07-20	813345	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	刘苹，于淑芳，赵海军，杨力，江丽华，田叶，魏建林，王梅
发明专利	植物器官水溶性提取物化感作用的分析测试方法	中国	ZL201010011845.2	2013-03-20	1153855	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	刘苹，杨力，于淑芳，赵海军，魏建林，田叶，李瑾，江丽华
发明专利	基于化感自毒作用的花生连作障碍调理剂及其施用方法	中国	ZL201510515278.7	2018-07-10	2995580	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	刘苹，赵海军，万书波，唐朝辉，李新国，林海涛，沈玉

							文,王江涛
标准	花生连作高产栽培技术规程	中国	NY/T2405-2013	2013年9月10日	中华人民共和国农业部	山东省农业科学院, 青岛农业大学	万书波, 刘莘, 王月福, 郭峰, 王铭伦, 李新国, 张晓军, 王才斌, 张智猛, 李萌
论文	Effects of three long-chain fatty acids present in peanut ( <i>Arachis hypogaea</i> L) root exudates on its own growth and the soil enzymes activities	印度	Allelopathy Journal	2012年1月1日	2012, 29 (1): 13-24	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	Liu P, Liu Z H, Wang C B, Guo F, Wang M, Zhang Y F, Dong L, Wan S B*.
论文	Arbuscular mycorrhizal fungi combined with exogenous calcium improves the growth of peanut ( <i>Arachis hypogaea</i> L.) seedlings under continuous cropping	中国	Journal of Integrative Agriculture	2019年2月20日	2019, 18 (2): 407-416	山东省农业科学院生物技术研究中心	CUI Li, GUO Feng, ZHANG Jia-lei, YANG Sha, MENG Jing-jing, GENG Yun, WANG G Quan, LI Xin-guo*, WAN Shu-bo*.
论文	三种根系分泌脂肪酸对花生生长和土壤酶活性的影响	中国	生态学报	2013年6月8日	2013, 33 (11): 3332-3339	山东省农业科学院农业资源	刘莘, 赵海军, 仲子文, 孙明, 庞亚群, 马征, 万

						与环境研究所	书波*
论文	两种酚酸类物质对花生根部土壤养分、酶活性和产量的影响	中国	应用生态学报	2016年4月15日	2016, 27(4): 1189-1195	青岛农业大学, 山东省农业科学院农业资源与环境研究所	李庆凯, 刘苹, 唐朝辉, 赵海军, 王江涛, 宋效宗, 杨力, 万书波*
论文	连作对不同抗性花生品种根系分泌物和土壤中化感物质含量的影响	中国	中国油料作物学报	2015年9月7日	2015, 37(4): 467-474	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	刘苹, 赵海军, 唐朝辉, 张玉凤, 林海涛, 沈玉文, 王江涛, 万书波*
论文	冬闲期耕作方式对连作花生叶片衰老和产量的影响	中国	作物学报	2018年9月28日	2019, 45(1): 131-143	山东农业大学	刘妍, 刘兆新, 何美娟, 刘婷如, 杨坚群, 甄晓宇, 栗鑫鑫, 李向东*, 杨东清*

### 主要完成人情况

序号	姓名	性别	出生年月	技术职称	文化程度	工作单位	对成果创造性贡献
1	刘苹	女	1978-06	研究员	博士	山东省农业科学院农业资源与环境研究所	主持技术路线制定、方案设计和组织实施工作，对创新一、二、三作出了创造性贡献。发明了研究花生根系分泌物化感物质的装置与方法，首次分离鉴定出主要化感物质，从化感物质对花生根际微生态环境演替变化、花生生长发育的影响、品种间存在连作抗性差异的角度，阐明了花生产生连作障碍的机制，参与了行业标准制定及示范工作。
2	郭峰	男	1976-08	副研究员	硕士	山东省农业科学院生物技术研究中心	对创新一，二，三的确立做出了创造性贡献。参与分离鉴定出主要化感物质、化感物质对花生生长发育及土壤酶活性的影响的研究，探明了从枝菌根菌与外源钙结合缓解连作障碍的作用。参与行业标准制定，制定了地方标准、技术规程，研发了相应的计算机软件著作权，参与主推技术研发，实施连作田高产攻关，开展了生产指导和推广服务工作。
3	万书波	男	1962-10	研究员	本科	山东省农业科学院	指导技术路线制定、方案设计和组织实施工作，对创新一、二、三做出了创造性贡献。指导从化感物质对花生根际微生态环境演替变化、花生生长发育的影响、品种间存在连作抗性差异的角度花生产生连作障碍的机制，指导建立了花生连作障碍防控技术体系，并形成专利、行业标准、地方标准/规程，组织连作田高产攻关，开展了生产指导和推广服务工作。
4	孟维伟	女	1981-11	助理研究员	博士	山东省农业科学院作物研究所	对创新点二、三做出了创造性贡献。参与了花生连作障碍的玉米花生间作模式的研究，包括间作配套品种、密度筛选，间作群体发育和氮钙营养调控技术研究，参与制定玉米花生宽幅间作高产高效栽培技术规程，并形成了主推技术；开展

							了生产指导和推广服务工作。
5	孟静静	女	1980-05	农艺师	硕士	山东省农业科学院生物技术研究中心	对创新三的确立做出了创造性贡献。参与了论文编写、标准制定、连作高产攻关、生产指导和推广服务工作。
6	唐朝辉	男	1988-12	农艺师	硕士	山东省农业科学院生物技术研究中心	对创新一，二，三的确立做出了创造性贡献。参与化感物质对花生生长发育的影响、品种间存在连作抗性差异的研究，参与花生连作障碍调理剂的研发，研发了相应的计算机软件著作权，参与制定了地方标准，实施连作田高产攻关，开展了生产指导和推广服务工作。
7	杨东清	男	1987-12	讲师	博士	山东农业大学	对创新二、三的确立做出了创造性贡献。探明耕作方式和绿肥施用对花生土壤容重、有机质、土壤酶活性等土壤质量指标值的影响，明确越冬作物压青和冬前翻耕耕作方式控制连作障碍的作用机制，协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。
8	于天一	男	1984-08	副研究员	博士	山东省花生研究所	对创新二的确立做出了创造性贡献。研究了有机无机肥单配施对连作花生光合能力和物质积累的调控效应，协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。
9	陈建爱	女	1968-03	研究员	本科	山东省农业科学院原子能农业应用研究所	对创新二的确立做出了创造性贡献。主要研究木霉对花生连作障碍土壤病菌数量、调理土壤性状的影响，协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。

## 主要完成单位

序号	完成单位名称	邮政编码	详细通信地址	联系人	联系电话	主要贡献
1	山东省农业科学院资源与环境研究所	250100	济南市历城区工业北路 202 号	董亮	0531-66658270	主持本项目，全面负责项目的整体设计与实施工作。对创新点一、二、三有创造性贡献。揭示了化感物质对花生根际微生态环境演替变化的作用机制。阐明了化感物质对花生生长发育与品种间存在连作抗性差异的化感机制。探明了化感物质与根腐病镰刀菌间的互作关系，研发出防控调理剂。参与制定行业/地方标准 2 项，作为第一完成单位授权专利 8 项，其中发明专利 5 项，发表论文 10 篇，积极开展技术的示范推广工作，创造了显著的社会经济效益。
2	山东省农业科学院生物技术研究中心	250100	济南市历城区工业北路 202 号	范仲学	0537-66659861	项目协作完成单位，协助主持单位进行技术研发与示范。对创新点一、二、三有创造性贡献。参与化感物质对花生根际微生态环境演替变化的作用机制研究。研究了花生根系分泌物主要成分对花生根际微生态环境的影响，参与化感物质对花生生长发育与品种间存在连作抗性差异的化感机制研究。应用花生连作障碍防控技术，组织实施连作高产攻关。制定行业/地方标准 7 项，发表论文 7 篇，登记计算机软件著作权 7 件，参与发明专利 2 项，积极开展技术的示范推广工作，创造了显著的社会经济效益。
3	史丹利农业集团股份有限公司	276700	山东省临沂市临沭县史丹利路	杨恒哲	0539-6263658	项目协作完成单位，对创新二、三的确立做出了创造性贡献。研发用于缓解缓解连作障碍的专用肥，获得肥料登记证 2 项，进行了技术培训、生产和推广应用。
4	山东省花生研究所	266100	青岛市李沧区浮山路 126 号	杨伟强	0532-87629309	对创新二的确立做出了创造性贡献。研究了有机无机肥单配施对连作花生光合能力和物质积累的调控效应，明确了有机肥无机肥配施是促进连作花生生长发育的最佳施肥模式，登记计算机软件著作权 1 件，协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。
5	山东省农业科学院原子	250100	济南市历城区工业	邓鹏	0531-66659290	项目协作完成单位，协助主持单位进行技术研发与示范。对创新点二有创造性贡献。明确木霉 T1010 对花生连作障碍土壤病菌调控，对土传病害防治。确定木霉作为生态改



	能农业应用 研究所		北路 202 号			良剂的作用机制，提出了综合的田间应用配套技术。协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。
6	山东农业大 学	271018	山东省泰 安市岱宗 大街 61 号	李 强	0538-8242544	项目协作完成单位，协助主持单位进行技术研发与示范。对创新二、三的确立做出了创造性贡献。探明耕作方式和绿肥施用对花生理化性质的影响。明确越冬作物压青和冬前翻耕耕作方式控制连作障碍的作用机制，协助主持单位进行生产指导和推广服务工作。
7	山东省农业 科学院作物 研究所	250100	济南市历 城区工业 北路 202 号	曹 新 有	0531-66659256	对创新点二、三做出了创造性贡献。参与了玉米花生间作配套品种、密度筛选，群体发育及技术研究，参与制定玉米花生宽幅间作高产高效栽培技术规程，并形成了主推技术；开展了生产指导和推广服务工作。

## 完成人合作关系说明

2006-2010年，山东农业大学等单位参加了山东省农业科学院承担的、万书波主持的国家科技支撑计划“花生优质安全增效生产技术与示范”（2006BAD21B04），刘苹为课题主要研究人员，郭峰参与课题实施。

在与山东农业大学多年合作的基础上，山东省农科院与山东农业大学等有关单位于2018年签订了“花生带状轮作技术研究”协同创新备忘录。杨东清作为李向东教授团队成员参与了花生连作障碍、玉米花生间作等方面的研究工作。

2011-2015年，郭峰、刘苹作为团队成员参与山东省农业科学院承担、万书波为岗位专家的国家现代农业产业技术体系花生耕作制度岗位，孟静静、唐朝辉、孟维伟、于天一、陈建爱参与项目研究与实施工作。

此外，自2013年以来，项目成员万书波、郭峰、孟静静、唐朝辉、孟维伟、杨东清等承担或参与了山东省农业重大应用技术创新课题4项，主要涉及粮油作物种植制度。

基于团队多年创新，2017年山东省农业科学院万书波研究员领衔的“花生栽培与生理生态创新团队”获得度神农中华农业科技奖优秀创新团队奖，郭峰、刘苹、孟维伟均为团队成员，为团队课题研究做出了努力。

多年来积极与史丹利农业集团股份有限公司合作进行防控花生连作障碍肥料研发，合作研制的肥料用于项目试验示范和连作高产攻关，取得了很好的效果。

多年来与山东省农业科学院生物技术研究中心、山东省花生研究所、山东省农业科学院原子能农业应用研究所、山东农业大学、山东省农业科学院作物研究所合作及地方农技推广部门联合试验示范，进行攻关田、示范区等建设，覆盖了山东、辽宁、吉林省花生一年一熟主产区，加速了成果转化及推广应用。

因此，基于合作形成的理论与技术，专利、计算机软件著作权、论文、著作、标准等知识产权适用于该成果的申报。

**承诺：**本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

### 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	共同承担课题、发表文章、专利、计算机软件著作权、制定标准/规程、推广服务	郭峰	2007-2019	合作课题1项，文章5篇，专利3项，行业标准1项，地方标准/技术规程5项，计算机软件著作权7项，农业部优秀创新团队奖1项	附件5、21、24、25、31、39、40、49、51	
2	共同承担课题、发表文章、专利、制定标准/规程	万书波	2006-2019	合作课题2项，文章16篇，专利3项，行业标准1项，地方标准/技术规程6项，农业部优秀创新团队奖1项	附件3、5、21-28、30、31、33-39、49-51	
3	共同制定标准、推广服务	孟维伟	2013-2019	技术规程1项，专利1项，合作研制主推技术1项，农业部优秀创新团队奖1项	附件4、5、22、49	
4	共同发表文章、制定标准、计算机软件著作权	孟静静	2006-2019	合作发表文章2篇，地方标准1项，计算机软件著作权5项	附件21、24、25、53	
5	共同发表文章、专利、计算机软件著作权	唐朝辉	2011-2019	合作发表文章5篇，专利2项，计算机软件著作权5项	附件3、4、21、27、28、31、37、39、53	
6	共同推广服务	杨东清	2016-2019	合作山东省推广服务	附件4	
7	共同推广服务	于天一	2014-2019	合作山东省推广服务	附件4	
8	共同发表文章、推广服务	陈建爱	2006-2019	合作发表文章1篇，山东省推广服务	附件4、40	