国家科学技术进步奖推荐书

( 2017年度)

**一、项目基本情况**

专业评审组： 序号：

奖励类别： 编号：

|  |  |
| --- | --- |
| 推荐单位(盖章)或推荐专家 |  |
| 项目名称 | 项目名称 | 作物多样性控制病虫害技术体系构建及应用 |
| 公布名 | 作物多样性控制病虫害技术体系构建及应用 |
| 主要完成人 | 朱有勇 李成云 陈万权 李隆 骆世明 卢宝荣 李正跃 何霞红 陈欣 王云月 吴伯志 陈斌 朱书生 段霞瑜 章家恩 |
| 主要完成单位 | 云南农业大学 中国农业科学院植物保护研究所 中国农业大学 复旦大学 华南农业大学 浙江大学 |
| 项目密级 |  | 定密日期 |  |
| 保密期限(年) |  | 定密机构(盖章) |  |
| 学科分类名称 | 1 | 植物保护 | 代码 |  |
| 2 | 作物病虫害防治 | 代码 |  |
| 3 | 植物病理 | 代码 |  |
| 所属国民经济行业 | 农业 |
| 所属国家重点发展领域 | 农业 |
| 任务来源 | 国家 |
| 具体计划、基金的名称和编号：1、农业生物多样性控制病虫害和种质资源保护的原理与方法，973计划项目，2006CB1002002、生物多样性控制主要农作物病害应用研究，云南省科技攻关项目，2001NG103、生物多样性控制农作物病害机理研究，云南省自然科学基金重点项目，2001C007Z |
| 已呈交的科技报告编号： |
| 授权发明专利（项） | 8 | 授权的其他知识产权（项） | 14 |
| 项目起止时间 | 起始：2001年 1月 1 日 | 完成： 2015年 12 月 31 日 |

 国家科学技术奖励工作办公室制

**二、推荐单位意见**

（专家推荐不填此栏）

|  |  |
| --- | --- |
| 推荐单位 | 云南省科技厅 |
| 通讯地址 | 云南省昆明市北京路540号 | 邮政编码 | 650201 |
| 联 系 人 | 何振远 | 联系电话 | 0871-63137002 |
| 电子邮箱 | ynkjjl@ 126.com | 传 真 | 0871-63168766 |
| 推荐意见： |
| 云南农业大学主持完成的“作物多样性控制病虫害技术体系构建及应用”成果，是该校朱有勇院士的研究团队十余年系统研究的原创性成果。项目从栽培角度探索了利用作物多样性解决难题的新途径，回答了该途径“能否控制病虫害、主要机理和推广应用”三个关键问题，形成了该成果突出的三个创新点，一是试验确证了作物多样性控病虫害新途径。二是揭示了控制病虫害的主要机理。三是构建了推广应用的技术体系。并通过了大面积应用的实践检验，形成了国内外关注和认同的技术创新成果。该成果在PNAS等国内外刊物发表论文217篇，专著8部，授权发明专利8件，行业技术规范14项，大面积推广应用累计1.79亿亩，农民增产粮食135.6亿公斤，增收节支总额219.3亿元，减少农药使用53.9%以上。该成果研究处于国际同类研究的前沿，国外长期限于理论研究和田间小试中试，我国2009年研发技术应用超过2000万亩，2010年超4000万亩，得到了国内外同行的高度评价，多次受邀国际、国内相关学术大会报告，被认为是国际利用作物多样性控制病虫害的成功范例，被云南省各级政府列为保障粮食安全的重大技术，推广面积逐年迅速增加，产生了显著的社会经济效益，将长期为地方粮食安全做出贡献。该成果2012年获云南省科技进步特等奖，经我单位组织专家推荐申报国家科技进步一等奖。 |
| **声明：**本单位遵守《国家科学技术奖励条例》及其实施细则的有关规定和国家科学技术奖励工作办公室对推荐工作的具体要求，保证所推荐项目的全部推荐材料真实有效，且不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规及侵犯他人知识产权的情形。如有虚假，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。 推荐单位（盖章） 年 月 日 |

**三、项目简介**

该项目属于农业科学技术领域。针对农田作物品种单一化病虫害爆发流行,致使大幅度增加农药用量的重大难题。上世纪60年代以来，世界各国从育种角度探索了广谱抗性品种的解决路径，由于诸多原因，迄今未能突破。该项目从生态角度，应用生物多样性原理，探明了利用作物多样性控制病虫害的效应及关键因子，揭示了关键因子控制病虫害的机理，创建了作物多样性控制病虫害的关键技术，大面积推广应用累计3.03亿亩，减少农药51.6%，对解决作物品种单一化难题获得重大突破，成为国际上利用生物多样性控制病虫害的成功典范，2012年获云南省科技进步特等奖。主要创新点如下：

**1、探明作物多样性控制病虫害效应及关键因子。**通过禾本科与豆科，禾本科与茄科等作物搭配的384组田间小试、中试和放大验证，探明了作物多样性对病虫害的控制效果在16.7%至88.3%之间，确证了作物搭配异质性高、群体空间结构立体性强和播期时间配置合理对病虫害的控制效果显著；明确了异质作物搭配、群体空间结构和播期时间配置是影响控制效果的三个关键因子。

**2、揭示了三个关键因子控制病虫害的主要机理。**1）作物异质机理：明确了作物异质性与病虫害亲和性互作关系，作物搭配异质性越高，病虫害亲和性越低，控制效果越好；探明了作物根系代谢的6-Chloro-4H-3等化合物对病菌的化感效应；探明了作物挥发物Cis-3-Hexen-1-ol、E-2-Hexenal等引诱害虫在非寄主作物降低虫口密度的化感机理。明确了稻鱼互作延伸天敌生物链的生态功能。2）群体空间结构：揭示了作物群体结构对病菌的稀释作用和阻隔病害蔓延的生态功能；明确了作物群体立体结构增强通风透光、降低湿度和减少植株结露等不利于病虫害发生的微环境气象功能。3）播期时间配置：阐释了不同播期增强天敌昆虫功能团效应，探明了花期天敌昆虫功能团的增强效应；明确了发病高峰与降雨高峰的叠加效应，以及调整播期错开高峰的控病机理。

**3、创建关键技术并大面积应用，为解决单一化难题获得重大突破。**通过机理研究并结合机械化操作要求，制定了异质作物搭配的技术标准，建立了作物行比行宽群体空间结构的技术参数，以及作物播种时间优化配置的技术参数，创建了作物多样性时空优化配置控制病虫害的关键技术，并进行了大面积示范推广，在云南、四川、重庆、贵州、陕西、甘肃等省(市) 累计应用面积3亿余亩，降低马铃薯晚疫病、玉米大小斑病、玉米螟、魔芋软腐病等主要病虫害33.7%至62.1%，减少农药用量51.6%，为解决作物品种单一化病虫害爆发流行而大幅度增加农药的难题取得了重大突破。

该项目应用研究处于国际同类研究前沿，其创新点属植物病虫害防治学领域，在PNAS等国内外刊物发表论文187篇，获发明专利授权10件，制定并发布技术规范14项，技术成果大面积推广，2006~2015年累计应用面积3.0359亿亩，2013~2015年近三年累计应用面积1.2347亿亩，产生了显著的社会经济效益和生态效益。**四、主要科技创新**

**1、主要科技创新**

**1.1技术创新的背景**

在过去的100年间，世界种植的农作物品种急剧减少。世界各国主要农作物大田种植的品种平均减少86%。我国水稻品种从上世纪五十年代种植的4.6万余个锐减到大面积种植的品种仅1000余个，小麦品种从1.3万余个减少到大面积种植仅500余个，玉米品种1.03万余个减少到大面积种植150余个（董玉琛 2003）。作物品种单一化大面积种植，增大了病虫害的定向选择压力，加速了寄生适合度强的病虫数量迅速扩增，导致病虫害爆发流行。美国大面积种植T型玉米杂交品种造成小斑病的大流行（曾士迈，1995），欧洲大面积种植Plugs大麦品种造成白粉病流行，我国大面积种植碧玛1号等小麦品种造成条锈病大流行(李振岐，1998)。病虫害流行不仅大面积减产，而且大幅度增加了农药用量，对粮食安全和生态环境造成了潜在危机，成为了植物保护领域的重大难题之一。上世纪60年代，世界各国从育种角度提出选育广谱抗性品种解决途径（Jensen NF.1952； Vanderplank JE. 1963)，但因技术难度大局限了推广应用。本项目从农田生态系统角度，应用生物多样性原理，探明了作物多样性控制病虫害效应及关键因子，揭示了关键因子控制病虫害的主要机理，创建了作物多样性时空优化配置控制病虫害的关键技术，并大面积推广应用，对解决农田作物品种单一化的难题获得了重大突破。

**1.2主要技术创新**

**1) 探明了作物多样性控制病虫害效应及关键因子**

通过不同作物组合配置的田间小试、中试及放大试验，探明了作物多样性对病虫害的控制效应，明确了异质作物搭配、群体空间结构和错峰时间配置是影响控制效果的三个关键因子。在国内外刊物发表论文41篇。主要结果如下：

①探明了作物多样性控制病虫害的效应。2001年至2004年在云南会泽、宣威、陆良、楚雄、玉溪、保山、嵩明等地进行了马铃薯与玉米、玉米与大豆、小麦与蚕豆条带种植的同田对比小区试验。试验结果表明，马铃薯与玉米条带套种与对照单作相比，马铃薯晚疫病和玉米大斑病分别平均降低病情指数73.3%和26.9%，玉米螟危害率降低36.8%；玉米与大豆条带套种与对照单作相比，玉米大小斑病和大豆叶斑病（锈病、炭疽病和细菌性斑疹病）分别平均降低病情指数21.6%和19.4%；小麦与蚕豆条带套种与对照单作相比，小麦条锈病和蚕豆褐斑病分别平均降低病情指数16.7%和23.6%。2004年至2007年在弥勒虹溪、玉溪红塔和石屏龙蓬等地进行了马铃薯与玉米、烟草与玉米，甘蔗与玉米，小麦与蚕豆等作物搭配控制病害同田小区试验。试验结果表明，马铃薯提前播种与玉米推后播种搭配条带种植处理与对照净栽相比，马铃薯晚疫病平均降低病情指数76.1%，大斑病降低26.75%；烟草与玉米搭配条带轮作处理与对照净栽相比，连续轮作三年烟草黑胫病病情指数降低88.3%，玉米大斑病降低18.42%。

②明确了影响控制效果的三个关键因子。2003年至2007年进行了25个作物搭配组合田间试验，结果表明，玉米与马铃薯、小麦与蚕豆等跨科搭配组合显著降低病虫害危害，而马铃薯与烟草、辣椒与番茄、蚕豆与豌豆等同科搭配组合病虫害发生加重，明确异质作物搭配控制病虫害效果明显，反之则效果相反。2005年至2009年分别进行了群体空间结构和播期时间配置田间试验，结果表明，作物株高株型差异大，在田间形成立体群体结构的马铃薯与玉米、大豆与玉米等处理控制病虫害效果显著，而玉米与高粱、小麦与大麦等群体立体结构较差的处理控制效果不显著。在马铃薯与玉米的播期时间试验处理中，马铃薯提前播种，玉米推后播种控制效果极显著，而两者同期播种控制效果显著性较弱。多年多点试验结果确证了作物搭配异质性高、群体空间结构立体性强和播期时间配置合理对病虫害的控制效果显著；明确了异质作物搭配、群体空间结构和播期时间配置是利用作物多样性控制病虫害的三个关键因子。

**2）揭示了作物多样性关键因子控制病虫害的主要机理**

通过年系统研究，揭示了异质作物、群体空间结构和时间配置关键因子控制病虫害主要机理。在PNAS等国内外刊物发表论文193篇。主要研究结果如下：

 I、异质作物搭配控制病虫害的主要机理研究结果

①作物异质性与病虫害亲和性互作研究结果。项目组完成了各种作物病虫害种类、寄主范围、兼性寄主、桥梁寄主和转主寄主等生物学特性研究，及采集标样、分离培养、交互接种等系列研究，理清作物主要病虫害种类及其互作特点。试验完成了72种作物搭配种植田间病虫害发生危害的观测数据，试验处理中的玉米与马铃薯、玉米与魔芋、玉米与辣椒、小麦与蚕豆、大麦与蚕豆等组合搭配未发现主要病虫害交叉侵染，且禾本科与豆科、茄科等作物主要病虫害亲和度低；通过接种试验玉米大斑病菌对马铃薯，蚕豆锈病病菌对小麦能产生诱导抗性，但诱导抗性作用较弱，仅为8%到15%之间。同时进行了同科作物的搭配试验，结果表明，马铃薯与烟草、辣椒与烟草、蚕豆与豌豆、大豆与四季豆、小麦与大麦等同科作物搭配中主要病虫害均有交叉侵染，烟草与马铃薯病毒病交叉侵染最显著，其中马铃薯Y病毒、花叶病毒交互侵染率分别为63.6%和51。9%；烟蚜对供试豆科、茄科作物均表现亲。

②异质作物与病菌化感效应。通过对大蒜、韭菜、芹菜和玉米挥发物和根系分泌物对辣椒疫霉菌抑菌活性和趋化活性的系统分析，结果表明大蒜、葱、韭菜根系及其分泌物对黄瓜疫霉菌和辣椒疫霉菌均有显著的抑菌或吸引活性，根系能分泌物质吸引游动孢子，使靠近大蒜根系的游动孢子迅速休止并裂解。玉米根系分泌物对游动孢子的游动和休止孢萌发具有抑制活性，根系顶端还能分泌根边缘细胞吸附并裂解孢子。鉴定出了苯并噻唑（BZO）、2-甲硫基苯并噻唑（MBZO）、6-甲氧基-2-苯并唑啉酮（门布MBOA）、3-甲基-2(3H)-苯并噻唑硫酮（MBZOT）四种化合物。BZO和MBZO能抑制疫霉菌游动孢子释放、游动和菌丝生长；MBZOT抑制游动孢子释放和菌丝生长；MBOA对游动孢子释放和游动抑制。

③异质作物多样性降低害虫虫口密度效应。用自制的四臂仪和尼龙网室研究了玉米螟在不同处理甘蔗和玉米植株上卵的孵化率。结果表明，甘蔗上玉米螟的孵化率明显低于玉米植株上的孵化率。甘蔗上的玉米螟卵孵化后，1－2龄后即进入死亡高峰期，大量幼虫死亡不能有效蛀入甘蔗茎秆，玉米与甘蔗条带种植有效减少玉米螟的虫口密度。甘蔗挥发物生物测定结果表明，反-2-己烯醛在浓度为5×10-5g/ml～5×10-7g/ml时，对玉米螟有引诱作用；壬醛仅在浓度为5×10-3g/ml时，对玉米螟有显著的引诱作用。顺-3-己烯-1-醇只在当浓度为5×10-3g/ml时，表现出驱避作用；当浓度为5×10-4g/ml～5×10-6g/ml时，表现为引诱作用。苯甲醛、苯乙醛、柠檬烯在高浓度（ 5×10-3g/ml）时对玉米螟产卵都表现为驱避作用，而在浓度较低时表现出不同程度的引诱作用。

④作物对作物的相互化感效应。通过4年的田间定位试验结果表明，地下部的根系间的相互作用在间作产量优势中起重要作用，不仅在作物根系占据土壤空间的互补性，而且蚕豆的根际效应有利于玉米从土壤中获得磷。明确了蚕豆改善玉米磷营养的根际效应机理，包括蚕豆比玉米有更强的质子释放能力，酸化了根际，有利于难溶性土壤磷的活化和玉米对磷的吸收利用。蚕豆根系释放更多的有机酸，与难溶性磷的活化有关。蚕豆活化的土壤难溶性磷可被两种作物相互吸收利用有利于生长势能和抗逆能力的提高，减缓病虫害的发生严重度及传播蔓延速度。

⑤稻鱼互作延伸害虫天敌生物链。发现稻和鱼的相互作用可显著地降低病虫草害的发生，降低水稻生产对农药和化肥的依赖程度。稻和鱼还能够互补利用氮素，维持土壤肥力和降低化肥使用量。通过建立再生稻技术，水稻与鱼的共生期延长了65天，既保护了稻鱼系统，又使水稻总产量由6.30吨/公顷提高到7.13吨/公顷。稻鸭共作区中稻飞虱的空间生态位宽度达0.83, 比空白区、化肥区分别低5.0% 和5.9%。稻鸭共作使得肖蛸、瓢虫、跳蛛、隐翅虫与稻飞虱发生的空间同域性增强,提高了对稻飞虱的潜在控制作用。通过稻鱼互作延伸控制害虫生物链，害虫虫口密度降低34%。

II、群体空间结构控制病虫害的主要机理研究结果

①异质作物群体中非寄主作物对病菌稀释作用。田间群落结构稀释病菌试验结果表明：两种作物不同种植比例均明显降低病菌孢子数量。与净栽对照相比，马铃薯与玉米1:1至5:5行比种植的单位面积内有效侵染的晚疫病病菌孢子数量平均降低53.45%，有效侵染的玉米大小斑病菌孢子数量降低40.1%；小麦与蚕豆1:1至5:5种植行比的单位面积有效侵染的条锈菌孢子平均降低39.3%，蚕豆褐斑病菌孢子降低43.2%。

②异质作物群体对病害蔓延的空间阻隔效应。魔芋与玉米、蚕豆与小麦、蚕豆与大麦条带种植阻隔病害的田间试验观测，结果表明，魔芋与玉米条带种植有效地阻隔了魔芋软腐病的传播蔓延，与对照净种魔芋相比，发病中心向四周传播病害速度明显呈梯度降低，其发病率从发病中心至2米、4米、8米和16米的最高发病率分别为64.5%、46.2%、40.6%、31.1%和21.4%，与对照相比，发病率分别递减-0.03%，26.5%，35.0%，50.2%和65.6%。蚕豆与小麦条带种植处理与对照相比，蚕豆褐斑病病情指数递减2.53%，19.8%,46.6%,55.7%和59.7%。

③异质作物立体株群改变微环境气象条件。异质作物群体形成良好的空间立体结构，改善病害发生流行的气候条件，试验结果表明：玉米与马铃薯立体空间结构与对照净作玉米相比，田间风速增加25.9至32.8%，行间透光率增加29.8 至44.7%，田间相对湿度降低10.1至12.5%，植株表面结露面积降低43.5至57.6%，玉米大小斑病病情指数降低33.9%，马铃薯晚疫病病情指数降低49.1%。

III、种植时间配置控制病虫害的主要机理

①播期错峰配置消减叠加效应。玉米与马铃薯带状种植，马铃薯提前推后播种田间试验结果表明，与对照相比，提前播种处理的两个品种的晚疫病平均降低病情指数50.7%，平均增产幅度18.5%，其中品种会-2降低病情指数52.1%，增产幅度为17.1%；合作88降低病情指数49.3%，增产幅度为18.9%，品种间差异不明显。推后播种处理的两个品种的晚疫病平均降低病情指数为43.8%，平均增产幅度为11.6%，其中会-2品种降低病情指数40.1%，增产幅度为8.9%；合作88降低病情指数45.4%，增产幅度为14.4%。晚疫病发生流行与雨水密切相关，马铃薯提前种植试验处理是3月上旬播种7月上旬收获，避开7-9月的降雨高峰。试验数据表明，提前种植与对照相比避开阴雨日58%，避雨避病效果显著。马铃薯推后试验处理是7月上旬播种11月上旬收获，9月降雨高峰过后，晚疫病发生流行期避开降雨高峰，推后种植与对照相比避开阴雨降雨日47.0%，播期错峰避雨避病效果显著。

②调整异质作物生育期增强天敌功能团效应。蔗田与辣椒种植提高害虫的天敌种群而达到控制害虫的试验结果表明，甘蔗提前种植辣椒推后套种能显著提高辣椒田南美斑潜蝇寄生蜂的种群密度, 在辣椒与甘蔗行比为1:2、2:2套作田，南美斑潜蝇寄生蜂的种群密度明显高于辣椒单作田，从而显著提高了寄生蜂对斑潜蝇的寄生率，其中在辣椒与甘蔗行比为1:2、2:2套作田，南美斑潜蝇的平均被寄生率分别为70.%和21.5%，而辣椒单作田被寄生率则仅为5.9%。辣椒与甘蔗套种，有效降低了辣椒田南美斑潜蝇成虫和幼虫的种群密度，减少了叶片被南美斑潜蝇蛀食造成的蛀食孔密度，显著控制了辣椒田南美斑潜蝇对辣椒的危害。玉米与马铃薯带状种植田间试验表明，马铃薯提前播种，花期高峰显著增加了近17种天敌昆虫的群体数量，增大了天敌功能团效应，有效降低了玉米螟虫口密度和田间危害。

③异质作物轮作减少病原菌初侵染。不同作物带状种植，次年对调轮作，长期形成条带轮作，减少土壤病菌积累和初侵染菌量。魔芋与玉米、马铃薯与玉米、烟草与玉米、小麦与蚕豆等作物条带轮作田间小区试验。试验结果表明，条带轮作与不轮作的对照相比，魔芋软腐病初侵染源减少90.1%，玉米大斑病初侵染源减少63.1%；在马铃薯玉米条带轮作试验中马铃薯晚疫病初侵染源减少86.1%，玉米大斑病菌初侵染源减少57.4%；在烟草与玉米条带轮作中烟草黑胫病初侵染源减少90.2%，玉米大斑病减少51.3%；在小麦蚕豆条带轮作试验中，小麦条锈病初侵染源减少38.2%，蚕豆褐斑病初侵染源减少61.7%。

**3）创建了作物多样性控制病虫害关键技术**

通过机理研究并结合机械化操作要求，创建了作物多样性时空优化配置控制病虫害的关键技术，获发明专利10件，制定技术规范14项。研究结果如下：

①研究制定了异质作物搭配的技术标准。根据机理研究结果制定作物多样性控制病虫害的异质物种搭配技术标准，包括植物分类学定义的不同科的作物搭配，且避免主要病虫害寄主范围的兼性寄主、桥梁寄主和转主寄主；作物株高株型差异；作物营养互利及浅根系与深根系等。

②建立了作物群体空间立体结构技术参数。在机理研究基础上，结合农机具的长宽数据及操作要求，建立了禾本科与豆科、禾本科与茄科、禾本科与薯类等作物搭配的行比行宽行高技术参数。

③建立了作物播期时间错峰配置的技术参数。在机理研究基础上，结合作物生育特性、病虫害高峰和降雨高峰时间差异，建立了禾本科与茄科、禾本科与薯类、禾本科与豆科等作物搭配的播期配置技术参数。

④集成技术参数和技术标准，创建了作物多样性控制病虫害关键技术，项目技术在32个县进行了48个万亩大面积试验示范，结果如下，玉米与马铃薯时空优化配置控制病虫害技术在13个县25个万亩示范结果表明，玉米大小斑病病指降低52.8%，马铃薯晚疫病病指降低46.4%，玉米螟危害降低68.2%。小麦与蚕豆时空优化配置控制病虫害技术在8个县12个万亩示范结果表明，小麦条锈病病指降低17.4%，叶锈病病指降低22.6%，蚕豆褐斑病43.3%，小麦蚜虫降低32.6%，美洲斑潜蝇危害降低47.2%。甘蔗与薯类等其他时空优化配置技术在11个县11个万亩示范结果表明，甘蔗眼斑病病指降低26.3%，大豆叶斑病类降低19.2%，红苕黑斑病降低21.7%，马铃薯块茎蛾降低58.5%，辣椒疫病降低38.5%，烟草黑胫病降低78.6%，魔芋软腐病降低62.5%。

**1.3 与当前国内外同类研究、同类技术的综合比较**

**1）创建关键技术为解决作物品种单一化难题获突破**

上世纪60年代以来，世界各国从育种角度探索了广谱抗性品种的解决路径，拟选育成持久广谱抗性品种，解决作物品种单一化病虫害流行难题，但由于诸多原因，迄今未能突破。该项目从生态角度，着眼农田生态系统，发挥生物多样性生态功能，创建了作物多样性时空优化配置控制病虫害的关键技术，通过多年大面积实践应用，为解决作物单一化难题获得重大突破。

**2）应用研究和技术成果推广处于国际同类研究的前沿**

美国、英国、法国及国际农业生物多样性中心等国外学术机构，长期限于理论研究及田间小试中试，未见大面积应用的报道。该项目技术成果2009年应用面积超过2000万亩，2010年超4000万亩，累计应用3.0359亿亩，被认为是国际上应用生物多样性控制病害的成功典范。

**2．科技局限性**

1）本项目是从农田生态学角度构建的作物多样性控制病虫害创新技术，是解决品种单一化所致的病虫害流行难题探索的新途径，并已成为了国际利用生物多样性控制病虫害的成功典范。然而，作物多样性时空优化配置是病虫害防治的一种新的基础方法，不能完全替代其他防治方法。

2）本项目主要研究了大田粮油作物多样性控制病虫害的原理和应用模式，其理论和方法对果树、茶叶等经济作物，以及林业混交林的病虫害防治均可提供参考，其理论和方法可拓展到经济作物和森林植保领域，目前物种多样性也广泛应用于环境友好型茶园建设，但仍需进一步扩大成果的推广应用，为推动绿色植保做出更大贡献。

**四、主要科技创新（保密要点）**

（仅限国家安全类项目填写，限1页）

|  |
| --- |
| 1．保密要点 |
| 2．相关保密行政管理部门审核意见部门（盖章） |

**五、客观评价**

**1、项目验收鉴定评价及获奖情况**

1）成果鉴定评价。2012年4月10日由云南省科技厅主持，邀请中国科学院、中国农科院等全国同行院士专家15人对云南农业大学等单位完成“作物多样性控制病虫害的技术体系构建及应用”成果进行了鉴定。专家组认为该成果技术创新点突出，一是阐明了降雨高峰与病虫发生高峰的叠加规律，并利用物种多样性优化配置消减叠加效应，显著降低病虫危害和促进增产。二是明确了物种多样性控制病虫害的基本原理，利用物种多样性时空合理配置等方法，凸显了物种多样性对病虫害稀释阻隔及相互制约等生态功能，有效地减缓病虫害流行。三是探明了物种根际互作过程的主要机理，并利用物种合理配置促进营养利用，增加生物固氮，增强作物抗逆性。四是集成物种多样性时空优化配置要素，构建控制病虫害促进增产的技术体系。专家组认为该成果研究思路正确，方法科学，技术路线合理，数据翔实，为应用生物多样性促进粮食安全提供了成功范例，国际上尚无类似系统和规模化的成功研究。

2）项目验收评价。该成果为国家973计划项目的研发成果，2010年由科技部973项目农业组专家对云南农业大学主持完成的“农业生物多样性控制病虫害原理和技术研究”项目进行了验收，验收专家认为，该成果探明了作物多样性控制病虫害的基本原理，构建了关键技术，大面积推广通过了实践检验，具有显著的理论和技术创新特色，为解决作物品种单一化造成的病虫害流行难题获得了重大突破。项目结题验收并评为优秀。

3）项目获云南省科技进步特等奖。该成果针对作物品种单一化病虫害爆发流行的难题，从生态角度探索了利用作物多样性解决品种单一化难题的新路径，为解决作物品种单一化病虫害爆发流行难题取得了重大突破，被云南省人民政府列为增产百亿斤粮食行动计划的关键推广技术，大面积推广产生了显著的社会经济效益和生态效益，2012年获云南省科技进步特等奖。

4）行业学会评价及获奖。2010年中国植物保护学会组织同行专家，对云南农业大学主持完成的“作物多样性控制病虫害技术体系构建及应用”成果进行了评审，认为该成果为解决作物品种单一化病虫害爆发流行难题取得了重大突破，推动了我国绿色植保发展，获中国植物保护学会科技进步一等奖。

**2、国内外相关评价**

1）国际同行的关注和认可。作物品种单一化病虫害爆发流行长期是国际农业发展中的重大难题。该项目应用生物多样性原理，研发的作物多样性控制病虫害技术受到国际同行领域的普遍关注和认可。2008年欧盟生物多样性和农业委员会邀请朱有勇在法国Montpellier学术大会作主题报告，会议认为朱教授和他的研究组利用不同作物合理间作，增加了农田生物多样性，有效控制病虫害流行，是生物多样性控制病虫害的成功范例。国际农业生物多样性中心（Bioversity Centre）理事会前主席Emile Frison教授及Devra Javis教授等多次到推广示范现场调研，并作为成功范例汇编成书培训各国技术人员。项目组与韩国岭南大学、日本北海道大学、美国华盛顿大学建立四国农业生物多样性保护和利用定期交流机制，以技术成果田间示范为模式，每年轮流现场学术交流扩大宣传。近年来英国、法国、意大利、美国、加拿大、澳大利亚、日本、韩国等200余位同行学者多次到应用现场考察和交流，并与法国国家农科院（INRA）、英国Wolverhampton大学、新西兰国家农业生物多样性中心开展了合作推广应用工作。项目成员朱有勇、李成云、卢宝荣、骆世铭等应邀到法国、英国、意大利、加拿大、澳大利亚、日本、韩国等国的学术大会报告14次，得到了国际同行的普遍关注和认可。

2）我国面向东盟科技辐射的植保技术。2011年中国外交部杨洁篪部长与东盟10国外交部长考察调研了该项目技术成果，各国外长认为东盟为南传佛教地区，农民难以接受化学农药杀灭措施，该技术适宜东盟地区病虫害防治，并要求给予技术培训。自2011年来，该项目举办了东盟地区“农业生物多样性控制病虫害理论与技术培训班11班次，培训了来自老挝、越南、缅甸、泰国、柬埔寨、菲律宾、尼泊尔、马来西亚、斯里兰卡、印度尼西亚、印度、新加坡12个国家的农业科技人员301人，建立了良好的合作关系，为我国“一带一路”农业科技合作提供了重要的病虫害防治技术。

3）全国政协专家组调研评价。2011年6月全国政治协商委员会无党派人士界委员专家组，包括王志珍副主席、朱作言院士等调研团一行21人，对云南发展农业生物多样性种植的情况进行调研。听取了云南省、昭通市、德宏州等“作物多样性种植发展情况”的汇报，深入昆明、昭通、保山、德宏的7个村寨进行了实地调研。专家组认为：云南省委省政府始终重视生物多样性保护和利用，把作物多样性种植作为促进农业增效和农民增收的重要抓手，并列为2009年实施“百亿斤粮食增产计划”的重大科技措施，创新栽培模式，充分利用生物多样性的时空优化配置，增加了粮食产量，明显减少了农药和化肥使用量。推广面积从2008年1400余万亩迅速增加至2010年4000余万亩，为云南粮食增产和农民增收做出了很大贡献，对我国粮食安全和农业持续发展都有重要意义。

4）列为云南省人民政府重大技术成果推广应用。2009年云南省人民政府提出了实施百亿斤粮食增产计划，把作物多样性优化种植作为重大技术成果全面推广，制定了十二五期间每年推广4000万亩的推广计划，并由省财政每年拨款推广工作经费4000万元。各级政府举办各级现场会500余场，发放创新技术宣传手册和传单二百余万份，参加农村干部、农技人员和农民群众十余万人。通过示范样板和农户推广应用，受到农户欢迎，由于政府重视和科技人员努力，2010年至2015年云南全省推广该成果4000万亩以上，产生了显著的社会经济效益，实现了省委省政府的依靠科技保障粮食安全的任务目标。

**六、推广应用情况、经济效益和社会效益**

**1．推广应用情况**

1) 简化推广技术，农民易学易做，大力普及宣传。项目组深入各地生产一线，通过大量调研掌握当地主要作物本底数据和农民生产习惯，进一步简化操作技术，编写技术宣传册图文并茂，文字不超过1000字，一家一张明白纸字数不超过200字。做到农民一看就懂，一学就会。项目组印制宣传册100余万份，传单300余万份，举办各级培训会1000余场次，并通过电视、广播、短信等进行广泛宣传，迅速提高广大农民对技术的自觉认识。

2）现场示范样板，农民眼见为实，带动推广应用。项目组根据推广地区的地理位置和交通路线，在32个县建立了48个万亩示范样板，长期为广大农民作示范展示。根据样板田农事生产情况，每个样板田每年召开3-4次技术成果推广现场会。通过示范样板田控病虫增产效果显著的实例，让广大干部群众眼见为实，口碑传播家喻户晓，直观了解了创新技术效果和作用，带动了各地推广应用的热潮。

3）政府重视，农民参与，迅速大面积推广应用。该项目技术成果被云南省人民政府列为重大科技推广项目，十三五期间在云南省全面推广，每年省财政划拨4000万元经费保障推广工作，各级政府农业部门责任到位，发动群众全力推广，推广面积逐年迅速增加，从2001年在11个县应用推广158.5万亩到2015年增加到132个县推广应用4158.5万亩，在云南、四川、贵州、重庆等累计推广34342.3万亩，产生了显著的社会经济效益。

作物多样性控制病虫害关键技术累计推广应用情况

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 年份 | 县（个数） | 面积（万亩） | 年份 | 县（个数） | 面积（万亩） |
| 2006 | 68 | 1175.9 | 2011 | 126 | 4013.2 |
| 2007 | 72 | 1211.6 | 2012 | 127 | 4025.7 |
| 2008 | 83 | 1554.6 | 2013 | 127 | 4056.2 |
| 2009 | 88 | 2025.8 | 2014 | 132 | 4132.8 |
| 2010 | 104 | 4004.7 | 2015 | 132 | 4158.5 |
| 合计 | 30359.0 |

4）效果直观，效益明显，促进绿色植保发展。项目组进行了推广地区215个示范点数据统计分析，结果表明：马铃薯晚疫病病情指数降低51.2%，玉米大小斑病降低28.1%，蚕豆褐斑病降低55.3%，魔芋软腐病降低59.8%，小麦条锈病降低17.6%。玉米螟平均控制效果65.7%，马铃薯块茎蛾52.9%，美洲斑潜蝇57.3%，小麦蚜虫25.8%，平均减少农药使用53.9%。产量结果表明：马铃薯提前玉米推后增幅为44.1%，土地利用率为1.44。烟草提前玉米推后增幅71.8%，土地利用率1.71。蚕豆与小麦、蚕豆与大麦增幅分别为15.5%和17.5%，土地利用率为1.15和1.17。该项目的大面积推广促进了我国绿色植保的发展。

2、经济效益

 该项目属社会公益事业技术成果，没有直接经济效益。

 间接经济效益：在各级政府部门和农业部门的支持下，从2001年开始推广应用，2001年至2015年共累计推广应用30359万亩。根据所提供的应用证明数据统计结果，促进农民增产粮食234.4亿千克，促进农民增收278.1亿元。

**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 |
| 2014 年 |  |  |  |  |
| 2015 年 |  |  |  |  |
| 2016 年 |  |  |  |  |
| 累 计 |  |  |  |  |
| 主要经济效益指标的有关说明：  |
| 其他经济效益指标的有关说明：  |

**3．社会效益**

1）推动农业生物多样性保护。近百年来全世界大田种植的农作物品种迅速减少，农田生物多样性和生态系统稳定性显著降低，利用作物多样性控制病虫害技术成果，不仅解决了作物品种单一化病虫害爆发的难题，且农田作物种类大幅增加，提高了农业生物多样性指数。

2）促进农田生态环境保护。该项目创建的作物多样性时空优化配置控制病虫害关键技术，推广应用有效控制病虫害流行，大幅度减少农药使用，促进农田生态环境保护。

3）促进我国农业生物多样性研发地位的影响。该技术成果被认为是国际上利用生物多样性控制病虫害的成功典范，受到了国际学术界高度关注。近年来国外考察交流同行学者200余人，受邀国内外相关学术大会报告23次，并作为“一带一路”面向东盟的农业科技辐射项目，连续8年举办国际培训班，培训国外技术人员1000余人。

4）促进广大农民增产增收。该项目技术成果简单易行，农民易学易做，农户大量减少了病虫害防治的用药用工费用，同时提高了农田产出率，符合目前农民对轻简高效技术需要，深受广大农民欢迎。

5）促进相关领域的技术拓展。作物多样性控制病虫害的理论与技术拓展至环境友好型茶园、果园、橡胶园的建设和管理，并为林业混交林的病虫害防治提供参考指导，促进了绿色植保的发展。**七、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 |
| 技术发明专利 | 玉米与马铃薯多样性种植控制玉米大、小斑病的方法 | 中国 | ZL200310110793.4 | 2006.12.27 | 30995 | 云南农业大学 | 朱有勇、何霞红、陈建斌、范静华、王云月、杨静、黄琼、孙雁、李炎  | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 小麦与蚕豆多样性种植控制小麦、蚕豆病虫害的方法 | 中国 | ZL200310110787.9 | 2007.6.6 | 329261 | 云南农业大学 | 朱有勇、蔡红、王云月、李炎、李作森、何霞红、周惠萍、杨静、陈建斌 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 大麦与蚕豆多样性种植控制大麦、蚕豆病虫害的方法 | 中国 | ZL200310110786.4 | 2006.12.27 | 300994 | 云南农业大学 | 朱有勇、杨静、孙雁、王云月、李炎、何霞红、李作森、周惠萍  | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 魔芋与玉米多样性种植控制魔芋软腐病的方法 | 中国 | ZL20031011792.X | 2007.2.7 | 307655 | 云南农业大学 | 朱有勇、周惠萍、彭磊、王云月、房辉、何霞红、李炎、李作森、蔡红 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 诱导稻瘟病菌产生致病性蛋白的方法 | 中国 | ZL200510048728.2 | 2006.7.26 | 374343 | 云南农业大学 | 李成云、朱有勇、周江鸿、杨静、苏源、周晓罡、李 进斌、王云月、刘林、业艳芬、叶敏  | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 水稻地方品种资源的农家原位保护方法 | 中国 | ZL200510048721.0 | 2007.12.26 | 367037 | 云南农业大学 | 王云月、朱有勇、卢保荣、李成云、朱明雨、周江鸿、孙雁、李鹏、涂敏、姜波、罗燕、罗琼 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 玉米与甘薯多样性种植控制玉米大小斑病的方法 | 中国 | ZL200510048763.4 | 2010.2.17 | 599322 | 云南农业大学 | 朱有勇、孙雁、王云月、李成云、杨静、何霞红 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 小麦矮腥黑粉菌检测的一种PCR方法 | 中国 | ZL200510080073.7 | 2007.1.10 | 400977 | 中国农业科学院植物保护研究所 | 陈万权、刘太国、刘建华 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 甘蔗玉米多样性种植控制亚洲玉米螟的方法 | 中国 | ZL201210219388.5 | 2013.12.04 | 1316354 | 云南农业大学 | 严乃胜、李正跃、陈斌、桂富荣、杨进成，纪韵祚，李炎 | 有效专利 |
| 技术发明专利 | 玉米马铃薯多样性种植控制马铃薯块茎蛾及亚洲玉米螟的方法 | 中国 | ZL201210380864.1 | 2014.10.15 | 1499558 | 云南农业大学 | 严乃胜、李正跃、陈斌、桂富荣、吴道慧 | 有效专利 |

**承诺：**上述知识产权用于推荐国家科学技术进步奖的情况，已征得未列入项目主要完成人的权利人（发明专利指发明人）的同意。

 **第一完成人签名：**

**完成人合作关系说明**

本成果的完成人是共同承担国家973计划项目的合作者，具有长期合作的基础，并对成果的形成具有实质性的贡献。排名都是根据对本成果的实际贡献，充分讨论的基础上形成的,也得到各完成人所在单位的同意。

**第一完成人签名：**

**完成人合作关系情况汇总表**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 合作方式 | 合作者(项目排名) | 合作时间 | 合作成果 | 证明材料 | 备注 |
| 1 | 朱有勇 | 第一 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 1,2,4,5,6,7 |  |
| 2 | 李成云 | 第二 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,5,6,7 |  |
| 3 | 陈万权 | 第四 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,7,8,9 |  |
| 4 | 李 隆 | 第五 | 2006-2015 | 成果，论文 | 2,4 |  |
| 5 | 骆世明 | 第六 | 2006-2015 | 成果，论文 | 2,4,7,10,11 |  |
| 6 | 卢宝荣 | 第七 | 2006-2015 | 成果，论文 | 2,4,9,11 |  |
| 7 | 李正跃 | 第八 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,6,13 |  |
| 8 | 何霞红 | 第九 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,5,6,7 |  |
| 9 | 陈 欣 | 第十 | 2006-2015 | 论文 | 2 |  |
| 10 | 王云月 | 第十一 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,6,7,12 |  |
| 11 | 吴伯志 | 第十二 | 2006-2015 | 论文 | 2 |  |
| 12 | 陈 斌 | 第十三 | 2006-2015 | 成果，论文，专利 | 2,4,5,6,7 |  |
| 13 | 朱书生 | 第十四 | 2006-2015 | 论文，专利 | 2, 6,7 |  |
| 14 | 段霞瑜 | 第十五 | 2006-2015 | 论文，专利 | 2,4 |  |
| 15 | 章家恩 | 第十六 | 2006-2015 | 论文 | 2 |  |

**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。

**第一完成人签名：**