拟推荐项目

**一、项目名称：**微肥施用在小麦玉米抗逆丰产和营养强化中的效果研究与应用

**二、项目类别：**2022年度齐鲁农业科技奖技术创新奖

**三、完成人：**夏海勇，贤伟华，刘庆，张春艳，颜为，王少霞，刘博，董春丽，孙民长，马国兴，杨圣刚，李冲

**四、项目简介**

山东省小麦玉米生产中长期以来存在：（1）种植效益低下；（2）冬小麦季低温倒春寒、干热风和夏玉米季高温、干旱等气象灾害频发、抗逆减灾能力弱；（3）化肥投入过高；（4）山东省一半以上的土壤缺锌所造成的养分逆境生产障碍和小麦玉米籽粒锌、硒和铁等微量元素营养品质低等问题。

针对以上问题，2013年以来，省农科院作物所与东明县农业技术推广中心、青岛农大、临沂市农科院组建创新团队，与东明麦丰小麦种植专业合作社、乐陵溶海富硒食品有限公司等推广和成果转化单位进行产学研联合攻关，以作物微量元素营养理论与施肥技术研究与应用为核心，有效实现了小麦玉米抗逆丰产和籽粒微量元素营养强化，并进行大面积推广应用，取得了显著的经济社会效益。

主要科技内容如下：

1.针对土壤锌缺乏和气象逆境（冬小麦季低温倒春寒、干热风和夏玉米季高温、干旱等），通过土施锌肥提高小麦分蘖数、亩穗数，增加玉米穗长、穗粒数、减少秃尖，提高综合抗性，增加产量。

2.研发出土施锌，叶面喷锌和硒，以及氮、磷肥减施协同增效技术；将品种筛选、土壤和叶面微肥施用，以及配套耕作栽培和肥水药管理措施协同增效相结合，构建了从土壤到叶面的一揽子小麦籽粒有益微量元素营养强化“源-库”综合调控技术体系，实现了小麦高产高效和微量元素营养优质的协同。小麦籽粒产量提高，氮、磷肥投入减少，同时有效提升籽粒锌和硒浓度，满足世卫组织生物强化目标值要求，加工生产出富硒、锌等微量元素富集功能食品。

3.研发出土施锌/硒，叶面喷锌和硒技术，玉米产量增加的同时，提升普通和鲜糯玉米籽粒锌、硒和铁含量，增加产品附加值。

授权专利等知识产权情况：

授权国家发明专利4项、澳大利亚革新专利1项、实用新型6项、软著7项；发表论文18篇（SCI 7篇）。

主要技术经济指标：

（1）小麦产量提高5.2%-17.6%，氮磷肥投入减少10.0%-27.3%，籽粒锌浓度达到40-60 mg/kg，硒浓度超过150 μg/kg，满足世卫组织生物强化目标值要求。农户小麦被面粉企业加价0.1-0.2元/斤收购；面粉企业加工生产出微量元素富集面粉（麦芯粉、面包粉）、面条等功能食品，价格是普通食品的2-3倍以上。

（2）玉米产量提高0.5%-14.3%；普通和鲜糯玉米籽粒锌浓度从18.4-24.9提高到28.0-42.2 mg/kg，铁从13.4-24.0提高到17.2-38.4 mg/kg，硒超过150 μg/kg。农户种植的富锌、铁和硒鲜糯玉米被企业加价0.1-0.2元/斤收购；微量元素富集鲜糯玉米冷冻加工棒/粒价格为普通的1.5-2倍以上。

应用推广及效益情况：

通过“科研院所+种植专业合作社+农业龙头企业+农户”的推广模式，实现了种植基地-规模企业联合生产，近3年建成百亩、千亩方8000余亩，在菏泽东明县、临沂莒南县和德州乐陵市以及烟台招远市累计推广35.1万亩以上，新增经济效益10243.7万元，培训基层农技人员和农民1000余人；探索出传统种植业从种植到加工的产业链延伸绿色提质增效途径，为保障小麦玉米粮食安全和产业提质增效发挥了重要的科技引领和支撑作用，经济社会效益显著。

**五、客观评价**

**（一）山东省重点研发计划（公益性科技攻关类）项目专家验收意见（附件-32）**

2021年4月16日，受山东省科技厅委托，山东省农业科学院邀请有关专家组成验收专家组，对山东省农业科学院作物研究所承担的山东省重点研发计划项目“小麦籽粒锌营养强化肥料运筹技术研究与示范（项目编号：2018GNC111012）”进行了验收。专家组听取了项目执行情况汇报，审查了相关资料，经质询讨论，形成以下验收意见：

1. 项目组提供的验收资料齐全，数据详实，符合验收要求。

2. 研究集成了土壤和叶面施锌以及氮磷肥协同减施技术，小麦籽粒产量增加5.2%-17.6%；提升籽粒锌浓度至40-60 mg/kg，与常规生产相比增幅17.7%-31.2%；氮磷肥减施10.0%-27.3%。优化无人机叶面喷锌和喷硒技术，实现籽粒锌和硒同步富集，籽粒硒浓度超过150 μg/kg；集成小麦籽粒锌营养强化肥料运筹技术体系1套；建立小麦籽粒锌营养强化肥料运筹技术核心试验田60亩和百亩方3处，累计示范应用3000余亩，辐射带动周边10万余亩，新增经济效益3600余万元。

3. 发表相关研究论文6篇，授权软件著作权3项，制定山东省地方标准1项，申请发明专利1项，授权国际发明专利1项、实用新型专利2项。

4. 项目经费使用符合相关要求，规范有效。

专家组认为，项目完成了合同规定的各项任务指标，一致同意通过验收。

**（二）山东省自然科学（优秀中青年科学家科研奖励）基金项目结题评审意见（附件-33）**

课题组2年的田间试验研究表明，增施氮肥显著增加小麦籽粒锌（Zn）浓度，过量的氮肥施用并不能引起小麦籽粒Zn浓度的进一步增加；对铁（Fe）浓度影响不明显。对于氮肥结合叶面喷施铁锌对小麦籽粒铁和锌浓度、化学形态和生物有效性的影响进行了较为完善的研究。发表相关论文2篇，其中一篇为SCI论文，完成了任务目标。成果比较突出，相关论文、专利、标准比较有代表性。

**六、全部完成人排序及对项目的贡献**

1. 夏海勇

负责项目的整体设计、组织实施与协调，在基础理论、关键技术研究和示范推广方面均做出重要贡献：

首位授权国家发明专利2项、澳大利亚革新专利1项、实用新型专利6项；首位授权计算机软件著作权5项；第一/通讯（含共同）完成人发表SCI论文5篇、中文论文7篇。

2. 贤伟华

参与小麦和玉米微量元素施肥等栽培管理技术的研发与应用推广，开发生产出微量元素富集面粉、面条等功能性食品，取得了较好的经济社会效益；参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章3篇。

3. 刘庆

参与小麦和玉米籽粒硒、锌等微量元素富集技术的研发与推广应用，在Agronomy-Basel、Journal of Plant Nutrition、作物学报、植物营养与肥料学报、山东农业科学发表相关文章5篇。

4. 张春艳

参与了玉米锌肥施用抗逆丰产技术的研发与应用推广，参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利1项，首位发表中文文章1篇，参与发表SCI文章1篇。

5. 颜为

参与小麦玉米微量元素施肥和营养强化理论与技术的研发，首位发表中文文章1篇，参与发表SCI文章1篇。

6. 王少霞

参与小麦籽粒锌等微量元素富集技术的研发与推广应用，在Agronomy-Basel和Journal of Plant Nutrition发表相关SCI文章2篇。

7. 刘博

参与小麦玉米微量元素施肥和喷/滴灌水肥一体化等栽培管理技术的研发与应用推广，开发生产出微量元素富集面粉、面条等功能性食品，取得了较好的经济社会效益。

8. 董春丽

参与小麦玉米微量元素施肥和喷/滴灌水肥一体化等栽培管理技术的研发与应用推广，开发生产出微量元素富集面粉、面条等功能性食品，取得了较好的经济社会效益。

9. 孙民长

参与小麦和玉米微量元素施肥等栽培管理技术在招远地区的应用推广，取得了较好的经济社会效益。

10. 马国兴

参与小麦玉米微量元素施肥和喷/滴灌水肥一体化等栽培管理技术的研发与应用推广，开发生产出微量元素富集面粉、面条等功能性食品，取得了较好的经济社会效益；参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章3篇。

11. 杨圣刚

指导种植户采用微量元素施肥技术，开展订单收购；开发了速冻糯玉米棒、糯玉米粒等产品，并合作开展了玉米富硒、富锌和富铁技术研究。参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章1篇。

12. 李冲

指导种植户采用微量元素施肥技术，开展订单收购；开发了速冻糯玉米棒、糯玉米粒等产品，并合作开展了玉米富硒、富锌和富铁技术研究。参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章1篇。

**七、全部完成单位排序及创新推广贡献**

1. 山东省农业科学院作物研究所

作为本成果的第一完成单位，负责项目的整体设计、组织实施与协调，在基础理论、关键技术研究和大面积示范推广方面均做出重要贡献：

本单位项目团队授权国家发明专利2项、澳大利亚革新专利1项、实用新型专利6项；授权计算机软件著作权5项；发表SCI论文5篇、中文论文7篇。

2. 东明县农业技术推广中心

作为本成果的第二完成单位，参与小麦和玉米微量元素施肥技术的研发与应用推广，开发生产出微量元素富集面粉、面条等功能性食品，取得了较好的经济社会效益；参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章3篇。

3. 青岛农业大学

作为本成果的第三完成单位，参与小麦和玉米籽粒硒、锌等微量元素富集技术的研发与推广应用，在Agronomy-Basel、Journal of Plant Nutrition、作物学报、植物营养与肥料学报和山东农业科学发表相关文章5篇。

4. 临沂市农业科学院

作为本成果的第四完成单位，参与夏玉米锌肥施用抗逆减灾丰产技术的研发与推广应用，参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利1项，首位发表中文文章1篇，参与发表SCI文章1篇。

5. 乐陵市溶海富硒食品有限公司

作为本成果的第五完成单位，指导种植户采用微量元素施肥技术，开展订单收购；开发了速冻糯玉米棒、糯玉米粒等产品，并合作开展了玉米富硒、富锌和富铁技术研究。参与授权澳大利亚革新专利1项、实用新型专利2项，参与发表文章1篇。

**八、推广应用情况**

2013年起，小麦玉米抗逆稳产绿色增效技术模式开始在我省进行研究的同时，同步推进示范与应用，针对我省不同区域农业生产现状和特点，采取了有针对性的技术措施，为当地种植专业合作社和农业企业提供技术支撑，并联合进行推广应用，取得了较好的经济和社会效益。其中，近三年累计推广应用35.1万亩以上，抗逆稳产增收的同时，减少化肥投入，而且生产的富硒等微量元素富集功能食品和糯玉米粒、棒等具有较好的产品附加值，新增利润10243.7万元，为保障我省小麦和玉米粮食安全和产业提质增效作出了积极贡献。

**九、主要知识产权证明目录**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 附件名称 | 附件类别 |
| 1 | 发明专利：一种扩源增库提高小麦籽粒锌、铁和硒含量的三元叶面微肥 | 知识产权证明 |
| 2 | 发明专利：一种提高小麦籽粒锌浓度的间混作种植方法 | 知识产权证明 |
| 3 | 发明专利：一种改良黄淮海玉米籽粒中微量元素含量以及Zn和Fe生物有效性的调节肥及施用方法 | 知识产权证明 |
| 4 | 发明专利：引入微量元素的风化煤活化剂及活化方法与应用 | 知识产权证明 |
| 5 | 澳大利亚革新专利：一种浅埋式滴灌带回收机 | 知识产权证明 |
| 6 | 实用新型专利：一种作物水肥一体化装置 | 知识产权证明 |
| 7 | 实用新型专利：一种小麦间作播种机 | 知识产权证明 |
| 8 | 实用新型专利：一种滴灌带自行回收行走机 | 知识产权证明 |
| 9 | 软件著作权：小麦、玉米专用中微量元素多元增效复混肥料生产管理系统V1.0 | 知识产权证明 |
| 10 | 软件著作权：小麦、玉米专用中微量元素多元增效剂生产管理系统V1.0 | 知识产权证明 |
| 11 | 软件著作权：小麦和玉米富锌增产专用肥配方设计系统V1.0 | 知识产权证明 |
| 12 | 软件著作权：小麦籽粒锌营养强化肥料运筹专家决策系统V1.0 | 知识产权证明 |
| 13 | 软件著作权：面向土壤-作物和人体的锌营养信息综合管理系统V1.0 | 知识产权证明 |
| 14 | 软件著作权：夏玉米气象灾害和减灾保产品种及技术信息共享数据库平台V1.0 | 知识产权证明 |
| 15 | 论文：Elucidating the source-sink relationships of zinc biofortification in wheat grains: A review | 论文专著证明 |
| 16 | 论文：Rational application of fertilizer nitrogen to soil in combination with foliar Zn spraying improved Zn nutritional quality of wheat grains | 论文专著证明 |
| 17 | 论文：Source-sink manipulation affects accumulation of zinc and other nutrient elements in wheat grains | 论文专著证明 |
| 18 | 论文：The effectiveness of foliar applications of different zinc source and urea to increase grian zinc of wheat grown under reduced soil nitrogen supply | 论文专著证明 |
| 19 | 论文：The effectiveness of foliar applications of zinc and biostimulants to increase zinc concentration and bioavailability of wheat grain | 论文专著证明 |
| 20 | 论文：Foliar Zn spraying simultaneously improved concentrations and bioavailability of Zn and Fe in maize grains irrespective of foliar sucrose supply | 论文专著证明 |
| 21 | 论文：施硒对小麦籽粒硒富集、转化及蛋白质与矿质元素含量的影响 | 论文专著证明 |
| 22 | 论文：外源硒矿粉对玉米硒累积及矿质元素吸收的影响 | 论文专著证明 |
| 23 | 论文：叶面过量施硒对玉米产量、硒和矿质营养元素含量的影响 | 论文专著证明 |
| 24 | 论文：不同抗逆减灾技术对夏玉米生长及产量的影响 | 论文专著证明 |
| 25 | 论文：Effects of source/sink manipulation on grain zinc accumulation by winter wheat genotypes | 论文专著证明 |
| 26 | 论文：小麦富硒研究进展 | 论文专著证明 |
| 27 | 论文：小麦籽粒锌营养研究进展 | 论文专著证明 |
| 28 | 论文：土施和无人机配施锌肥对小麦产量和籽粒锌铁硒含量的影响 | 论文专著证明 |
| 29 | 论文：土壤和叶面施锌对小麦农艺性状、籽粒产量和对锌、铁及硒微量元素浓度的影响 | 论文专著证明 |
| 30 | 论文：叶面喷锌对两种类型玉米产量、籽粒锌等矿质营养元素含量的影响 | 论文专著证明 |
| 31 | 论文：混播对黄淮海8个主推小麦品种产量、农艺性状和籽粒锌浓度的影响 | 论文专著证明 |
| 32 | 山东省重点研发计划项目专家验收意见 | 评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件 |
| 33 | 山东省自然科学基金项目结题评审表 | 评价证明及国家法律法规要求审批的批准文件 |
| 34 | 应用证明：东明县农业农村局 | 主要应用证明 |
| 35 | 应用证明：乐陵市溶海富硒食品有限公司 | 主要应用证明 |
| 36 | 应用证明：莒南县农业技术推广中心 | 主要应用证明 |
| 37 | 应用证明：招远市农业农村局 | 主要应用证明 |
| 38 | 知情同意报奖证明 | 知情同意报奖证明 |
| 39 | 完成人合作关系说明及情况汇总表 | 完成人合作关系说明及情况汇总表 |
| 40 | 其他知识产权、论文、专家测产验收报告、技术明白纸和相关科技报道等证明目录 | 其他证明 |