**2022年度陕西省科学技术奖提名项目公示内容**

**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**

杨凌农业高新技术产业示范区管理委员会

**三、项目简介**

该项目属于农业科学植物保护学科领域。

粮食安全乃国计民生之大事。小麦是我国重要的粮食作物之一，小麦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，陕西省常年发生面积400 ~600万亩，严重影响小麦的产量和品质。由于对该病的发生流行规律认知不清，缺乏有效的监测预警体系和优良的抗病品种，防治药剂单一老化，造成小麦白粉病的发生流行范围和危害程度有逐年加重的趋势，严重威胁国家粮食安全。

针对上述重大生产难题，在多个省部级课题的资助下，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，系统调查研究了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，研发病害预测预警和绿色防控关键新技术、新方法，取得以下主要成果：

1. **揭示了陕西省小麦白粉病成灾机理及流行区划，明确了我国小麦白粉菌对温度的敏感性，首次查明了影响白粉菌越夏的关键气象因素及越夏区域，为病害流行预测和分区治理提供了科学依据。**

① 经连续多年对陕西省关中地区小麦白粉病发生、传播、危害以及越夏情况的系统调查，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 通过对2008至2013年我国部分地区小麦白粉菌群体对温度敏感性的测定，发现大部分菌株的ET50值（温度对病害抑制中值）在23℃和24℃之间，温度对病害的终止阈值平均为26.65℃，ET50值与白粉菌的毒性多样性之间存在显著的负相关；③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；④ 查清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，这些地区形成一个窄的南北越夏区域。

1. **揭示了我国小麦白粉菌群体毒性结构变异动态，明确了小麦品种抗白粉病基因分布情况，挖掘和定位新抗白粉病基因5个；明确了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，为抗病育种、品种合理布局及病害防治提供了科学依据。**

① 2008至2017年，分别从陕西省和河南省分离鉴定白粉菌菌系823份和317份，毒性结构及频率监测结果表明，*Pm21*、*Pm16*和*Pm12*等为目前有效抗白粉病基因。遗传多样性研究表明，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；② 2007-2020年，共对3051份陕西省区试小麦品种及高代品系、育种材料进行了成株期抗白粉病鉴定，鉴定结果为陕西省小麦新品种审定和各育种单位在早期淘汰高感品种供了科学依据；③利用基因推导法明确了我国主要麦区小麦品种（系）抗白粉病基因分布情况，从小麦农家品种山疙瘩等中鉴定新抗白粉病基因5个，开发了分子辅助选择育种标记；④ 对我国不同地区小麦白粉菌对三唑酮的抗药性监测表明，抗性菌株所占比例已由2007年的86.61%上升到2012年99.22%，平均EC50由57.25mg/L上升到109.97mg/L，平均抗性水平由27.39倍上升到34.92倍；➄ 以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菌株为材料，研制了符合国际的解淀粉芽孢杆菌CC09菌株可湿性粉剂（100亿活芽孢/g），其30倍稀释液对小麦白粉病的防治效果与15%三唑酮可湿性粉剂相当。

1. **建立了小麦白粉病的预测预报模型，自主研发出我国首个小麦白粉病自动化监测预警设备和系统，实现了病害智能化和自动化监测预警。**

① 建立了小麦白粉病害的预测预报模型，并对其实用性、时效性和准确性进行了评价；② 集成温度、降雨量、相对湿度、露点温度、叶片表明湿润时间、日照时数、10cm土壤含水量、10cm土壤温度、20cm土壤含水量、20cm土壤温度等10种环境因子传感器、数据微处理芯片、无线数据传输及太阳能供电等模块，自主研制了小麦白粉病自动预报器；③该预警系统包括田间自动预报器、监测预警平台、云端数据库及分析系统和终端可视系统等，实现了数据的自动采集、存储、运算以及预测结果的展示，并通过神经网络自学习算法提高预测的准确性，在陕西省合阳、兴平、周至、长安区、耀州区、眉县，以及河南南阳和安阳，四川雅安、南充、巴中，山东章丘，新疆喀什，西藏林芝等地区应用，预测准确率86.7%以上。

1. **制定了“品种布局、源头封锁、自动预警、应急防控”的治理策略，构建了全程绿色防控技术体系，大面积示范推广后，有效控制了病害危害，降低了农药使用量，保障了小麦生产安全。**

① 集成项目组多年研究成果，制定了《小麦主要病虫害全生育期综合防治技术规程》国家行业标准（NB61/T 1013-2016）和《小麦白粉病防控技术规程》陕西省地方标准（DB61/T 1013-2016），全程指导小麦白粉病的防控；②综合考虑小麦生长期、温湿度环境、病虫害发生情况等，利用自动化预报器结果，因地制宜协调应用种植抗病品种、生态和农艺调控、种子处理、后期药剂防治等综合防治策略，渭北旱塬和秦岭北麓白粉菌越夏区，宜采取选用抗病品种、农艺调控、苗期预防和流行期药剂防治等措施；关中灌区和陕南白粉病和条锈病混发区，宜采取兼防措施的分区治理方案。② 成果在陕西省小麦白粉病常发区的渭南、咸阳、宝鸡、汉中和河南、山西等地大面积推广应用，取得显著的经济、社会和生态效益。

 该成果共发表研究论文66篇，其中SCI论文18篇；制定了国家行业标准1项，陕西省地方标准2项；获国家发明专利1项，软件著作权1件。

**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）**

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了评价，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。

**五、应用情况**

2018-2020年，利用本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。三年累计推广面积3049万亩，共挽回小麦损失39.09万吨，折合7.82亿元。另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2493万亩，降低成本3.74亿元。合计效益11.56亿元。

**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)**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **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** |
| 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 | 有效 |
| 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 | 李强、王保通、康振生、陈宏、王亚红、文耀东、王周永明 | 有效 |
| 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 | 王保通、李强、姚撑民、康振生、周永明 | 有效 |
| 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 | 中国农科院植保所、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 | 有效 |
| 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 | 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** |
| 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。 |
| 周益林 | 2 | 研究员 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 1. 小麦白粉菌毒性结构、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模型。主要贡献体现在研究成果1、2、3。 |
| 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模型；3.小麦白粉病流行规律调查。主要贡献体现在研究成果1、2和3。 |
| 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和3。 |
| 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4。 |
| 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4。 |
| 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3。 |
| 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4。 |
| 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4。 |
| 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4。 |
| 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4。 |

**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 | 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。主要负责陕西省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监测，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群体毒性结构监测，对温度的敏感性和越夏区划研究，抗药性监测，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模型的构建等研发工作。 |
| 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、试验示范和推广工作。 |

**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 |
| 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 | 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、王国军和钱丰以分工合作的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。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。胡小平、周益林与黄卫利合作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。 |