

一、项目名称：金线莲高效栽培与精深加工关键技术创新与应用

二、提名奖种：2022 年度福建省科学技术进步奖

三、提名单位：三明市科技局

四、项目简介：

金线莲是华南地区重要特色中草药，有“金草”“药王”美誉，被列入福建省首批种业创新与产业化工程支持项目，国家卫健委已批准福建制定金线莲食品安全地方标准，福建省卫健委将其列为重要的防治新型冠状病毒肺炎外治中草药。金线莲产品受市场追捧，占福建厦门口岸年出口中药材的一半以上，远销日韩、东南亚等地，成为扩大中医药在共建“一带一路”国家的推广与应用的重要载体。

种苗繁育、栽培和加工是金线莲产业化三大核心技术环节，直接决定了金线莲成品活性成分含量。目前，金线莲育种手段单一粗放，有性繁育及分子辅助育种手段缺失，种苗几乎来源于组培快繁，瓶苗退化现象严重，林下种植成活率低、生长缓慢，精深加工技术落后，影响了金线莲成品的活性成分含量，从而影响药效，困扰产业健康发展。

在科技厅重点项目等经费的持续支持下，通过十年攻关，项目开展了金线莲高效栽培和精深加工工作，种苗质量显著提升，成功研发金线莲栽培高产技术体系，开展林下生态栽培示范，建立金线莲发酵体系，金线莲产业化核心共性问题得到有效解决。创新成果如下：

1. 创建金线莲分子辅助选择育种方法并筛选出优良株系。首次应用 RNA-seq 技术获取金线莲黄酮和甾醇代谢通路关键基因信息，发明已知序列侧翼未知序列扩增方法，克隆金线莲查尔合酮成酶等黄酮和甾醇代谢通路关键基因。创立光谱、无机盐和苯丙氨酸等诱导模型，创建了基于有效成分监测、基因表达和植株表型分析的金线莲分子辅助育种方法，从所收集 38 份种源中初选 4 个高黄酮含量优良株系，精选优良株系 RF0703001 和 RF0703006 并应用于生产，年推广种植 4500 万株。并获 6 项发明专利。

2. 创新金线莲繁育技术并建立高效栽培技术体系。建立金线莲人工授粉、种子采收与保存方法，授粉率 85.23%，建立“接种-大棚培养”一步育苗新技术，种子萌发率 80.03%，优化了金线莲工厂化育苗生产流程，缩短成苗时间。栽培后期采用短时间紫外、盐处理和 CO₂ 补给技术，植株总黄酮含量提高 2-3 倍，金线莲干重增加 19.23%，移栽成活率 86.50%。以 RF0703001 和 RF0703006 株系为种源，年生产优质种子苗 5700 万棵，收益 2600 万元，种子创新技术为种子高产和杂交育种提供了技术储备。并以实生苗开展林下生态种植，研制地栽采收设备，有效降低损伤率，得苗率由原来的不足 30%，提高至 80% 以上；结合有效成分监测，明确花茎 7 cm 为地栽成品采收标准，第三方检测表明，林下种植金线莲总黄酮、氨基酸指标达野生水平，农残未检测及，产品安全有效保证。

林下推广种植 300 亩 1000 万株，年收益 800 万元。并获 3 项发明专利。

3. 创建金线莲发酵体系提升精深加工产品品质。提出并建立了金线莲根茎为主料的多次浸出，膜超滤技术过滤，多菌株协同发酵生产功能产品的技术方法，黄酮、氨基酸、甾醇等活性成分含量分别提高了 15.89%，23.67%和 7.63%，具有降脂解腻，提鲜增味的作用。以金线莲叶为主料的固体发酵养肝茶，在国内外茶品大赛中获得诸多荣誉。精深加工过程优化了超声波处理、同步酶法技术，开发出了富含活性成分和益生菌的“益生活力”系列产品，实现产业化，年收益超 2300 万元。

成果授权专利 18 件，其中发明专利 11 件；建立企业标准 4 项，发表 SCI、EI 论文 14 篇。金线莲分子辅助选择育种与繁育，高效栽培与发酵加工主要指标达国内领先水平，部分成果国际领先。“仁溪堂”金线莲鲜品和干品获有机产品认证证书，被授予“福建名牌农产品”。本项目成果在三明、南平、龙岩、泉州等地推广应用，近三年累计实现产值突破 1.7 亿元，新增利润 4963 万元。本项目培养研究生 4 名，开展科技服务百余次，带动 1000 多农户增产增收，为福建省金线莲产业转型升级提供帮助，为新农科建设提供示范，有力助力乡村振兴，为“健康中国”和“一带一路”战略作出贡献。

五、主要完成单位

三明学院、泉州市金胜生态农业有限公司、厦门和美科盛生物技术有限公司、泉州市景圃生物技术有限公司、永安市华芝韵金线莲农民专业合作社、益生活力健康科技(福建)有限公司

六、主要完成人及其贡献

(1) 张君诚（三明学院），项目负责人

(2) 杨琳（三明学院）项目主要执行人，负责金线莲活性成分合成机理及分子育种技术研究

(3) 尤长胜（泉州市金胜生态农业有限公司）项目主要执行人，负责金线莲林下生态栽培技术研究

(4) 刘文美（厦门和美科盛生物技术有限公司）项目主要执行人，负责金线莲产品发酵体系建立及发酵产品开发

(5) 张杭颖（三明学院），项目主要执行人，负责金线莲人工授粉及种子萌发技术研究

(6) 邢建宏（三明学院），金线莲人工授粉及种子萌发技术研究

(7) 鄢树枫（三明学院），金线莲活性成分代谢通路及其生物医药效果评价研究

(8) 宋育红（三明学院），金线莲适生环境调查与林下生态栽培研究

(9) 郑东照（泉州市景圃生物科技有限公司），金线莲种苗繁育

(10) 张加明（福建省明溪县农业农村局农田建设与土肥技术推广站），负责金线莲繁育和栽培技术推广。

七、主要知识产权及代表性论文专著等支撑材料目录

知识产权类别	授权专利名称	授权号	国（区）别	权利人	发明人		
主要知识产权证明目录							
知识产权类别	授权专利名称	授权号	国(区)别	权利人	发明人	有效/无效	附件
发明专利	一种来源于福建金线莲的牻牛儿苗基焦磷酸合酶基因及其应用	ZL201911076055.X	中国	三明学院	张君诚；杨琳；邹函卓；张杭颖；邢建宏；宋育红	有效	
发明专利	一种来源于福建金线莲的查尔酮酶基因及其应用	ZL201811456210.6	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红；邢建宏	有效	
发明专利	一种来源于台湾金线莲的查尔酮酶基因及其应用	ZL201811456216.3	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红；邢建宏	有效	
发明专利	一种福建金线莲的苯丙氨酸解氨酶及其编码基因、重组载体、重组工程菌及应用	ZL201811610498.8	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红；张杭颖	有效	
发明专利	一种台湾金线莲的苯丙氨酸解氨酶及其编码基因、重组载体、重组工程菌及应用	ZL201811610498.8	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红；张杭颖	有效	
发明专利	一种获得已知序列侧翼未知序列的方法	ZL201510910524.9	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红	有效	

发明专利	一种金线莲土壤种植的方法	ZL201210334732.5	中国	泉州市金胜生态农业有限公司	尤长胜	有效	
发明专利	一种来源于中国台湾金线莲的焦磷酸合酶基因	ZL201810204178.6	中国	三明学院	杨琳；张君诚；付凤玲；李晚忱；宋育红	有效	
发明专利	植物乳杆菌在药食同源食品加工中的制备技术与用途	ZL 202110122824.6	中国	厦门和美科盛生物技术有限公司	刘文美；邹泽华；余成壮；邓宏辉	有效	
发明专利	一种具有降脂解腻提鲜增味作用的乳酸菌发酵制品、制备方法及其用途	ZL 202111438849.3	中国	益生活力健康科技(福建)有限公司	刘文美；余成壮；邓宏辉；邹泽华；余金明；陈凤英	有效	

刊名	论文、专著名称	影响因子	年卷页码	发表时间	SCI、EI收录情况	他引次数	作者：排序/姓名
Scientific reports	Expression response of chalcone synthase gene to inducing conditions and its effect on favonoids accumulati on in two medicinal species of Anoectochilus	4.000	2019.9:20171	2019-12-27	SCI 收录	0	通讯作者：6/李晚忱，7/付凤玲；第一作者：1/杨琳；作者：2/张君诚,3/瞿静涛，4/何刚，5/于好强
Peer J	Characterization of phenylalanine ammonia-lyase genes facilitating flavonoid biosynthesis from two species of medicinal plant Anoectochilus	3.000	2022.6	2022-6-01	SCI 收录	0	通讯作者：6/于好强，7/张君诚；第一作者：1/杨琳；作者：2/李晚忱,3/付凤玲，4/瞿静涛，5/孙福艾
Pak.J.Bot.	Loning and characterization of farnesylpyrophosphate synthase gene from Anoectochilus	0.900	2020.3	2020-03-01	SCI 收录	0	通讯作者：6/姜福星，7/付凤玲；第一作者：1/杨琳；作者：2/张君诚,3/李晚

							忱, 4/瞿静涛, 5/于好强
福建林业科技	金线莲产业化现状及发展对策	0.000	2014.4:20-224	2014-12-01	其他	17	第一作者: 1/张君诚; 作者: 2/张超, 3/陈强, 4/林春辉;
分子植物育种	两种金线莲全长转录本的构建及密码子使用偏好性分析	0.000	2020.12:3916-3922	2020-06-01	其他	1	通讯作者: 6/张君诚; 第一作者: 1/杨琳; 作者: 2/瞿静涛, 3/李晚忱, 4/付凤玲, 5/于好强

八、推广应用情况

本项目研发金线莲高效栽培与精深加工关键技术, 形成了专利、论文和企业标准, 在核心技术上拥有自主知识产权。项目整体技术已于 2016 年在泉州市金胜生态农业有限公司、厦门和美科盛生物技术有限公司、益生活力健康科技(福建)有限公司、福建仁溪堂农业发展有限公司、福建匠农生态农业有限公司、泉州市景圃生物科技有限公司等企业应用, 取得了显著的经济、社会和军事效益。