

集体林权制度改革 重点推广科技成果汇编

国家林业和草原局

2025 年 8 月

目 录

林木良种

01‘江淮 1 号’美洲黑杨国审良种	1
02‘中宁异’等国审核桃良种	5
03‘中林 5 号’楸树等系列良种	10
04‘中石 9 号’文冠果等系列良种	13
05‘长林 40 号’等油茶良种	17
06 西南桦广西凭祥种源	20
07‘华仲 12 号’等杜仲良种	23
08‘娇红 1 号’等国审红花玉兰	26
09‘京沧 8 号’等枣良种	31
10 薄壳山核桃‘绍兴 1 号’品种选育及高效栽培技术	34
11 赏茶兼用系列地被菊新品种及良种	38
12‘玉龙红翡’等花果兼用梅花良种	42

森林经营

13 杉木大径材定向培育技术	46
14 纸浆用丛生竹高效经营关键技术	49
15 人工林多功能经营技术体系	52
16 人工林智能滴灌水肥一体化栽培技术体系	56
17 竹资源高效培育关键技术	59
18 杉木人工林长期生产力保持关键技术	64

19 基于高世代良种的杉木人工林配方施肥关键技术	68
20 香榧大苗培育及高效生态栽培技术	72
21 南方次生林经营关键技术	76
22 桉树人工林可持续经营技术	80
23 马尾松大径材及高产脂林栽培关键技术	84
24 基于空间结构优化的森林经营技术	88

林下经济

25 竹林下竹基食用菌生态栽培技术	92
26 五倍子种虫高效放养增产及有害生物绿色防控技术	97
27 林下药用植物高效栽培技术	101
28 平卧菊三七培育、加工产业一体化技术研发与应用	104
29 金线莲新品种繁育及生态栽培技术	107
30 贵州林下特色经济野生食用菌保育及仿生态栽培技术	110
31 药用石斛林下仿野生栽培技术	114
32 林下多花黄精栽培及加工技术	118
33 灵芝优质、高产林下品种的选育技术应用	123
34 山核桃、香榧特色林果采收与采后处理关键技术	126
35 百合林下种植模式的开发和利用	129
36 药用芍药林下种植技术	134
37 优质蓝莓酒酿造技术	138

木本粮油

38 油茶品种配置水肥一体化轻简管理技术	142
----------------------------	-----

39 甜柿优良新品种及园艺化栽培技术	145
40 杏轻简化生产模式集成与示范	149
41 板栗和锥栗种质创新及高效栽培关键技术	153
42 油桐集约高效培育与高值化加工技术	157
43‘悦木’系列高州油茶良种.....	160
44 贵州山地油茶良种选育及丰产栽培技术	163
45 油茶核桃等经济林特色化品种应用及配套高效栽培技术	167
46 核桃及薄壳山核桃优质轻简高效栽培技术	170
47 澳洲坚果良种选育与丰产栽培关键技术	173

林业机械

48 分体式全降解容器育苗技术与配套装备	176
49 油茶果采摘关键技术及装备	180
50 35°坡地造林整地遥控作业机.....	182

木竹加工

51 无醛刨花板胶黏剂-低成本豆粕胶黏剂制造与应用技术.....	185
52 高性能重组木制造技术	188
53 大规格耐候性竹质重组结构材制造技术	191
54 新型竹丝装饰材料绿色防护关键技术	194
55 竹材无裂纹展平技术与装备	197
56 竹材高效展平及其加工剩余物利用关键技术	201
57 生物质基无醛胶人造板制造关键技术	204
58 无醛添加热塑性树脂胶合板制造技术	207

59 新型铝木复合窗生产制造技术	212
------------------------	-----

林产化学

60 林木剩余物高得率清洁制浆技术	215
61 松脂节水减排绿色加工关键技术	219
62 环保型增塑剂连续化生产关键技术开发	222
63 竹纤维制备关键技术及功能化应用	225
64 林农剩余物气化关键技术创新及产业化应用	227
65 主要经济林废弃物基质化利用关键技术	230
66 黄酮竹酒及其生产技术	234
67 黄精活性成分高效制备技术	237

信息监测

68 基于多源数据的林火精准监测关键技术	240
69 单木-林分尺度人工林资源遥感精细监测技术	243
70 人工林三维可视化模拟技术	247
71 基于高分辨率遥感数据的森林生物多样性监测	251
72 守望林草云平台在林草资源管理与督查中的应用技术	254
73 基于森林资源清查优化体系的生态系统监测技术	257

林木良种

‘江淮 1 号’美洲黑杨国审良种

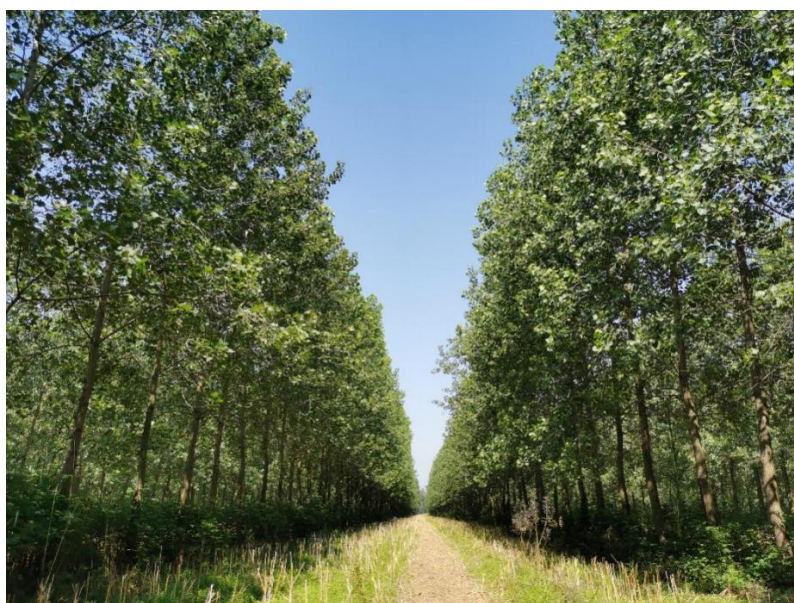
完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：丁昌俊

成果简介：

一、技术特点

针对我国杨树规模化种植区江淮地区主栽品种特别是环保型品种缺乏、林分结构稳定性较差、人工林生产力有待提高的情况，按照生态育种原则，综合考虑江淮地区的自然气候



湖北荆州石首‘江淮 1 号’美洲黑

杨引种试验示范林（7 年生）

立地特点，创新以美洲黑杨骨干种质 50 号杨（*Populus deltoides* cl.‘55/65’）为母本、美洲黑杨优异种质 S3226（*Populus deltoides* cl.‘3226’）为父本，种内杂交聚合速生和抗逆基因，采用生产力、适应性、特异性状三级选种新程序，经过跨气候区多年多地点多立地多性状综合评选，培育出高产优质抗逆环保型杨树优良新品种。该品种不飞絮，出材率

高，材质佳，速生性显著，抗病虫害、抗风和耐水湿能力较强，为江淮及周边地区速生丰产林建设、国家储备林工程和国土绿化提供换代良种。2022 年获国家林木良种审定(良种编号：国 S-SV-PD-002-2022)。

二、适用范围

‘江淮 1 号’美洲黑杨可作为胶合板材、纸浆材等工业原料林培育，也是平原林网及四旁绿化的多品系造林主栽良种；可在长江中下游至淮河的安徽、江苏南部、湖北东部、江西北部沿江滩地、丘陵和平原区栽植。适合于平原、丘陵、江湖滩地，土壤 pH 值中性或稍偏碱性，年平均气温 15℃以上，平均降雨 800mm 以上，极端最低温-10℃以上地区。

三、应用方法

1.‘江淮 1 号’美洲黑杨为雄性，树皮深灰褐色，纵裂，分枝角度 30°，树干较通直，侧枝条较粗，树冠长椭圆形。速生性强，抗旱，较耐水湿，抗风折，抗寒，抗褐斑病、锈病、溃疡病等叶部和皮部病害，对蛀干害虫有一定抗性。

2.‘江淮 1 号’美洲黑杨速生丰产性显著，蚌埠淮上区 9 年生胸径、树高、单株材积、单位面积蓄积年生长量为 30.24cm、26.2m、0.7098m³和 2.6024m³/亩，分别超过当地主栽品种 7.7%、4.38%、20.06%和 20.05%；安庆大观区 11 年生胸径、树高、单株材积为 32.95cm、25.6m 和 0.8169m³，分别比当地主栽品种高出 16.64%、15.32%和 52.35%。扦插成活率在 95%以上，造林成活率和保存率均在 90%以上。



安徽太和‘江淮 1 号’美洲黑杨引种试验示范林(7 年生)

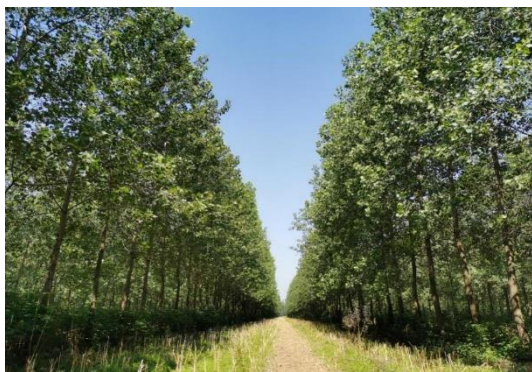
3.‘江淮 1 号’美洲黑杨 11 年生木材基本密度 0.377g/cm^3 ，木材气干密度 0.501g/cm^3 ；纤维长度 0.98mm ，纤维长宽比为 50.5，纤维壁腔比为 0.30，属甚薄等级，纸张可挠性能好，且纤维长、宽分布均匀，为高等纤维工业原料。

4.可直接扦插育苗扩繁，采用一年生健壮苗木制作插穗，保留 2~3 个芽，长度 12~15cm，扦插前水中浸泡 1~2 天，扦插深度 10~12cm，株行距 $40\times 50\text{cm}$ ，插后将土压紧，浇灌 1 次，之后常规管理。

5.选择土壤 pH 值中性或稍偏碱性的平原、丘陵、江湖滩地，采用大苗、壮苗植苗或者插干造林，做到“三大一深”，栽前泡足水，及时抹芽、修枝、整形、浇灌、除草松土、施肥和病虫害防治。

四、典型案例

在阜阳市太和县赵庙镇西竹园家庭农场（土壤为砂浆黑土）采取植苗造林营建杨树良种试验示范林 100 亩，‘江淮 1 号’美洲黑杨表现出生长迅速，抗性强，扦插繁殖成活率高造林成活率及保存率达 98% 以上，7 年生平均胸径和树高分别达到 23cm 和 22.2m，分别超过当地主栽品种 2025 杨的 7.0% 和 23.9%，且对干旱、锈病及溃疡病等具有很强抗性。在铜陵市义安区胥坝乡（江淮冲积平原，土壤为江淮潮土）采取扦插造林营建杨良种试验示范林 100 亩，‘江淮 1 号’美洲黑杨造林成活率达 95% 以上，4 年生平均胸径达 19.5cm，树高 17.4m，分别超过当地主栽品种 I-69 杨的 9.6% 和 6.7%，且耐涝、抗风折、抗病虫害能力突出。已在安徽省 10 余个市县推广超过 50 万亩，并逐步引种至湖北、江苏、河南、湖南等省份示范应用。



湖北荆州石首‘江淮 1 号’美洲黑杨引种试验示范林（7 年生）



安徽铜陵义安区‘江淮 1 号’美洲黑杨引种试验示范林（4 年生）

‘中宁异’等国审核桃良种

完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：张俊佩

成果简介：

一、技术特点

针对早实核桃基因纯合，结果早、树势弱，易感病虫害，经济寿命短，增强树势的核桃专用砧木缺乏等产业问题，突破核桃远缘杂交不亲和的技术瓶颈，筛选出魁核桃（*J.*



major)、北加州黑核桃（*J. hindsii*）等杂交亲本，创建了远缘种间杂交育种体系，共选育出‘中宁异’等核桃专用砧木良



树体及结果性状

种 3 个，形成果用型品种+专用砧木品种组合 3 套，构建了良种繁育、集约化栽培、机械采收与初加工利用为一体的轻简化果园型/果材兼用高效生产模式和技术体系，实现了我国核桃产业从

粗放型向轻简化集约型的根本性转变。

1.‘中宁异’‘中宁强’‘中宁奇’3 个砧木良种是魁核桃 (*J. major*) × 核桃 (*J. regia*)、北加州黑核桃 (*J. hindsii*) × 核桃 (*J. regia*) 等远缘种间杂交选育出来的专用砧木, 具有嫁接亲和力和生长量超亲优势显著、抗病性强、作为砧木能够显著提高接穗的生长势、产量和坚果风味等特点, 为解决“早实品种早衰”这一难题提供了有效解决方案。杂交选育品种‘礼品 2 号’‘辽宁 1 号’早实丰产, 抗逆性强; 实生选育品种‘温 185’‘新新 2 号’早实丰产稳产; ‘礼品 2 号’‘温 185’早熟型, 壳薄 0.2~0.5mm、缝合线松, 易取整仁, 适于仁用和鲜食, ‘辽宁 1 号’‘新新 2 号’晚熟型, 壳厚 0.8~1.0mm、缝合线紧密, 适加工性好, 仁用油用均可。

2.优化了品种选配方案: ‘中宁异’/‘中宁强’/‘中宁奇’+‘礼品 2 号’/‘辽宁 1 号’/‘温 185’/‘新新 2 号’。

3.建立了“三北”干旱、半干旱不同生态气候栽培区核桃嫁接繁育技术体系, 成活率 90%以上, 集成优化了干旱、半干旱不同气候栽培区核桃轻简化果园型/果材兼用高效生产模式和技术体系。

二、适用范围

以‘中宁异’等为砧木直接栽植的栽培管理按照用途分为: 果园型和果材兼用型。栽植区气候和立地条件要求: 年平均温度 9~18℃, 绝对最低温度 $\geq$ -15℃, 绝对最高温度 $\leq$ 40℃, 无霜期 180d 以上, 全年日照时数 $\geq$ 1800h, 年降雨量 400~1500mm, 10℃以上年有效积温 $\geq$ 3000℃; 栽植区立地条

件：背风向阳地带，坡度 $\leq 20^\circ$ ，土层厚度 $\geq 1.0\text{m}$ ，通透性良好的砂壤土、轻壤土和壤土，pH 值 6.5~8.0。

已在河南、山西、陕西等省份退耕还林和林果业工程中推广应用。

三、应用方法

1. 果园型

（1）嫁接和栽植密度

根据优化了品种选配方案，或者选择经国家或省级审（认）定，并且在当地表现良好的良种，通过芽接法进行嫁接。在砧木、采穗母树枝条半木质化后的一个月内进行嫁接。嫁接部位距地面 5~30cm，芽接 20d 后解除绑扎物，接芽生长 $> 8\text{cm}$ 时，在接芽上方 1cm 左右剪砧并加强水肥管理，促进苗木木质化。

纯园：早实良种株行距： $(4\sim 5) \times (5\sim 6)\text{m}$ ，晚实良种株行距： $(6\sim 8) \times (10\sim 12)\text{m}$ ；间作园：早实良种株行距： $(5\sim 6) \times (6\sim 8)\text{m}$ ，晚实良种株行距： $(6\sim 8) \times (10\sim 12)\text{m}$ 。

（2）土肥水管理

土壤管理可采用以下方法：土壤中耕：夏秋季结合灌水、施肥进行中耕除草，耕作深度宜 15~20cm，每年 2~3 次；深翻扩穴：土壤条件较差的立地，在果实采收后至落叶前深翻 1 次，翻耕深度 40~50cm。土壤条件较好或深翻有困难的立地可浅翻，浅翻深度 20~30cm。结合施基肥进行。

施肥管理：采用基肥：果实采收后至落叶前尽早施入；

追肥：萌芽前后追 1 次，果实发育期追施 1 次；叶面喷施：果实发育期和硬核期各喷施 2~3 次。施肥量：基肥以腐熟的有机肥为主，施肥量幼树 25~50kg/株，初果期树 50~100kg/株。追肥一般 1~5a 生树，每 m² 树冠影面积施纯氮 50~100g，纯磷和纯钾 30~60g。灌水：灌水时间和灌水次数依当地气候条件而定。关键时期为春季萌芽前第 1 次灌水，果实发育期第 2 次灌水，采收后至土壤封冻前第 3 次灌水。

（3）常用树形

常用树形有主干疏散分层形、单层高位开心形和纺锤形 3 种。

2. 果材兼用型

（1）品种、砧木选择及栽植

品种选配参照果园型。苗龄 3 年以上‘中宁异’无性系扦插苗作为砧木，嫁接方法参照果园型。在苗圃高位嫁接，嫁接高度 > 1.5m，冬末春初进行定植，株行距 (3~4) × (6~8) m 为宜。

（2）高干自由纺锤形标准树体结构指标及修剪要点

树高 5~6m，主干高 1.5~2.0m，中心干直立粗壮，其上着生 6~8 个左右骨干枝，开张角度 80°左右，骨干枝间距 40cm 左右，螺旋式插空排列在中心干上，每个骨干枝上 8~10 个枝组。中下部骨干枝多，上部骨干枝少，利于通风透光和控制上强。通过抹芽和刻芽能使骨干枝间无明显的分层，树体结构紧凑，空间利用充分。

修剪要点：采用冬夏结合修剪方法培养优势健壮的中心

干，防止小主枝生长过强过粗；撑拉小主枝与中心主枝之间达到 80° 是保持中心干优势地位和控制小主枝旺长、促进分枝及混合芽形成的基础；主枝是形成中短枝和结果枝组的主要部位，应通过多种方法保持其生长中庸和健壮，避免枝头短截促旺；防止行间和株内枝叶郁闭、通风透光不良，及时疏除枝头的竞争枝，中心干和小主枝上的密挤枝和重叠枝。

四、典型案例

在河南省洛宁县、山西长治市和陕西省商洛市等地建立了大面积集中试验示范林。‘礼品 2 号’‘辽宁 1 号’‘红仁核桃’的果实成熟期分别为 7 月下旬、8 月下旬和 9 月上旬，平均单果重分别达 13.5g、9.4g 和 14.4g，盛果期果实产量达 $3300\text{kg}/\text{hm}^2$ 。



树体及结果性状

‘中林 5 号’楸树等系列良种

完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：麻文俊

成果简介：

一、技术特点

针对楸树良种选育和繁育技术滞后的问题，采用人工杂交育种技术创制，结合“楸树无性系四级选育程序”，经杂交组合选择、超级苗选择、无性系二级筛选和田间多点试验，成功选育速生、抗逆楸树良种 7 个，并构建了良种规模化繁育、高效培育技术体系，实现了从野生资源稀少到楸树人工林资源存量快速提升的转变。

二、适用范围

已应用于河南、山东、安徽、湖北、江苏、陕西等省国家储备林基地建设和国土绿化等国家战略工程。‘中林 5 号’楸树等系列良种适宜在华中、华东、华北、西北、西南等楸树适宜栽培区推广应用。

三、应用方法

采用穴植，平原地区设计间伐的株距为 2~3m，行距为 4m，待胸径达到 20cm 左右时开始间伐；设计不间伐的株行距宜为 (4~6) × 8m。丘陵山地的梯田或条田，行距与梯田或条田的宽度相等，株距可采取 4~5m，以栽植田埂外沿为主。

1. 整地。在造林前一年的秋末冬初整地。

2.栽植。春季栽植，选用 1 年生、地径 $\geq 1.0\text{cm}$ 、根系完整的壮苗，栽植前适当修剪根系，并蘸泥浆或泡水（8 小时以内）。平原地区提倡平茬造林，低山丘陵区宜采用截干栽植。

3.浇水。栽植后要及时浇定根水。

4.抹芽。发芽后及时抹芽，保留 3 个健壮的芽，待嫩枝生长至 15cm 以上后，打枝，只保留一个位置较上的嫩枝以培育主干。

5.修枝。造林第 3 年应开始修枝，前 10 年修枝强度枝下高应为树高的 $\frac{2}{3}$ ，以后修枝使枝下高为 6~8m。

6.抚育与虫害防治。定期松土除草。造林前 3 年，每年要进行楸梢螟防治。



良种 3 年生示范林（河南焦作）

四、典型案例

依托“楸树育种和培育国家长期科研基地”，在河南省南阳市建成了‘中林5号’楸树等系列良种嫁接和扦插繁育基地，定植采穗母株 1200 株，为该品种的规模化生产奠定了基础。在森林河南建设工程中，已推广应用‘中林5号’楸树等系列良种 2000 万余株，保存率 90%以上，能够适应丘陵岗地粘性土壤，抗性显著提升，扩大了楸树资源存量。



良种5年生示范林（河南焦作）

‘中石 9 号’文冠果等系列良种

完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：王利兵

成果简介：

一、技术特点

‘中石 9 号’文冠果等系列良种主要针对困扰文冠果产业发展的“千花一果”生产难题，创新了传统文冠果良种选育方法，把优树“侧生花序中雌花比例”作为一个重要指标，对选育出的优良种质资源半同胞连续三代高强度抗旱与丰产性筛选，耗时 11 年通过 DUS 测定，选育出雌花比例高达 60% 以上的丰产抗旱集一体的新品种‘中石 4 号’和‘中石 9 号’（20180121 和 20180122）；并在多个省区开展了区域试验，实现了连续 4 年丰产，通过了国家林草局林木良种审定委员会审定（国 S-SV-XS-015-2020 和国 S-SV-XS-016-2020），是我国文冠果丰产良种零的突破。

二、适用范围

‘中石 9 号’文冠果等系列良种于近年在“三北”地区作为主推品种在广泛推广，基本解决了文冠果“千花一果”的生产难题，得到了众多木本油料企业、科研部门与林农的认可，根据‘中石 4 号’‘中石 9 号’良种苗木繁育数量推算，近 3 年推广面积 20000 亩左右。根据前期示范与推广经验，该系列良种可以在整个“三北”地区黄土母质的山地、丘陵，沙地应用，

不适宜排水不良的低湿地、重盐碱地、多石的山地。大范围的应用可为我国“三北”地区大规模发展木本油料经济林、改善沙区生态环境、实施乡村振兴战略做出重要贡献。

三、应用方法

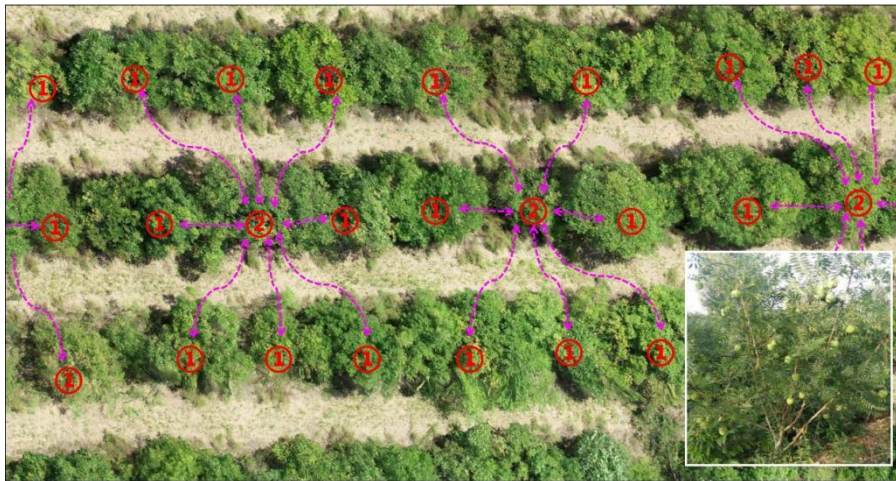
文冠果是我国北方固沙保土、涵养水源和改善生态环境的优良乡土经济树种。种仁含油量高（可达 60%以上），而且富含油酸（30%左右）、亚油酸（45%左右）以及独特的神经酸（3~7%），是生产天然功能性药品、食品以及化妆品的优质原料，具有较高的经济价值。‘中石 9 号’文冠果等系列良种均具有较强的丰产性能，进入盛果期，经连续多年的产量调查，发现其干种子亩产量是对照的 1.4~2.1 倍；其中‘中石 4 号’具有强抗旱性，树势强，当年生枝条多毛，叶片蜡质明显，节水抗旱，雌花占比 60%以上，种子单粒重 1.5g，种仁含油率 65.65%，不饱和脂肪酸含量 91.67%，单元与多元不饱和脂肪酸比例接近 1:1，神经酸含量为 3.51%；‘中石 9 号’种仁含油率高，为 66.06%，比普通文冠果高 1.68 个百分点，树势强，耐旱性强，雌花占比 60%以上，种子单粒重 1.8g，种仁含油率 66.06%，比普通文冠果高 1.68%，不饱和脂肪酸含量 90.90%。两个新品种陆续在我国辽宁、内蒙古、陕西、河南、宁夏等多个省份、自治区进行了大面积推广，是当地实生文冠果产量的 1.5~3 倍，初步推动了文冠果木本油料资源产业化可持续发展，改善山区、沙区和边疆地区的生态环境，为农牧民自我发展脱贫致富起到引领与示范作用。



中石系列品种特性

四、典型案例

2015~2020年,作为中国林科院的科技特派员在辽宁省阜新市彰武县黑坨子村德亚文冠果专业合作社进行科技扶贫工作,发现一个最为典型的农户(崔德石,合作社的主要成员),20亩文冠果年收入仅为2万元。应用‘中石9号’文冠果等系列良种在辽宁地区可以亩产100kg以上,合作社的年收入从2015年的2万(扶贫前),增长到2016年的6万、2017年的17万、到2018年的48万,3年间连续3倍增长,完全脱贫。2019年、2020年收入均在60万元以上,在当地林农的脱贫致富起到了明显的引领和示范作用。2023年与有关企业签订了品种权实施的许可协议,进一步将扩大新品种推广面积,解决科研和生产“两张皮”问题,让文冠果产业插上科技翅膀,改善“三北”地区的生态环境,为巩固当地林农脱贫致富成果、实施乡村振兴战略起到引领与示范作用。



中石系列品种栽培模式



中石 9 号结果状

‘长林 40 号’等油茶良种

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：姚小华

成果简介：

一、技术特点

针对现有油茶示范林早期推广良种较多，产量和抗性良莠不齐，增产潜力有限的问题，开展了全分布区良种区域试验，经多年测试评价，选出了高产稳产抗性强适应性广的‘长林 40 号’等良种。主要表现为长势旺，抗性强，光合效率高，盛产期能达到 65.9kg。果近梨形，青带红，中偏小，干出籽率为 25.2%，出仁率为 63.1%，含油率为 50.3%，始花期为 10 月下旬，花期持续 30 天。主要鉴别特征是：果有条纹，树体直立。

二、适用范围

此良种可在浙江、江西、安徽、湖北、湖南、四川、河南等油茶适宜栽培区栽培，用于红黄壤缓坡和低山山地造林，既有较高的经济价值又有良好的生态效益，已推广 5 万亩以上，市场推广应用前景十分广阔，满足生产中急需的新品种、生产技术等方面的需求，促进我国油茶品种的更新换代。从经济效益来看，新品种应用后，以每亩提高 30% 计算，每亩增收 1200 元，则每年种植 1 万 hm^2 新品种可增茶油 1800 吨/年，增收 18000 万元/年。

三、应用方法

在油茶适生区选择土层较好海拔 800m 以下，红壤、黄壤、黄棕壤，土层厚度 60cm 以上，pH 值 4.0~6.5，坡度在 25°以下的丘陵山地或缓坡地。清除杂灌木后，坡度小于 15°的缓坡地采用全垦整地。超过 15°斜坡地采用环山水平带状整地。整地时应采取必要的生物或工程水土保持技术措施。整地时应采取必要的生物或工程水土保持技术措施。

种植密度以 55~74 株/亩为宜，行距 3.0~4.0m，株距 2.5~3.0m。挖穴规格 60×60×60cm 以上。种植前 30 天，在穴底施有机肥、钙镁磷肥或复合肥并与表土拌匀。施肥量为有机肥 10kg/株以上，再加施钙镁磷肥或复合肥 0.5kg/株以上。遵循“适地适树”原则，选择授粉亲和性高、花期相遇、果实成熟期基本一致的‘长林 4 号’和‘长林 53 号’为配置品种；采取 1~2 行间隔配置，单个品种不少于 25%。

栽植当年 5 月施氮肥为主的复合肥，施肥量为 100g/株。第 2 年起 3~4 月施复合肥，11~12 月施有机肥，每 3 年施一次有机肥。栽植后 1~3 年，距离树干基部 30cm 沟施或穴施，之后在树冠投影线外沿沟施，沟长 50~100cm，沟深 15~20cm，每年更换施肥沟位置。栽植当年冬季进行整形，根据品种特性逐年培育成圆头形、开心形、疏散分层形等树形，幼树不宜过度修剪。成年树剪除扰乱树形、影响树体生长的徒长枝、交叉枝、病虫枝、下脚枝等，形成良好树形，保障树体通风透光。以生物防治为主，注意对蓝翅天牛、象鼻虫等虫害的防治。

四、典型案例

在浙江常山、嵊州，江西信丰、分宜等地营建的长林 40 号、长林 4 号、长林 53 号为主的示范林，亩产鲜果达到 650kg，折合亩产油 41.6kg 以上。浙江常山县新出台了《关于加快常山县油茶产业高质量发展的若干政策意见》，从油茶全产业链各环节加大扶持力度，促进全县油茶产业生态完善。围绕“经营主体+两山合作社+村集体(强村公司)+农户”的利益共同体模式，建设油茶“共富果园”，推动油茶规模化种植经营，激发了林农种植油茶的积极性，越来越多的林农投身油茶种植。在常山县东案乡社坞塘家庭农场，油茶林连绵起伏，漫山遍野的油茶果经过一年的滋养，长势喜人，每棵油茶树上都挂满了饱满的油茶果。长林系列的新品种，亩产最高能达 800kg 以上。



长林 40 号树形和结果枝

西南桦广西凭祥种源

完成单位：中国林业科学研究院热带林业研究所

完 成 人：曾杰

成果简介：

一、技术特点

西南桦（*Betula alnoides*）木材具密度适中、纹理优美、易于加工等优良特性，是制作木地板、高档家具、单板贴面的理想材料。当前西南桦人工林面积已逾 330 万亩，成为我国热带南亚热带地区造林面积最大的乡土珍贵用材树种。

基于云南、广西、广东、福建四省区五点种源家系试验，综合胸径、树高、枝下高、冠幅、干形、冠形、分枝等 7 个性状，参考材性和抗蛀干害虫特性，从 25 个种源筛选出国审良种‘西南桦广西凭祥种源’（国 S-SP-BA-09-2019），改变了西南桦无国家级良种的局面。

二、适用范围

‘西南桦广西凭祥种源’适宜在广西大部分地区种植，目前已在崇左、百色、河池、南宁、梧州等地推广种植。具体气候条件为：年降雨量 $\geq 1000\text{mm}$ ，冬季多雨，年均相对湿度 $\geq 80\%$ ；最适年均气温 $16\sim 20^{\circ}\text{C}$ ，极端低温为 -5°C （持续时间不能超过 7 天）。其在广西的最适海拔为 $300\sim 600\text{m}$ ；坡向最好选阴坡、半阴坡或半阳坡，最适坡位为中坡、下坡；要求土壤排水性良好，适宜 pH 值 $4.2\sim 6.5$ 。

三、应用方法

‘西南桦广西凭祥种源’表现干形通直、速生、抗性强，15年生平均胸径和树高分别为 16.92cm 和 14.64m；由湿材到全干和由湿材到气干的体积干缩率分别为 11.9%和 5.5%；由全干到湿材和由全干到气干体积湿胀率分别为 14.0%和 4.2%；其气干密度为 0.599g/cm^3 ；其顺纹抗压强度、抗弯强度、抗弯弹性模量、冲击韧性和硬度分别为 44.9MPa、102.0MPa、16910MPa、 41kJ/m^2 和 2790N。适用于加工高档实木地板和家具。

于 2 月至 3 月份采种。采用低温（ 10°C 以下）贮藏，可使种子活力保持 3 年以上。可筑床或采用可搬动容器培育芽苗，采用壤土为基质；气温 $20\sim 30^{\circ}\text{C}$ 时播种，约 1 周芽苗可出土。芽苗长出 4~6 片真叶时移苗；容器采用 $8\times 15\text{cm}$ 育苗袋为宜；采用黄心土、松树皮和森林表土(体积比 2:1:1)或者黄心土和松树皮(体积比 3:1)的半轻型基质效果好；苗高 20cm 以上即可出圃。

在广西中部和东部地区，宜春季造林、雨季补植；广西西部应以雨季种植为主；造林地多采取全面清理方式；造林宜带垦和穴垦，带垦宽度一般为 $0.6\sim 1.0\text{m}$ ，穴垦穴径 $0.5\sim 0.7\text{m}$ ，深 $0.3\sim 0.5\text{m}$ ；宜采用 $40\times 40\times 30\text{cm}$ 等穴规格。施过磷酸钙 $200\sim 300\text{g}$ +氮磷钾复合肥 100g 做基肥；株行距可采用 $2\times 3\text{m}$ 。可与红锥、杉木等混交。造林后一般抚育 3 年，每年在雨季前和雨季后抚育，追肥视经济情况而定。

四、典型案例

在 20 世纪末 21 世纪初，广西、云南等省区大力发展西南桦种植业，西南桦栽培面积迅速增加，一跃成为我国人工林面积最大的乡土珍贵树种。然而，在西南桦人工林规模发展过程中，因未使用良种和良法，出现了林木分化严重甚至衰退等问题，严重影响到西南桦人工林的可持续发展。针对这些问题，重点在广西、云南开展‘西南桦广西凭祥种源’及其配套栽培技术的示范推广，以促进西南桦的科学栽培。据统计，‘西南桦广西凭祥种源’及其配套栽培技术已在广西、云南等地推广种植 8 万余亩，林分生长良好，提高了西南桦良种利用率，将推动西南桦产业的高质量发展。



西南桦凭祥种源单株



树体及结果性状

‘华仲 12 号’等杜仲良种

完成单位：中国林业科学研究院经济林研究所

完 成 人：王璐

成果简介：

一、技术特点

针对目前我国现有的杜仲资源约 90%为实生林，品质良莠不齐，产量低，效益差等问题，收集我国 28 个省（区、市）及日本、美国等地杜仲资源。根据不同的育种目标，选育出果用杜仲国审良种 9 个、雄花用国审良种 3 个、材药兼用国审良种 5 个、叶用国审良种 2 个，并构建了良种规模化繁育、栽培及加工利用一体化的产业技术体系，有效推动了我国杜仲产业的健康发展。

1.‘华仲 6-10 号’‘华仲 16 号’等 9 个果用杜仲良种，具有高产、高 α -亚麻酸和高橡胶含量等特性，杜仲产果量和杜仲橡胶产量提高 1.6~2.3 倍；‘华仲 11 号’等 3 个雄花用良种，良种特性是丰产、氨基酸含量高等特性，每公顷雄花产量达 3.2~4.7 吨，雄花中氨基酸含量达 20.5~23.0%；‘华仲 1-5 号’等 5 个材药兼用良种，杜仲皮产量提高 98~163%，木材蓄积量提高 52~117%；‘华仲 12 号’‘华仲 13 号’等 2 个叶用良种，为红叶和密叶杜仲突变体，其中‘华仲 12 号’（红叶）叶片中绿原酸含量是普通绿叶杜仲的 1.5~2.2 倍。

2.建立了杜仲良种规模化嫁接繁育技术，播种成本降低

77.7%，嫁接成活率达到 95%以上；构建了杜仲良种嫩枝扦插繁育技术，良种嫩枝扦插成活率提高到 90%以上，育种周期缩短 3~4 个月。

3.建立了杜仲果园、雄花园、材药兼用国储林、叶用林等高效栽培技术模式。

二、适用范围

已在山西、陕西、山东、河南、湖北、新疆等地（区）进行推广示范。‘华仲 12 号’等杜仲良种适宜在北纬 41°以南，年平均气温 9~20℃，极端最低气温不低于-33℃的宁夏、甘肃、辽宁、吉林南部、新疆南部等地区种植。

三、应用方法

果园、雄花园栽培模式主要采用穴植方式，授粉品种占比 5%，株行距为 $(2\sim4) \times (3\sim5)$ m。主要措施包括：

1.整地。全园深耕整地，整地深度 30cm 左右，栽植时挖穴 0.8~1.0m 见方。

2.栽植。春季栽植，苗木达到嫁接苗Ⅱ级以上。

3.栽后管理。栽植后及时定干，控制树高，促进侧枝生长，进行拉枝、疏剪、短截等。整个生长季节保持土壤水分充足。

4.环剥、环割。5 月中旬~7 月中旬，环剥、环割前 1 周浇透水或在雨后进行。

5.施肥。施有机肥，每年萌动前 15d、夏季 5~7 月追肥 3~4 次。

6.采收。根据目标收获物的成树期进行采收，可采用人

工采摘和机械化采收，采收过程中禁止破坏树体。



杜仲良种结果枝

四、典型案例

在山西闻喜、河南鄢陵、山东青州等地建立了大面积高效栽培示范林。嫁接苗建园后第 2~3 年开始开花结果，第 5 年进入盛果/花期，盛果期果实产量达 $3900\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上、盛花期雄花产量达 $3300\text{kg}/\text{hm}^2$ 以上。



杜仲果园化、黄土高原杜仲高效栽培示范基地

‘娇红 1 号’等国审红花玉兰

完成单位：北京林业大学

完 成 人：马履一

成果简介：

一、技术特点

‘娇红 1 号’是从红花玉兰丰富变异类型中选育出的优良观花新品种，其花蕾卵球形、单生枝顶、花型大而饱满，花被片 9~11 个，两面纯红色（外侧基部花色 67-A、顶部 64-A，内侧花色 64-C），瓣状倒卵形；针对江南丘陵区红花玉兰新品种引种栽培及繁育推广应用不足的问题，采用红花玉兰嫁接苗繁育及引种栽培等模式技术，优化了嫁接苗繁育及绿化苗培育的关键技术体系；该推广技术可用于江南丘陵区边坡绿化、城市园林绿化、乡村振兴及美化造林等：

1.运用红花玉兰实生砧木播种育苗（沙藏催芽、播种、砧木芽苗移栽）和“单芽腹接”嫁接育苗两种繁殖方法，建立了《红花玉兰‘娇红 1 号’嫁接苗繁育技术体系》，营建了‘娇红 1 号’嫁接繁育试验示范基地 6.7 亩，繁育 1 年生嫁接苗 5.5 万株，嫁接成活率为 85%。

2.通过容器苗培育、穴垦地栽、景观补植等红花玉兰‘娇红 1 号’引种栽培模式示范，构建了适宜江南丘陵区的红花玉兰‘娇红 1 号’绿化苗高效培育技术体系，营建了‘娇红 1 号’绿化苗培育示范基地 120 亩（培育绿化苗 10100 余株）、景

观补植示范林 130 亩（10 株/亩）。

3.明确了赣东北低山丘陵区‘娇红 1 号’红花玉兰的最佳引种栽培模式为穴垦地栽，最佳栽植密度为 $2\times 3\text{m}$ ；探明了透光强度 50~70%、昼 14h/夜 10h、土壤含水量 60%、叶面喷施 150mg/L 的 GA_3 可显著促进苗木生长和发育。

二、适用范围

该成果已在江西省南昌、抚州、永修等赣东北低山丘陵区成功推广示范。‘娇红 1 号’红花玉兰已被应用于江西南昌、抚州、永修等低山丘陵区的边坡绿化、市政公园造景、城市绿化、乡村美化造林等工程中，预期可推广应用至江西、湖南、安徽南、浙江西等具有相似气候和立地的江南丘陵区。

三、应用方法

通过对比种源地与引种地的气候、土壤、苗木年生长量、越夏性、病虫害发病率等，探明在赣东北地区引种‘娇红 1 号’红花玉兰需注重预防夏季高温日灼（遮阴）、极端干旱（灌溉）或水涝（排水）的影响。

1.嫁接苗培育

a.砧木的培育：砧木播种、砧木芽苗移栽、砧木芽苗管理除草（忌除草剂）、砧木选择（2~3 年生、株高 60cm 以上、径基直径 0.8cm 的白玉兰或望春玉兰）；b.接穗采集：现采现用最适（湿沙可保存 3 天）、湿棉布将捆好的枝条包裹；c.嫁接时间：江西最适 9 月中旬晴天；d.嫁接前准备：砧木枝叶修剪（防止失水和芽子被遮挡）、灌溉田地（嫁接前 1 周内）、除草等；e.嫁接步骤：削砧木、削接穗、接穗绑扎；f.

嫁接后管理：保证土壤湿度、防寒、防虫杀毒；g.苗木出圃：次年3月中下旬开始剪砧木、次年5月上旬解除嫁接薄膜、次年12月中下旬至翌年3月即可出圃。

2.容器苗培育与移栽

a.容器苗规格：选用40×40×35cm的美植袋；b.基质配比：50%黄泥：30%锯末：20%谷壳灰，每立方混合基质中均匀拌入5kg的缓释肥；c.苗期管理：加强夏季高温季节喷水遮阳、秋季控水透光、冬季控水防冻、拔草并修剪嫁接基部萌芽、病虫害防控等；d.清山整地：清除杂灌木、挖穴(60×60×50cm)、穴内施1kg鸡粪有机肥；e.移栽：密度2×3m、3月将3年生的红花玉兰大容器嫁接苗移上山造林、栽植时将苗木放在穴中心,做到一回土、二提苗、三培土(高于苗木原土3~5cm)；f.抚育管理：4~5月全面除草、清理杂灌、剪除枯枝病枝；6月上旬每株追施0.05kg尿素；9~10月全面除草扩穴培蔸。

3.穴垦地栽

a.栽植时间:2月下旬~3月下旬；b.起苗：起苗时应带好土球，土球直径为苗木地径的5~10倍，高度为土球直径的2/3左右为宜；c.苗木运输：捆绑好土球、防失水等；d.栽植地选择：忌低洼积水；e.定植：密度2×3m、栽好后封土压紧，并及时浇足定根水；f.栽植后管理：除草除萌、水肥管理、越夏防护（遮阴）、病虫害防治等。

4.公园景观补植

a.栽植形式：孤植（1株）、对植（2株）、丛植（3~10株）、列植（10~20株）。b.补植技术：同穴垦地栽、同时考

虑造景艺术需求，适当整形修剪。c.日常管理：旱季适时灌溉、夏季遮阴防高温日灼及病虫害发生，雨季排水防洪、抬高穴盘、忌洼地积水，设提示牌防人为破坏。

四、典型案例

在江西省抚州市建立了 6.7 亩嫁接苗繁育示范基地，以 1 年生的白玉兰实生苗为砧木,采用带木质部的‘夏季-单芽腹接’方法，可年产 5.5 万株的 1 年生‘娇红 1 号’嫁接苗，嫁接成活率为 85%。



‘娇红 1 号’红花玉兰嫁接苗移栽[1 年生，2m×3m]



‘娇红 1 号’红花玉兰嫁接苗培育[砧木 1 年生，单芽腹接]



‘娇红 1 号’红花玉兰容器苗[2 年生，40cm×40cm×35cm]



‘娇红 1 号’红花玉兰嫁接苗移栽[3 年生，3m×4m]



‘娇红 1 号’花玉兰容器苗[2 年生，40cm×40cm×35cm]



‘娇红 1 号’红花玉兰公园景观补植[2 年生，丛植 3m×3m]

在江西省南昌市、抚州市、临川县等地建立了大面积的集中示范林,移栽 3 年后的保存率达 89.50%。

‘娇红 1 号’红花玉兰 1 年生嫁接苗移栽次年即可开花,花期为 3 月

上中旬(花期约 8~13 天),花朵大、花型饱满、花色艳丽;树体生长期为 4~9 月,其中 5~6 月补充氮肥,6~9 月防高温(遮阴)和干旱(灌溉);12~翌 1 月适度整形修剪。

‘京沧 8 号’等枣良种

完成单位：北京林业大学

完 成 人：庞晓明

成果简介：

一、技术特点

针对枣产业中品种较单一和选育技术落后问题，北京林业大学与沧县枣树国家良种基地等单位合作，采用芽变选种和“实生选种结合分子辅助选择”等育种策略，共选育出大果优质枣新品种 4 个，其中优异冬枣芽变品种‘京沧 8 号’（品种权号：20210464 国 S-SV-ZJ-008-2020）和冬枣杂交后代品种‘京沧 1 号’（品种权号 20210559，国 S-SV-ZJ-015-2018）通过国家林业和草原局林木良种审定，为枣产业品种的更新换代奠定了重要的基础。

1.‘京沧 8 号’是从河北省沧县选育出的冬枣芽变优良鲜食品种，果实棕红色，圆柱形，果个大，平均果重 34.05g,最大果重 47.8g。果实可溶性固形物含量 30.8%，维生素 C 含量为 279.5mg/100g，总酸含量（以苹果酸计）为 0.26g/100g。与冬枣相比，成熟早，果个大，酸甜适口，品质优良。在河北省沧县 9 月下旬进入果实脆熟期。

2.‘京沧 1 号’是‘冬枣’的实生后代，经分子证据表明‘晋矮 4 号’为其父本。‘京沧 1 号’比‘冬枣’成熟期早 15 天以上，9 月上中旬进入脆熟期；果实为大果型，平均单果重为 25.5g

以上；维生素 C 含量达 400mg/100g；果实扁圆形，果形奇特；甜酸适口，可固含量与‘冬枣’近似。

3.‘京沧 1 号’萌枝力较低，减少抹芽的投入；不需要开甲，易管理，大幅度的减少管理成本。品种丰产性好，在新疆露地栽培，盛产期亩产可达 2000kg 以上。温棚栽培，在山西运城实现一年两茬果，第一茬果 6 月上中旬上市，亩产 1500kg；第二茬果 11 月上中旬成熟，400~500kg。建立了一年两季枣的新模式。

二、适用范围

‘京沧 8 号’在河北省、山东省和新疆维吾尔自治区等适宜枣树生长的生态区域及相似气候条件地区均可栽培。‘京沧 1 号’在成熟期多雨地区易裂果，在新疆，陕西干旱地区露地栽培表现良好。推荐设施栽培，目前已经在云南、山东、河南、山西、陕西和北京等地有较小面积的设施栽培。‘京沧 8 号’和‘京沧 1 号’大果型和优质的特点，在设施栽培上均有较大的发展潜力。

三、应用方法

露地栽植密度以 2.0×3.0m 或 3.0×4.0m 为宜。设施栽培栽植株行距为 1.0×2.0m 或 1.5×2.0m，树高控制在 2.0m 以下，至少距离棚膜 0.8m。主要管理措施如下：

1.采用开心型和纺锤型等树型，采用摘心、抹芽等方式进行夏剪。

2.早春施用基肥（以有机肥为主），春夏秋适时追肥；结合施肥适时浇水，在花蕾期、幼果膨大期各灌水 1 次；采收

之前保持土壤湿度恒定，降低裂果率。

3.盛花初期可以喷施 10mg/L 赤霉素加 0.03%硼砂，也可以适当环剥，促进生长和提高座果率。枣吊也可摘心，根据枣吊比合理负载。



‘京沧 1 号’新疆嫁接第二年



新疆和田地区‘京沧 1 号’采收

4.休眠期做好清园，采收后树体喷 1 次杀虫杀菌剂，集中销毁病虫果。发芽前树冠及地表喷 1 次松脂酸钠、在树干基部涂粘虫胶。树盘内施用白僵菌防治化蛹的桃小和枣瘿蚊。及时防治绿盲蝽、桃小食心虫、枣瘿蚊、红蜘蛛、枣锈病等危害。

5.冬季和早春注意冻害预防，特别是幼树。入冬前枣树树干涂白，枣园土壤冻结前灌一次水。

四、典型案例

‘京沧 1 号’在新疆和田和喀什等地区推广 2 万多亩，和田地区民丰县沙漠新村 1000 示范园（株行距 1×3m）改接当年平均亩产量 112kg，销售价格 30 元/kg，亩产值 3360 元；改接第二年，示范园平均亩产量 741kg，平均销售价格 25 元/kg，亩产值 18525 元。

薄壳山核桃‘绍兴1号’品种选育及高效栽培技术

完成单位：浙江省林业科学研究院

完 成 人：朱汤军

成果简介：

一、技术特点

薄壳山核桃‘绍兴1号’针对我国南方丘陵山区薄壳山核桃产业中存在的品种适应性差、产量低、抗逆性弱等问题，通过系统选育与区域试验，成功培育出兼具早实、丰产、稳产特性的优良品种。该品种采用实生选种结合无性繁殖技术，解决了传统品种结实晚、大小年明显的难题，实现嫁接苗定植后第4年结果，连续3年平均亩产坚果95.88kg，较对照品种‘Pawnee’增产87%。其坚果出仁率45.49%、出油率51.82%，兼具油用与砧木培育价值，且抗病虫害能力显著优于对照品种。该品种通过国家级及省级林木良种审定，为集体林改地区提供了高效经济林栽培模式。

二、应用范围

1.已应用区域：目前已在浙江建德和龙游、江苏南京、湖南汨罗、云南楚雄等4省建立试验基地，累计推广面积超5000亩。2018~2020年区域试验数据显示，平均亩产坚果100kg以上，江苏南京达到184.37kg，较对照品种‘Pawnee’增产64%。

2.预期推广区域：适宜在长江流域及以南薄壳山核桃适

生区推广，包括浙江、江苏、安徽、湖南、湖北、云南、四川等省份，尤其适合丘陵山地集体林改地块。预计未来 5 年可推广至 10 万亩，带动林农年增收超 2 亿元。

三、技术要点

1.选育与繁殖技术

母树源自绍兴龙虎山茶场实生树，2020 年通过省级林木良种审定，2021 年通过国家级林木良种审定。采用嫁接繁殖（砧龄 2 年、穗龄 1 年），成活率可达 90%以上，后代一致性高。

2.栽培管理技术

立地选择：适应 pH 值 5.0~8.0、土层厚度 >70cm 的黏土或砂壤土，可在浙江、江苏、湖南、云南等薄壳山核桃适生区种植。

定植与密度：裸根苗 12 月至次年 3 月定植，容器苗四季均可；初植株行距 4×4m，郁闭后疏伐至 8×8m，行间可间作低矮作物。

授粉配置：雌花可授期略早于雄花，需配置‘莫霍克’‘ZL30’等授粉树，授粉树比例不低于 20%。

肥水管理：栽植时施基肥，幼树环状沟施有机肥，结果树穴施复合肥，每年 1 次、追肥 1 次，7~9 月遇干旱时每周浇水 1 次。

修剪整形：幼树夏季短截促分枝，结果树冬季疏除直立枝，保留结果母枝，培养自然开心形树形。

3.病虫害防控，幼树重点防治天牛类蛀干害虫，可采用

人工捕杀、诱饵树诱集（如苦楝、枳壳、枸橘）及药剂注干等综合措施，降低虫害发生率。

四、典型案例

本成果在浙江建德市航头镇薄壳山核桃基地推广应用，该基地原为水蜜桃种植基地，2012 年改种薄壳山核桃，采用 2+1 嫁接苗定植，密度 40 株/亩，配套灌溉设施。定植管理：定植穴规格 80×80×80cm，施足腐熟有机肥，定植后 15~20 天补水 1 次。授粉配置：按 1:1:1:1 比例配置‘绍兴 1 号’‘金华 1 号’‘Mohawk’和‘ZL30 号’等品种，确保花期相遇。病虫害防治：幼年期每年 5~6 月人工捕杀天牛成虫，也可化学药剂注干防治天牛，虫害株率控制在 10%以内。



‘绍兴 1 号’结果和坚果

2018~2020 年连续测产显示,‘绍兴 1 号’平均亩产坚果 99.04kg,较对照‘Pawnee’增产 151%,盛果期亩产值超万元。该基地通过“公司+合作社+农户”模式,带动周边农户增收。该案例证明‘绍兴 1 号’在低丘荒地具有良好适应性,其早实、丰产特性显著提升了集体林地经济效益,为南方山区林改提供了可复制的产业升级路径。



‘绍兴 1 号’示范基地

赏茶兼用系列地被菊新品种及良种

完成单位：北京林业大学

完 成 人：张启翔

成果简介：

一、技术特点

菊花是世界主要商品花卉之一，既是重要的景观植物也是药食同源植物，具有食用、药用、茶用等多重经济价值。地被菊是菊花中的一个重要类群，具有耐瘠薄环境、适应性强、单株开花量大等突出特性。本核心成果为具有自主知识产权的高抗赏茶兼用系列地被菊新品种，4 个新品种已通过良种审定。具有植株低矮匍匐（抗倒伏）、株型紧凑、分枝性强、着花繁密（花产量高）、茶药用成分（绿原酸、异绿原酸、木犀草苷）含量高等优良特性，兼具优良的观赏和茶用药用价值。同时具有优良的抗性，部分品种可在华北地区露地正常越冬，根系建成之后常规年份可依靠自然降水存活。代表性品种如下：

‘京林菊 1 号’（品种权号：CNA20221004099）：花黄色，花型独特，内轮舌状花瓣向心内抱，外轮舌状花瓣直出，花型整体呈芍药型，分枝性强，绿原酸、异绿原酸 A 含量高，口感好，抗寒性强，可在北京地区露地越冬，赏茶兼用。

‘京林菊 2 号’（品种权号：CNA20221004099）：花白色，半重瓣，花托桂型，分枝性强，开花繁密，绿原酸、木犀草

苷含量高，口感好，抗寒性强，可在北京地区露地越冬，赏茶兼用。

‘卧看晨雪’（品种权号：CNA20191001246，良种号：京 S-SC-CM-010-2022）：该品种属低矮匍匐型早花品种，植株低矮、匍匐，贴地生长，分枝多且紧凑，花白色，花心黄绿色，盛花期 9 月下旬～10 月上旬。整株植物远看犹如白雪，又有黄色花心点缀，多了几分清新的气息。赏茶兼用。

‘伏看繁星’（品种权号：CNA20180981.9；良种号：京 S-SC-CM-009-2022）：该品种属自然成球型品种，植株较低矮，分枝多且紧凑，株型圆整，生长过程中无需摘心或人工修剪，自然生长呈半球型。舌状小花内侧主要颜色为淡黄色，有红紫色斑点和条纹分布，着花繁密，远看像闪闪繁星，盛花期 10 月初～中旬。

‘伏看晓月’（品种权号：CNA20170983.8；良种号：京 S-SC-CM-008-2022）：该品种属匍匐型品种，植株较低矮、匍匐，冠幅大、覆盖地面能力强。舌状花正面与背面颜色不同，正面、背面分别为浅橙色、橙红色，盛花期 10 月上旬～中旬。

‘北林秋韵’（品种权号：CNA20170987.4；良种号：京 S-SC-CM-007-2022）：该品种属自然成球型晚花品种，株型圆整，着花繁密，生长过程中无需摘心或人工修剪，自然生长呈半球型，冠幅大，覆盖地面能力强。舌状花正面为浅紫色，背面为紫红色，盛花期 10 月中旬～下旬。

二、适用范围

可同时作为景观和茶用药用品种进行开发利用，可在林下种植。可在长江中下游地区、华北、西北地区等菊花适生区域推广应用，支撑乡村产业发展。

三、应用方法

1.立地条件筛选

适合生长在通风排水良好的砂质壤土。在土壤肥力较差的条件下，定植前每亩施用 5m³ 有机肥作为底肥。

2.定植

5~6 月份定植。定植过程中，可以按照立地条件确定具体定植方式，可采用平畦定植方式种植，也可采用起垄方式种植。在地面平整的情况下，推荐起垄方式种植。平畦定植情况下，每亩定植 1200 株左右。起垄定植情况下，床面宽 120cm，床高 15~20cm，床间距 40~50cm，每垄种植 2 行，每亩定植 1000 株左右。选择在阴天定植为宜，定植后立即浇定根水。

3.水肥及后期管理

根系建成之后常规年份可依靠自然降水存活，为了达到较好的观赏效果，建议在种植过程中根据土壤墒情及时浇水。生长早期注意及时除草，生长中期除草 3~4 次即可。

4.越冬管理

花朵凋谢后，剪掉地上部分，在入冬前浇透防冻水，在春季土壤解冻后浇返青水。

四、典型案例

北方地区已经在雄安新区成功应用。除良种本身表现出优良的抗性和观赏性外，良种的示范应用形成的景观成为网红打卡点，带动了周边餐饮、住宿、旅游、娱乐、土特产品等相关产业的发展，为当地居民增收致富和助力乡村振兴做出了积极贡献。成果的示范获得中国绿色时报、中国青年报、中国林业教育、中国花卉报、北京林业大学官网、北京林业大学绿色新闻网等媒体报道，同时获得微信公众号、小红书、抖音等自媒体的大量宣传转发。

南方地区在茶菊主产区湖北麻城进行了示范，表现出了良好的适应性。



北林秋韵



京林菊 2 号



卧看晨雪及示范场景

‘玉龙红翡’等花果兼用梅花良种

完成单位：北京林业大学

完 成 人：张启翔

成果简介：

一、技术特点

针对梅花育种技术落后、育种周期长、缺乏标准化繁殖生产技术等限制产业可持续发展的问题，采用人工远缘杂交育种技术创制，结合分子标记辅助选择育种，建立花果兼用梅新品种选育标准，培育出 19 个聚合多个优良性状的梅花新品种，包括适于云南 3000m 高海拔区域栽培、果色艳红、果香浓郁的‘玉龙红翡’（云南良种：云 R-SV-PM-017-2015）和坐果量大、有机酸含量高的‘玉龙绯雪’（云南良种：云 R-SV-PM-018-2015）、能在华北地区露地栽培的抗寒性强、花色艳丽、着花繁密、果大（平均果重 71.5g）的‘明晓丰后’（新品种权：20100009）等。其中，‘燕杏’梅（国 S-SV-PM-013-2019）、‘花蝴蝶’梅（国 S-SV-PM-014-2019）、‘送春’梅（国 S-SV-PM-015-2019）2020 年通过国家良种审定。构建了高效育种、良种选育、高效繁育结合的高效生产模式和技术体系，编制了花果兼用梅栽培技术行业标准，优化了梅果加工工艺，开发出系列梅果、香薰等高值化衍生新产品；利用高枝嫁接造型技术改造低产果梅老树，用于园林景观建设，提高低产梅树经济价值 10 倍以上。技术成果将为南方花果兼用梅林

药（川续断）套种模式建设提供新材料和新思路，其推广应用对丰富南方经济林种类、促进农户增收致富、提升城乡人居环境质量具有重要意义。

二、适用范围

成果已云南丽江、浙江长兴等省区市推广应用，结合建立起的花果兼用梅栽培管理养护技术体系，实现梅果高效生产，果实年均亩产增加 300kg，增产 60%。适合在云南、四川、浙江、江苏、安徽等南方林下经济区进行推广示范。

三、应用方法

主要措施包括：

1.嫁接

可采用砧木当年成苗、当年嫁接、当年成活快繁技术，也可采用次年生砧木幼苗枝接技术进行育苗。当年生砧木，夏至至大暑，当年成苗出圃进行夏季嫁接，立秋至秋分，翌年成苗出圃进行秋季嫁接；次年生砧木，立春至谷雨，当年成苗出圃进行春季嫁接。

2.栽培与养护管理技术

（1）幼苗栽培管理：露天栽培要选择背风、向阳、排水良好之地进行建园。栽培密度：1 年生幼苗，株行距 0.5×0.3m；3~5 年生苗木，株行距 2×1m；大树，株行距 4×3m。

（2）幼树定干规格：第一年定干，高度 60~70cm；第二年培养主枝；第三年培养侧枝。

（3）病虫害管理：病虫害要遵循“预防为主，综合防治”的原则，可在萌芽前或发病初期进行喷药防治。

（4）中耕除草：梅树根系较浅，要及时松土，以使土壤透气，松土不宜深，以免伤根，中耕时要整平地面，防止积水，覆盖根系。

（5）后期管理：春季开花以后，如雨水不多，应灌水或浇水，保持土壤湿润。如遇春雨较多，则应做好排水工作，防止渍水烂根。谢花后应即施一次促梢肥。地栽梅树每年应在秋、冬季施用基肥，以有机肥为主，采用沟施或穴施。花前修剪：秋季对梅树的修剪应注意保留花枝、花芽，而将不着花或少着花的枝条、影响美观的枝条剪去。对冬前新植的梅树应既防止渍水，又要避免过分干旱，并采取盖草等适当措施，以防可能出现过于低温的霜冻天气时对新生幼根的伤害。

四、应用案例

应用项目品种和技术，在云南丽江建成标准化生产示范区 3150 亩，辐射推广关键技术 8 万余亩，带动山区 20000 户农户年均增收 5000 元。建立起生产、旅游、生态建设、梅果加工一体化的山区经济可持续发展模式。在浙江长兴，应用老龄梅树改造和标准化栽培技术生产梅花 3700 亩，改造老龄梅树 1.5 万株，生产工程苗 17.4 万株；生产“中国香”系列梅花香水等产品。在河北衡水建成了面积达 500 亩的梅花新品种繁育示范基地，扩繁不同规格的梅花种苗和商品苗地存量 20 余万株，产品类型涵盖定干 1 米的高干苗、胸径 30cm 以上的造型苗和盆径 30cm 以上的容器苗。培育花果兼用新品种，不仅丰富了我国城市园林绿化的植物种类，提高了我

国花卉产业的自主创新能力。开发的梅果、梅香产品延长了传统梅产业链，对农业产业结构调整 and 农民增收有重要的促进作用。



‘花蝴蝶’梅



‘燕杏’梅



‘玉龙绯雪’梅



‘玉龙红翡’梅



花果兼用梅、抗寒梅花品种应用示范

森林经营

杉木大径材定向培育技术

完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：张建国

成果简介：

一、技术特点

针对我国大径材缺乏及大径材供需结构性矛盾，以杉木造林密度试验、间伐试验及立地控制试验等长期定位观测试验林数据为基础，以林分材种结构研究为切入点，突破了杉木大径材材种形成机理，提出了杉木大径材培育的遗传控制、密度控制、立地控制、轮伐期控制等关键技术，形成了杉木大径材定向培育技术体系。

1.遗传控制技术：选育出适宜培育大径材的杉木速生型优良家系 3 个、速生型优良无性系 12 个，与种子园子代相比，材积遗传增益均在 25%以上。

2.密度控制技术：揭示了大径材形成机理的密度因素。培育杉木大径材，造林密度不能过高，造林密度越低，林分大径材出材量越高，大径材成材越早。

3.立地控制技术：立地指数是大径材是否形成的决定因素。揭示了林分材种结构受立地指数的影响规律，14 指数及以下立地很难形成大径材，16 指数及以上立地可培育大径材。

4.轮伐期控制技术：提出以工艺成熟为基准，以经济成熟和数量成熟为参考，综合确定杉木大径材培育的主伐年限。

5.栽培模式：基于大径材成材机理，确立了每种模式的初植密度，抚育次数，间伐时间、强度，保留密度和主伐年龄、蓄积等。

二、适用范围

已在武功山区、雪峰山区、南岭山地等我国杉木立地条件较好主产区应用推广。

三、应用方法

选用当地良种壮苗造林，主要措施包括：

1.整地。进行林地清理，采伐剩余物堆放在条带边缘，不炼山。穴状或带状整地，栽植穴规格 $40\times 40\times 30\text{cm}$ 。

2.造林密度。立地指数 20 及以上立地，初植密度 $1667\sim 2000$ 株/ hm^2 ，株行距 $2\times 3\text{m}$ 或 $2\times 2.5\text{m}$ ；立地指数 16~18 立地，初植密度 $1667\sim 2500$ 株/ hm^2 ，株行距 $2\times 3\text{m}$ 或 $2\times 2\text{m}$ 。

3.幼林抚育。造林后第 1~3 年，每年抚育 2 次。第 1 次 5~6 月，除草、除萌、割灌，表土培蔸，扶正；第 2 次 8~9 月，除草、除萌、割灌。

4.间伐。采用 1 次间伐，立地指数 16~18 的林分 11~13 年，林分保留密度 $1200\sim 1500$ 株/ hm^2 ；立地指数 ≥ 20 的林分 8~12 年，林分保留密度 $900\sim 1200$ 株/ hm^2 ；亦可采用 2 次间伐。

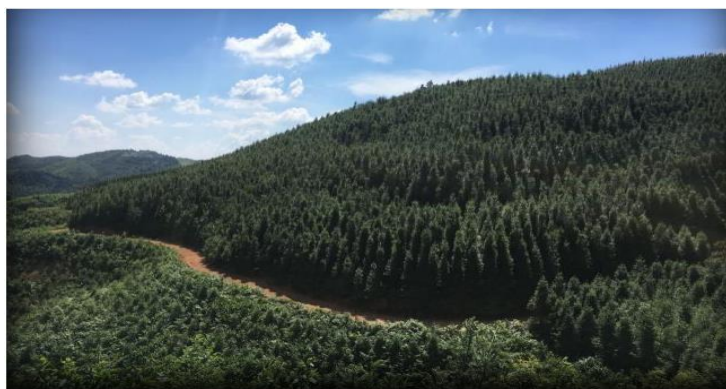
5.轮伐期。立地指数 ≥ 20 的林分，轮伐期 25~30 年；18 立地指数林分，轮伐期 30~35 年；16 立地指数林分，轮伐期 35~40 年。

6.施肥。立地指数 ≥ 18 的林地可不施肥，立地指数 16 的

林地施基肥，以施有机肥为主。

四、典型案例

在江西、湖南、福建等省区直接营造高产示范林 1000 多公顷，单位面积大径材产量提高 20%以上，林分大径材比例显著提高。杉木大径材培育技术在江西推广到 18 个县，总面积达到 2.1 万 hm^2 ，产生了显著的经济、生态和社会效益。



杉木大径材林分及中低密度造林（株行距 $2\times 2.5\text{m}$ ）

纸浆用丛生竹高效经营关键技术

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：顾小平

成果简介：

一、技术特点

通过对丛生竹发笋成竹特性与竹林养分循环规律的系统研究，结合制浆用竹对竹材纤维的需求特点，创新性地提出了“小丛化、1:1 更新生长”理念；研发了缩短择伐期和超短择伐期；秆基疏芽调控出笋成竹；竹林平衡施肥等一系列先进的经营技术措施，取得了良好的增产增效作用。形成了较为完整的纸浆用丛生竹经营技术体系。

二、适用范围

该成果主要适用于我国西南地区的四川、重庆、贵州等纸浆用丛生竹的培育。

三、应用方法

1.纸浆用丛生竹缩短择伐期技术。将纸浆用丛生竹的经营从原来择伐 3 年生以上老竹，缩短为 1.5 年以内，即：每年留养全部 1 年生竹和不超过 50%的 2 年生竹的短周期择伐方式不仅显著增加了单位面积竹材产量，而且也符合制浆用竹适宜采伐幼嫩竹材的特性，可在兼顾竹材有效利用的同时，保证竹林产量的持续增产和稳产。其中梁山慈竹和硬头黄竹在砍伐 75% 2 年生母竹情况下达到 2271.7kg/亩和 2219.1kg/

亩的产量，分别比对照增产 68.29%和 19.19%；撑绿竹在砍伐 50% 2 年生母竹情况下产量最高达 2014.9kg/亩，增产 49.97%。

2.纸浆用丛生竹超短择伐期技术。基于丛生竹的生长规律，如果将常规的竹林采伐时间从每年的冬季推迟到新竹发枝长叶后的 5 月进行，则采用每年只留养 1 年生立竹的超短周期择伐方式将进一步提高竹林单位面积产量。

3.纸浆用丛生竹秆基疏芽调控出笋成竹技术。依据对丛生竹不同位置笋目更新生长能力的研究，采用早期疏除秆基 3 目和 4 目等高位芽，调控头目和 2 目出笋成竹，能有效增加成竹率、新竹相对生长率和竹材产量。梁山慈竹、撑绿竹、硬头黄竹在疏除 3 目、4 目后的成竹率分别增加 6.69%、11.64%、15.06%；新竹相对生长率分别增加 5.51%、5.91%、4.73%；竹材产量分别增加 31.04%、25.59%和 37.87%。

4.不同肥力条件下的撑绿竹平衡施肥技术。以撑绿竹为研究对象，土壤有机质含量为标准，分别建立了在高肥区和低肥区的新竹产量与氮、磷、钾肥施用量的肥效模型。统计分析表明：施用氮肥是影响撑绿竹新竹产量的主导因子，氮、钾肥之间存在一定程度的正交互作用。通过频率分析法得到的推荐施肥用量，高肥区为：N 14.97kg/667m²；P₂O₅ 2.65 kg/667m²；K₂O 9.41 kg/667m²；理论平均新竹产量可达 2372.3 kg/667m²；低肥区为：N 15.6kg/667m²；P₂O₅ 2.43 kg/667m²；K₂O 9.3 kg/667m²。理论平均新竹产量 967.3 kg/667m²。

四、典型案例

在四川、贵州两省的 10 个区县建立试验示范基地，近三年在泸州和宜宾等地辐射推广 26.8 万亩，新增竹材产量 28.5 万吨，经济效益 1.4 亿元，惠及农户约 5 万余户，助力山区农户脱贫致富成效显著，对推动我国纸浆用丛生竹高质量发展方面具有重要意义。



纸浆用丛生竹高效经营关键技术示范林林相

人工林多功能经营技术体系

完成单位：中国林业科学研究院资源信息研究所

完 成 人：陆元昌

成果简介：

一、技术特点

针对传统人工同龄纯林轮伐期经营不能发挥森林多种功能、不满足可持续森林经营发展的问题，克服了森林物质生产功能与生态服务功能兼顾经营的市场难题。将传统木材永续利用为目标的营林体系向以多功能协同为目标的营林体系转变。

1.丰富了我国人工林多功能经营的理论，经营设计要以同时发挥森林供给功能、调节功能、支持功能和文化功能中的 2 个或以上功能为目标；

2.提出群落生境识别与树种选择、森林发育阶段划分、主林层结构、优势树种或目的树种的演替竞争型和林木个体差异与分类 5 个林分层营林判别指标体系；

3.按照经营强度（近自然度）建立了适用于不同营林目标的人工林全周期作业法体系，规范了作业环节中的营林措施，为森林可持续经营提供技术支撑。

二、适用范围

适用于全国范围内需要兼顾森林生产、生态、文化等多种功能的新型人工林可持续经营。

该成果已经在北京市、山西省、福建省、湖北省、青海省、东北大兴安岭集团公司、甘肃省、云南省、河北省等省份推广应用，也应用于世界银行贷款项目、全国森林经营样板基地、全国可持续森林经营试点中应用。

三、应用方法

1.按照兼顾实现森林 2 种或以上功能的原则确定对象林分的经营目标，包括用材、水源涵养、水土保持、碳汇、生物多样性、游憩文化等；

2.对经营对象所处生境(海拔、坡向、坡度、坡位、坡形、立地质量)进行调查，对当前林分树种和本地乡土树种按照林学、生物学和经营学特性(生长速度、庇荫程度、抗逆性、珍贵性、观赏性等)进行统计归类；

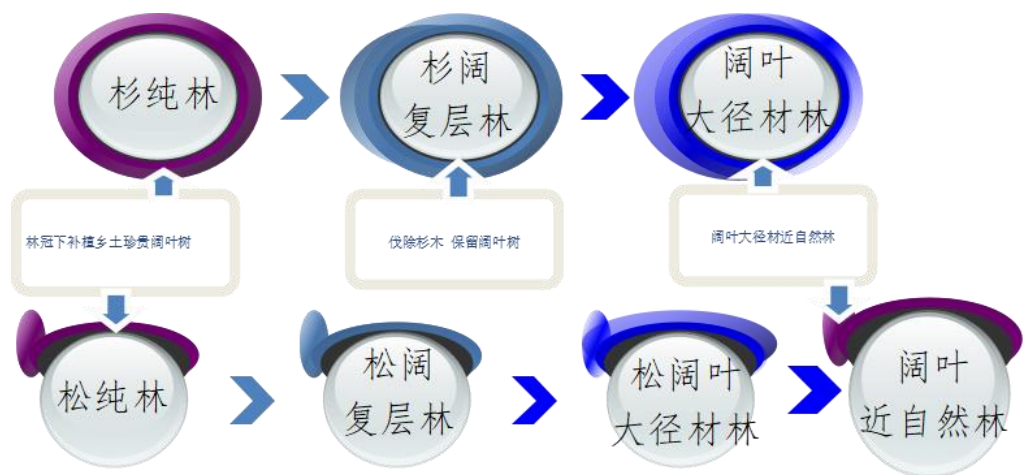
3.根据经营方案和林分经营目标对小班进行经营计划，选用全周期森林作业法体系(皆伐、镶嵌式小面积皆伐、带状渐伐、伞状渐伐、群团状择伐、单株择伐)与经营目标相匹配的作业法。根据群落生境调查、林分现状分析确定林分所处全周期中的阶段，并根据立地、密度、树种、郁闭度等信息确定作业设计内容，包括抚育间伐、补植补播、促进天然更新、修枝等抚育措施的类型与强度；

4.通过分析主林层结构类型(乡土阔叶树种构成的纯林或混交林、针阔混交林、针叶纯林和主林层退化)，明确作业设计中经营任务的方向；

5.通过分析乡土树种演替竞争型(典型先锋树种、长寿命先锋树种、机会树种、亚顶极树种和顶极树种)，确定作

业设计中的树种配置和混交模式；

6.根据林分个体差异，在作业设计中确定培育的目的树种和目标树，需要抚育采伐的干扰树，需要保护和促进的生态目标树，需要保留的一般林木，明确作业的对象并测算作业的强度。



中龄马尾松和杉木纯林近自然改造的目标方向

四、典型案例

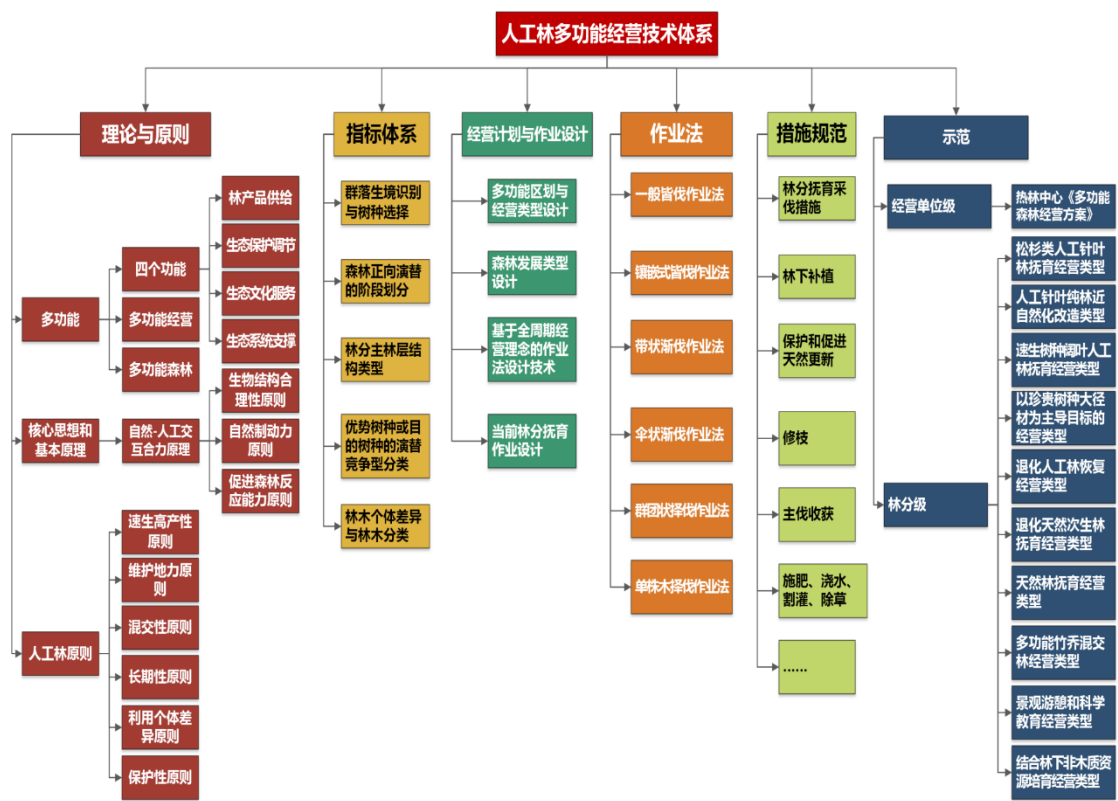
中国林科院热带林业实验中心松杉人工林近自然化改造。1993 年春季迹地更新马尾松和杉木人工林。2007 年开始对马尾松和杉木人工中龄林林冠下补植乡土珍贵阔叶树种，并接近自然林经营的理论技术进行近自然化改造，通过试验探索人工针叶林近自然化改造最佳技术及途径，并为南方马尾松和杉木人工林引导成为经济价值高、生态稳定性强、森林多功能效果突出的近自然林提供技术示范。

此外，成果在我国应用面积达 6000 公顷以上，初步观测结果，黑龙江试验地年生长可达 6.2m³/hm²，比对照林分提高 60%，物种多样性指数提高 13%。广西试验地年生长可达

19.4m³/hm²，比对照林分提高 68.1%，物种多样性指数提高 34.5%。



马尾松人工林经营前（左）和马尾松人工林经营后 2 年（右）



人工林多功能经营技术体系框架

人工林智能滴灌水肥一体化栽培技术体系

完成单位：中国林业科学研究院华北林业实验中心

完 成 人：兰再平

成果简介：

一、技术特点

针对我国水资源短缺、林业生产经营粗放、人工林生产力和经济林产量较低以及日益凸显的劳动力紧缺等问题，运用先进的基于物联网的智能控制技术和滴灌栽培技术，经过 10 多年的研究、技术推广，研发了“人工林智能滴灌水肥一体化栽培技术体系”，为我国人工林和经济类栽培实现节水、节肥、高效、环保的目标提供了一套完整的解决方案。

二、适用范围

本成果适合在用材林、经济林、绿化大苗培育、生态景观林养护中使用。已经在内蒙古、甘肃、宁夏、青海、新疆、云南、重庆、吉林等 25 省（直辖市、自治区）应用和推广，累计推广面积达到 38000 余亩。降低了栽培过程中水肥管理的成本，促进了当地人工林、经济林栽培和绿化大苗培育以及生态景观林养护现代化的发展，同时节约了水资源，减少了化肥污染。

三、应用方法

本成果研发了基于物联网的人工林滴灌智能控制系统，支持手机 APP 与系统软件云平台，具备环境因子监测、灌溉

管理、多用户管理等 8 大功能；提出了以林木吸收根主要分布土层含水率变化规律为依据的人工林局部灌溉制度及其制定方法；以林木生长量和果实产量为目标，用材林、经济林等对营养元素的年吸收量和生长发育期为依据的滴灌施肥制度及其制定方法；编制了《人工林智能滴灌水肥一体化栽培技术规程》。节水 40~60%，提高劳动效率 80%以上，增加林木生长量和果实产量 30~160%。以 10 年为运营周期的投资内部收益率提高了 5~32%。

四、典型案例

通过实施中央财政林业科技推广项目推广本技术成果，湖北省咸宁市通城县林业科学研究所所在通城县花墩村以池塘水为水源建成了依托物联网、互联网、云计算等现代信息技术以及先进的滴灌水肥一体化技术的油茶栽培示范区，管理面积 200 亩，油茶林于 2016 年栽植。全年利用智能水肥一体化系统对油茶林分不同生长发育阶段进行精细施肥，只需一个工日即可对 200 亩油茶林施一遍肥，全年共计施肥 15 次，实现了油茶少量多次、按需施肥；在旱季时，利用有限水资源对油茶林进行了及时的灌溉，只需 36 个小时即可对 200 亩油茶林灌溉一次，总灌水量为 1067m³。在节约水肥资源的同时，比人工穴施化肥节约了 80%的劳动力，大大提高了管理效率。因能及时进行灌溉和施肥，大大提高了油茶果实产量 40%。实现了油茶林栽培的智能化、标准化和省力化，为油茶产业发展起到了示范带动作用。



人工林智能滴灌水肥一体化栽培技术体系-使用智能水肥一体化系统灌溉施肥后油茶丰产照片

竹资源高效培育关键技术

完成单位：国际竹藤中心

完 成 人：范少辉

成果简介：

一、技术特点

本项目针对我国竹资源高质量增长对高效培育技术的迫切需求，历经 25 年持续攻关，形成了具有完全自主知识产权的技术体系，在竹林精准培育、生态培育、健康保护和高效监测 4 个方面实现重大突破。优化集成了我国主要经济竹种的高效培育技术，突破了竹林养分靶向管理、促笋增产和短伐期经营等技术瓶颈，创新了竹林带状采伐培育技术新模式；探明了竹林长期生产力下降的内因与外因，创新了竹林经济和生态效益兼顾的培育技术；构建了竹林主要病虫害数字化信息平台，研发了主要害虫专用的新型高效生物农药，创新了竹林重大病虫害综合治理技术；突破了竹林遥感识别技术，创新并完善了我国竹资源调查与监测技术手段。

二、适用范围

技术已在福建、浙江、四川、云南等 15 个省区的毛竹、麻竹、雷竹等主栽竹种产区推广，包括 14 个试验点推广面积 370 万亩，覆盖退耕还林、沿海防护、商品林培育等场景，执行期内累计辐射推广面积达 2000 万亩以上。

三、应用方法

(一) 竹林精准培育技术

1. 养分靶向管理技术

研究了毛竹从冬笋到竹材成熟采伐全生长（经营）期，氮、磷、钾、钙、镁、硅、铜、锌、铁、锰 10 个养分元素随竹子生长的动态吸收过程与积累规律，计算了单位笋材产量所需的养分量，结合林分土壤养分利用率核算了最优施肥量。运用同位素标记等手段，准确示踪定位了氮磷等主要养分元素在竹林中吸收（28.5%）、残留（17.0%）与损失（54.50%）的 3 大去向、6 条途径及比例，探明了竹子在不同类型根系、不同土壤深度和不同年龄竹株间的养分利用差异，提出了养分吸收的根系、根层和年龄三大效应。比较了竹子在孕笋期、养分积累期、发笋前和换叶后等四个关键生理期养分吸收和利用率的差异，提出了最佳施肥时间。提出了定竹株（1~2 年生）、定土层（20~40cm 土壤层）、定根系（蒐根，穴施）、定时间（发笋前，2 月份）和定肥量的五定养分靶向管理技术。

2. 毛竹林带状采伐技术

最适宜的带状采伐宽度为 6~9m。合理采伐时间为小年冬季采伐。伐后管理：15cm 挖沟施肥，施肥量 1125kg/hm²，氮磷钾配比为 17:8:5。

3. 浆材用丛生竹培育技术

育苗技术：带蒐埋秆和主枝扦插育苗，去枝蒐箨和激素溶液处理，促生根。纸浆用丛生竹培育：提出了留养“一年生

为主、2年生为辅”的短伐期经营及“保留1目、2目笋、间疏3目、4目笋”的早期定向疏芽技术。

（二）竹资源生态培育技术

1.混交竹林经营技术

适宜立竹度：为2200~2600株/hm²。适宜混交树种：为拟赤杨、南酸枣、桉木、香榧、杨梅等。混交比例：经济型、经济生态兼顾型、生态型阔叶树混交适宜比例为<20%、20~30%、>30%。

2.沿海沙地防护竹林培育技术

竹种选择。筛选了秆形适中、竹秆柔韧性强、根系发达，具有较好抗风、抗旱和抗盐竹种38个，如花吊丝竹、绿竹、吊丝单竹等。精细造林。挖大穴、客壤土、施基肥、植母竹，保水剂抗旱保成活。幼林抚育栽植的前两年要加强抚育管理，保证竹林成林，久旱不雨的情况下，适当人工补水，促进幼林生长，尽快郁闭。林分管理。适时、适量配施肥料，提高竹笋产量，增加效益；调控竹林密度和年龄结构，及时清除老、弱、病、残竹，保障竹林健康，增强竹林抗风能力。

3.可持续经营管理技术

提倡混交经营，生态与经济效益兼顾情况最好的混交比例为8竹2阔。改变林地管理制度，变传统的施肥、垦复等单一措施的长期应用，为劈草、垦复、施肥作业间隔应用、交替组合。比如，垦复+施肥和劈草作业交叉应用（周期2~3年）、控制垦复比例（不超过全林的1/3）、每3年交替使用有机、无机肥料。适度挖笋采竹，剩余物管理。

（三）竹资源健康保护技术

1. 竹林主要病虫害数字化信息平台

集成了 80 种主要病虫害及 18 种关键天敌的识别特征、生活史及发生规律等重要生物信息，实现了网络实时查询、在线咨询、访问者互动等功能。

2. 竹子害虫专用的新型高效生物农药

研发了竹笋夜蛾和竹蝗信息素高效诱杀剂，靶标性强，诱捕量大，单个诱芯的诱捕量分别达 161 头和 590 头。研制了平沙绿僵菌（WP08 菌株）高效生物菌剂，对竹林金针虫致死率达到 100%。同时优化了平沙绿僵菌规模化培养及林间应用技术。

3. 竹林重大病虫害综合治理技术体系

集成创新了竹笋夜蛾、黄脊竹蝗、竹卵圆蝽等 8 种竹林重大病虫害生境调控、行为调控、生物防治及环境友好型药剂防治等多种绿色防控技术的绿色高效综合治理技术体系。

（四）竹资源高效监测技术

1. 建立了竹资源遥感识别参数

构建了毛竹、苦竹、四方竹、刚竹、麻竹、石竹、甜竹和水竹等竹种不同季节地物光谱数据库。确定了毛竹林监测的最佳时相，春季最优，秋季次之。

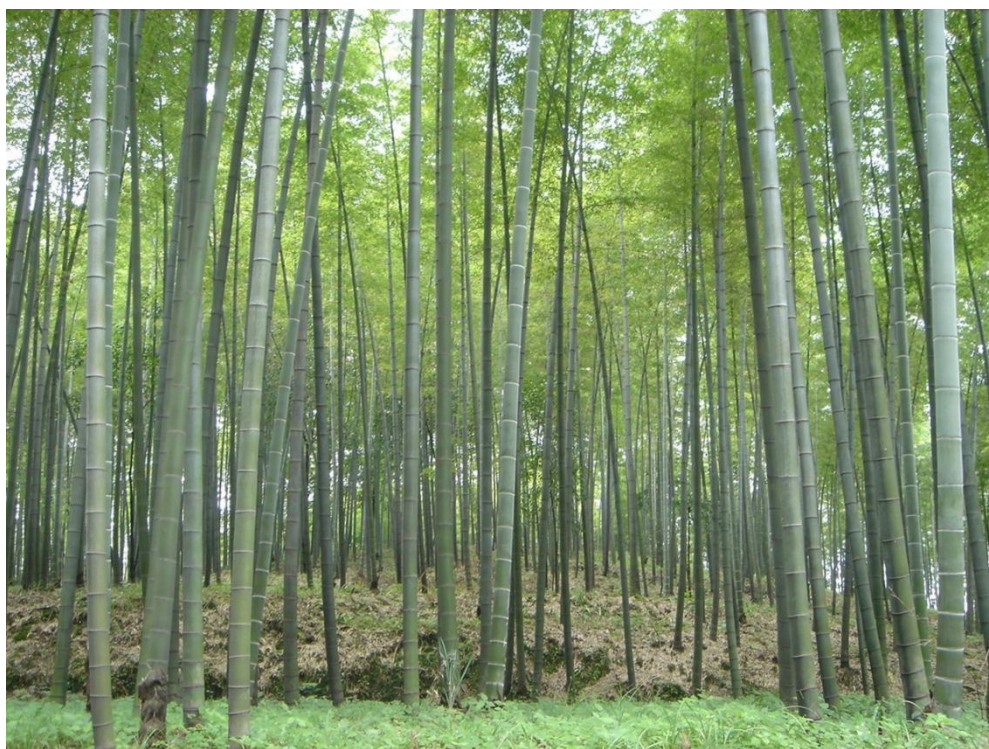
2. 基于“光谱片层—面向纹理”的竹资源专题信息提取技术

研建了基于“光谱片层—面向纹理”的竹资源专题信息提取技术，结合竹子地物波谱特征及变化规律，建立了基于高

分辨率、多光谱和高光谱等多源遥感数据的竹资源动态监测技术，精度达 88%以上。

四、典型案例

在福建永安开展了以竹林混交经营及常规经营措施交叉应用、轮替垦复和间歇施肥为核心的竹林生态经营技术推广与示范,推广应用面积 38 万亩,示范林亩增产达到 0.4 吨,按毛竹单价 550 元/吨计算,毛竹增益 220 元,累积新增销售额 8360 万元。



竹资源高效培育关键技术林相

杉木人工林长期生产力保持关键技术

完成单位：福建农林大学

完 成 人：马祥庆

成果简介：

一、技术特点

针对杉木多代连栽引起林分生产力下降和土壤退化限制杉木产业发展的现实，从 20 世纪 80 年代开始，该成果围绕杉木林连栽生产力下降程度、下降原因和长期生产力保持技术三个方面开展了 32 年的持续研究，明确了杉木林连栽生产力下降的程度，揭示了杉木林连栽生产力下降的原因机制，研发出杉木人工林连栽生产力下降的防治技术，建立了基于退化地立地评价的杉木人工林长期生产力保持的生态栽培技术体系。

1.通过定位研究明确了杉木连栽生产力下降程度，澄清了人们对连栽生产力下降程度的模糊认识，发现 18 地位指数以上林地仍可保持 2 代杉木林的持续生产力，18 地位指数以下林地连栽后生产力明显下降，打破了传统上认为连栽必然导致杉木人工林生产力下降的固化认识。

2.从树种特性、营林措施、轮伐期、收获方式、林分结构、障碍物质积累等角度揭示了杉木林连栽生产力下降的原因机制，明确了树种生物学特性是引起林分生产力下降的内在原因，不合理营林措施是引起林分生产力下降的外在原因，

生态系统结构失衡是导致林分生产力下降的重要诱因，解决了杉木林连栽生产力下降原因不清的瓶颈。

3.从生态系统角度研发出杉阔混交、采伐剩余物管理、凋落物促进分解、林下植被调控、精准施肥、近自然经营等杉木林长期生产力保持关键技术，建立了基于退化地立地评价的杉木长期生产力保持的生态栽培技术体系，把以改良地力为主的连栽生产力下降防治途径调整为改良品系和改良地力并重的防治新策略，开辟了杉木林连栽林分生产力下降防治的新途径。

4.选育出一批耐瘠薄适应连栽退化地生长的杉木品系，研发出同一林地不同品系杉木种内轮种和镶嵌套种的造林新技术，很大程度上缓解了杉木林连栽生产力下降程度。

二、适用范围

该成果技术适合在福建、湖南、贵州、江西、广东、广西等传统杉木产区大面积推广应用，特别是退化地适应型杉木无性系造林、不炼山采伐剩余物控制、杉阔和杉木种内混交套种等核心技术有较强的实用性和可操作性。通过建立耐瘠薄退化地适应型杉木无性系采穗圃，培育能在较低肥力水平下较好生长的杉木无性系，推广“耐瘠薄退化地适应型杉木的异地轮栽、同一林地不同品系杉木轮种和种内镶嵌套种”的交叉更替造林技术，经济、生态效益显著。

三、应用方法

在林地清理、林地养分管理、林分结构调控及目标树经营等方面应用本成果技术，主要措施包括：

1.造林地选择及准备：选择Ⅲ类及以上立地的采伐迹地，把采伐剩余物耙带后整地，带内宽度约 5m，带间宽 1m；挖明穴，施基肥回表土。

2.造林材料及造林配置：选择耐瘠薄退化地适应型杉木优良无性系 1 年生容器苗造林，混交树种选择乳源木莲、火力楠、红锥等 1 年生苗。种内混交采用行状混交方式，杉阔混交采用块状混交方式。

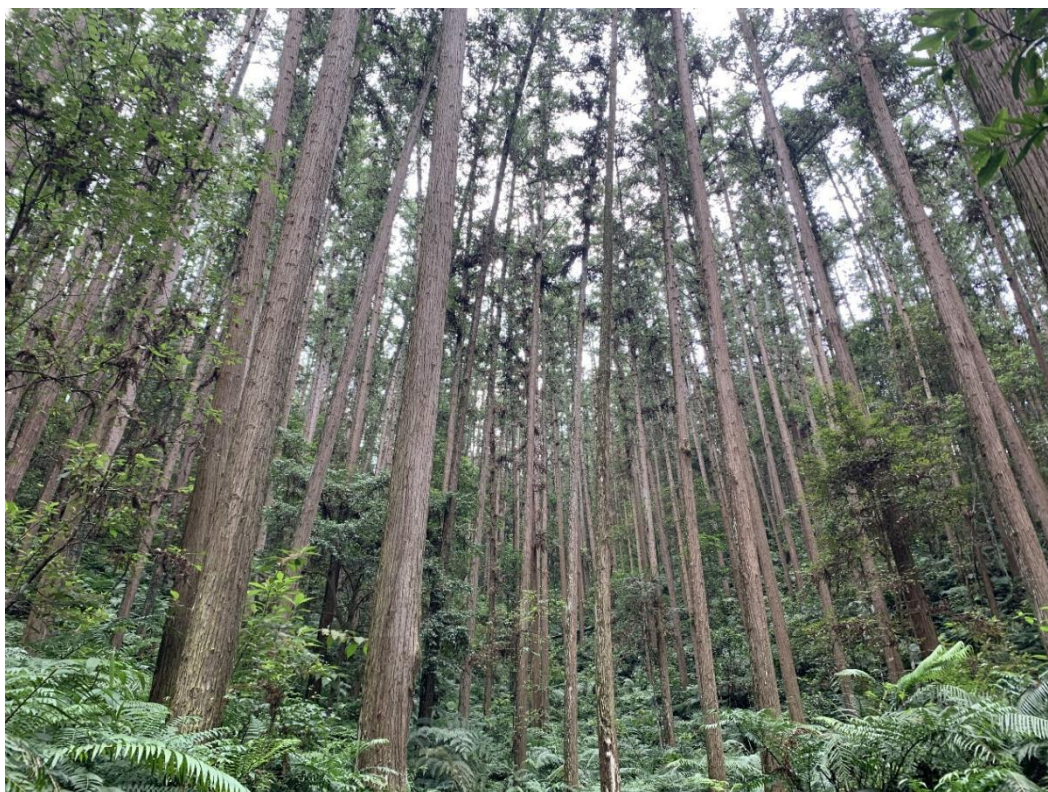
3.精准施肥：造林当年全劈、扩穴培土、施复合肥 150g/株，第 2 年抚育全劈、扩穴培土、施肥 250g/株，第 3 年分别 5、10 月份劈草 2 次。

4.林分结构管理：根据林分生长情况，在第 15~20 年进行间伐，强度为林分密度 20~40%，促进林下植被发育，同时进行适当修枝，套种闽楠。

5.目标树经营：适当延长轮伐期，培育杉木大径材。

四、典型案例

该成果先后在福建省邵武卫闽国有林场和福建省上杭白砂国有林场推广，建立了杉木人工林长期生产力保持的推广示范林。推广的采伐剩余物耙带技术比传统炼山清理林地减少水、土、养分流失 62%、94%、82%，优化了人工林生态系统结构，林下物种丰富度显著提高，林地的长期土壤肥力得到维持。



基于高世代良种的杉木人工林配方施肥关键技术

完成单位：福建农林大学

完 成 人：刘爱琴

成果简介：

一、技术特点

针对不同高世代良种杉木对养分需求不清楚、施肥立地评价不精准、不同良种施肥配方缺乏及施肥种类单一等技术瓶颈，通过 20 多年的研究，研究出近年来生产上推广的高世代良种杉木对林地养分的需求规律，研发出高世代良种杉木苗期、幼龄林、中龄林和成熟林的需肥特性和 DRIS 营养诊断标准，从林木营养学角度揭示不同发育阶段高世代良种杉木林对土壤养分的需求规律，筛选出适应不同立地高世代良种杉木林的施肥配方，构建了高世代良种杉木苗期、幼龄林、中龄林、成熟林的“营养诊断-需肥特性-立地评价-施肥配方-肥效促控”关键施肥技术体系，有效解决了高世代良种杉木人工林施肥中存在的技术瓶颈，为杉木林连栽生产力下降防治提供了新途径。

二、适用范围

本成果技术适合我国福建、湖南、湖北、江西、浙江、广西、贵州等高世代良种推广较多的杉木主产区推广，其中适应不同立地高世代良种杉木林的配方施肥技术，通过多肥种配施搭配提升肥料利用率，构建了高世代良种杉木苗期、

幼龄林、中龄林、成熟林的“营养诊断-需肥特性-立地评价-施肥配方-肥效促控”关键施肥技术体系，为杉木林连栽生产力下降防治提供了新途径，经济、生态和社会效益显著。

三、应用方法

高世代良种杉木 N、P、K 的适宜范围为 $P/N=0.1458\pm0.0261$ ， $K/N=0.9324\pm0.0444$ ， $K/P=6.6432\pm0.8833$ 。随杉木林发育阶段的提高，高世代良种杉木林对养分的需求显著增加，不同发育阶段高世代良种杉木林对氮、磷、钾的需求比传统杉木品系增加 3~17%，打破了传统研究认为不同杉木品系需肥特性不变的固化认识。

以林场为经营单位，进行不同林地立地进行精准评价，把高世代杉木适宜性等级精准划分 I、II、III、IV 4 个等级，绘制了经营单位内杉木林地立地适宜性分布图。根据一个经营单位的精准立地适宜性分类图，就能进行高世代良种杉木林的精准配方施肥。

筛选适合不同立地及不同发育阶段杉木林应用的施肥配方及关键施用技术，在 18 地位指数及以上林地高世代杉木人工林可以不施肥，16 地位指数及以下林地幼龄林和中龄林建议进行个性化精准配方施肥。

1. 根据不同发育阶段杉木需肥特性精准配方施肥

根据高世代杉木良种幼龄林、中龄林及成熟林阶段性需肥特性的差异，幼龄林优先补充氮磷（N 185g/株，P 253g/株，K 60g/株），采用带状沟施（沟长 80cm，深 15cm）。中龄林增加钾肥（N 360g/株，P 600g/株，K 150g/株），配合硼锌微

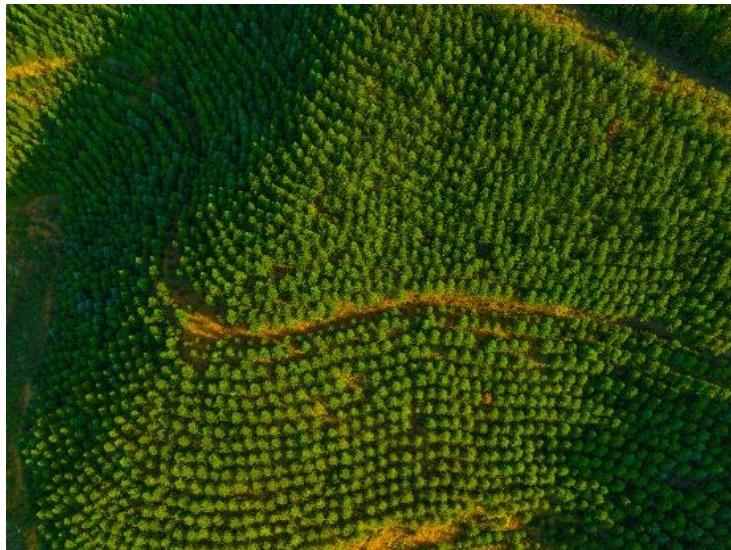
肥（B 26g/株，Zn 6g/株）。成熟林控制氮肥（ $\leq 300\text{g/株}$ ），强化磷钾（P 1200g/株，K 200g/株），采用环状深施。

2. 根据不同发育阶段杉木多种肥料配比施肥

采用测土配方施肥技术，氮肥以尿素（含 N 46%）为主，磷肥优选过磷酸钙（含 P_2O_5 12%），钾肥以氯化钾（含 K_2O 60%）为主，微肥选用硼酸（B 11%）与 EDTA-Zn（Zn 15%），避免单一元素过量。微肥与大量元素肥间隔 7~10 天施用，防止拮抗作用。

3. 无人机叶面施肥

为减少土壤施肥造成肥料的浪费，采用无人机叶面施肥技术，实现不同反映阶段杉木人工林施肥精准动态调控，建立施肥档案，记录每次施肥的 GPS 坐标、用量、天气条件等。



邵武故县国有林场推广杉木幼林配方施肥技术

四、典型案例

本成果技术先后在我国杉木主要产区推广应用 5 万余亩，在福建省邵武故县国有林场、福建农林大学三明莘口教学林

场等单位建立了推广示范林，开展不同发育阶段杉木林精准配方施肥、多肥料配比施肥及无人机叶面施肥等技术推广示范，极大促进了不同发育阶段杉木人工林的生长，降低了肥料浪费和施肥成本，推广效益显著。



三明莘口教学林场推广杉木幼林无人机施肥技术

香榧大苗培育及高效生态栽培技术

完成单位：浙江农林大学

完 成 人：郑炳松

成果简介：

一、技术特点

针对香榧造林大苗培育周期长、造林成活率低、早实丰产性能差等制约产业发展的关键因子，集成示范双层拱棚催芽、容器育苗、周年嫁接、提高造林成活率及树形管理、土壤养分管理、促花保果等早实丰产栽培技术，通过提速苗木供应、提升造林成活率、提高前期产量，推动香榧产业快速健康发展。

1.双层拱棚催芽当年出苗率近 87.5%以上；嫁接时间从 2 个月延长至 6 个月以上，嫁接成活率达到 96.1%；嫁接苗主枝年生产量提高了 16.3%以上；3 年生嫁接苗基本形成 3 主枝或多主枝自然开心形树冠。

2.集成秋冬造林、适量修剪、带土大苗、遮阴、早期喷施叶面肥等内容提高造林成活率技术，造林成活率达 95.8%，新造林骨干枝生长量提高 20%，基本无缓苗期，提早结实 1~2 年。

3.应用了测土配方施肥、土壤改良、病虫害防治、树形控制以及人工辅助授粉等早实丰产栽培技术，使香榧始果期缩短 2 年，前 3 年生长量提高 20%以上，幼年林早期产量提

高 70%以上。建设茶园+香榧生态经营技术示范基地，早期收益提高 50%以上。

二、适用范围

已在浙江、安徽、江西、福建、贵州等香榧适宜栽培区推广应用。按照树种特性，适宜在 200~800 米海拔区域的缓坡地，要求土层深厚、土壤 pH 在 5.0~7.0 立地条件下应用。

三、应用方法

1.香榧大苗培育：选用成熟榧树种子，湿沙分层催芽，11 月中旬起用双层塑料拱棚保温催芽；从 12 月下旬起将出芽种子分批露地密播（3 万株/亩）或在小无纺布袋播种，在播种当年 10 月下旬断根移植降低密度（0.3~0.4 万株/亩）或换用大无纺布袋；播种后 2 周年，当苗木地径达 1.0cm 后嫁接，春季 2~3 月采用切劈接，秋冬季 8~11 月采用贴枝接；嫁接当年遮阴，并及时除萌、解绑、支撑，少量多次使用复合肥，5~8 月、8~9 月分别喷施尿素、磷酸二氢钾叶面肥；嫁接次年 6 月对主干延长枝打顶促发隐芽，留养合适的枝条作为主枝培养，继续除萌及肥水管理；嫁接第 3 年对留养主枝生长方向、生长势进行调整，初步形成丰产树冠。

2.造林：在 10 月中下旬~12 月中旬期间，选用地径在 2.5cm 以上良种大苗，要求带土球移栽；移栽前对苗木进行修剪，疏剪下垂枝、过密枝、竞争枝、交叉枝，减少 1/2 左右的枝叶量；采用“大穴重肥浅栽高覆土”栽种方式，根据苗木土球大小，种植穴要求穴径 60~80cm，深 50~70cm，穴施入发酵有机肥 10~20kg，覆土混拌回填踩实，种植要求嫁接

口稍露出地面回填土踩实后覆松土，种植方向要求羽状叶向阳。造林当年至次年5月，分3次喷施促根叶面肥，低海拔区域造林，次年5月中旬前用遮光度70%遮阳纱遮阳，6月起少量多次施用复合肥。

3.早实丰产栽培技术：按照4%以上配置雄株，雄株要求稍大于栽培品种；栽种1~3年，疏剪结果枝促进生长，秋施腐熟有机肥改良土壤，3、5、8月少量多次施入复合肥补充大量元素，以加快丰产树冠形成。栽种4年后，按照3主枝开心形树冠进行全园整形调整，生长季节对竞争枝进行短截促发隐芽形成花芽；4月上中旬开展人工辅助授粉，留果压树，喷施500倍液0.3%四霉素防治花腐病、细菌性褐腐病；分2~3次喷施爱多收、高力钙镁等生长调节剂和中量元素，促进“一代果膨大”，提高座果率。针对酸性强的土壤施用生石灰、钙镁磷肥提高土壤pH，隔年施用腐熟有机肥，及时补充果后肥。



四、典型案例

项目实施期间繁育 2+3 以上适宜造林良种嫁接大苗 30 万株，辐射推广良种种植 5000 亩。辐射推广提高造林成活率技术 1.3 万亩，辐射区内规模造林成活率提高至 93%以上，新造林当年基本形成 3 主枝或多主枝自然开心形早实丰产树冠。辐射推广茶园套种香榧 5500 亩以上。在浙江省淳安县枫树岭镇建立的早实丰产栽培基地，地径 3cm 造林，造林后第 3 年丰产树冠基本形成，大量形成花芽。前期造林初投产林分通过树冠整理、充分授粉，促花保果、绿色病虫害防控等技术应用，对比实施前产量提高 4.85 倍，造林第 12 年亩产香榧蒲果 600kg 以上。



南方次生林经营关键技术

完成单位：广东省林业科学研究院

完 成 人：曾令海

成果简介：

一、技术特点

针对我国南方生态公益林中大面积低质低效次生林可持续经营问题，创新提出了生态与经济效益相结合的生态公益林可持续经营理念。构建了次生林经营树种选择评价指标体系，筛选出适宜南亚热带次生林经营的优良物种。研发了特定轻基质壮苗培育与高效栽培配套技术，解决了次生林郁闭度较高，物种引入困难、生长势弱等问题。构建次生林经营技术标准与指标体系，集成创新了以生物多样性保护、水源林、碳汇林、大径材林和非木质产品物种经营等五种经营目标的经营技术模式，提出指导全省的 119 种“广东省碳汇林造林模式”，在全省低效次生林改造中推广应用，实现了森林提质增效。

二、适用范围

本成果形成的多项技术被列入国家科技支撑计划项目、中央财政林业科技推广项目、广东省生态公益林建设专项和广东省林业标准化示范区等 20 多个项目进行示范推广，营建区域示范区共 1.56 万亩。建立了林木良种繁育基地和技术支持广东省 10 大林木种苗保障性苗圃建设，保障次生林经

营的种苗需求。可持续经营模式在广东省林分改造、生态公益林和碳汇林建设推广应用 162.4 万亩。本成果着眼广东，辐射带动华南地区，并将加快我国南方地区的次生林林分改造。

三、应用方法

1. 主要技术措施

(1) 人工造林。在适宜造林绿化空间进行人工造林。公益林地选择稳定性好、抗逆性强、生态和经济效益好的优良乡土阔叶树种，营造阔叶混交林；商品林地引导营建阔叶混交林、杉阔混交林。每亩种植 74 株以上。

(2) 全面优化。对低质低效林分采取全面改造的方式进行优化。清理原有林木，尽量保留原林分中的乡土阔叶树和珍贵树种。公益林地要求营造多树种组成的阔叶混交林，商品林地引导营建阔叶混交林或杉阔混交林，每亩种植 74 株以上。

(3) 块状优化。对低质低效林分采取块状改造的方式进行优化。块状优化采伐强度每次不低于原林分面积的 1/3，每块面积不大于 100 亩。采伐后，营造多树种组成的阔叶混交林，每亩种植 74 株以上。

(4) 带状优化。对低质低效林分采取带状改造的方式进行优化。带状采伐宽度控制在 30m，保留 30~60m 的间隔带。采伐后，营造多树种组成的阔叶混交林，每亩种植 56 株以上。

(5) 林窗优化。对低质低效松树林、其他低质低效林采

取林窗优化方式，保留原有阔叶树，清除生长退化林木，在林中空地补植乡土阔叶树种，每亩补植 30 株以上，补植后，阔叶树种株数达到每亩 56 株以上。

（6）森林抚育。优势树种为其他软阔、其他硬阔、针阔混、阔叶混、杉木等林分的幼龄林和中龄林，通过采取修枝、割灌除草、施肥、补植、抚育伐等措施，调整林分生长空间，促进林分生长发育。经过多次精准选培后，在目的树种中选定目标树，伐除非目标树和辅助树，目标树和上层林木最终控制在 30~50 株/亩。通过抚育、目标树选留、经营管理等技术措施，达到大径材林培育目标。

2. 树种选择配置

公益林树种配置以地带性森林植被群落为参考，选择生长健壮、抗性强、景观效果好的乡土阔叶树种，以重建地带性森林群落为导向，根据不同区域选择相应的建群树种、珍贵树种、景观树种和特色树种进行树种搭配。在树种选择方面要考虑不同植物在不同气候带的适应性，在树种配置方面要兼顾森林生态服务的主导功能。商品林树种配置应突出培育目标和主导功能，培育优质高产林分，推行“珍贵树种+”的模式，珍贵树种每亩不少于 30 株，合理配置木本油料、木本药材和用材树种。具体树种配置模式参考《广东省森林碳汇造林理论与实践》一书。

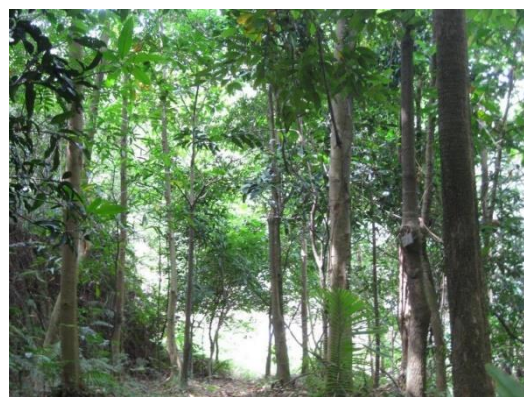
四、典型案例

对广东省江门市古斗林场中马尾松、杉木砍伐迹地封育 5~20 年后自然演替形成的 3000 亩次生林进行改造。2006 年

进行本底调查，2007 年 4 月营建试验林。采用林下随机补植模式，平均套种密度 54 株/亩，采用 2 年生大袋苗。根据次生林经营目标的不同，提出了 3 种改造模式：以生物多样性为主要目标的多树种配置模式、以大径材为重要培育目标的珍贵树种配置模式、兼顾经济效益的非木质产品物种配置模式。对照模式不进行人工干预，进行封育自然演替。选择引入（间/套种）的树种包括生态和园林景观用、材用（特别是珍贵用材）、药用、果用或藤用等多用途植物 108 种。7.5 年后该林地生物多样性、年均生长量、珍贵树种与非木质产品物种的经济产出显著增高，多树种配置多样性提高 45%、生长量提高 66%，珍贵树种配置生长量提高 49%，非木质产品物种配置木材生长量提高 52%，引种树种保存率提高到 90% 以上，评选出 37 个作为南亚热带次生林人工促进更新的重点树种。



广东古兜山次生林多树种配置
经营前林地



广东古兜山次生林多树种配置
经营后林地（7.5 年生）

桉树人工林可持续经营技术

完成单位：广西壮族自治区林业科学研究院

完 成 人：陈健波

成果简介：

一、技术特点

针对目前桉树人工林稳定性降低，病虫害出现频率高，以及人工林地力衰退、物种多样性下降、水土流失等不良的生态问题，通过良种选用、配套无节材培育、小径材培育、大径材培育、混交林营建、科学施肥、提高肥料利用率和枯枝、落叶、树皮等归还林地及适度保护林下植被等技术可以有效控制林地质量下降，达到改善林地地力的目的。构建无节材培育技术体系、桉树小径材培育模式、大径材培育模式、混交林营建模式，这一系列技术措施可有效的增强桉树人工林的生产力、生态稳定性和生物多样性，达到可持续经营的目的。

1.无节材培育技术。通过桉树人工幼林连续 2~3 年进行人工修去 1/3~1/2 下层活枝冠层的方法，培育无节材，可显著提高无节材单板质量等级。

2.大径材培育模式。通过对桉树人工林进行 2~3 次的人工林间伐，最终保留密度为 300~500 株/hm²，经营模式与技术，经济效益比单一纤维材(小径材)经营方式提高了 12.14%。

3.小径材培育模式。造林密度 1333 株/hm²+挖穴整地+钙

镁磷肥作基肥 1000g/株+造林后 1 个月追尿素 150g/株+2 个月后追复合肥 250g/株+次年施复合肥 500g/株+第 3 年施复合肥 750g/株+第 4 年施复合肥 1000g/株+每次追肥前人工铲除或砍去杂草灌。

4.混交林营建模式。通过桉树与乡土阔叶树种进行混交，桉树的比例 60~80%，乡土树种 20~40%，可形成上层桉树和下层乡土树种的复层林，减少树种间的竞争。与桉树纯林相比，桉树混交林土壤容重下降 0.83~6.94%，水源涵养能力提高 4.80~30.14%，土壤孔隙指标提高 4.92~87.73%，通气度提高 7.66~51.10%；桉树混交林土壤有机质、全氮含量分别提高 13.41~21.88%、25.00~41.38%，速效养分含量提高 6.98~40.66%。

二、适用范围

适用于广西、广东、福建桉树主要栽培区。

三、应用方法

1.无节材培育技术

修枝时间：当幼林树冠下层枝叶变黄时，应实施修枝。

修枝强度：以树冠活枝冠层长度为基准，自下而上修剪活枝冠层长度的1/4~1/2。同时，修剪未脱落的枯死枝。

修枝方式：修枝要紧贴树干自上而下平切枝条，要求切口平滑、不偏不裂、不留茬桩、少伤树皮。修枝工具：以专用修枝工具或锋利薄刀为主。

2.大径材培育技术

造林密度：造林密度为1250株/hm²~1666株/hm²，株行

距为 $3\times 3.5\text{m}$ 、 $2.5\times 4\text{m}$ 、 $2\times 4\text{m}$ 、 $2\times 3.5\text{m}$ 、 $2\times 3\text{m}$ 等。

抚育管理：造林后3个月内，应进行第1次抚育，追肥与结合除杂同时进行，头3年每年抚育1~2次，第4年后，每2年抚育1次，如需间伐，则在间伐后追肥，当林分郁闭度达0.8以上时，应实施初次间伐，初次间伐强度为伐除30%左右的树木，伐后郁闭度以0.6为宜；往后视林分生长状况、现实林分密度和林木分化程度再进行第2、3次间伐，每次伐除30~40%的树木，最终保留密度为 $300\sim 500\text{株}/\text{hm}^2$ 。

3.小径材培育技术

造林密度： $1333\text{株}/\text{hm}^2$ ，株行距为 $3\times 2.5\text{m}$ ；

整地：采用挖穴的方式进行整地，穴的规格 $60\times 40\times 30\text{cm}$ ；

施肥抚育：钙镁磷肥作基肥 $1000\text{g}/\text{株}$ +造林后1个月追尿素 $150\text{g}/\text{株}$ +2个月后追复合肥 $250\text{g}/\text{株}$ +次年施复合肥 $500\text{g}/\text{株}$ +第3年施复合肥 $750\text{g}/\text{株}$ +第4年施复合肥 $1000\text{g}/\text{株}$ +每次追肥前人工铲除或砍去杂草灌。

4.混交模式

乡土树种选择：筛选出红锥、火力楠、米老排、闽楠和台湾桫欏木等7个适宜与桉树混交栽培的伴生树种；

混交方式：采用列状混交（行与等高线垂直）比水平混交（行与等高线平行）更有利桉树的采伐；配置方式主要有5行桉树+2行乡土树种、6行桉树+2行乡土树种等。

苗木的选择：桉树生长快，造林时选择3~5个月的苗龄，苗高 $25\sim 30\text{cm}$ 的苗木造林即可。伴生的乡土树种选择2~3年生、苗高 $1.0\sim 1.2\text{m}$ 的苗木造林，可以减少树种间早期的生长

差异，提高乡土树种的造林成活率。

四、典型案例

在广西壮族自治区国有东门林场、国有七坡林场、国有维都林场、国有大桂山林场、国有三门江林场、国有派阳山林场等建立大花序桉大径材示范林 5000 亩。国有东门林场种植大花序桉大径材林分位于广西扶绥县东门林场雷卡分场（22.78333N，107.8083E），属较湿润的北热带季风气候，雨水充沛，阳光充足，热量丰富。年平均温度为 21.7℃，年



广西东门林场大花序桉林分

日照时数达 1550.5h，年均降水量达 1121.3mm。土壤为赤红壤，土层深厚。机耕全垦方式整地，1983 年种植的大花序桉实生苗林分，造林株行距 2×3m，经过多次间伐后，目前保存 375 株/hm²。

35 年生林分平均树高 32.7m，平均胸径 36.0cm，平均单株材积 1.4407m³，单位面积蓄积量 778.856m³/hm²，出材率按 70%计，可产出木材 544.8492m³/hm²，按目前原木市场价 2000 元 /m³，每公顷每年新增产值为 544.8492m³/hm²×2000 元/m³÷35 年=31,134 元/年·hm²。

马尾松大径材及高产脂林栽培关键技术

完成单位：贵州大学

完 成 人：丁贵杰

成果简介：

一、技术特点

我国大径材主要靠进口，亟待发展大径材林。目前正在实施的国家储备林工程培育目标 80%以上是大径材，因此，对大径材培育技术的需求十分迫切。制定科学合理的大径材培育技术，不但能提高林分生产力和森林质量，更重要的是能改变材种结构，显著提高大径材出材率，进而缓解我国大径材主要靠进口的不利局面。马尾松大径材培育技术体系包括选用良种、培育壮苗、选择立地、科学整地、造林密度、适时抚育和间伐调控、土壤管理、合理确定采伐年龄等，该技术体系预期能提高大径材出材率 10~15%。

二、适用范围

已在贵州、广西、四川、福建和湖南等多个省（区）建立马尾松大径材试验示范林 3600 余亩，生产力比同等立地林分提高 15%以上，大、中径材所占比例提高 30%以上，大径材出材率提高 15%~20%，辐射应用 3 万余亩。技术可广泛应用于马尾松中带适生区速生丰产林和国家储备林的造林及经营中，可改善林分结构，提高林分稳定性和质量。

三、应用方法

1.苗木选择：选用经过审（认）定的、适合造林地的速生良种，并培育I级苗造林。

2.造林地选择：大径材培育选择低山、高丘、低中山（500~1000m）的坡中下部土层深厚肥沃的立地，宜布局在I类产区立地指数18以上的林地，如果选用立地指数18的林地，需经过3~4次间伐，且采伐年龄需延长到35年以上。

3.整地：采用带状清理林地、块状整地，规格以中穴（40×40×25cm）为宜。若土壤质地较差，整地深度可调整到30cm。

4.林地施肥：在营养诊断的基础上，结合施肥区的土壤中养分元素含量情况，坚持缺素施肥、适量施肥、平衡施肥的原则。

5.抚育方式：抚育以1m宽带状或在定植穴周围1×1m的范围内砍伐灌木、割草松土，南带第一和第二年各抚育2次，第三年抚育1次（2-2-1）；中带造林当年抚育1~2次，第二和第三年各抚育2次[1（2）-2-2]；北带造林当年抚育一次，第二和第三年各抚育2次，第四年1次（1-2-2-1）。

6.林分密度：大径材造林密度每亩133株或111株，间伐起始年龄为8~10年。随立地指数提高，间伐起始年龄提前，每提高1~2个指数级，相应提前1~2年，否则推迟1~2年。随造林密度提高，间伐起始年龄提前。经3次间伐，到21~24年时每公顷保留600~750株，采伐年龄一般不低于29~32年。

四、典型案例

在贵州省都匀市墨冲镇应用示范：采用贵州省审定速生良种、1 级苗造林，立地指数 18，定植密度 $2\times 3\text{m}$ ，块状整地， $40\times 40\times 30\text{cm}$ ，穴撒施 100 克总养分含量 25% 的复合肥；造林第一和第二年各抚育 2 次，第三年抚育 1 次（2-2-1）；10 年生时强度为 10% 的株数间伐。10 年时胸径平均 9.4cm，超过对照的 28.9%，林分年蓄积量超过标准的 40.6%，增产效果显著。

在贵州省龙里县应用示范：1 级苗造林，立地指数 20，块状整地，穴规格（ $40\times 40\times 25\text{cm}$ ），密度调控，林地抚育，通过该技术的应用，30 年后，大径材优化栽培模式比一般模式大径材出材量增加了 203.9%，大径材所占比例提高了 42.2%；与现行马尾松速生丰产林行业标准相比，平均胸径提高了 36.6%，蓄积量提高了 33.4%。



良种壮苗对比试验



贵州都匀马尾松大径材培育示范林（10年生）



贵州龙里县马尾松大径材培育示范林

基于空间结构优化的森林经营技术

完成单位：中国林业科学研究院林业研究所

完 成 人：惠刚盈

成果简介：

一、技术特点

针对我国森林资源总量不足、质量不高，森林经营水平低的现状，以培育健康稳定、优质高效的森林生态系统为目标，遵循结构决定功能系统理论和“以树为本、培育为主、生态优先”的经营理念，以健康稳定的森林生态系统结构为模版，通过创建最佳的森林结构，发挥森林的多种功能，系统地提出了结构化森林经营技术体系，为森林可持续经营提供了全新的技术。

1.从树种结构、结构特征、树种多样性、活力和干扰程度等 5 方面选择 14 个指标构建了森林自然度定量评价指标体系，提出存在参照系和不存在参照系 2 种自然度定量评价方法，度量现实植被群落离开“天然植被”的距离，用于划分森林经营类型；

2.选择林木分布格局、顶极树种优势度、成层性、树种多样性、树种组成、直径分布、天然更新、林木健康以及林木的成熟程度等 9 个指标构建了经营迫切性评价指标体系，用于确定森林经营方向，解决了森林是否需要经营，为什么要经营，从哪些方面进行经营，才能达到健康稳定的目标；

3.用空间结构参数指导森林结构调整，用角尺度指导林木空间分布格局调整，用混交度指导树种空间隔离程度调整，用大小比数指导树种竞争关系调整，用密度调整林木的营养空间。

4.用林分状态分析评价经营效果。

二、适用范围

该成果适用于我国不同类型的天然林、次生林质量提升；目前已在甘肃小陇山次生林区、吉林阔叶红松林区、贵州常绿阔叶混交林、江西针阔叶混交林区、陕西黄土高原油松天然林、北京侧柏次生林区、河北落叶松林、浙江杉木林、山西油松天然林等林区得到推广应用。

三、应用方法

1.样地数据调查。可根据现实林分所处地段的地形特征以及调查目的、人力、物力等条件选择不同调查方法。主要方法包括大样地法、样方法和无样地法 3 种。调查内容包括基本林分因子和空间结构参数；

2.林分状态分析与评价。从林分的树种组成、直径结构、多样性、树种优势度、林分空间结构和林分更新等方面对林分的状态特征进行全面分析，并在此基础上对林分自然度和林分经营迫切性进行评价，划分经营类型，确定经营方向；

3.林分结构调整技术。

培育和保留对象：林分中的稀有种、濒危种和散布在林分中的古树；顶极树种中具有生长势和培育价值的所有林木；主要伴生树种的中、大径木；

采伐对象：除稀有种、濒危种及古树外的所有不健康林木；达到自然成熟(目标直径)的林木；影响(树冠受到挤压的)顶级树种及稀有种、濒危种生长发育的其他树种的林木；影响其他主要建群种中、大径木生长发育的林木；

林分空间结构调整方法：以林分中的顶极树种及主要伴生树种的中、大径木为培育对象，以培育对象与其最近 4 株相邻木为基本单元，采用“五观五优”原则进行采伐木选择，“五观”即“观树干定健康、观树种定混交、观树冠定密度、观周围定分布、观大小定竞争”，“五优”即“优先采伐无培育价值的林木，优先采伐与培育对象同种的林木；优先采伐分布在培育对象一侧的林木；优先采伐影响培育对象生长的林木；优先采伐达到目标直径的林木”。

4.经营效果评价：对经营后的效果仍然采用状态评价的方法，即在满足国家标准规定的强度的前提下，评价经营设计是否符合既定的经营方向，符合则实施作业，不符合则对作业设计进行调整，直至符合。

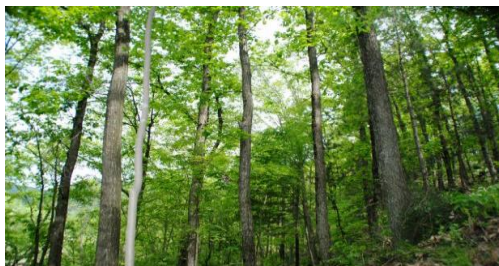
四、典型案例

2012 年在甘肃省小陇山保护中心百花林场建立了结构化森林经营大干子沟示范区，总面积 1270 亩。对大干子沟 23 个小班采用结构化森林经营方法进行了作业设计，首先对每个小班进行自然度和经营迫切性评价，确定了经营类型和经营方向，然后采用林分结构调整技术对 23 个小班进行了经营。2018 年监测结果表明，结构化森林经营技术的实施能明显改善林分健康状况，提高顶极树种的优势度和主要伴

生树种的竞争势，林分空间结构和树种组成更加合理，物种空间多样性提高 20%以上，有效地提升了森林质量和生产力。经营林分与对照林分相比，每公顷年生长量增加了 1.4 立方米以上，年生长率提高了 58%以上，按小陇山林区木材市场现行均价每立方米 600 元计，根据小陇山林区木材产值和生态效益产值之比为 1:13 测算，每年每公顷可减少水土流失 0.3~1 吨，可多吸收 1~2.7 吨 CO₂，释放 0.7~2 吨 O₂，固碳 0.3~0.7 吨，实施结构化森林经营技术后，新增木材增加值 330 元/年/hm² 以上，新增生态效益 4360 元/年/hm² 以上，经济生态效益显著。目前，结构化森林经营已作为小陇山林区可持续经营作业设计的主要技术，累计推广面积达 106 万亩。大千子沟结构化经营试验示范区观摩考察学习的国内外团组达 180 余个 2500 余人次。



经营前林相



经营后 6 年林相

林下经济

竹林下竹基食用菌生态栽培技术

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：谢锦忠

成果简介：

一、技术特点

为解决毛竹林经营效益低下和竹材消耗量减少、竹材价格低迷的困境，开展了基于竹材为基质材料并适合林下栽培的食用菌种类及其基质配方的筛选，菌种繁育及其林下栽培与配置技术等研究，提出了竹荪、大球盖菇、羊肚菌、黑皮鸡枞菌、灵芝等食用菌竹林下生态栽培技术模式，以促进竹区林下经济产业的发展，实现乡村振兴和共同富裕。

二、适用范围

该成果已在南方竹产区 11 个省(市、区)的 38 个县市的郁闭度为 0.6~0.7 的毛竹林中推广应用，累计推广面积超过 6 万亩；还可在郁闭度为 0.6~0.7 的杉木林、阔叶林和经济林下种植。

三、应用方法

1.开展基于竹基的竹林下适生菌种筛选及其菌种繁育研究，筛选出了棘托竹荪、大球盖菇、羊肚菌、黑皮鸡枞、灵芝等竹林下适生食用菌及其菌种繁育的基质配方、竹屑发酵和菌种制作等技术。其中棘托竹荪、大球盖菇、羊肚菌、黑皮鸡枞菌、灵芝等食用菌栽培基质的竹基含量分别为 97%、

92~92%、32~38.5%、60%和 100%。

2.提出了棘托竹荪、大球盖菇、羊肚菌、黑皮鸡枞菌、灵芝等食用菌竹林下生态栽培技术。

(1) 棘托竹荪栽培：3 月中旬~4 月初在毛竹林中挖水平状宽 30cm，深 10cm 种植沟，放置 20kg/m² 的竹屑发酵基质，采用棘托竹荪 D89 品种进行栽培，其竹荪干品产量达到 756.6kg/m²。或 4 月棘托竹荪采用无纺布容器菌包栽培法种植，菌包重 4kg/袋；按种植 15000 袋/hm² 计算，干竹荪产量为 750kg/hm² 左右。

(2) 大球盖菇栽培：7 月初竹屑发酵；8 月下旬大球盖菇无纺布容器（直径 30cm，高度 30cm）菌包培育；9 月上中旬大球盖菇采用无纺布容器菌包栽培法种植，菌包重 4kg/袋，15000 袋/hm²。在秋季可采收 2 潮菇，占总产量的 45%；冬季休眠 3 个月；春季可采收 2 潮菇，占总产量的 55%。大球盖菇鲜菇总产量可达 25080kg/hm²。

(3) 羊肚菌栽培：11 月气温低于 25 度即可开始羊肚菌栽培。先构建羊肚菌种植环境：即在毛竹林内 1.7m、2.2m 高处分别搭建 1 层荫纱，四周采用地布建立挡风墙。然后在种植垄上播六妹或七妹羊肚菌菌种 1875kg/hm²；一周至 10 天后放置 45000 袋/hm² 营养袋（0.4kg/袋）；2 月中旬浇大水催菇，种植垄上盖小拱棚。3 月初投产，到 4 月中下旬结束，羊肚菌鲜菇平均产量可达 3750kg/hm² 以上。

(4) 黑皮鸡枞菌栽培：提出了 60%竹屑+20%棉籽壳+20%辅料（18%麦麸，0.5%石灰，0.5%磷酸氢二钾，0.5%葡萄糖，

0.5%石膏)的菌棒制作技术;于4月中下旬在毛竹林下按10棒/m²的菌棒密度种植,可产黑皮鸡枞菌鲜菇13860kg/hm²。

(5)灵芝栽培:于4月下旬在毛竹林下将长34cm,宽1cm的竹片,捆扎成直径15cm的竹筒制作成的紫灵芝116号菌棒或赤灵芝119号,脱袋后种在深10cm的种植沟里,浇透水,盖上高40cm的小拱棚。分别于7月和11月各采收一次子实体,紫灵芝116号和赤灵芝119号的平均每棒萌发子实体分别为8.4个和8.9个,子实体平均干重分别为21.03g/个和15.58g/个。紫灵芝116号和赤灵芝119号第1年的干菇产量分别为2650.5kg/hm²和2080.5kg/hm²。

3.竹林下适生食用菌的配置模式

根据棘托竹荪、大球盖菇、羊肚菌、黑皮鸡枞和灵芝的生长特性和对土壤养分的要求,提出了6种一年两季的栽培模式:

- (1) 竹荪(3月~8月)+大球盖菇(9月~翌年4月)
- (2) 竹荪(3月~8月)+羊肚菌(11月~翌年4月)
- (3) 大球盖菇(9月~翌年4月)+黑皮鸡枞菌(4~7月, 9~11月)
- (4) 大球盖菇(9月~翌年4月)+灵芝(4~11月)
- (5) 羊肚菌(11月~翌年4月)+黑皮鸡枞菌(4~7月, 9~11月)
- (6) 羊肚菌(11月~翌年4月)+灵芝(4~11月)

四、典型案例

2019年3月15日在浙江省安吉县孝丰镇白杨村毛竹林

下种植 5 亩棘托竹荪，其干菇产量为 $756.6\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2020 年 9 月 8 日在浙江省杭州市富阳区黄公望森林公园毛竹林下种植 5 亩大球盖菇，其鲜菇产量分别为 $23670\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2021 年 4 月 26 日在浙江省安吉县灵峰寺林场灵峰山林区毛竹林下种植 6 亩黑皮鸡枞菌，其鲜菇产量为 $13860\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2022 年 11 月 14 日在浙江省安吉县灵峰寺林场灵峰山林区毛竹林下种植 8 亩羊肚菌，通过构建双层遮阴纱、小拱棚和喷雾系统，种植环境温度控制在 25°C 以下，其鲜菇产量为 $8103\text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2023 年 4 月 28 日在浙江省安吉县上墅乡刘家塘村毛竹林下种植 5 亩赤灵芝，其干菇产量为 $2137.5\text{kg}/\text{hm}^2$ 。



安吉县孝丰镇白杨村林下棘托竹荪生长情况



安吉县上墅乡刘家塘村毛竹林下灵芝生长情况



黄公望森林公园毛竹林下大球盖菇生长情况



安吉县灵峰寺林场基地羊肚菌生长情况

五倍子种虫高效放养增产及有害生物绿色防控技术

完成单位：中国林业科学研究院高原林业研究所

完 成 人：杨子祥

成果简介：

一、技术特点

针对五倍子生产中种虫利用率低、单产低等问题，采用种虫发育进度调控、寄主树修剪、多次挂虫接种和林下种植等方法，构建了从五倍子种虫培育、寄主树生长势调控、多次放虫增产、病虫害生态调控的五倍子种虫高效放养增产及有害生物绿色防控技术，实现了五倍子生产从低产向高产稳产的转变。

1.五倍子种虫发育进度调控技术。将种虫置于不同温度或海拔高度下培育，调控种虫的发育进度，配合寄主树生长势调控，增加寄主树枝梢数量，通过多次放虫来实现种虫分批上树，从而提高五倍子产量。

2.五倍子寄主树（盐肤木）生长势调控技术。通过对寄主树的适时修剪，促进寄主树的侧枝萌发，让寄主树枝梢萌发与种虫发育同步，结合多次放虫来增加结倍次数，并在结倍后适时“打顶”和抹芽，控制寄主树的营养生长，提高五倍子的保存率。

3.有害生物绿色防控技术。通过林下间作中药材或藓类等，增加林间的生物多样性，结合枝叶修剪、物理防治和生

物防控等，在选择性保护倍蚜虫的同时防控有害生物如病虫害等，实现五倍子的高产。

4.高效培育模式构建。建立了野生倍林提质改造、林药蜂复合经营、石质山地造林 3 种五倍子高效培育模式。

二、适用范围

已在重庆、湖北、贵州、云南和湖南等省份的退耕还林、山地造林中推广应用。该技术适用于武陵山区、乌蒙山区、大娄山区等的五倍子培育和生产。

三、应用方法

五倍子培育包括虫、树、藓的培育，主要措施包括：

1.无土植藓养蚜。以无纺布或土工布等为基质种植侧枝匍灯藓等，取成熟角倍内的秋迁蚜，放到藓上培育和繁殖。

2.大棚收蚜。在控温大棚内收集藓上羽化的春迁蚜，装入虫袋中保存，通常每袋装 100 头。

3.控温保存。将虫袋置于高湿度的常温或低温条件下避光保存，以调控种虫的发育速度。通常从第 26 天开始，每天观察虫袋内性蚜是否产出干母。

4.多次挂放虫袋接种。当虫袋内的干母开始发生时，将虫袋挂放到修剪过的寄主树如盐肤木上，让干母上树取食嫩叶形成倍子。当盐肤木嫩稍继续生长出新的嫩叶 3 片以上，将低温保存的虫袋挂放到盐肤木上，让干母二次上树和结倍，增加五倍子数量和叶片利用率，实现五倍子的增产。

5.寄主树生长势调控。种植五倍子寄主树盐肤木等，冬春季进行修剪，通常定干高度 60~80cm，侧枝长度 40~50cm，

形成枝多叶多，树型开展的结构。当五倍子形成时进行打顶和抹芽，控制树木的高生长，让营养物质集中到五倍子的生长上。

6.林下种植。在寄主树林下种植侧枝匐灯藓、矮杆中药材等，在林间养殖中蜂，增加林内的生物多样性，形成多层、高湿和弱光的林内小生境，促进五倍子的生长，减少有害生物如病虫杂草发生；让倍蚜虫在树和林下的藓块间自然迁飞，增加五倍子产量；实现林药蜂多产业立体融合发展，增加五倍子林的收益。

7.采倍留种。当林间的五倍子有约 5%成熟并自然开口爆裂时，采收五倍子。取成熟倍子内的蚜虫，放到藓圃上作为种虫，让其迁飞到藓上培育；也可以让成熟倍子内的蚜虫自然迁飞到林下种植的藓块上繁殖和生存，第 2 年春迁飞回到树上形成倍子，增加五倍子的产量。



湖北省五峰县的五倍子林下种植黄精和蔬菜获得丰收

四、典型案例

在重庆市酉阳县、湖北省五峰县、贵州省绥阳县、云南省盐津县和湖南省龙山县等营建五倍子高效培育示范林，示范和推广“林、药、蜂”立体复合种植融合发展模式，其中酉阳的五倍子林综合收益达到 2000~4000 元/亩，五峰的五倍子示范林的单产达到 152kg/亩，综合收益达到 4000 元/亩以上。



云南省盐津县的五倍子高效培育示范基地



重庆市酉阳县的无土植藓养蚜藓圃

林下药用植物高效栽培技术

完成单位：中国林业科学研究院经济林研究所

完 成 人：刁松锋

成果简介：

一、技术特点

根据不同区域地理环境、植被类型、气候土壤条件等特点，以艾草、白及、白术、白芷、半夏、薄荷、苍术、柴胡、丹参、党参、冬凌草、甘草、黄精、黄芪、黄芩、藿香、金莲花、桔梗、连翘、肉苁蓉、三七、芍药、射干、天麻、淫羊藿和玉竹等多种大宗森林药材为对象，以“逆境出品质”理论为指导，研发了不同立地条件下，“林空地药”合一的生态立体种植模式和配套的种苗繁育、种植密度、生长调控、土水肥管理等关键栽培技术体系。

二、适用范围

本成果相关技术已在山西省晋城市、内蒙古自治区鄂尔多斯市、辽宁省沈阳市、辽宁省本溪市、黑龙江省大兴安岭地区、河南省栾川县、河南省宜阳县、河南省范县、河南省鹤壁市、河南省南阳市、湖北省荆门市、青海省西宁市、四川省成都市、新疆自治区哈密市等地推广近2万亩，在经济效益和推动当地产业发展均取得了良好的效果。

三、应用方法

成果根据不同的立地条件、林木种类、林分特征、水热

条件、土壤类型等因素，形成以下三个方面的内容：

1.不同生长环境“林分+药种”选配技术。基于不同的地理区域和生长环境，研发了针叶林、阔叶林及防护林、经济林、用材林、竹林和储备林等林分与药材的选配模式，土地利用效率平均提高 35.1%，经济效益提高 12.7%。

2.“林空地药”合一的生态立体种植模式。基于林分种类、郁闭度、林龄、土壤等不同生境条件下的大宗中药材种植密度、生长调控、土水肥管理等关键技术，建立了林下药用植物高效栽培技术体系，在郁闭度 0.2~0.7 的条件下，药材产量和经济效益分别平均提高 16.4%和 21.7%。

3.建立了多种大宗药材的林下种苗繁育技术体系。基于不同林分的水热条件，研发多种大宗中药材的种苗繁育方法，包括有性和无性的繁育，创新了多种药材的扦插和播种繁育技术体系，生根率和出苗率整体分别达到 79%和 86%。



河南范县楸树林下种植芍药



鄂尔多斯市山杏林下种射干

四、典型案例

该技术目前已经在全国 11 个省区市推广应用，涉及“阔叶用材林+林下药材”“针叶用材林+林下药材”“经济林+林下

经济”“木本药材+林下药材”“次生林+林下药材”等多种模式。



湖北荆门市次生林下种植淫羊藿 山西闻喜县杜仲下种植黄芪



辽宁本溪市柞木林下种植淫羊藿 青海西宁市云杉下种植玉竹

平卧菊三七培育、加工产业一体化技术研发与应用

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业实验中心

完 成 人：余江帆

成果简介：

一、技术特点

针对平卧菊三七野生资源丰富，但培育技术滞后、加工体系不完善。项目首先收集平卧菊三七种质资源 120 份，并建立了平卧菊三七种质资源收集圃，构建了平卧菊三七种质资源选育技术评价体系，为平卧菊三七良种选育奠定了资源基础；同时，开展了平卧菊三七高效繁育和栽培技术研究，创新提出平卧菊三七扦插繁育技术体系，制定江西省地方标准《平卧菊三七林下种植技术规程》，成功构建了平卧菊三七规范化栽培体系，为大面积推广平卧菊三七规模栽培提供技术支持；在品种选育和高效栽培的基础上，项目优化了平卧菊三七生物活性物提取工艺，建成了年产 30 吨平卧菊三七产品生产线 1 条，开发出了平卧菊三七蔬菜脆小球、凝膏、牙膏、保健茶、含片、固体饮料等高值化系列产品，集成平卧菊三七加工利用工艺流程，为平卧菊三七产业高质量发展提供技术支撑。综上，本项项目成果集成了平卧菊三七种质资源收集、品种选育、高效培育、产品加工利用等全产业链技术，项目研究成果对推进健康中国、美丽中国建设，促进中医药传承创新发展具有重要意义。

二、适用范围

已在江西、广东、广西等省份开展大田、大棚、油茶林下的栽培示范推广。

三、应用方法

1.首次针对平卧菊三七开展种质资源收集和评价。收集来自中国江西、广东、广西、云南、贵州、福建、台湾、江苏、安徽、上海、北京、重庆，以及印度尼西亚 24 个产地的 120 份平卧菊三七种质资源，并建立了平卧菊三七种质资源收集圃。通过 ITS 序列、trnL-trnF 序列分析以及主要活性成分比较，构建了平卧菊三七种质资源选育技术评价体系，选育了广西百色、江西赣州 2 个优良无性系。

2.系统开展不同扦插基质、不同扦插时间、不同穗条成熟度、不同部位插穗对平卧菊三七扦插生根的影响，构建平卧菊三七扦插繁育技术体系。率先构建平卧菊三七标准化栽培体系和林下种植技术体系，制定江西省地方标准《平卧菊三七培育技术规程》。

3.优化了平卧菊三七烘干和生物活性提取工艺。冷冻干燥和 60℃热风干燥方式获得的提取液具有更强的抗氧化活性；使用蒸馏水等极性较高的溶剂作为溶剂能获得更高含量的酚类化合物，具有更好的自由基清除效果。首创一种平卧菊三七蔬菜脆小球的加工方法、一种平卧菊三七凝胶食品的加工方法、一种平卧菊三七立体星空状凝胶软糖的加工方法。

四、典型案例

在江西省种植平卧菊三七 1900 亩，以生产鲜叶和干叶

为主要产品；同时研发了平卧菊三七蔬菜类、平卧菊三七藤茶、平卧菊三七提取颗粒以及平卧菊三七牙膏等系列产品。



平卧菊三七油茶林下种植情况

金线莲新品种繁育及生态栽培技术

完成单位：浙江农林大学

完成人：邵清松

成果简介：

一、技术特点

金线莲 (*Anoectochilus roxburghii* (Wall.) Lindl.) 为兰科开唇兰属珍稀名贵中药材，性平，味甘，具有清热凉血、除湿解毒等功效，广泛应用于医药、保健、美容及饮用品等行业。金线莲自然繁殖率低，对生态环境要求严苛，适应性较差，加之人工过度采挖、山地大量开发、生态资源破坏，使得野生资源锐减，现已濒临灭绝。目前，市场上主要通过人工培育的方式进行繁殖，但是由于长期无性繁殖以及不合理的留种导致种性退化，抗性下降，品质不稳定，影响中药材质量和临床疗效。因此，选育出产量高、质量稳定、抗性好的优良品种是发展金线莲产业的重要基础。

二、适用范围

本成果适合在我国亚热带山地区域推广应用。

三、应用方法

生态环境要求：选择阴湿、凉爽的常绿阔叶林、针阔混交林或竹林等，坡度 $<20^{\circ}$ ，郁闭度 0.7~0.8 为宜，要求水源充足，土壤疏松、透气、湿润，腐殖质含量丰富。

林地整理：当郁闭度大于 0.8，清除林下杂草、枯枝落叶、

石块等。沿水平线开沟作畦，畦宽 120~140cm，高 15~20cm。

炼苗移栽：将组培苗进行驯化炼苗 15~30d。每年 3~5 月移栽，以第一条根接触基质为宜，栽种后立即浇定根水。

施肥管理：栽种 15d 后，用氨基酸液体肥料 1000 倍液喷施 1 次。栽种 30d 后，用花宝或磷酸二氢钾喷施。

中耕除草：栽种后，应及时人工除去栽培场地杂草，禁止使用化学除草剂除草。

病害防治：坚持“预防为主、综合治理”的原则，如利用天敌昆虫防治害虫、灯光诱杀害虫、推广生物农药等。

采收加工：待金线莲栽培 4~6 个月后即可采收。以金线莲鲜品为原料，经清洗，采用干燥工艺制干，含水量 $\leq 12\%$ ，置于通风干燥处，防潮。

四、典型案例

以“品质优、长势好、抗病强、产量高”为选育目标，在浙江进行金线莲新品种选育，从 13 个金线莲种源中筛选出‘金兰 1 号’新品种。该品种为“福建永安”种源，特异性明显，具有较强抗性，且环境适应性强；组培苗种植 6 个月，单株鲜重可达 $3.41 \pm 0.90\text{g}$ ，每平方鲜产比对照‘健君 1 号’‘金康 1 号’分别增产 33.46%和 41.79%；且金线莲苷等活性成分含量和产量稳定，达到《浙江省金线莲生产技术规范》《福建省中药材标准》等地方标准要求。对茎腐病、软腐病、猝倒病和炭疽病 4 种病害均表现为中抗，在福建泉州、浙江金华、温州、丽水、衢州、江西萍乡等地推广种植面积约 3200 亩，为金线莲产业高质量发展提供新动能。



金线莲新品种



林下仿野生栽培

贵州林下特色经济野生食用菌保育及仿生态栽培技术

完成单位：贵州省生物研究所

完 成 人：杨彝华

成果简介：

一、技术特点

科学开发利用资源，进行珍稀食用菌林下仿生态栽培研究，为野生菌资源开发利用产业化提供技术支撑。

1.针对野生食用菌资源无序采收问题，建立了生态保育示范基地，进行资源调查，发表菌物新种 1 个，新纪录种 1 个，研究野生食用菌保育及规范采收技术，制定了野生菌保育和规范采收技术标准。

2.针对松乳菇、松露等共生栽培的野生菌，建立了贵州省首家菌根苗本地化培育中心，开展研究并纯化筛选出菌株，集成技术，制定了菌根苗培育技术标准。

3.针对生态化发展林下经济的需求，遵循“良种良法适生地”原则，开展竹荪、冬荪、羊肚菌、鹿茸菇、灰树花等珍稀食用菌的林下仿生态栽培。

4.针对食用菌采收后易出现褐变、腐烂、风味变劣等问题，开展松乳菇、松露等野生食用菌保鲜、加工研究，延长保质期，形成技术成果，获授权国家发明专利。

二、适用范围

已在铜仁市印江县、黔南州龙里县和平塘县、黔东南剑

河县建立示范基地。预期可应用于贵州省 40 个林下经济县以及云南、四川、湖南等相似生态的亚热带山区。全国有野生菌分布的区域均可适用。

三、应用方法

1.利用野生菌资源保育与规范采收技术对野生菌资源进行有计划开发利用菌塘生态调控：通过调整腐殖质厚度（3~5cm）、林分郁闭度（0.6~0.8）等，优化野生菌生长环境。

科学留种：每 30~50m² 保留 1 个成熟子实体，维持菌塘可持续性。

规范采收：菌盖平展时采收，避免破坏菌丝。

2.利用松乳菇与松露菌种分离与驯化技术开启共生菌培育

菌种分离优化：针对松乳菇分离易污染问题，采用菌柄-菌肉交界处组织分离法，结合酵母葡萄糖培养基（添加松针浸出液），提高菌丝萌发率至 90%以上。

菌根苗培育：以板栗、榛子、马尾松等为宿主，接种 10% 孢子悬浮液，培育菌根侵染率达 40% 的合格苗，实现“植树种菌”的长周期产业布局。

3.利用林下仿生态栽培技术实现林下经济发展

适生品种选择：按季节匹配菌种，如春栽竹荪/冬荪、秋栽羊肚菌、大球盖菇，全年轮作提高林地利用率。关键栽培工艺：灰树花：菌棒脱袋覆土（3~5cm），调控湿度（85%）与散射光。冬荪：阔叶木屑基质层积栽培，菌蕾期控湿

(70~85%)。红托竹荪：厢式栽培结合生石灰消毒($200\text{g}/\text{m}^2$)，菌棒覆土后覆盖松针保湿，避免直射光。病虫害绿色防控：以生石灰土壤消毒、粘虫板诱杀为主，禁用化学农药保障生态安全。

4.利用气调保鲜与加工技术延长保质期

松露保鲜：采用“脱氧剂+二氧化碳吸附剂+PE膜”气调包装，结合 $2\sim 6^{\circ}\text{C}$ 冷藏，保鲜期延长至6个月，褐变率降低70%。

松乳菇干燥工艺：阶梯式升温烘干($50^{\circ}\text{C}\rightarrow 55^{\circ}\text{C}\rightarrow 60^{\circ}\text{C}$)，保留风味且杀灭虫卵，干品含水率 $\leq 12\%$ 。



林下红托竹荪仿生态种植

四、典型案例

建立了食用菌生态保育5个示范基地，总面积2417亩，贵州特色珍稀食用菌林下立体仿生态栽培示范基地累计273.5亩，18万平方米，3年累计总产值达659万元，其中野

生食用菌达 240.923 万元；林下立体仿生态栽培为 419.0696 万元，实现亩均产值 1.1 万元。其中 2021 年春缠溪镇枫香坪村群众从野生新古尼虫草采售获得 100 多万元收益。采集制作标本 800 余份，鉴定到种 110 份。编写培训材料 4 份，完成培训 855 人次。形成了可供借鉴的新模式，凝练出相应的技术成果及标准。



印江县菌根苗示范基地



印江县野生菌保育基地

药用石斛林下仿野生栽培技术

完成单位：湖北省林业科技推广中心

完 成 人：熊冬连

成果简介：

一、技术特点

针对野生铁皮石斛生长条件特殊且分布受限，加之自然繁殖率极低，自然生长缓慢，难以满足日益增涨的消费需求，以铁皮石斛可持续发展为目标，科学、有序、规范地进行铁皮石斛设施仿野生栽培研究。通过科学配置光、温、水、气等条件，实现石斛规模化、高品质生产，推动药用石斛产业发展。实现了野生资源向人工栽培转变。

其主要技术特点有：

1.设施建立铁皮石斛仿生态种植大棚，人工模拟铁皮石斛适宜的生长环境，采取近自然、仿野生的栽培理念，创立了设施苗床仿野生栽培。培育‘大洪山’铁皮石斛种苗，培育成活率 90%以上。长度 10cm 以上。

2.贴树仿野生栽培为主导的药用石斛设施仿野生规模化栽培模式。马尾松、水杉、樟树等树上绑扎栽培药用石斛，3 年后亩产鲜石斛 10kg 以上。

3.实施“林-药”复合经营模式，提高林地生态经济效益。

二、适用范围

湖北省鄂东山区、鄂东南山区、鄂西南山区、鄂北大洪

山山区主要应用改技术。其它低山丘陵的 10 年以上树龄的
马尾松、杉木、湿地松、水杉、樟树等林分可栽培，林分郁
闭度 0.6~0.8，空气湿度常年保持在 40%以上。

三、应用方法

1.林地选择与整理:

选择水源充足、通风良好的林地；清理过密灌木，保留
适当遮阴树；设置步道和排水系统。

2.栽培基质准备-常用配方:

树皮+木屑+苔藓（3:1:1）；基质消毒处理（蒸汽或药剂
消毒）。

3.种植方法:

贴树栽培：将石斛苗绑附在树干或粗枝上；

床栽法：在林下做宽 1~1.2m 的栽培床，铺设基质后种
植；

盆栽悬挂：将石斛种植于透气性好的容器中悬挂于林间。

4.田间管理

水分管理：旱季每周喷灌 2~3 次，保持空气湿润；

养分管理：施用有机肥或缓释肥，每年 2~3 次；

病虫害防治：以生物防治和物理防治为主，减少农药使
用；

遮阴调节：根据季节变化调整遮阴度。

5.采收加工

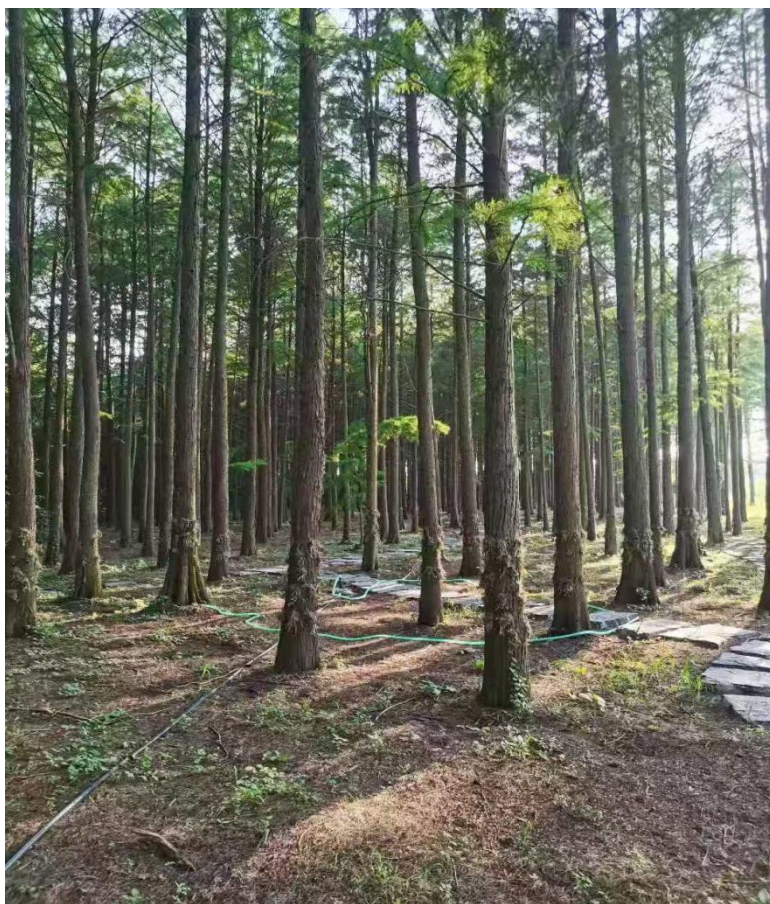
种植 2~3 年后可采收；最佳采收期为秋冬季节；采用“采
老留嫩”的可持续采收方式。

四、典型案例

在湖北省京山市绿林镇建立了药用石斛种苗培育基地，建设温室大棚 3000m²，种苗培育成活率 90%以上，长度 10cm 以上，培育“大洪山”铁皮石斛种苗三年达到 100 万株；在湖北省京山市绿林镇、湖北省钟祥市盘石岭林场建立药用石斛仿野生栽培示范基地共计 100 亩，示范基地年亩产鲜石斛 10kg 以上。



湖北省林业科技推广中心龙泉示范基地种植的仿野生栽培铁皮
石斛



钟祥市盘石岭林场石斛仿野生栽培示范基地



京山市绿林镇石斛仿野生种苗基地

林下多花黄精栽培及加工技术

完成单位：浙江省亚热带作物研究所

完 成 人：姜武

成果简介：

一、技术特点

针对林地资源丰富，林地利用不充分的现状，发展林下药材种植可以实现一地多用、一地多收，提高林地资源利用率，可在较短时间内获得较好经济效益和生态效益促进现代林业经济发展和生态效益平衡，推动林源药材林下栽培基地建设。

1.多花黄精优质种苗育苗技术

种子繁育技术从种子处理、沙藏处理、基质选择、播种管理、追肥管理、苗圃地病害防治等技术进行示范推广；种茎繁育技术从茎节选择、切口处理、基质选择、播种管理、追肥管理、病害防治等技术进行示范推广。

2.林下多花黄精高效栽培技术

多花黄精在香榧幼龄期和成林期的栽培技术，从林分结构、郁闭度和光照条件、温湿度因子、施肥管理及病虫害防治等关键技术开展香榧林下多花黄精栽培示范推广。

3.多花黄精产品综合开发技术

多花黄精产品综合开发加工技术，具体包括以块茎为材料九蒸九晒精加工的九制黄精；以九制黄精为主料，覆盆子、

桑葚、枸杞为辅料的黄精茶的加工；黄精花综合利用是以“打顶”技术为基础，在现蕾至盛开（花瓣颜色变白）前采收，作野蔬推广供应消费市场，或以黄精嫩芽为当季野菜开发。

二、适用范围

海拔在 150~1500m（以 150~600m 为宜）的生长良好的香榧林中、幼林，阴坡或半阴坡，土壤疏松、肥沃、深厚，坡度 $\leq 25^\circ$ ，郁闭度 0.4~0.6 的林下空地。通过抚育、整枝等措施，将透光率调整到 50%左右。

三、应用方法

1. 多花黄精（种子和块茎）育苗技术

种子处理及育苗：采集 10 月底成熟的多花黄精种子，腐熟后去外皮，拌 4~5 倍体积的湿砂，砂藏置于 4℃阴凉环境下 90~120 天待播。选择土层深厚、质地疏松的砂质壤土作苗地，亩用有机肥 1000kg 做基肥混合均匀，经深翻整成畦面宽 100~120cm、沟宽 30~35cm。将种子混合细砂均匀散播于苗床，撒育苗基质并覆细土 1.5~2.0cm，然后苗床上盖遮阳网用于遮阴及防雨。

块茎选择及处理：选择健壮、无病虫害植株，秋冬季或早春挖去根状茎，选择 5~10cm 长度根茎，多菌灵浸泡 15~20min。确保每个块茎有 1~2 个健壮芽头，如块茎芽头大于 3 个，可进行分块，切口用草木灰涂抹处理，后立即栽种。10 月中旬到 12 月下旬之前繁育为宜。芽头朝上，20~25cm 株距，顺畦面摆放，6~8cm 平放后覆土，浇水。冬季寒冷宜盖松针或稻草。5 月采花打顶，追肥，忌积水，保持土质湿

润，夏季注意遮阴。

2. 香榧林下多花黄精栽培技术

林地选择及清理：选择地势平坦、株间距较为开阔的香榧幼林地地块，调整郁闭度至 0.4~0.6 之间。一般在秋季进行清理整地，清除地上杂草，翻挖土壤，翻挖深度约 30~40cm。随整地施入基肥，将腐烂发酵好的有机肥撒在上面，耙匀整细整平，作床，床宽 100~120cm，床高 15cm；有坡度的林地，沿等高线起垄，垄宽 25~40cm，垄高 10~25cm。

块茎处理：选择无病虫害、无损伤、芽头完好，长度 5~10cm 的块茎作为种茎，将带芽头根茎切成段，每段至少保留 1~2 个芽头，单个重量 20g 以上，切后浸泡多菌灵，蘸取草木灰，晾干后待种植。

块茎种植：秋栽一般选择 10~12 月，要避开过于寒冷时节。一般株距 20~25cm，行距 40~50cm。栽植前用生石灰对土壤进行消毒，沿床面横向开沟，沟深 8~10cm。栽植时，将黄精平放于沟中，芽头朝上，覆土填平。

抚育管理：基肥一般随整地施加，以有机肥为主，或者根据当地土壤条件进行配方施肥。在开花后施加追肥，倒苗前施加第二次追肥。在种植第 3 年，可以适当施加化肥。除草可结合施肥进行，出苗前后及时除草；春夏季节，遇上干旱天气，应停止拔草；梅雨季节后亦应停止拔草。在黄精生长快速期（5~8 月），遇 10d 以上干旱天气应及时灌溉，要一次性浇透水，雨季及时排水。4 月，在黄精开花初期剪去植株顶部，剪除部分不超过植株冠层的 1/3。5~6 月，除去留

作种源的黄精外，在花蕾初期人工摘除花蕾。

病虫害防治：主要病害有根腐病、茎腐病、叶斑病。主要虫害有小地老虎、蛴螬。预防为主，综合防治，以农业防治为主，科学应用化学防治技术。

采收：种植 3~4 年后，当茎秆部分完全落叶倒苗后可采收。

3. 多花黄精产品综合开发技术

随着生长年限的增加，黄精的不同龄节间多糖含量差异较大，采集一年生、二年生、三年生、四年生及五年生多花黄精。不同炮制次数研究采用“隔水蒸煮后晾晒干”的蒸制过程，对多花黄精样品进行了连续九次处理。从外观上看，黄精样品从“表面黄白色”逐渐变成“表面棕褐色至黑色”；从“质硬而韧，不易折断”到“质地柔软”；滋味上看，从“气微”到“气似焦糖，香气浓郁”；从“味甜，口感生硬”到“有焦糖味，口感软糯”，且第九次样品已经出现明显苦味。从横截面上看，第三次样品内部已经基本蒸透，颜色已经从黄白色变成棕褐色，从第四次到第九次已无明显变化，呈黑色且微具光泽；随着蒸煮烘干次数增多，从第六次开始，内部结构坍塌严重，形成大小不一的裂纹，导致口感“略柴”。综合外观、口感、横截面质感及糖分含量，建议产业化加工次数至少五次以上。

四、典型案例

在浙江省松阳县建立大面积的香榧林下多花黄精栽培核心示范基地，经测产，增重倍数约 1.71 倍。多花黄精多糖含量超过《药典》标准 98.6%以上，九制即食黄精多糖含量

达到 5.1%。



九制黄精加工及蒸晒的黄精块茎



香榧林下多花黄精出苗情况

灵芝优质、高产林下品种的选育技术应用

完成单位：重庆市药物种植研究所

完 成 人：肖波

成果简介：

一、技术特点

针对灵芝林下生态种植中因环境复杂致生长不稳定、品种筛选难的核心问题，从源头菌株筛选入手。收集 20 份遗传背景丰富的灵芝菌株，构建以林下适应性为核心的评价体系，重点考察菌丝生长、栽培特性、产量及品质等关键指标。成功筛选出 3 份优质特色菌株，选育灵芝优良品种‘渝芝 1 号’1 个，该品种孢子粉单产 $>15\text{g/株}$ 、生物学效率 65.39%，品质达标，适应性与抗病虫害能力强。成果为选育广适、高产、优质林下灵芝专用品种奠定种质基础，支撑产业发展。

二、适用范围

本技术主要面向具备适宜森林资源（郁闭度适中、通风良好）且希望发展特色林下经济的区域。目前已成功在重庆市涪陵区、渝北区、万州区等区县部分山区乡镇进行了示范推广，有效利用了当地丰富的林地资源，助力脱贫攻坚和乡村振兴。灵芝林下种植适宜在海拔 1200m 以下马尾松林等针叶林下。灵芝林下种植需要丰富的水源和大量椴木材料，推广应用还需考虑水源和椴木资源情况。

三、应用方法

为实现灵芝林下生态种植，采用林下开厢种植方式，厢面宽 120cm，沟宽 40cm，厢面株行距 20~25cm。具体种植技术如下：

选址需选择郁闭度 60~70%、通风好且近水源的阔叶林或针阔混交林，清理低矮灌木杂草，保留落叶层，开沟防积水。菌材以优质无霉变阔叶树段木为主，搭配木屑等填充料，按配方拌匀，调节含水量至 55~60%，装袋后常压 100℃灭菌 8~10 小时或高压 121℃灭菌 2 小时以上，冷却备用。

在无菌环境下，用经林下适应性筛选的优质菌种接种。接种后将菌袋置于 22~28℃、湿度 60~70%、避光通风处发菌，定期检查并剔除污染袋。选春秋季节（3~4 月或 9~10 月，气温 15℃以上），脱去菌袋将菌棒埋入林下土中，覆土 3~5cm。

管理上，采用喷雾浇灌保持土壤含水量 60%；利用林冠遮荫，过强时补遮荫网，保持林间通风。以预防为主防控病虫害，保持卫生，选用抗性菌株，辅以人工捕捉、诱虫灯及生物农药。当子实体成熟、菌盖产褐色孢子粉时，先套袋收粉，待孢子发散减弱后采收子实体。孢子粉过筛除杂、低温干燥，子实体晒干或 60℃以下烘干保存。

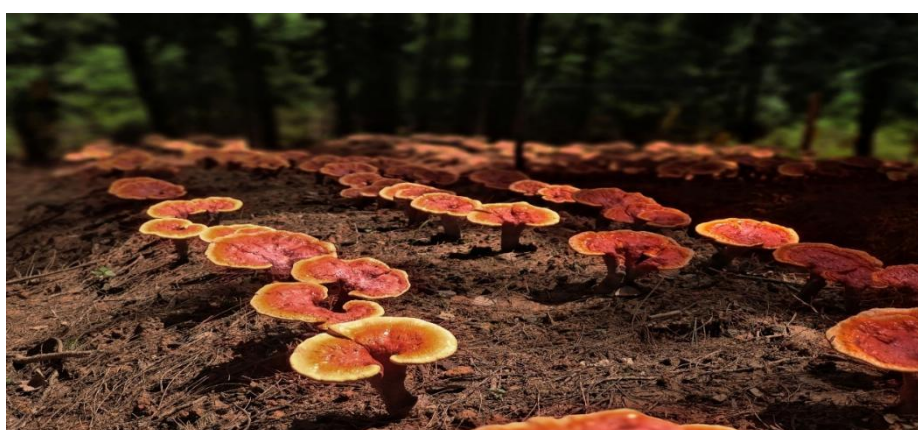
四、典型案例

重庆市涪陵区大顺镇成功进行松树林灵芝林下生态栽培。该基地利用郁闭度约 60~70%的松林环境，‘渝芝 1 号’展现出极强的林下适应性、抗病虫害能力和高产优质特性：其子实体朵大柄长、单体重，品质优良；尤为突出的是单株孢

子粉产量稳定在 15g 以上，生物学效率高达 65.39%；子实体多糖和总三萜含量均符合《中国药典》要求，保障了核心药用价值。基地采用雾化喷灌设施等关键技术，充分利用松林天然遮荫保湿环境进行仿野生种植。该实践有效验证了‘渝芝 1 号’在松树林下种植的高度适宜性和丰产潜力，其成功为三峡库区、武陵山区等类似生态区域高效、生态化利用林地资源发展高品质灵芝产业提供了可复制的科技示范样板，有力助推了当地林下经济发展和农民增收。



灵芝优质、高产林下品种的选育技术应用林下灵芝出菇初期



灵芝优质、高产林下品种的选育技术应用林下灵芝即将喷粉

山核桃、香榧特色林果采收与采后处理关键技术

完成单位：浙江农林大学

完 成 人：吴家胜

成果简介：

一、技术特点

山核桃和香榧是两种重要的特色林果，近年来，其产业规模和产量不断增加，加工前原料的品质对坚果成品的质量至关重要。山核桃和香榧富含不饱和脂肪酸，采后处理不当极易氧化酸败，影响品质和经济效益。本成果针对这一产业难题，系统研究了山核桃、香榧的采收、脱蒲、脱涩、干燥等关键环节，形成了一套完整的采后处理技术体系。具体包括：确定了敲落采收（山核桃）和完熟采收（香榧）的适宜采收方式；开发了单宁酶脱涩（山核桃）、酶法脱蒲和 NaHCO_3 脱涩（香榧）等绿色安全的处理技术；研发了仿手工脱蒲机、专用后熟脱涩设备、远红外辅助热泵干燥设备、炒制加工设备以及快速无损检测装置等配套机械装备，有效提升了山核桃和香榧的品质和附加值。

二、适用范围

该成果已在杭州、宁波、诸暨等地的香榧专业合作社进行示范应用，累计加工香榧 145.7 万 kg，年增产值达 8728.4 万元。开展了 10 期技术培训，共计培训人员 608 人次。该技术成果广泛适用于浙江、安徽等山核桃、香榧主产区，具有

广阔的推广应用前景。

三、应用方法

1.山核桃、香榧标准化采收技术

山核桃敲落采收与自然落果原料油脂品质差异较大，敲落采收酸价、过氧化值明显低于自然落果采收，生产中应采用敲落采收。香榧裂果采收的营养品质优于青果采收，高海拔地区香榧的含油率高于低海拔地区，成熟度是影响香榧品质的关键因素，生产上应完熟采收，采收期应考虑品种和栽植地差异。

2.香榧绿色脱蒲工艺

采用乙烯利（5mm，48h）和酶法脱蒲技术（酶液 pH 为 3.98，反应温度为 34.81℃，复合酶液浓度为 27.71%，酶液比例为 VPME:VCx:Vβ-Gal=3.5:3:1），能够有效促进香榧脱蒲，提升品质，同时确保工艺绿色、安全。

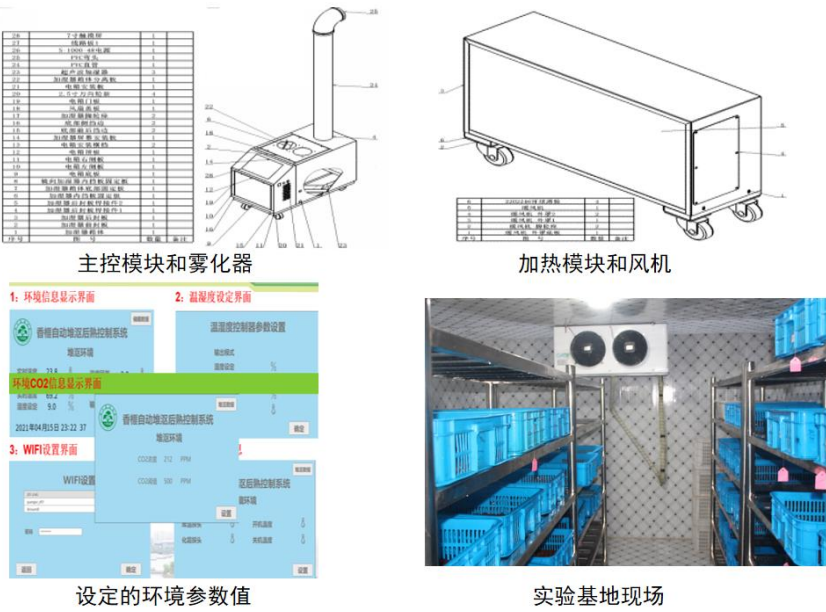
3.山核桃、香榧坚果涩味形成机制及脱涩技术

山核桃种皮主要涩味物质为黄酮类、水解单宁和一些酚酸类，采用沸水浴 5min 后+单宁酶 45℃处理 2h，能达到传统水煮脱涩的效果，且能有效减少传统水煮的营养严重损失，其总蛋白、含油率等品质指标均显著高于传统水煮。

香榧种衣的主要涩味物质为多酚类化合物，其中缩合单宁和酚酸类物质含量较高，主要包括表没食子儿茶素、没食子儿茶素、儿茶素、原花青素等。采用 0.1 M NaHCO₃ 脱涩 24h，能明显减少酚类物质、可溶性单宁含量，明显加快香榧坚果的脱涩进程。

4.山核桃、香榧干燥新工艺与采后处理技术

研发了山核桃专用干燥设备，其关键参数为 45°C+真空干燥，显著提高加工效率；采用近红外光谱技术，可实现山核桃黑斑、空籽快速无损检测。建立香榧干燥动力学模型，采用远红外协同热泵干燥技术，可有效提升香榧干燥效率和品质；建立了香榧果实判别模型，可实现僵籽、坏籽无损检测，为坚果品质分级提供技术支持。



基于物联网的香榧坚果后熟智能控制装备

百合林下种植模式的开发和利用

完成单位：北京市农林科学院

完 成 人：陈绪清

成果简介：

一、技术特点

农林复合经营是一种高效的土地利用途径，本项目研发团队成功研发了林-菌、林-花、林-草和林-禽等多元农林复合生态种养模式，并进行推广示范，随后针对农林复合体中模式间融合不足，资源循环利用率低的问题，在林-菌、林-花、林-草-禽三个技术熟化度和经济价值高的模式基础上，重点研发林下耐荫型食用百合的周年多季栽培，以增加产品供应周期、延长林下景观观赏期相应的配套技术体系和林下百合的高值化开发利用相关技术。

针对百合产业中种球生产效率低、质量参差不齐、成本高及机械化程度低等问题，本成果集成百合试管鳞茎培养体系、植物组培反应器系统及百合播种机相关专利，形成百合种球高效优质繁育及配套种植技术系统成果，可应用于基于组培、鳞片扦插等多种方式的百合种球生产，繁殖效率高、空间占用小、工作强度减轻并减少人力成本，能显著提升种球生产效率和品质，降低生产成本。本成果将科技助力平原地区百合产业的提质增效及可持续发展。

二、适用范围

百合是一种对环境气候适应性极强的植物，抗逆性好、有一定的耐荫性，种植区域广，在我国所有的平原林地、浅山区林地都可以成功种植，本成果相关技术已在北京市郊区、河北省张家口、山东新泰、湖南龙山等地推广 2 万余亩，在经济效益和推动当地产业发展均取得了良好的效果，现已成为林下经济高质量发展的成功范式，并有效解决了当地林业废弃物较难处理问题、促进生态循环的绿色发展。

三、应用方法

依据百合林下栽培技术规程（DB11/T 1994-2022）在林下进行百合种植，使用北京市农林科学院自主研发的农林废弃物发酵床将园区林下菌菇种植产生的菌渣、鸡粪和园林废弃物进行腐熟、发酵，将其作为底肥使用种植百合种球。为延长林下景观的观赏期，可分批在深秋、初春、春季、初夏、盛夏，初秋的不同时期种植百合。

1.林分选择。宜选择郁闭度小于 0.7 的阔叶林、针叶林及针阔混交林。

2.林地选择。宜选择土层厚度不小于 40cm、pH 在 5.8～7.5 之间，土质疏松、富含有机质、排水良好的砂质壤土，容重 1.2g/cm^3 以下。

3.种球选择及处理。根据栽植时间和栽植目的选择健康无病害的不同周径的种球。种球生产用宜选择周径 10cm 以下种球，观赏用宜选择 12cm 以上种球。栽植前用多菌灵或甲基托布津 300～500 倍液浸泡 15～30min，晾干后栽植。

4.整地。整地前撒施充分腐熟的有机肥，使用量每亩 1 吨。宜做畦起垄，畦宽以 1~1.2m 为宜，畦垄与树干间距宜在 40cm 以上。

5.栽植时间。一年两次，分别在土壤解冻后（3 月上旬~4 月下旬）和土壤上冻前（10 月下旬~11 月上旬）。

6.栽植密度。周径 10cm 以下的种球株行距宜为 15×20cm，周径 12cm 以上的种球株行距宜为 25×30cm。

7.栽植深度。种球以上覆土深度以 5~8cm 为宜。

8.浇水。栽植后浇一次透水。秋季种植的种球在土壤解冻后浇一次透水，之后视天气和土壤情况浇水，不应积水。

9.中耕除草。宜在株高 40cm 前及时清除杂草，不应损伤茎生根，及时培土。

10.追肥。在植株现蕾前，随水追施氮磷钾（N-P₂O₅-K₂O=15-10-15）水溶性复合肥 5kg/667m² 和硝酸钙 3kg/667m²，每隔 30d 施肥 1 次；现蕾后随水追施一次氮磷钾（N-P₂O₅-K₂O=5-10-15）水溶性复合肥 5kg/667m²。宜在幼苗期至现蕾前期追施螯合铁 2~3kg/667m²，分 2~3 次施入。

11.土地清理。生长季结束时及时清除百合干枯植株、杂草和林木凋落物。

12.病虫害防治。农药使用应符合 GB/T 8321（所有部分）的规定。

13.种球采收与贮藏。人工或机械采收，采收时避免损伤种球。

14.贮藏温度与时间。将包装好的种球放到 2~4℃的恒

温库中进行低温处理 30~60d。如果短期内没有种植计划，温度调到-1.5~-1.0℃。

每亩林地可以实现赏食百合种球生产 500 斤，产值 6000 元以上。



四、典型案例

该技术在北京市房山区辛庄大石窝镇国家林下经济示范基地的不同林分下种植百合 660 亩，经统计，50~60%郁闭度以下的林地种植的百合在花蕾数量、大小、植株茎粗以及种球周径、重量与露地种植的百合没有显著差异；使用基地园区自产的腐熟发酵肥可以显著改善因林地养分缺乏导致的植株生长缺素的问题，提高收获百合种球的品质。百合在

林下分批种植，可以将花期从 6 月初持续到 10 月底，使林地景观达到 5 个月的观赏周期。

在张家口康保县屯垦林场种植赏食百合 200 亩，形成了花海景观，带动了当地旅游业发展，同时每亩提升产值 20% 以上。

药用芍药林下种植技术

完成单位：北京市农林科学院

完 成 人：张晓东

成果简介：

一、技术特点

药用芍药林下种植技术的核心在于科学利用林下特定的生态环境，通过科学化管理，实现芍药优质高产与林地综合效益的协同提升。主要技术特点包括：1.生态位互补，资源共享：利用芍药半阴生植物的特性，选择适度遮荫（郁闭度 0.5~0.7）的林地开展药用芍药生产种植；2.节约耕地，一地双收：获得林木收益的同时，额外收获芍药药材，实现单位面积经济效益的倍增；3.改善品质，降低农残：林下生态种植提高药材品质，通过密度控制降低芍药病害，减少农药使用；4.协同管理，持续发展：遵循生态循环农业理念，通过科学的林药管理，形成互利共生的生态系统，促进林下经济的绿色、低碳、可持续发展。

二、适用范围

适宜年均温 10~15℃，无霜期 200 天以上，年降水量 600~1000mm（或具备灌溉条件）的地区。我国华北、西北、东北南部、西南部分山区及长江中下游部分地区均适宜。

适宜应用于平地或坡度在 25 度以下的缓坡地，便于机械化操作和水土保持。要求排水良好，忌低洼易涝地。以土

层深厚($\geq 50\text{cm}$)、疏松肥沃、富含有机质的砂壤土或轻壤土为佳。土壤 pH 值以中性或微酸性(6.5~7.0)为佳。轻度盐碱地、重粘土、砾石过多或过于贫瘠的林地需进行土壤改良。

适宜林地类型包括核桃林、板栗林、油茶林、桑园、花椒园、苹果园、梨园、桃园等树冠相对稀疏、行距较宽的果园等经济林,以及杨树林、松树林等用材林/生态林。林地郁闭度以 0.5~0.7 为宜。

三、应用方法

1. 林地选择与改造

详细调查林地的树种、树龄、郁闭度、土壤状况、水源条件等。

清除林下过密的灌木、藤蔓、石块和恶性杂草。对过于低矮、密集的侧枝进行适度疏剪,确保目标郁闭度(0.5~0.7)。

翻地 25~30cm,打碎土块,清除残留树根草根。结合翻地,根据土壤具体情况施入充分腐熟的农家肥(如厩肥、堆肥)或优质商品有机肥作为基肥。根据地势开好排水沟,防止积水。

2. 优质种源与规范栽植

选用道地性强、生长健壮、无病虫害的芍药种芽(芍头)或分株苗。推荐主流药用品种如杭白芍、亳白芍、川赤芍等。种芽要求芽头饱满,根系粗壮。

以秋季(北方宜早,南方稍晚)栽植为最佳,此时地温适宜,利于伤口愈合和萌发新根。

根据林下光照、土壤肥力及管理条件确定栽植密度。一

般行距 50cm，株距 40cm，每亩栽植 3000~4000 株，可适当减小密度。沿树行方向带状种植。需留作业道及通风空间。推荐垄作。

3.田间科学管理

芍药喜湿润但怕涝。栽植当年及幼苗期需保持土壤湿润，遇干旱及时浇水。雨季务必清沟排水，严防根部积水腐烂。成株后抗旱能力增强，但需在关键展叶期、现蕾期保证土壤墒情，干旱时适当灌溉。

每年秋季（9~10月），结合中耕培土，在行间开沟深施腐熟有机肥（1500~2000kg/亩）和磷钾复合肥（30~50kg/亩）。春季出苗后、现蕾前、花期后，适量追肥。

硬蕾期采取“摘蕾促根”措施。

采取“预防为主，综合防治”原则防控病虫害。选用无病虫种苗，合理密植保证通风透光，及时清除病残体并带出田外销毁。发病初期选用低毒低残留生物农药或高效低毒化学农药（如甲基硫菌灵、多菌灵、代森锰锌等）喷雾或灌根。采用物理诱杀（灯光、糖醋液）、生物防治（保护天敌）或低毒药剂防治蛴螬、地老虎等地下害虫。

栽植后 4 年左右（具体视品种、生长状况和市场而定）采收。最佳时间为秋季。

四、典型案例

北京通州潮县镇集体林场在平原造林地开展药用芍药林下种植。选择了亳白芍品种，林地树种为国槐、栾树、柳树等，郁闭度为 0.6~0.7，种植面积为 250 亩。2021 年种植，

采取科学的种植与管理技术，2024 年测产亩产鲜芍根达 1600kg 以上，根据近两年 20 元/kg 的收购价，年亩产值过万元，取得了显著的经济效益。



春季施肥管理



药用芍药林下种植行垄



药用芍药林下生长状态



林下芍药摘花促根试验

优质蓝莓酒酿造技术

完成单位：北京林业大学

完 成 人：朱保庆

成果简介：

一、技术特点

为适应我国蓝莓原料的特性，本技术开发了基于风味指纹图谱的蓝莓酒及原料综合评价体系，并成功选配了具有红果香特性、适合蓝莓酒发酵的专用酵母菌种；同时筛选获得了具有增香护色作用的植物乳植杆菌菌株。同时，在原料预处理、接种方式、酿造温度控制、溶氧管理以及陈酿护色等关键环节，系统性地优化了各项参数。这些综合措施有效攻克了蓝莓酒生产中普遍存在的发酵周期过长、发酵过程易停滞以及残糖难以降至干型酒质量标准等核心瓶颈问题。该技术体系经过了小试、中试及规模化生产试验的完整验证，最终构建起一套成熟的优质蓝莓酒酿造技术体系。

二、适用范围

基于风味指纹图谱控制的优质蓝莓酒酿造技术体系，可直接应用于我国辽宁、黑龙江、江西、贵州、云南等集体林权制度改革区域的蓝莓规模化种植产区。此外，该体系的核心技术原理和方法，经适当调整与改进后，可进一步推广应用于我国集体林改区域内种植的杏、李、山楂、樱桃等其他特色水果的果酒酿造，助力其实现技术升级和产品多元化发

展。

三、应用方法

1.原料理化和风味指纹分析

(1)原料：选取新鲜无霉变的蓝莓鲜果、或蓝莓果汁、或浓缩汁。

(2)理化指标检测：测定总糖、总有机酸、pH 值、可溶性固形物、还原糖、可发酵氮。

(3)风味指纹图谱分析：采用 SPME-GC/MS 联用技术（萃取头：DVB/CAR/PDMS；条件：40℃顶空吸附 30min）分析挥发性成分。并根据匹配项目组自建果酒风味数据库（含香气分类阈值），筛选出特征性物质（如辛酸乙酯、己酸乙酯、 β -大马士酮）。

2.原料调整（关键：降酸、补氮）

(1)化学降酸：添加碳酸钙或碳酸氢钾，将 pH 调整至 3.2–3.8（避免过低抑制发酵）。

(2)氮源补充：根据原料可发酵氮情况，优先添加无机氮源**磷酸氢二铵（DAP）。添加量：60~80mg/L（根据原料初始 YAN 值动态调整，确保可利用氮 $\geq$ 200mg/L）。缩短周期至 $\leq$ 30 天。

3.接种微生物（反向接种）

(1)酵母菌选择红果香酵母（Red Fruit）等，适配蓝莓等林果高酸环境。

(2)乳酸菌：项目组专利植物乳杆菌（专利 ZL 2021 1 0329806.5，提升风味复杂度和颜色稳定性）。

(3) 接种方式：顺序接种，先接种植物乳杆菌（24h 后再加酵母），或共接种（酵母与乳酸菌按 1:10⁶CFU/mL 比例同步加入）。接种量酵母 $\geq 2 \times 10^6$ CFU/mL，乳酸菌 $\geq 1 \times 10^6$ CFU/mL。

4. 发酵过程控制（氧气与温度管理）

(1) 控温发酵：17~22℃（低温延缓杂菌生长，保留果香）。

(2) 溶氧管理：前期微氧环境促进酵母活性，后期注意通气防止硫臭味生成。

(3) 监测指标：定期监测温度比重和感官变化；后期检测残糖，后期根据目标酒种含糖量及时终止发酵（残糖达标后添加 60~150ppm SO₂）。

5. 陈酿稳定处理（护色与风味强化）

(1) 护色剂添加：可添加五倍子提取物（含没食子酸，2~5g/L）或轻烘烤橡木片（2g/L），提高辅色花色苷，减缓褪色（表 3 显示 6 个月后总花色苷保留率提升 40%）。

(2) 陈酿条件：温度 15~18℃暗环境，罐储，1~9 个月。

6. 调配与灌装（标准化控制）

(1) 风味调配：根据目标类型调整残糖：干型（ ≤ 4 g/L）、半干型（4~12g/L）、甜型（12~50g/L）。补酸（柠檬酸）或降酸（冷稳定处理）至口感平衡。

(2) 灌装前处理：澄清，硅藻土过滤和或错流过滤。

(3) 灌装：深色瓶、充氮保护，SO₂ 残留量 ≤ 50 ppm。

四、典型案例

在黑龙江北域时代生物科技优先公司建立了年生产能力 1000 吨蓝莓酒生产线 1 条，并开展了优质蓝莓酒酿造技术中试生产和试制生产，开发的干型和半甜型蓝莓酒产品经检验符合《蓝莓酒》(GB/T32783-2016)国家标准，已经实现商品化生产，2018 年以来已经累积生产 500 千升，产生了良好的经济和社会效益。



产 品

木本粮油

油茶品种配置水肥一体化轻简管理技术

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：王开良

成果简介：

一、技术特点

针对当前油茶生产中产量低，劳动力成本高和种植效益差等问题，开展了营养及水份需求规律、林分整体结构和最佳树体结构等研究；研发出机械化和省力化采收栽培模式。研发油茶特异性离子组特征营养分析方法。探明了树体对氮、磷、钾矿质元素的周年代谢规律，研发油茶平衡施肥和水肥一体化管理技术。研发出油茶密度控制与大枝简易修剪技术体系，建立一套轻简化管理技术。

二、适用范围

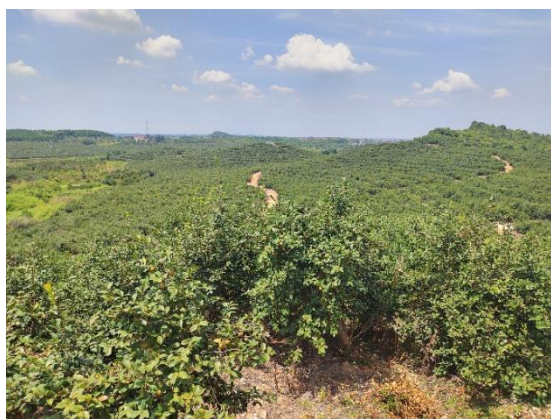
本成果适合在浙江、江西、安徽、湖北、湖南、四川、河南等适宜油茶生产区推广和示范，本成果形成的油茶平衡施肥和水肥一体化管理技术可直接应用于油茶适生区的不同油茶林分，满足生产中急需的油茶生产管理技术需求，应用本成果的油茶林分，含油率能提高 30%以上，产量能提高 50%以上，节本增效 30%以上，油茶林地综合经济效益至少提高 1 倍以上，而且对保持油茶林地生态稳定性，具有重要的意义，可促进经济、社会、生态效益的全面结合。

三、应用方法

成果研发油茶特异性离子组特征分析方法，探析叶片离子组表型特征对不同土壤类型和基因型的响应，明确了土壤类型影响油茶生长的关键因子，提出油茶营养状态的诊断和评估方法。探明了树体对氮、磷、钾矿质元素的周年代谢规律，结合年周期的水份需求，制定出油茶平衡施肥和水肥一体化管理技术方案，减少人工施肥用工投入。研发出油茶密度控制与大枝简易修剪技术体系，减少修剪技术难度和用工。疏伐结果少和病弱株，使林地密度由原来的 110 株/亩减少到 70~80 株/亩；再进行大枝修剪，从而实现轻简化管理的技术体系。以现有良种配合高授粉率品种，结合不同栽培区生物学特性变化，集成采集网、收集盘、简易运输管道及采后快速脱壳等省力化采收技术，建立一整套轻简化管理技术，并在湖南江西等省示范推广。

四、典型案例

本成果在江西、湖南、浙江等地推广应用，建立多处示范基地。在永州伊园科技有限公司油茶示范基地首先在油茶成林中建设喷灌系统，其次对成林进行疏伐和整形修剪，在开花前期、果实膨大期、油脂转化期等油茶需水时视天气和降水进行喷灌，同时在展叶后期等不同时期增施叶面肥。2022 年湖南夏季干旱，许多油茶林受干旱影响，产量极低或绝收，而采用本成果的永州伊园科技有限公司油茶示范基地亩产鲜果 1300 斤，折每亩产油 83.2 斤，达到丰产林标准。同时油茶林管理成本下降 50%以上，平均收益增加 1 倍以上。



水肥一体化油茶示范林



水肥一体化设施



油茶林中的水管和微喷头

甜柿优良新品种及园艺化栽培技术

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：龚榜初

成果简介：

一、技术特点

柿是森林粮库中重要树种，在乡村振兴中应用需求巨大。但我国柿产业中优良甜柿良种及其亲和性砧木、配套的高效栽培技术缺乏，整体效益较低。为助力乡村振兴，丰富森林粮库，本成果育成一批优质高产、市场价值高甜柿良种及亲和性砧木品种，集成甜柿优质丰产技术，成功打造出“一亩山万元钱”高效模式，极大促进柿产业提质增效。

1.‘太秋’甜柿良种为浙江省主推甜柿良种，替换现有主栽品种‘次郎’、‘阳丰’甜柿。果重 300~400g，具“苹果的脆、梨的水分、哈密瓜的甜”，是目前风味最好的甜柿，售价 50~70 元/kg，亩收入 2~8 万元，2018 年评为“中国最受关注的水果品种 10 强”。

2.‘亚林柿砧 6 号’为全国首个柿亲和性砧木良种，嫁接‘太秋’等甜柿亲和性好，生长旺，根系发达，丰产稳产，亩产 2000~2500kg，收入 4~10 万元，比普通砧木增产增效 60%以上，率先突破了国内优良甜柿推广生产瓶颈，为浙江省主推品种，并获 2023 年度获浙江省知识产权二等奖。

3.集成一套集砧木选择、配方施肥、整形修剪、病虫害防治等技术的甜柿园艺化优质丰产技术体系，生产成本降低

10~15%，优质果率提高 20%以上，每亩年收益提升 1 万元以上，示范效果显著。

二、适用范围

成果适宜我国广大南方省份应用，目前成果已在全国 18 个省（市）进行了推广示范约 10 万亩，促使甜柿成为多地精准扶贫、乡村振兴和共富的重要产业。近年来，央视，新华网、人民网、浙江卫视等媒体报道约 60 余次，受到政府、主流媒体高度认可，全国反响巨大。

三、应用方法

‘太秋’等甜柿用嫁接繁殖，对砧木要求很严，与‘君迁子’等许多砧木嫁接不亲和，宜用‘亚林柿砧 6 号’等亚林系列砧木作砧木。

主要栽培技术要点：

1.选择土壤中性偏酸、土层深厚肥沃、排灌便利、光照充足的地块种植。

2.挖大穴，80×80×80cm，每穴放腐熟有机肥，加 0.5kg 磷肥。

3.株行距 3×4m 或 2.5×5m，一般 50 株/亩。

4.苗木落叶后至第二年萌芽前种植。不需要配置授粉树。

5.幼龄树每年秋冬季施以有机质为主的基肥一次，生长季节追肥 3~5 次。成年树每年秋冬施有机质为主的基肥一次，另加 1kg 磷肥。在 3 月底、6 月底、8 月底追肥 3 次，每次 0.5~1kg 尿素，0.4~0.5kg 钾肥。提倡测土配方施肥与水肥一体化，提高肥料利用率。

6.以变侧主干形或自然开心形树形为主，采用大枝修剪法，成年树修剪时以疏为主，少留背后枝，结果母枝不短截，3~4年生的结果枝组需更新，以促发粗壮的结果母枝。

7.通过套袋、搭建避雨棚、喷施生长调节剂等手段，调节果实采收期，降低果面黑斑减少。

8.采用覆盖生草免耕技术，柿园行间栽种黑麦草、鼠茅草等

9.喷施低毒低残农药，防治炭疽病少炭疽病发病率 48%。通过应用超长效实蝇(针蜂)液体/油状引诱剂防治橘小实蝇。

四、典型案例

在杭州富阳区常安镇李某示范基地 2007 年种植 30 亩‘太秋’甜柿新品种，2017~2023 年平均亩产 2000~2200kg，均价 50~60 元/kg，亩收入 8~10 万元以上。杭州富阳金氏家庭农场 2022 年 50 亩结果园（5~6 年生）产果 8 万多斤，销售收入 220 多万元。桐乡石门硕丰家庭农场一片 100 亩的 4 年生‘太秋’甜柿园，亩产 700 多 kg，亩收入 3 万多元。



甜柿高效示范林



‘亚林柿砧 6 号’砧嫁接‘太秋’结果枝

赣南苏区兴国县，在短短 2~3 年间就取得了‘太秋’甜柿结果投产的良好效果，并形成了“公司+基地+扶贫”的模式进行经营管理，使贫困户年增收 2200 元以上，已建立甜柿示范林 2600 多亩，江西省辐射推广 5000 多亩，在江西全省反响强烈。

在云南保山建立甜柿优质丰产示范林 5000 亩，辐射推广 10 万亩，亩增效益 20~30%，亩均收入 1.2 万元；保山也因此获评“中国甜柿之乡”，甜柿销量和价格稳步上升。

杏轻简化生产模式集成与示范

完成单位：中国林业科学研究院经济林研究所

完 成 人：乌云塔娜

成果简介：

一、技术特点

针对杏生产中存在的用工量大、低产低效的产业问题，集成示范高亲和授粉品种筛选技术、授粉品种配置新模式、无人机高效授粉技术、抗冻保果技术，形成杏“主栽品种+高亲和授粉品种+保果抗冻”为主线的提产增效技术体系，通过集成示范，使鲜食杏的果产量提高了 3.21~5.27 倍；仁用杏干仁产提高了 2.10~2.46 倍。

1.建立了青海高海拔高寒地区‘青宏杏’提产增效关键技术。主要包括高亲和授粉品质配置技术，风力传粉新模式和抗冻保果技术，使‘青宏杏’平均座果率从 0.67%提高到 13.3%，平均亩产从 69kg 提升到 460kg，每亩产值从 1380 元提高到 9200 元。

2.建立了山东传统产区‘珍珠油杏’提产增效关键技术。主要包括高亲和授粉品种配置技术，使‘珍珠油杏’单株平均座果率从 5.6%提高到 13.1%，每亩平均产量从 186.5kg 提高到 440kg，每亩效益从 3730 元提高到 8800 元。

3.建立了赤峰大扁杏传统产区提产增效关键技术。主要包括高亲和授粉品种筛选技术和抗冻保果技术，使‘优一’平

均座果率从 12.6%提高到 45.2~50.3%，平均亩产从 30kg 提升到 215kg，每亩产值从 600 元提高到 4300 元；使‘龙王帽’平均座果率从 7.2%提高到 44.7%，平均亩产从 22.4kg 提升到 201kg，每亩产值从 448 元提高到 3960 元。

4.建立了内蒙古传统苦杏仁产区山杏提产增项关键技术。主要包括人工授粉技术和防冻保果技术，平均座果率从 2%提高到 14%，平均亩产从 5.4kg 提升到 90kg，每亩产值从 86.4 元提高到 1440 元。

二、适用范围

已在新疆、内蒙古、河北、山东、甘肃、青海等省份退耕还林和防沙治沙工程中推广应用。以上技术适用于杏各主产区。

三、应用方法

1.高亲和授粉配置技术：通过人工控制授粉筛选出座果率高授粉组合，‘青宏杏’的高亲和授粉品种为‘PA79’‘PA80’；‘珍珠油杏’的高亲和授粉品种为‘姊妹油杏’，‘龙王帽’的高亲和授粉品种为‘姊妹龙王帽’，‘优一’的高亲和授粉品种为‘姊妹优一’‘甜仁山杏’。

2.授粉品种配置新模式。杏风力高效传粉的“弓形 1:3”新模式，在同一棵主栽品种的西北方向上嫁接授粉品种，实现高效授粉，即保留 4 个主枝，西北方向的枝条为授粉品种，另外 3 个主枝为主栽品种。

3.无人机高效授粉技术：授粉关键期盛花期 1~3d，高亲和花粉亲和性 $\geq 30\%$ 且萌发率 $\geq 20\%$ 的优质花粉，花粉量 20g/

亩；晴朗无风的早晨，大疆 30T 无人机飞行高度 3m，400 亩/天。花粉溶液现配现用，具体配置方法见《杏优质轻简高效栽培技术规程（T/CSF 0092-2024）》。

4. 无人机抗冻保果技术：喷施时应选择晴朗无风、无露水的清晨或傍晚，采用电动喷雾器喷施，喷施药剂至枝条湿润而不滴水为佳或全面覆盖幼果湿润为止；果园面积较大时（>50 亩），可采用无人机进行喷施，参数同授粉技术。花果防冻剂配方和配置方法见《杏优质轻简高效栽培技术规程（T/CSF 0092-2024）》。

四、典型案例

提出了我国“三北”地区高海拔寒冷、大风地区，杏风力高效传粉的“弓形 1:3”新模式，研发了无人机授粉和杏专用抗冻保果技术，显著提高了授粉效率，克服了杏授粉效率低下的难点，解决了倒春寒导致的杏“十年九不收”的产业问题。

西北风



高亲和授粉品种



风力授粉新模式



‘青宏杏’混合花粉人工授粉技术+抗冻保果剂应用效果

板栗和锥栗种质创新及高效栽培关键技术

完成单位：中南林业科技大学

完 成 人：袁德义

成果简介：

一、技术特点

针对板栗和锥栗优良品种缺乏、栽培技术落后、低产低效等突出问题，采用实生选育、分子标记辅助育种等方法，培育出 7 个丰产稳产的板栗和锥栗良种，构建了良种培育、苗木繁育和高效栽培关键技术体系，推动了我国板栗和锥栗产业高质量发展。

1.揭示了栗花性别分化机理，突破了栗雌雄花性别分化技术，阐明了栗果实品质形成的分子基础，为有效提高我国栗产量和品质提供了可靠的技术支撑。

2.创建了我国第一个锥栗基因库，系统评价了各类栗种质资源，挖掘出一批特异和优异种质，培育出‘檀桥板栗’、‘华栗 1 号’等 7 个适合我国不同区域生产的特色栗类新品种，促进了我国栗栽培品种的升级换代。

3.突破了栗菌根化育苗技术和芽苗砧容器育苗技术，筛选出栗的优势共生菌根菌，接种后苗木生长量提高 30%以上；攻克了栗芽苗嫁接成活率低的技术难题，筛选出与芽苗砧育苗相适应的轻基质配方，为栗良种快速繁殖提供了实用有效的技术支撑。

4.创建了板栗和锥栗优质高产栽培技术体系，建立了以栗主栽品种配置技术，制定了整形修剪的适宜树形和实膛修剪技术，有效解决了传统修剪导致栗树结果部位外移的难题，建立了高效的肥水生态经营管理模式，促进了栗产量的稳步提高和技术的升级。

二、适用范围

已在湖南、江西、贵州和湖北等省份进行推广应用，在向阳、土层较厚、土壤较湿润肥沃的高山山谷或山坡上生长良好，南方一般板页岩发育的黄红壤低山或红壤丘陵地区皆可生长。

三、应用方法

采用撩壕或定点开穴种植，主栽品种与授粉品种比例为4~5:1，株行距为3.0×4.0m或4.0×4.0m。主要措施包括：

1.整地。在造林前3个月采用撩壕或穴状整地等方式进行整地。

2.种植。冬季或春季栽植，定植前20~30天在种植穴中或撩壕各种植点处施放干有机肥不少于5kg，并与表土拌匀回填，选择生长健康的2年生良种嫁接苗(苗高大于50cm)，填土时先填表土，种植处覆盖松土以保蓄水分。

3.整形修剪。采用矮干多主枝开心形，以冬季修剪为主，疏除过多的密集枝、徒长枝、细弱枝和病虫枝，缩剪衰弱冗长的结果枝组，稳定结果部位；夏季修剪主要进行刻芽、抹芽、摘心及拉枝等措施。

4.土肥水管理。在秋冬季施用有机肥，花期喷0.3%磷酸

氢二钾+0.2~0.3%硼砂或硼酸+0.3%尿素溶液 1~2 次。在果实膨大期（7 月中下旬）叶面喷施 0.2~0.3%尿素+0.1~0.3%磷酸二氢钾。栗园可采用自然生草和人工生草两种模式，草高超过 30cm 时刈割，每年刈割 3~4 次。人工生草品种可选用黑麦草、三叶草、豆科植物等。

5.病虫害防治。采用物理、生物防治、化学防治等手段，主要防治栗疫病、果实象甲、栗瘿蜂、栗大蚜等。

6.采收。果实成熟期为 9~10 月上旬，待球苞转色自然开裂坚果落地后，及时捡拾；栗树约有 70~75%球苞转色并自然开裂时，打落球苞遮阳堆积后熟，人工脱粒或机械脱粒。

四、典型案例

在湖南省汝城县、宁乡市、长沙县、浏阳市、龙山县等地，建立了‘华栗 1 号’、‘华栗 2 号’‘华栗 3 号’和‘华栗 4 号’大面积集中示范林。4 个品种第 2 年结果株率达 50%以上，第三年结果株率 100%，亩产量达 30kg；第 6 年进入丰产期，平均亩产量达 250~300kg。



锥栗丰产树形



锥栗结果状

油桐集约高效培育与高值化加工技术

完成单位：中南林业科技大学

完 成 人：张琳

成果简介：

一、技术特点

针对油桐良种繁育滞后、经营集约化程度低、综合利用率不高等问题，采用种质资源收集、实生选育的方法，共选育出优质高产油桐良种 4 个，构建了从良种选育、适生立地评价、无性繁育、树体调控、机械化采后处理、高值化精深加工技术等一体化的产业技术体系。

1.‘华桐 1 号’‘华桐 2 号’‘华桐 3 号’‘华桐 4 号’4 个良种是从中南林业科技大学国家油桐种质资源库收集保存的 300 余份油桐种质资源中通过实生选育而来的。良种具有结果量大、果实丛生性强、丰产、含油率高、抗性较强的特性。

2.建立了油桐林适生立地条件评价模型，实现栽培区划科学化。创新集成油桐良种无性系化繁育技术体系，实现油桐苗木无性系化。开展遗传控制、施肥控制、激素控制、品种配置、机械化采收处理等资源高效栽培构件要素的研究，形成油桐资源定向培育技术体系，提升集约化、规范化经营水平。

3.研制环保桐油涂料；利用桐饼提取生物活性成份，研制生物杀虫剂和有机肥。

二、适用范围

已在湖南、湖北、重庆、云南、广西、安徽等省份的油桐栽培区推广应用。湖南永顺、龙山、邵阳、郴州等地推广 4100 亩，重庆推广 2000 亩，云南推广 2200 亩，安徽推广 1200 亩。产量提高 24%以上，处理成本降低 54%。

三、应用方法

1.油桐嫁接苗培育

砧木培育有两种方法：直播造林培育 1 年生砧木；种子经消毒、沙藏处理后在苗圃培育砧木；苗圃地宜选阳光充足、排水好等条件的林地。穗条采集选 1 年生或当年生健壮枝条，注意运输贮藏时遮阳保湿等。

嫁接：采用切接法、芽苗砧嫁接法。嫁接后 30~40d，待幼芽长至 3~5cm 时松绑、除萌，成活后断砧。幼芽长到 10~15cm 时，结合浇水除草增施氮肥，每 20~30d 施 1 次。

2.油桐整地造林及林地抚育技术

(1) 整地：陡坡地采取鱼鳞坑整地，缓坡地、梯田采取穴状整地。穴状规格为 70×70×70cm。在穴底施有机肥并将表土回填。

(2) 定植：选用地径大于 0.8cm，苗高 65cm 以上的苗木造林。造林株行距 4×5m。

(3) 幼林管理：树盘半径 30~40cm 覆盖稻草等地被物，保湿。夏施复合肥 30~50g/株，秋冬施复合肥 100g/株。

(4) 成林管理：每年夏铲、冬耕。冬肥施有机肥、磷肥等，亩施有机肥 70~100kg，或复合肥每亩 20~30kg。花期和

果期追肥。

（5）病虫害防治：主要有油桐枯萎病、油桐黑斑病、油桐根腐病；油桐尺蛾、蓑蛾、刺蛾、田鼠等。

四、典型案例

在湘西永顺县青坪镇、湖南邵阳武冈市等地建立了大面积集中示范林。‘华桐’系列果实成熟期在 10 月中下旬~11 月上旬，平均单果重 63~75g，每果序果实数可达 20 个以上，盛要期产油量达 825kg/hm² 以上。



湘西永顺油桐林相



‘华桐 1 号’果序

‘悦木’系列高州油茶良种

完成单位：仲恺农业工程学院

完 成 人：李永泉

成果简介：

一、技术特点

针对广东本土油茶良种选育和繁育技术滞后问题，采用引种选育和实生选育的方法，共选育出 4 个高产、果大、皮薄的本土突破性优良新品种，产油量提高了 27% 以上，构建了良种繁育、规模化栽培、加工利用一体化的产业技术体系，解决了广东缺乏本土大果高产油茶良种的产业瓶颈。

1. ‘悦木 79 号’（粤 S-SC-CG-028-2024）、‘悦木 103 号’（粤 S-SC-CG-029-2024）、‘悦木 201 号’（粤 S-SC-CG-030-2024）、‘悦木 307 号’（粤 S-SC-CG-031-2024）4 个良种是高州油茶中的大果型、鲜果出籽率高、结实率高、适应性好的品种，主要经济性状包括单果鲜重 40.1 至 77g，鲜果出籽率 30.18% 至 47.1%，鲜出仁率 36.5 至 59.1%，干仁出油率 42.79% 至 53.8%，亩产油量达 38.30 至 62.51kg，具有高产、稳产、果实大、抗风性强、抗病性好、生长速度快、早期结实等优势；其中‘悦木 307 号’属果肉为红色的特异种质资源，抗病性强于其他品种。

2. 改良高州油茶的繁殖技术方法，通过芽苗砧嫁接、扦插或高接换冠繁殖快速繁殖苗木。

3.创新了油茶高效栽培技术,研发的油茶专用肥+水肥一体化技术,在降低成本 36%的基础上,提升了产量 37.14%,为油茶增产稳产提供了解决方案。

二、适用范围

适合在广东省北纬 24.5°及以南地区推广种植,粤西地区高产稳产性能更好。高州油茶‘悦木’系列良种是食用油料树种,用于生产优质食用油及化妆品原料。

三、应用方法

采用穴植方法,‘悦木系列’品种配比比例为 1:1,株行距为 3×4m。主要措施包括:

1.整地。在造林前的一个季度采用穴状整地方式进行整地,广东地区一般为 12 月到翌年 3 月份之前整地。

2.栽植。春季苗高选择 60cm²年生苗,冬季苗高选择 80cm 以上 3 年苗。广东地区除了 6~9 月份高温天气,其他时间都可以栽植。

3.施肥与灌溉。种植前基底肥 5~10kg。前三年分别在秋冬摘果后和 5 月份除草抚育后,分别追肥,肥料用量为尿素 100g,复合肥 250g。

4.抚育。秋冬摘果后和翌年端午节前进行除草松土,同时按照 3 进行追肥。

5.病虫害防治。主要防治毒刺蛾危害,采用灯光诱杀和黄板灭杀。

6.树体管理:定植 1~3 年后,依据长势定干,控制树高、促进侧枝生长,结果期进行疏剪、短截和摘心。

7.采收。人工手动采收。

四、典型案例

在广东省惠州市博罗县、阳江市春湾镇、韶关市新丰县等地建立了大面积集中示范林。‘悦木’系列高州油茶果实成熟期为10月下旬至11月上旬,平均单果鲜重40.1至77g,鲜果出籽率30.18%至47.1%,鲜出仁率36.5至59.1%,干仁出油率42.79%至53.8%,亩产油量38.30至62.51kg。



‘悦木’系列油茶良种



油茶水肥一体化示范基地

贵州山地油茶良种选育及丰产栽培技术

完成单位：贵州省林业科学研究院

完 成 人：罗扬

成果简介：

一、技术特点

针对贵州省油茶本地资源不清、缺本地高产良种、缺适宜技术等问题，同时为解决特殊高原山地环境背景下其它省份研究成果不能在贵州有效应用的难题，项目团队通过争取省科技重大专项，开展油茶种质资源收集与种质创新研究、良种选育及丰产栽培、低产林改造等技术攻关，包括贵州油茶遗传资源的系统调查、收集和保存，种质资源的开花、结实等生殖生物学特性研究，种质资源的含油率和脂肪酸组成等理化性质分析研究，种质资源的利用价值评价研究，油茶种质创新试验研究等，收集种质资源 675 份，建立油茶种质资源库 5 个、337 亩，建立了种质资源信息数据库。形成系列成果，并通过面上试验示范开展科技成果转化，推动贵州油茶产业可持续发展。

二、适用范围

通过良种选育、标准发布、试验示范林建设、推广培训等多种形式将相关成果进行推广应用，涉及全省主要油茶发展区域，主要有玉屏、碧江、松桃、江口、石阡、望谟、册亨、天柱、锦屏、黎平、从江、威宁等油茶主要产区。通过

成果的应用，共发展新植油茶林 44 万余亩，其中挂果面积已超 32 万亩；改造老油茶林 32 万余亩；建设良种采穗圃 1928 亩、良种苗圃 1856 亩。

三、应用方法

1. 贵州油茶优良品种选育。选育黔玉、黔碧、望油和黔油等本地良种 13 个，可在贵州黔东南、黔西南和铜仁等地区推广应用。

2. 本地特色油茶芽苗砧嫁接育苗技术。包括裸根苗培育芽苗砧培育和容器苗培育，通过选种、种子处理及催芽、起砧、采穗、削穗、切砧、嵌扎、整地、土壤处理或配备基质（松树皮 50%、泥炭土 30~35%、锯木面 10%、黄心土 1%（起粘性作用）、蛭石 1~2%、菜枯饼肥 0.5%、缓释肥 2kg/m³，喷洒 0.5%高锰酸钾溶液，暴晒消毒。）、做床、遮荫、移植、苗期管理、控根等。

3. 贵州山地油茶丰产栽培技术：良种选择、造林地选择（普通油茶、小果油茶宜选择海拔高度 300~1200m，西南红山茶、威宁短柱茶宜选择海拔高度 1600~2400m，选择土层厚度≥60cm，质地砂壤土至轻粘土，pH 值 4.5~6.5，光照充足的阳坡或半阳坡）、品种配置（选择开花期和成熟期相近或一致的 2~3 个以上优良品种配置）、造林密度（833~1665 株/hm²，株行距 2×3m、3×3m 和 3×4m）、林地清理、整地（深度≥20~30cm；坡度≤15°采用全垦整地；坡度 15°~25°采用带状整地，带面宽 1~2.5m；坡度≥25°采用块状整地，规格 1×1m）、挖穴（规格 60×60×50cm）、施基肥（每穴放

入商品有机肥 2~3kg 和钙美磷肥 1.0~1.5kg)、植苗造林、幼林抚育管理和成林抚育管理等系列技术措施。

4.油茶低产林改造技术。依据低产成因划分为立地制约型、密度制约性、品种制约型、多因制约型、光照制约型 5 个类型,并提出不同类型低产林的主要改造方式,包括垦复施肥、密度改造、换冠改造、林相调控、综合改造等技术要点。

四、典型案例

多家单位以项目成果为基础,在全省建立了油茶良种基地和油茶良种采穗圃,包括天柱、锦屏国家油茶良种基地、玉屏国家板栗油茶良种基地、贵州省林科院国家油茶核桃良种基地等,保障了全省油茶产业发展所需良种壮苗。

项目以示范基地为样板,带动农户生产,有效提高油茶生产者吸收和运用现代科学技术水平和管理水平,解决长期制约油茶产业发展的生产率低、效益差的问题。

项目成果推广了贵州省本土油茶良种、山地丰产栽培技术,促进创新生产经营模式和管理模式的应用,有效提高农民的组织化程度,实现区域化布局、规模化生产、市场化经营,提高农民抵御市场风险的能力。

项目成果在形成的过程中还培育了一批有知识、懂技术、会管理、善经营的新农民,带领广大农民增收致富,发展农村经济。



选育的本地优良品种



天柱5年生示范林



科技示范成效

油茶核桃等经济林特色化品种应用及配套高效栽培技术

完成单位：湖北省林业科学研究院

完 成 人：邓先珍

成果简介：

一、技术特点

项目针对我省油茶和核桃产业中存在的低产低效问题，系统开展良种应用、树体调控、精准施肥、病虫害防治技术等关键技术研究，构建配套高效栽培技术体系，为我省木本油料产业发展提供技术支撑和示范。

项目筛选出适宜我省轻简化栽培的油茶核桃品种 6 个，亲合力高配置组合 4 个，对全省油茶科学栽培进行了合理区划；建立核桃和油茶示范林 220 亩，核桃林平均亩产干果 224kg，油茶林平均亩产鲜果 405kg，产量提高了 4~6 倍，综合效益显著。

二、适用范围

本成果适可在湖北省油茶核桃主产区推广应用。

三、应用方法

1.林地选择：海拔800m以下的低山丘陵；土壤厚度60cm以上；pH值4~6.5的红壤、黄壤和黄棕壤；坡度25°以下的坡地或缓坡地；坡向为南坡、西南坡或东南坡。

2.品种配置：选择3~5个适宜我省的品种搭配造林，主栽品种60~80%，配栽品种20~40%，行状或块状混栽。单个品种栽植不超过30亩。

3.苗木选择：选用高度30cm以上、地径0.3cm以上的两年生容器苗；或高度60cm以上、地径0.6cm以上、分枝数3个以上的三年生容器苗造林。

4.栽植密度：低山丘陵和缓坡地株距2.5~3.5m，行距3~5m，栽植密度53~74株/亩。

5.苗木栽植：栽植时间为当年11月到次年3月，保持根系团完整。将苗木放入穴中央扶正，填土压实，嫁接口适当深栽5cm左右。栽后浇足定根水，覆盖养护毯或园艺地布。

6.树形培养：栽植后定干高度为60cm左右，幼树以整形为主，培养自然开心形或自然圆头形的丰产树形。

7.合理施肥：幼树栽植当年不施肥，第2a起3~4月施复合肥0.1~0.5kg/株。成林树每年2~3月中旬施复合肥0.5~1kg/株，每2a在11~12月份施有机肥5~10kg/株。在树冠投影线外沿沟施，沟长50~100cm，沟深25~35cm，每年更换施肥沟位置。

8.果实采收：5%~10%的果实开裂为采收最佳时期。

四、典型案例

2020年8月，专家组对保康县土门镇关帝庙村营建的100亩核桃高产示范基地进行了现场测产，该示范基地7年生核桃林亩产干果高达224kg，远超相同树龄核桃园国家行业标准规定的50kg。新建基地良种应用率达95%以上，低产

林病虫害发生率降低 15%以上，示范效果对提振当地核桃产业发展信心，利用核桃产业实现精准扶贫起到了显著促进作用。



选育的核桃新品种

核桃及薄壳山核桃优质轻简高效栽培技术

完成单位：云南省林业和草原科学院

完 成 人：陆斌

成果简介：

一、技术特点

针对核桃及薄壳山核桃栽培、采收等环节中存在的问题，创建了以品种配置、降冠促丰修剪和遥感定量监测、无人机药肥一体化施用为主的技术体系，形成核桃轻简化栽培技术模式；构建了数字化营养诊断和产量预测模型，研发出以微喷节水、诊断施肥为主的核桃省力化栽培技术模式，建立矿质元素、产量阈值和需肥规律的核桃、薄壳山核桃营养监测评价体系；提出了薄壳山核桃宜机化栽培模式，研发出核桃、薄壳山核桃省力高效的机械采收技术。

二、适用范围

适宜在云南、新疆、河北、安徽等核桃、泡核桃及薄壳山核桃主产区推广应用。

三、应用方法

1.泡核桃品种选配。包括应用矮化、早实、优质泡核桃良种‘龙佳’等开展高效栽培，同时采用‘漾濞泡核桃’+‘娘青’，‘漾濞泡核桃’+‘大滑皮’，‘大姚三台’+‘姚新’的授粉组合。可提高座果率 34.4%。

2.核桃园果园、树形调整增效技术。采用泡核桃疏密降

冠促丰修剪技术，针对成年核桃树实施降低树冠，开张大枝角度，矫正树体骨架的“大枝修剪”技术，用于解决核桃园行间郁闭，株间郁闭，内膛郁闭，促进树冠立体结果的修剪方法。同时利用遥感技术分析果园树体结构。并建立适宜机械化作业的薄壳山核桃植株定植模式。

3.水肥增效技术。应用核桃叶片营养标准、水肥一体化增效技术和无人机薄壳山核桃人工辅助授粉，显著高核桃园效益。

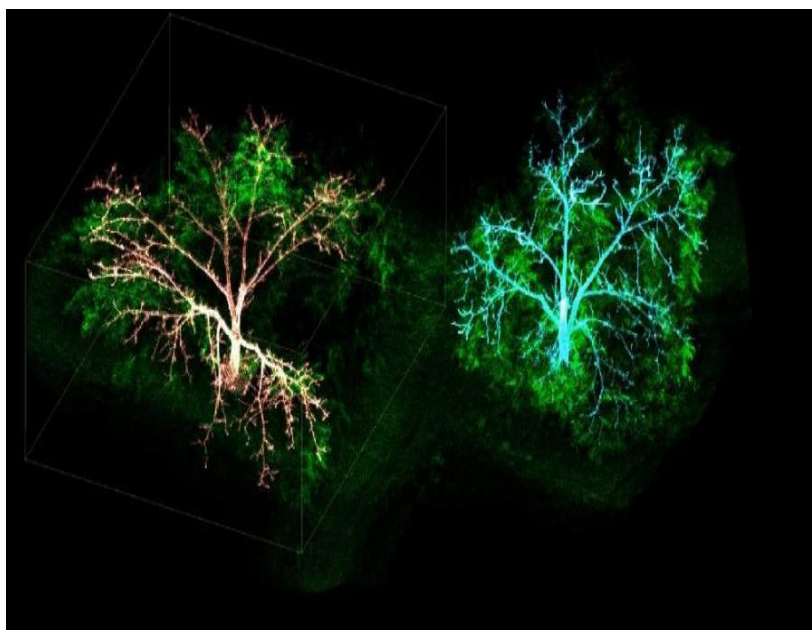
4.机械采收。针对核桃、泡核桃和薄壳山核桃选择合适采收机进行机械化采收，采收效率是人工采收的 5 倍以上，成本比人工采收节省约 50%。

四、典型案例

在云南、新疆、河北、安徽等主产区示范推广 9.85 万亩，经济效益提高 25%以上，社会效益显著。



‘龙佳’核桃结果状



采用遥感技术对核桃枝干骨架进行定量分析



采用核桃疏密降冠促丰技术修剪后的树体

澳洲坚果良种选育与丰产栽培关键技术

完成单位：云南省热带作物科学研究所

完 成 人：陶亮

成果简介：

一、技术特点

澳洲坚果原产澳大利亚，是世界著名干果和木本油料树种。到 2023 年，云南澳洲坚果种植面积 425 万亩，位居世界第一，占全国近 90%，占全球 50% 以上。澳洲坚果产业在云南林业经济中占有重要地位。项目针对前期引进品种老化、适应性不强、穗条来源不清、栽培品种混杂、种植技术混乱等问题，在前期基础上创新研究，选育了一批优新品种，建立了一批采穗圃，构建并推广了一套云南山地澳洲坚果优质高效栽培新技术。

二、适用范围

本成果选育的相关品种和云南山地澳洲坚果栽培关键技术在云南临沧、普洱、德宏、保山、西双版纳等主产区进行推广并辐射到广西、贵州、广东、四川等省（区），选育品种和栽培关键技术推广应用面积超 300 万亩。

三、应用方法

1. 选育并推广澳洲坚果良种 5 个。选育品种均具有早结、丰产、优质、抗性强等特点，已在云南推广种植 200 余万亩，约占云南澳洲坚果总种植面积的 50% 以上。

2.营建‘O.C’‘A4’‘A16’‘桂热 1 号’和‘HAES863’良种采穗圃 8 个，面积 1850.4 亩，年均生产良种优质穗条 1110.6 万条。

3.集成推广了一套云南山地澳洲坚果栽培关键技术，包括授粉品种配置、肥水调控、病虫害防控、高效采收等技术，首次制定出国内澳洲坚果丰产树叶片营养推荐指标、国内首创澳洲坚果乙烯利促落果高效采收技术。实现 10 年生示范基地亩产鲜壳果达 225.7kg，比对照提高 34.7%。

4.制定云南低纬高原山地澳洲坚果全产业链标准 22 项，推动云南澳洲坚果产业标准化生产。

5.采用“科研院所+示范基地+农业推广站（公司）+种植户”新模式大力推广选育品种和优质丰产高效栽培技术。澳洲坚果丰产栽培关键技术在云南推广累计达 168.80 万亩，实现产值 80.15 亿元，新增利润 28.98 亿元。举办各类澳洲坚果栽培技术培训班 617 期，培训人员 35186 人次，为云南澳洲坚果产业的可持续健康发展提供了有力的科技支撑。

四、典型案例

在云南省德宏州盈江县云南迪思企业集团坚果有限公司、西双版纳州勐海县云南绿野农林集团有限公司、普洱市镇沅县中澳农业科技有限公司等建立了大面积集中示范林。云南迪思企业集团坚果有限公司通过“良种+良法”建立澳洲坚果标准化示范基地 700 亩，鲜果平均亩产超 800kg，相比云南平均亩产 240kg，超过平均亩产的 233.33%；云南绿野农林集团有限公司通过绿色病虫害防控，将虫果率控制在 2%

以内（低云南平均虫果率 5 个百分点）；镇沅县中澳农业科技有限公司对 20 年大树进行良种高接换种，高接 3 年后的最高株产达 76kg，平均亩产达 486kg。



云南山地澳洲坚果标准化示范园



良种‘O.C’挂果图



高接良种‘桂热 1 号’挂果图

林业机械

分体式全降解容器育苗技术与配套装备

完成单位：国家林业和草原局哈尔滨林业机械研究所

完 成 人：汤晶宇

成果简介：

一、技术特点

针对林业裸根苗栽植成活率低，传统塑料材料育苗容器不能直接栽植、污染环境等实际问题，采用超声波无纺布融合技术，突破分体育苗容器一体成型装置技术，创新集成全降解育苗容器—自动播种—储水微灌等成套技术装备，构建高效优质林业育苗作业装备体系，实现我国林业人工育苗作业向全程机械化自动化提质增效转型发展。

（一）突破材料与成型技术瓶颈

针对传统裸根苗成活率低和塑料育苗容器污染环境、需脱除移栽的痛点，本技术体系创新性地采用了超声波无纺布融合技术。该技术成功突破了关键难题，实现了全降解分体育苗容器的一体化成型制造。这种新型容器材料本身可在土壤中自然降解，无需脱除即可直接带杯移栽，从根本上解决了白色污染问题，并简化了栽植工序。

（二）集成自动化育苗装备体系

围绕全降解育苗容器的应用，技术体系进行了重大装备集成创新。研发了与容器成型相匹配的自动化精量播种装置，确保播种精度与效率；同时，配套集成了储水微灌技术，为

幼苗生长提供精准、节水的灌溉保障。这些核心装备共同构成了一个完整的自动化林业育苗作业装备体系，显著提升了育苗环节的机械化与自动化水平。

（三）推动产业高效绿色转型

通过将全降解育苗容器技术、自动播种技术与储水微灌技术等核心创新进行系统集成与优化，本技术体系成功构建了一套高效、优质的现代化林业育苗解决方案。其应用能够显著提高苗木移栽成活率，减少人工依赖，降低生产成本，并极大减轻环境负担。最终目标是引领并实现我国林业人工育苗作业向全程机械化、自动化方向的转型升级，达到提质增效与绿色可持续发展的双重目标。

二、适用范围

已在黑龙江、吉林、辽宁、内蒙古等地推广应用。该成套装备适宜应用于困难立地地区（贫瘠、石漠化区域）、干旱及半干旱地区、规模化生态修复工程地区如三北地区等。

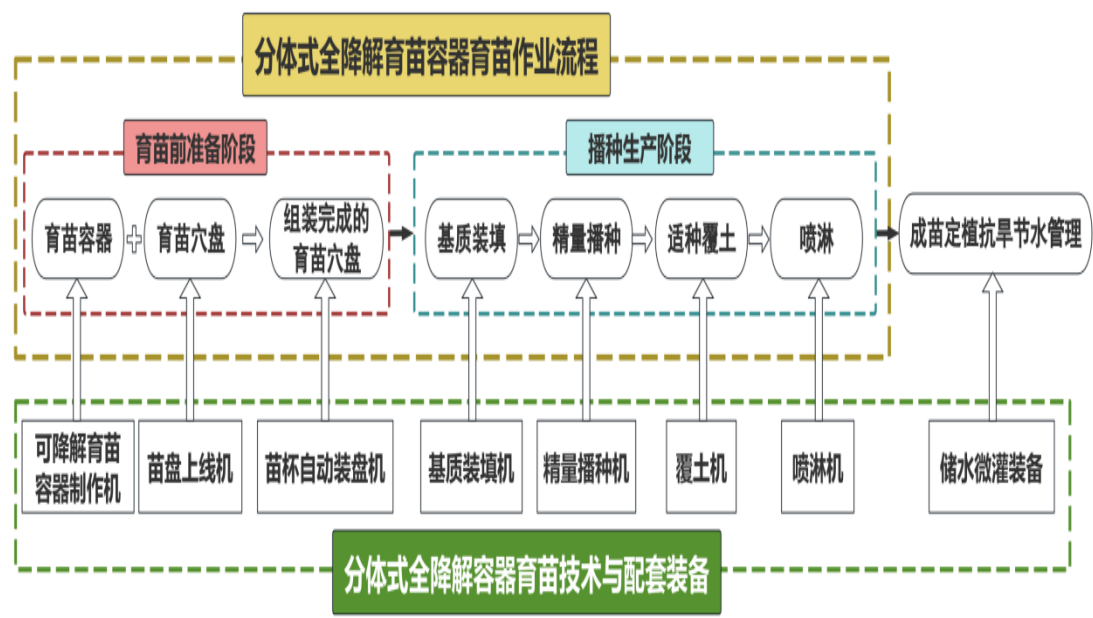
三、应用方法

该成套设备通过各设备的协同作业，实现了从育苗容器制作到播种成盘的完整作业，其核心应用流程如下：

- 1.育苗容器的制作：应用可降解育苗容器制作机将环保无纺布采用连续超声波成型焊接技术制作成锥形育苗容器；
- 2.苗盘分拣上线：应用苗盘上线机将叠放的育苗穴盘分离并输送至生产线；
- 3.育苗容器穴盘组装：应用苗杯自动装盘机将锥形无纺布育苗容器投放进穴盘的每个穴孔中；

4.容器育苗播种生产：应用基质装填机将疏松的育苗基质均匀、定量地填充到育苗穴盘的每个育苗容器中；装填好基质后，应用精量播种机从种库中精准抓取单粒种子，并准确投入每个基质穴孔的中心位置；播种作业完成后；应用覆土机将细碎的覆盖介质均匀撒布在播种后的穴盘表面，覆盖种子并填平穴孔，智能调节不同培育种子的覆土厚度；完成覆土后的育苗穴盘，应用喷淋机进行均匀、温和的喷淋浇水，直至基质完全湿润。

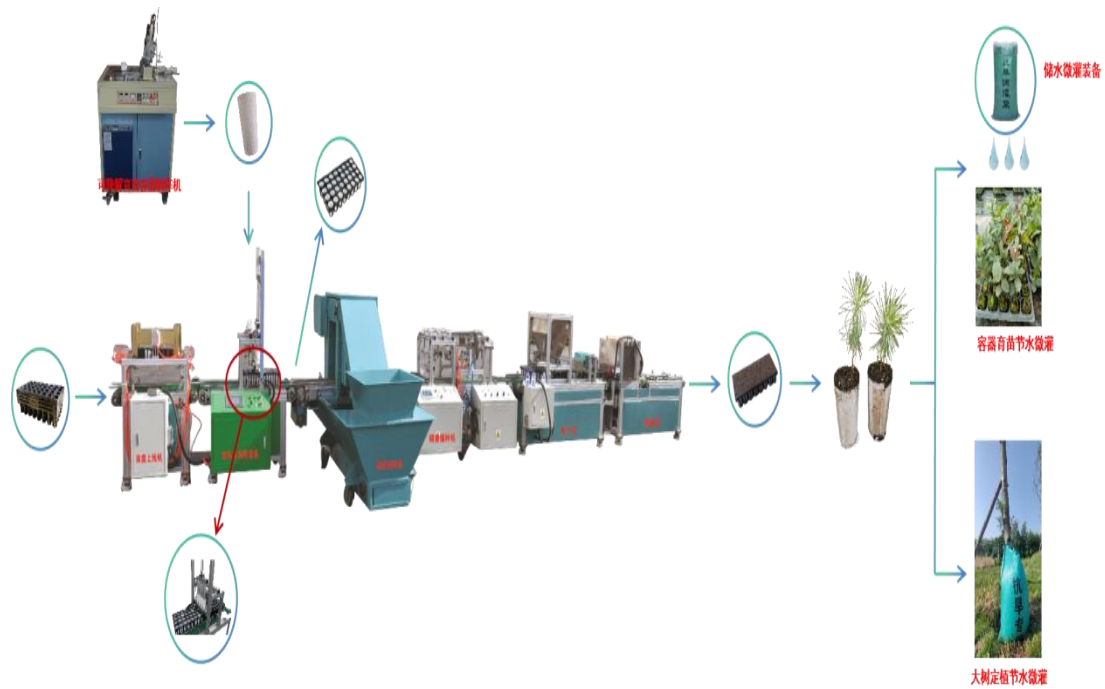
5.定植容器苗的抗旱节水：容器苗培育成熟后，可在部分干旱地区进行定植造林，应用储水微灌装备实现定植后无缝节水管理，既解决了干旱区水分管理难题，又显著提升造林成效与资源利用效率。



分体式全降解容器育苗技术与配套装备应用流程

四、典型案例

在内蒙古林业局进行示范应用，生产苗木培育杯 300 万个，日生产能力达到 2.5~3.0 万杯，与传统人工比较可节约资金数十万元，同时依据自然控根方法，有效控制苗木根系生长，不窝根，不缓苗，大幅提高我国现阶段林木容器育苗行业整体水平，降低人工作业成本。



分体式全降解容器育苗技术与配套装备

油茶果采摘关键技术及装备

完成单位：中南林业科技大学

完 成 人：李立君

成果简介：

一、技术特点

针对我国油茶采收机械化技术落实问题，突破油茶落果护花、主干部柔性夹持、高效采收一体、宜机化栽培林艺等关键技术，创制出了适应丘陵山区油茶收获装备，实现了一个人完成油茶果采摘-收集-装袋的收获作业，可适应不同品种、不同树形、不同树龄油茶采收。

二、适用范围

可适应 35° 坡以下丘陵山地、种植密度 $3\times 3\text{m}$ 以上的油茶种植基地。自走式油茶果采收机已在湖南、江西等地开展了推广应用。该机不仅适用于油茶采收，也适合红枣、核桃、李子等林果的采收。

三、应用方法

针对油茶立地条件复杂、花果同期、树形-主干差异大等难于机械化作业的问题，提出了“主干柔性夹持+底伞开合+接续激振+钳形输送”的新方法和机构，创制了高效采摘定向激振器，保证了油茶快速落果低损掉花；创新主干柔性夹持与拢果收运方式，宽适应主干分叉与低损无损树皮夹持的协同作业，保证油茶收集后拢果与输送装袋的无缝衔接，实现

了油茶采收的一体化作业；创制了丘陵山地作业灵巧底盘和无舱遥控，实现作业机构的双自由度调姿以适应坡地作业，破解了油茶难于机械化采收的难题，油茶果机收质量和效率大幅提升。

目前已开发 4YCS-100 自走遥控式油茶果采收机，单人操作采收作业，机收采净率大于 90%，损花率小于 7%，采收时间 48 秒，移运时间 40 秒，收获效率可达 45 株/h，满足不同种植规模的采收需要。

四、典型案例

在湖南、江西省等主产区建立机械化示范基地 4 处，共计 2500 亩，推广应用机具 10 台，开展技术培训 4 次，培训技术人员 350 人。机具的应用推动了油茶宜机化建设的进程和相关标准的出台与应用，例如在湖南省，所有新造林和老林改造全部按照宜机化技术规范实施种植栽培。



4YCS-100 自走遥控式油茶
果采收机



技术培训和湖南省首届油茶
生产机械化现场演示会

35°坡地造林整地遥控作业机

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：张伟

成果简介：

一、技术特点

国家推进国土绿化、生态保护修复和国家公园建设行动，大部分林区处于地形复杂、坡度起伏大的山区丘陵地带，尤其对于 25 度以上坡面的作业条件，造林抚育采运手段主要依靠人工作业、生产效率低下等问题非常突出。针对林业生产上山入林难、劳动强度大的难题，开发的履带式丘陵山地林草多功能遥控作业技术与装备，提高了爬坡度。具有结构紧凑、狭窄空间操作性能好、坡面作业效率高、远程遥控保证人身安全等特点，能够满足丘陵山地林草生产的使用要求。

二、适用范围

该装备采用全液压驱动履带式结构，其设计和制造考虑丘陵山地地形的特殊性和复杂性，具备适应丘陵山地作业环境的特殊性能和功能。发动机功率 28.6kW 最大行驶速度 7km/h、最大遥控距离 150m、最大挖坑直径 485mm、最大旋耕深度 280mm、最大除灌直径 40mm。复杂工况下可加宽轮距、降低重心，实现 35 度及以下坡地机动灵活的爬山、越障、过坎作业。适用于三北、集体林改区的丘陵山区地形条件下规模化造林挖坑、整地开沟、割灌除草、旋耕松土、采

收运输等多种作业。

三、应用方法

该装备具有一键启动功能，通过遥控器面板控制设备的前后移动、转向、行走速度，操作方便。通过更换前后工作头，形成多种组合工艺与联合作业生产模式，主要操作如下：

1.整地开沟。对于山地陡坡、水蚀和风蚀严重地带采用穴状整地，对于缓坡平地采用开沟整地。开沟工作方式具有翼片式开沟工作头、锄铲式开沟工作头和钩式松土工作头。

2.造林挖坑。挖坑工作头具有自动进给挖坑与回程功能，常用挖坑尺寸（直径×深度）400×600mm、300×500mm，挖坑工作头尺寸可按需定制。

3.割灌除草。通过调整刀具安装间距、角度、数量，最大除灌直径 40mm。

4.旋耕松土。可调整作业深度，最大旋耕深度 280mm。

5.采收运输。可作为运输搭载工具使用。

四、典型案例

与同等马力的拖拉机和挖掘机相比，体积小，质量轻，专业性更强空载和作业状态下油耗更小。该装备在河北省、青海省开展机械化造林作业示范，造林作业中，人工整地 15~20 分/坑，机械作业 10 秒/坑，劳动强度大大降低、作业效率大大提高，兼具挖坑、旋耕、除灌、开沟等多种功能，完成造林 200 余亩。



作业机现场工作

木竹加工

无醛刨花板胶黏剂-低成本豆粕胶黏剂制造与应用技术

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：储富祥

成果简介：

一、技术特点

人造板是室内装饰装修及定制家居的主要原材料，年产量超过3亿立方米，在国民经济建设和人民生活中发挥着不可替代的作用。但人造板生产主要使用醛类树脂胶黏剂，是人居环境甲醛污染物的主要来源。豆粕胶黏剂是生产胶合板、细木工板等无醛人造板的主要胶黏剂，可以从根源上解决人造板及其家具、地板制品的甲醛释放问题，改善人居环境空气质量。但是，豆粕胶黏剂存在黏度大、耐水胶合性能差、初黏性低、易霉变、人造板后加工困难等技术问题，制约了在人造板生产上的广泛推广与应用。

二、适用范围

成果适用于刨花板连续化平压生产，以及实木复合地板、高档装饰板等人造板的贴面，已经在湖南、江苏、浙江、广西等胶黏剂及人造板企业集中区进行了推广和工业化应用，实现了豆粕胶黏剂及其无醛胶合板、细木工板等无醛人造板的规模化生产与应用，产生了显著的经济与社会效益，提高了产品附加值和企业市场竞争力。生产的豆粕胶无醛人造板相较于现有同类产品，具有力学强度高、耐水性好、后加工

性能优异等优点,可广泛应用于室内装饰装潢、衣柜、橱柜、饰面板、包装材料等领域,市场前景广阔。

三、应用方法

本技术成果以豆粕及水性高分子为主要原料,突破豆粕固态活化及同步改性、交联剂功能化接枝、低黏度豆粕胶黏剂制备、复合固化等关键技术,开发了高性能无醛豆粕胶黏剂制造技术,创制了低黏度高耐水性豆粕胶黏剂和豆粕胶无醛刨花板,实现了豆粕胶黏剂在制备和刨花板生产与使用过程中无甲醛及有害物质添加、释放,解决了人造板及其制品甲醛等挥发性有机物污染问题,对推动我国人造板产业绿色高质量发展具有促进作用。

低成本豆粕胶黏剂制造与应用技术具有自主知识产权,经科技成果评价,达到国际领先水平,获授权国家发明专利 8 件,制定标准 2 项。该技术降低了传统的大豆胶黏剂黏度,提升了大豆胶黏剂的初黏性、胶合性能和固化效率,产品固体含量大于 25%,黏度低于 500mPa·s;制备的无醛刨花板静曲强度、弹性模量、耐水胶合强度等力学性能指标高出同类产品 25~30%,甲醛释放限量达到无醛级。

四、典型案例

本技术在湖南、山东、浙江、广西等多家胶黏剂企业实施了专利技术许可和技术转化,建成年产 5000 吨、10000 吨和 50000 吨豆粕胶黏剂工业化生产线 5 条,生产的无醛刨花板及无醛基材饰面板等系列无醛人造板产品在装饰装修、包装材料、定制家居等领域得到广泛应用,目前已在北京、上

海、广东、浙江等 23 个省推广应用。该技术成果将极大促进我国人造板及制品产业结构的优化、升级及产品的更新迭代，提高我国人造板产业及家居产品国际竞争力，对推动我国人造板产业绿色高质量发展，减少对化石原料依赖，践行“绿水青山就是金山银山”发展理念，实现碳达峰、碳中和国家目标，满足人民对美好健康生活需求具有重要意义。



低黏度高初黏性豆粕胶黏剂产品



年产 3000t 低黏度高初黏性豆粕胶黏剂生产示范线

高性能重组木制造技术

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：于文吉

成果简介：

一、技术特点

针对我国优质木材资源十分短缺和市场对木质材料巨大需求这一矛盾，通过重组单元规则化制备和纤维定向分离、树脂单元连续浸渍、重组材料成型等关键技术集成高性能重组木制造技术，以人工林木材为原料，制备出具有强度高、耐腐蚀性强和耐候性好的高性能重组木，克服了人工林木材径级小、材质软、强度低和材质不均等缺陷，是从根本上解决我国天然林优质木材资源短缺的一条重要途径。

二、适用范围

高性能重组木的密度、硬度、强度和表面光洁度均达到或超过了硬阔叶材，具有广谱可设计性，既可以用于建筑结构用工程材料的制造，同时也可以用于门窗、装饰装潢材料、家具材料等；既可以用于室内材料的制造，也可以用于高耐候性室外材料，应用范围广阔，具有非常好的市场应用前景。

三、应用方法

本项技术成果依托高性能重组材料制造技术平台，该成果发明了超厚重组单元规则化制备和纤维定向分离方法，突破了树脂可控导入和定向重组增强等关键技术，创制了重型

疏解和卧式成型装备，开发了高耐候性、高强度结构用、高环保性等重组材料系列产品并实现了大规模工业化生产，人工林木材的利用率达到 85%以上。产品性能突出，密度、硬度、强度和表面光洁度均达到或超过了硬阔叶材，防腐性能达到强耐腐等级（I级），游离甲醛达到 E0 级，与人工林木材和传统的人造板相比，具有强度高、耐腐蚀性强和耐候性好等优点。2016 年 4 月，以中国工程院李坚、侯立安院士为首专家组对“高性能重组木制造技术”进行成果鉴定，一致认定：该技术达到“国际领先水平”。

本项目技术的核心成果 2020 年被国家发改委、科技部、工信部、自然资源部四部委列入《绿色技术推广目录（2020 年）》；获得 2020 年度北京市科学技术二等奖、2018 年度梁希林业科技二等奖等奖项，连续入选“十二五”、“十三五”国家重大科技成就展和国家林草局首批重点推广 5 项成果，获得多项国内和国际专利证书。

四、典型案例

北京前门四合院改造项目中使用的高性能重组木门窗；江苏龙游湖国际外国语学院利用高性能重组木建造的图书馆；高性能重组木用于杭州亚运会项目。



北京前门四合院改造项目中使用的性能重组木门窗



江苏龙游湖国际外国语学院利用高性能重组木建造图书馆



高性能重组木用于杭州亚运会项目

大规格耐候性竹质重组结构材制造技术

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：于文吉

成果简介：

一、技术特点

针对我国结构材用优质大径级木材资源缺乏的问题，通过竹材定向分离、重组、接长、复合等技术的集成，构建了大规格耐候性竹质重组结构材制造技术体系，解决了竹材难以产业化加工为大尺寸建筑结构材的技术瓶颈，实现了竹材的建材化产业化应用。

二、适用范围

本项技术将有力地推动建筑结构用重组材的产业化，大规格耐候性竹质重组结构材具有强度高、耐候性好、尺寸稳定和绿色环保等特点，可代替硬阔叶木材应用于建筑结构、户外景观等领域。

成果已在安徽、四川、浙江、福建等多省区推广转化。产品出口 100 多个国家和地区，遍布亚洲、欧洲、美洲、非洲、大洋洲。

大规格耐候性竹质重组结构材具有使用周期长和无需防腐处理等特点，产品价格竞争优势明显，经济效益显著；可有效缓解我国木材安全，社会价值巨大；本项技术是减碳技术，有明显的生态价值，服务国家双碳战略；同时对于提

高竹产区竹农的收入，促进乡村振兴等方面也具有重要意义。

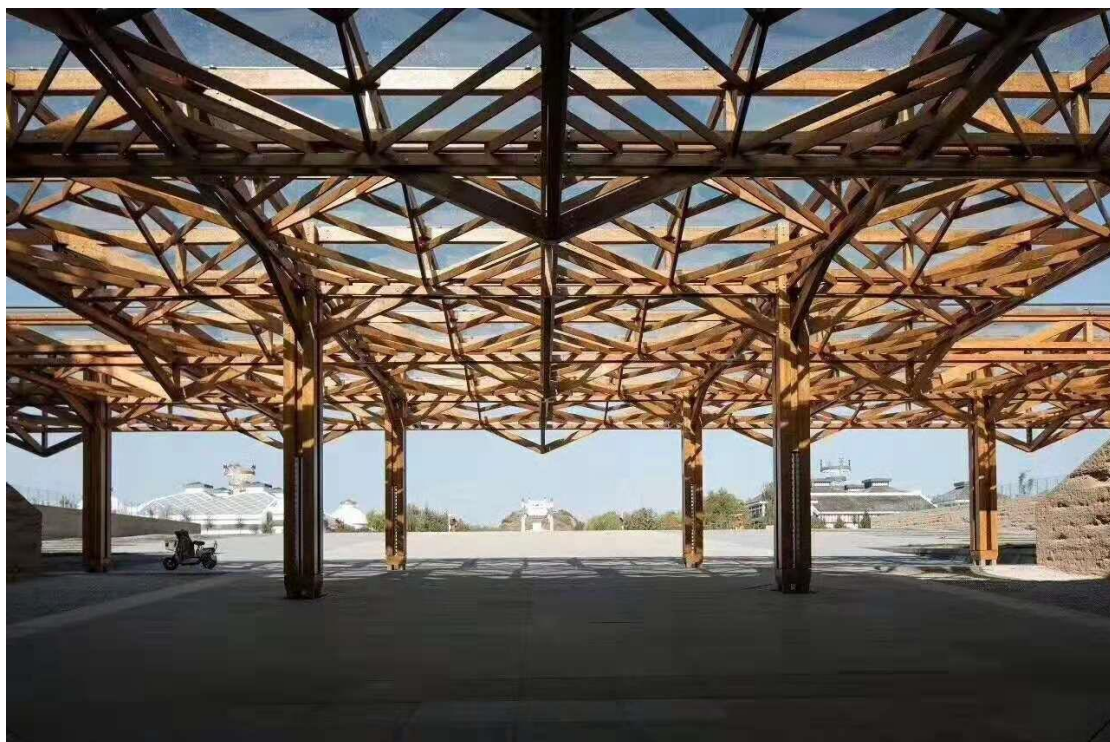
三、应用方法

本项技术成果主要依托高性能竹基纤维复合材料制造技术平台，结合结构材在规格、强度、耐候性等方面的技术要求，通过竹材多尺度可控分离技术，打通竹材不同尺度渗透通道；在此基础上，通过胶黏剂均匀导入技术，使胶黏剂分子通过疏解通道，渗透到细胞壁和细胞间隙中；同时攻克竹质重组材料长效防霉技术、高效重组成型控制技术等技术制备出耐候性竹质重组结构材，在此基础上采用纵向错位接长、二次胶合、多层复合等关键技术，解决了接长过程中强度损失大等关键技术难点，实现了大规格耐候性竹质重组结构材的高效成型。

通过该技术的实施，可开发出跨度达 12m、具有强耐腐、高防霉特性的大规格耐候性竹质重组结构材。相关技术入选了“十二五”、“十三五”国家科技创新重大成就展、“2017 年国家重点节能低碳技术推广目录”、“国家绿色技术推广目录（2020 年）”；并以“重组材在低层装配式建筑的应用研究”内容被住房城乡建设部纳入 2018 年科学技术计划项目。

四、典型案例

大规格耐候性竹质重组结构材在昭君博物馆、四川龙泉山丹景阁等应用。



大规格耐候性竹质重组结构材在昭君博物馆的应用



大规格耐候性竹质重组结构材在四川龙泉山丹景阁的应用

新型竹丝装饰材料绿色防护关键技术

完成单位：国际竹藤中心

完 成 人：覃道春

成果简介：

一、技术特点

针对竹丝装饰材易霉变、易燃和难装配等技术难题，构建了拉丝、防护、被衬和胶合等预处理技术体系，研发了硅丙防霉乳液及其处理工艺技术，开发了磷酸盐与硼酸硼砂复配阻燃剂及其处理工艺，建立竹丝材料装饰性能与防护处理和装配施工等加工技术的和谐统一关系，延长竹材使用寿命，促进竹材产业升级应用。

1.采用硅丙乳液与环保型防霉剂复配出防霉乳液涂料，涂饰处理竹丝装饰材料，处理工艺简单，在 200g/m^2 涂刷量时，对霉菌和变色菌防治效力达到 100%，保持材料原色。

2.采用兼具阻燃和防腐、防霉效力的硼基阻燃剂，克服竹丝单元小、渗透性差的难题，阻燃处理材的热释放量降低了 40%，发烟总量降低了 80%，成炭率提高 12%，综合阻燃性能达到难燃性 B1 级。

3.开发出一套无线纺竹丝装饰材料装配技术，生产工艺简单，加工效率高，施工方便快捷，无甲醛等有害物质释放。

二、适用范围

该产品加工后可以包装成卷，也可以加工成片来使用，广

泛运用于室内墙面、天花板或家具表面的装饰，代替了传统的涂料、油漆等装饰材料，美观大方，符合健康环保的生活理念。

三、应用方法

1.选材下料，选取笔直的毛竹并按一定长度截断，将竹筒纵向剖开形成具有一顶宽度的竹片，竹片的宽度为 3.5~5mm。

2.蒸汽加热处理，将竹片放入蒸汽釜中，持续蒸汽加热 2~5h，然后冷却至常温。

3.阻燃处理，将进行蒸汽加热后的竹片放入防火阻燃油漆或硼系阻燃剂中充分浸泡，浸泡完成后取出，干燥后根据需要涂刷防霉硅丙乳液，并在高压状态下烘干脱水。

4.上漆处理，将经过防火阻燃处理的竹片的表面用水性清漆处理，随后进行干燥。

5.等间距开槽，将干燥脱水后的竹片放入加工机器上，在竹片的上表面每间隔 3.5~5mm 开设一道表面槽口，每个竹片上开设 1~2 个相互平行的表面槽口。

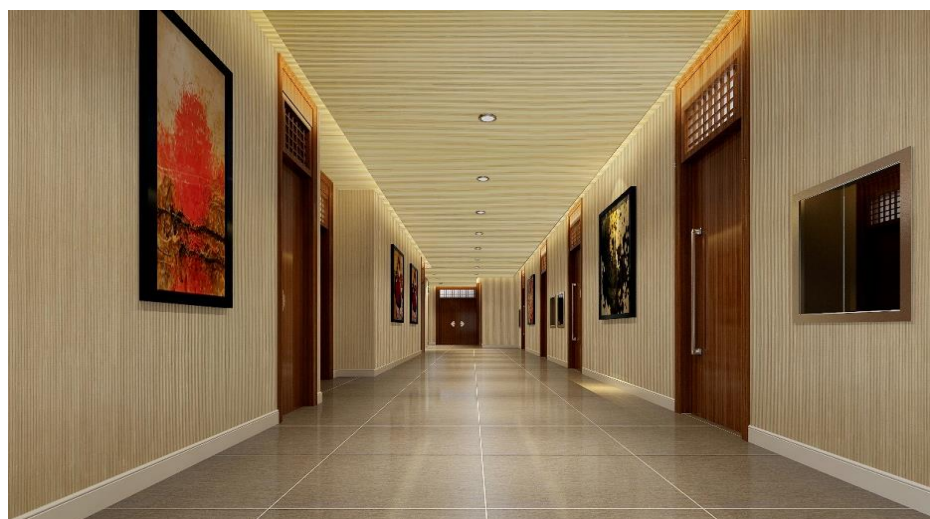
6.倒角磨边，将开槽后的竹片放入磨削设备中，将表面槽口周边以及竹片的外缘尖角倒角和打磨，形成过渡圆角，并且对竹片的竹帘水平表面进行精细打磨和抛光。

7.铺设固定，先平整铺设一层纱布，再在纱布的上表面设置一层底部粘接层，然后将加工后的竹片依次平铺在底部粘接层上，纱布与竹片的底部之间通过底部粘接层粘接固定。

四、典型案例

在湖北楚风竹韵科技有限公司建成年生产能力 50 万 m² 生产线 1 条，已在湖北、北京等地的木竹结构房屋装修中大量应

用,室内装修面积达 3 万 m²。经质检部门检测,防霉性能 100 % 霉菌抑制率,阻燃性能达到 B1 级。加工效率高,生产工艺简单,施工方便快捷,成本低廉,无甲醛等有害物质释放,产品造型美观,色彩典雅,环保健康安全,深受广大消费者喜爱。



走廊墙面竹丝装饰



卧室竹丝材料装饰

竹材无裂纹展平技术与装备

完成单位：南京林业大学

完 成 人：李延军

成果简介：

一、技术特点

毛竹直径小、壁薄中空的特殊结构，它的主要工业利用途径是将竹筒制备成小尺寸平直状矩形竹片，再进行重组制造大幅面板材产品，出材率为 35%左右。针对我国传统的竹片加工方式存在原料利用率低，机械化程度不高等瓶颈问题，项目历经 10 多年科技攻关，突破了竹筒高效浮动铣削、高温高湿软化、逐级展平等关键技术，创制了竹筒高效去内节、去青、展平等关键装备，攻克了竹材难以无裂纹展平、竹材难以单板化利用等制约产业发展的瓶颈技术，开发出系列竹展平装饰材产品。

二、适用范围

项目建成竹材无裂纹展平生产线 20 余条，市场占有率达 90%以上，创制的关键设备在浙江、福建、江西、湖南等 6 个省市推广应用，并出口到美国、荷兰等国家。近三年产生直接经济效益 11.14 亿元，新增利润 0.61 亿元。该项目产品附加值高，应用领域广泛，在家具、地板、建筑、室内装饰等领域均可应用。成果适宜在浙江、福建、江西、广西等竹资源丰富、木竹加工产业基础较好地区推广应用，可带动

竹产区竹林培育，促进竹农增收，助力生态环境治理与乡村振兴。

三、应用方法

成果突破了竹材高效定量去节去青、高温蒸汽快速软化、竹壁应力释放等关键技术，构建了竹材高效展平的完整技术体系，授权国家专利 30 余件，制定国际标准、国家标准和行业标准 5 项，鉴（认）定成果 2 项，新产品 5 个。

1.针对竹材难以快速软化、展平易开裂、应力回弹多弧度波浪形板面等重大技术难题，发明了竹筒“饱和蒸汽高温高湿快速软化”、“应力分散—逐级展平—刨削定厚”一体化等关键技术，创制了竹材高温高湿软化罐、竹材展平机，实现竹筒 5~12min 高温快速软化处理，竹材软化效率提高了 15 倍，展平进给速度达 25.9m/min。

2.针对竹筒因尖削度、不平度、弯曲度难以高效去内节、去竹青等重大技术难题，发明了先破竹筒节隔后浮动铣削内节、浮动式定量铣竹青等关键技术，创制了竹筒去内节机、去青机等关键装备，实现竹筒去内节效率达 6~7 根/min；竹筒去青效率达 10~12 根/min。

3.发明了无裂纹竹展平装饰材强制定型渐变式恒温恒湿干燥技术，解决了无裂纹竹展平装饰材内外密度差异大、应力回弹多弧度波浪形板面等技术难题。

4.通过关键技术及设备的集成创新，建立了无裂纹竹展平装饰材制造技术体系，创制了竹展平砧板、竹展平地板、竹展平刨切单板、竹展平家具等系列竹展平装饰材产品，实

现竹材出材率提高 20%，胶粘剂用量降低 30%以上，成本降低 20%以上。

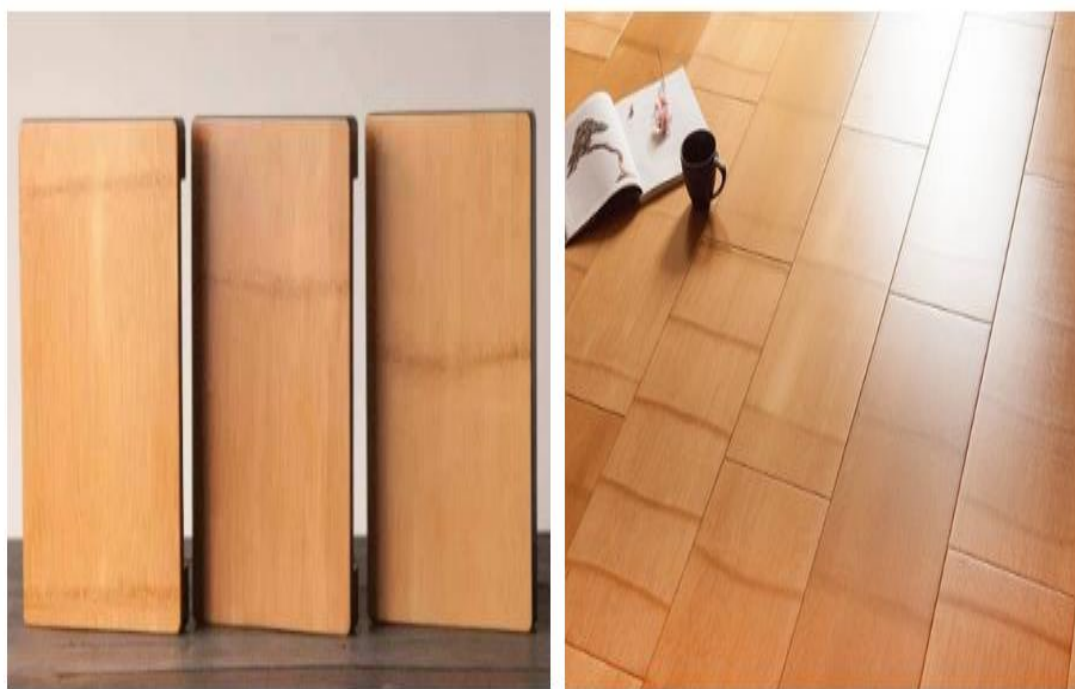
四、典型案例

竹材无裂纹展平的生产过程包括竹筒制备及预处理、竹筒高温高湿软化处理、竹筒展平、竹展平板材后期处理等步骤。其生产工艺流程为：原竹→横截→竹筒→分选→去内节→去青→开槽→高温高湿软化处理→展平→干燥定型处理→砂光→成品。技术要点：1.竹筒预处理：将竹材截断成 0.5~2m 的竹筒，去除竹筒内节，在竹青和竹黄层处理、纵向开槽；2.软化处理：对预处理后的竹筒进行 180℃高温饱和蒸汽软化处理 4~10min；3.展平：在竹材展平机上进行连续化展平处理；展平过程中竹黄面可以实施通过均匀分布交错的线槽或孔眼释放应力，以获得无裂纹的平面竹板材。



无裂纹展平竹材生产过程

展平竹材再经砂光、干燥、涂胶、组坯、热压等工序可生产竹砧板、竹地板等产品。如按照现有的产量及市场需求，无裂纹竹展平材可替代部分现有的竹地板、砧板、茶盘、果盘等日用消费品，初步估算如能替代 10%就有 30 亿元以上的市场销售前景。



无裂纹展平竹材产品

竹材高效展平及其加工剩余物利用关键技术

完成单位：浙江农林大学

完 成 人：张文标

成果简介：

一、技术特点

针对竹材机械加工应用中生产连续化程度低、综合利用率不高以及砖土窑生产竹炭效率低、质量不均匀、环境污染等问题，根据“大材大用、小材精用，废材优用、综合利用”原则，提出将大径级的竹材用于展平板生产，小径级的竹材（包括病虫害竹材、竹根和竹梢）用于生产筒炭和片炭，竹材加工剩余物用作生产炭化料，进而开发竹质活性炭等各类竹炭产品，做到合理利用、材尽其用、全竹利用，实现竹材高效、高值利用。

二、适用范围

已在浙江、福建、江西等省份的竹材和竹炭加工企业广泛推广应用。竹材高效展平生产的竹展平板可应用在竹砧板、竹家具和竹装饰领域；竹材加工剩余物生产的竹炭可在环境治理、竹质活性炭、清洁能源、催化剂载体等领域广泛应用。项目的技术成果可推广到国内外竹产区。

三、应用方法

开展了竹筒高效展平及其加工剩余物连续化生产竹炭关键技术研发，实现了关键技术重大突破，主要技术要点如

下。

1.确定了通过竹材玻璃化转变温度，提出了竹材软化无应力展平工艺，攻克了等厚去青定量去黄联合技术、竹展平板干燥技术和热能循环利用等技术，揭示了竹材玻璃化转变温度与原竹高温软化炭化展平之间的关系，研发出高效无应力原竹（竹筒）展平生产技术和设备。竹材软化率比原先提高 24%、展平成品率达到 98%、竹展平板干燥技术产品合格率达 97%，比常规干燥方法提高 5%。

2.自主研发出竹材及加工剩余料的固气液联产设备并产业化。炭化窑炉用于烧制竹材炭化料。炭化窑炉，由燃烧室、预热室和干燥室前后室通过烟气通道依次相连，燃烧产生的烟气用于竹材预热、干燥、预炭化及炭化再循环利用，收集竹提取液和竹炭，全过程自动控制，可连续进料与出炭，提高了生产效率。固气液联产设备每天竹炭产能 8~12 吨/台、蒸汽产能 50~60 吨/天。

3.系统研究了竹展平板接长、拼宽及其层压板热压生产技术，为拓展竹展平板在家具、墙板领域应用提供技术参考；系统研究饮用水用专用竹片炭生产工艺，揭示了竹炭水质净化作用机理，为竹片炭在饮用水净化产品开发提供理论依据。

四、典型案例

成果在浙江德长竹木有限公司、浙江双枪竹木有限公司等建立了竹展平板生产线，主要围绕竹筒蒸煮、软化、展平、展平板干燥、热压胶合、竹展平层积板等生产关键工艺制备竹砧板；同原先用竹条拼接的竹砧板，存在使用胶黏剂不环

保问题，而利用竹展平板为材料生产的竹砧板上下表面为纯天然、无任何化学物质的整张竹板，且产品颜色、外观整齐一致、健康环保。同时开展了可燃气体、热能（余热）循环利用、预炭化、活化等生产关键技术，克服传统土窑生产效率低、不环保、品质不均匀的缺陷，实现了全过程自动控制，可连续进料与出炭，提高了生产效率，并在浙江佶竹生物科技有限公司建立了竹材加工剩余物的连续化干燥和炭化活化生产线。



竹展平板圆形砧板



竹展平板方形砧板



炭气联产生产装备形砧板

生物质基无醛胶人造板制造关键技术

完成单位：北华大学

完 成 人：时君友

成果简介：

一、技术特点

本成果针对传统生物质基胶黏剂存在的胶合强度低、耐水性差、工艺性能不稳定等关键问题，选取非粮淀粉、豆粕、脱脂豆粉及秸秆炼制木质素等农林废弃资源作为原料，系统提升其化学反应活性与胶合性能，成功研发出一系列低成本、无醛环保型生物质胶黏剂。相关产品已应用于胶合板、细木工板、刨花板及实木复合地板基材中，对提升人造板国际竞争力和推动产业升级具有重要意义。

二、适用范围

本成果已在山东千森木业有限公司开展实验生产，累计生产Ⅱ类胶合板用无醛胶黏剂 10 吨，家具板用无醛人造板 41m³，Ⅰ类胶合板用改性大豆蛋白胶黏剂 3 吨，并制备地板基材 11.5m³，显著提升产品附加值，家具板每立方米增加 550 元，地板基材提升 630 元。在吉林森工露水河刨花板厂完成大豆胶黏剂中试，生产刨花板用胶黏剂 2.1 吨、刨花板 12m³。五种生物质胶黏剂已在东北林业大学 200L 中试平台实现中试化，部分产品已实现技术转让并在企业稳定生产。2016 年起，CIPU 改性Ⅱ类大豆胶黏剂在浙江衢州博蓝装饰材料有限公司推广

使用，至今已在全国 57 家人造板企业中实现销售与应用，主要用于细木工板、实木复合地板等无醛人造板材生产，具有良好的环保性和市场前景。

三、应用方法

本成果在生物质无醛胶黏剂领域取得了系统性技术突破，开发出 6 种具有代表性的无醛胶黏剂新产品，具备高固含量、低成本、良好工艺适应性和优异胶合性能等特点。其中，非粮淀粉基 API 胶黏剂和木材胶黏剂固含量达 30~35%，黏度适中（1000~5000cP），不添加甲醛，且原料成本显著低于传统石油基胶黏剂；豆粕和改性大豆蛋白胶黏剂针对Ⅱ类和Ⅰ类胶合板分别优化了 pH 值、固含量与活性期，实现对不同应用场景的精准适配。

基于上述胶黏剂产品，进一步研制出 10 种高性能人造板新产品，涵盖实木拼板、实木复合地板基材、胶合板、细木工板及刨花板等。相关板材均实现干态胶合强度 $\geq 1.0\text{MPa}$ ，部分产品湿态强度（如 63℃水泡或沸水煮）超过 0.7MPa，满足或优于日本 F★★★★级甲醛释放标准。其中，用改性大豆蛋白胶黏剂制备的Ⅰ类胶合板产品，历经 28 小时煮烘处理后仍保持优异胶合强度，体现出极强的耐候性能；而木质素基胶黏剂制备的刨花板，其物理力学性能（ $\text{MOR} > 6\text{MPa}$ ， $\text{IB} > 0.2\text{MPa}$ ）和尺寸稳定性（厚度膨胀率 $< 12\%$ ）均满足国家标准 GB/T 4897.3-2003 要求。

四、典型案例

本成果通过建设和改造示范生产线，实现了无醛生物质

胶黏剂及其人造板产品的规模化试生产与应用。在吉林市新建了一条年产 1 万吨的生物质无醛胶黏剂示范生产线，分别对 6 种无醛胶黏剂进行了每种 2 吨的试生产，所有产品的技术性能均达到预期指标，验证了工艺的可行性和稳定性。在延边州安图县，改建了一条年产 1000m^3 的无醛胶合板生产线，采用 6 种胶黏剂制备 9 种不同类型的环保人造板，每种板材试产 5m^3 ，涵盖实木拼板、复合地板基材、II类与I类胶合板、细木工板等多个应用场景，所制人造板均满足相关标准要求。在吉林省白河林业局，改建了一条年产 1000m^3 的无醛刨花板生产线，试产使用木质素基胶黏剂的刨花板 5m^3 ，产品性能同样达到主要技术指标。通过“胶黏剂中试验证—人造板应用验证—产品性能检测”三步走策略，实现了从实验室成果到产业化应用的有效转化，系统解决了无醛生物质胶黏剂产业化生产、制板适配性及终端产品性能保障等关键问题。



生物质基无醛胶人造板制造过程及产品

无醛添加热塑性树脂胶合板制造技术

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：常亮

成果简介：

一、技术特点

针对我国传统胶合板用胶粘剂以含甲醛类胶粘剂为主，易释放游离甲醛，引起室内空气污染，危害人体健康，创新地以不含甲醛的热塑性树脂薄膜替代常规液态胶黏剂，对木材单板进行粘接，制备高性能无醛添加的新型胶合板产品。该项技术是木材与高分子材料学科交叉的研究成果，不仅从根本上杜绝了板材甲醛释放问题，还真正实现了清洁生产，推动我国胶合板产业高质量转型升级。

目前已获得相关国家专利 12 件，制定了林业行业标准《非醛类热塑性树脂胶合板》1 项，先后荣获国家重点新产品证书、北京市科技进步奖三等奖、中国专利优秀奖等，2 项技术入选国家林业局重点推广林业科技成果 100 项，作为 2018 年国家林草局首批 5 项重大成果发布。

1.产品从源头上杜绝甲醛引入，环保安全，几乎无游离甲醛释放，TVOC 释放量极低。

2.热塑性树脂经过偶联增容改性处理，粘接性能优异，产品力学性能强。

3.热塑性树脂薄膜具有憎水特性，阻碍板材内部水分潜

移，产品耐水性好，尺寸稳定。

4.以热塑性树脂薄膜作为粘接材料，还省去了胶粘剂合成、涂胶淋胶工序，生产过程中无有害气体排放、无清洗废水，真正实现清洁生产。

二、适用范围

本技术产品无醛环保，生产成本与普通含醛胶合板产品基本持平，市场竞争优势明显，产品附加值高，应用场景丰富，设备投资低，非常适用于我国广大胶合板企业进行产品升级；根据场景需求制备Ⅰ类耐候型和Ⅱ类耐水型胶合板，可全面替代市面上普通胶合板产品，用于室内装饰装修、地板、家具制造等领域，为居民提供性能优异、环保、安全的家居材料；尤其是应用于高铁车厢、轮船舱室等密闭空间，以及礼堂、会议室、幼儿园、医院、养老院等公共区域。

三、应用方法

本技术成果以普通胶合板工艺为基础，创新采用树脂薄膜与木单板物理叠合，以热压-冷压工艺制备无醛添加胶合板，实现胶合板清洁生产。具体应用工艺如下：

1.原材料准备：

选用符合要求的树种（如杨木、桉木、桦木、松木、柳桉等），根据最终产品用途选择不同等级和尺寸的原木，去除树皮，并根据旋切机的要求将原木锯切成特定长度的木段。

2.单板制备：

木段通常需进行蒸煮或浸泡在热水池中，处理温度和时间根据树种、直径和气候条件控制。处理后的木段被装载到

旋切机上，连续地切削成薄木片，即单板。单板厚度通常在 0.1 到 4.5mm 之间，常见胶合板单板厚度在 1.0~3.0mm 左右。将旋切出的连续带状单板根据所需尺寸剪切成单张板，并干燥至合适含水率（通常为 6~12%）。干燥在滚筒干燥机、连续式网带干燥机中进行，也可以通过自然晾晒去除水分，注意控制干燥温度和时间，以防止单板翘曲、开裂。

3.单板处理：

干燥后的单板根据外观质量（如节疤、裂隙、变色、虫眼等）和尺寸规格进行分等，小的缺陷可以用腻子填补或单板条进行修补，再通过斜接、指接或平接等方式进行单板拼接，使用热熔胶线将其拼接成所需幅面。

4.组坯：

按照对称原则和相邻层纤维方向相互垂直的要求，将单板叠合在一起，单板层间铺设一定厚度的热塑性树脂薄膜，再采用塑料码钉进行板坯固定。组坯层数为奇数（3，5，7，9...层）以保证对称结构和稳定性。

5.热压-冷压成型：

组好的板坯被送入多层热压机中，热压温度为 140~170℃，热压压力位 0.5~1.5MPa，热压时间根据板材厚度和初始含水率确定。热压完成后，板坯迅速进入冷压机进行冷却定型。

6.裁边与砂光：

将冷却后的毛边板按照标准尺寸（如 1220×2440mm）裁切成规整的矩形。通常使用纵横裁边锯，再通过砂光机（宽

带砂光机)对板面进行打磨。

7.检验与分等:

对成品板进行严格检验,包括外观质量(等级)、规格、胶合强度和客户要求等。

四、典型案例

目前该成果已在广西、河南、福建、江苏等地转化落地,实现了工业化生产。产品获得社会各界广泛认可,已应用于索菲亚、百得胜等定制家居品牌高端产品系列、杭州 G20 峰会场馆室内装饰,以及中车集团唐山公司生产的智能动车组列车车厢内饰件生产。

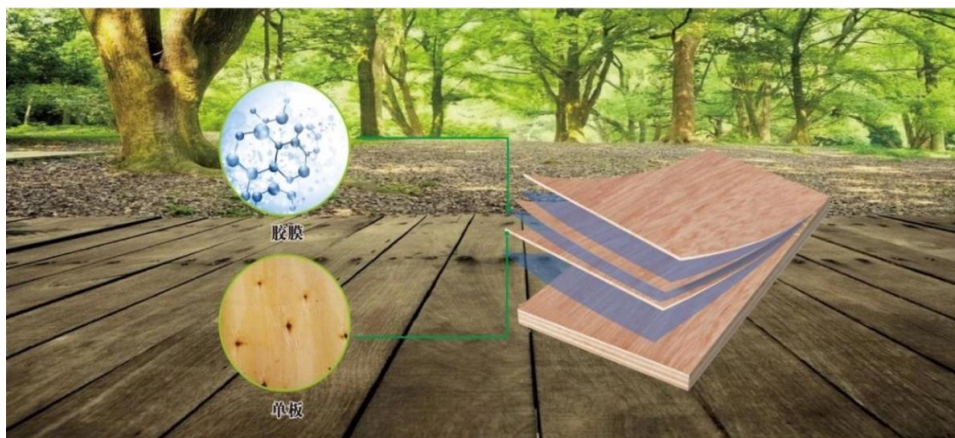
本产品应用热塑性树脂膜替代传统胶粘剂,4×8 尺规格的Ⅱ类胶合板单胶层成本不足 2 元,生产成本与普通 E0 级胶合板生产成本相当。产品性能稳定优异、无醛添加,产品利润是传统胶合板产品的 5~10 倍,经济效益显著。



智能动车组列车顶板(阻燃型热塑性树脂胶合板)



热塑性树脂胶合板组坯



热塑性树脂胶合板结构示意图



热塑性树脂胶合板集体林改示范基地

新型铝木复合窗生产制造技术

完成单位：中国林业科学研究院木材工业研究所

完 成 人：周海宾

成果简介：

一、技术特点

针对传统木窗生产效率低、产品质量不稳定、投资成本大、供货周期长等产业难题，提出了角部节点构造设计方法和基材选择方法，创新了木制部品角部 45 度榫卯连接技术，实现了我国木窗关键技术的自主创新。

1.与欧洲 90°组角木窗不同，新型铝木复合窗采用 45°组角技术，更符合中国人的审美观，同时运用“3+2”榫卯连接技术，配备专用连接件，显著提高角部节点连接性能。

2.对传统工艺进行变革，简化下游制造工艺，并上移严重阻碍技术扩散的喷漆工艺，开创木窗型材化规模化时代。整窗 K 值达到 $1.1\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ 时，其成本与断桥铝窗持平。

二、适用范围

当前，我国面临 3060 双碳战略，正全面推动建筑节能降耗，加快建设“好房子”。本技术产品的主要适用范围：

- 1.绿色低能耗建筑项目：如节能住宅、低碳社区等。
- 2.保障性住房与安居工程：面向中低收入群体的住房项目。
- 3.城市更新与旧改项目：老旧小区翻新时，替换原有老

旧窗户，保温隔热隔声。

4.环保要求高的中小型商业场所：如社区超市、便民服务中心、小型民宿等。

5.气候差异显著地区的建筑：在冬季寒冷、夏季炎热的地区

三、应用方法

本技术转化落地的步骤具体包括：

1.对需求企业进行综合评估，从多个维度确定其可行性。如采用不同于本技术的原材料，需共同完成木窗用新基材的开发及其制造铝木复合窗的适应性研究。

2.完成生产线设计（厂房布置、工艺流程规划、设备选型、实验室布局等），对技术人员进行交底和培训。

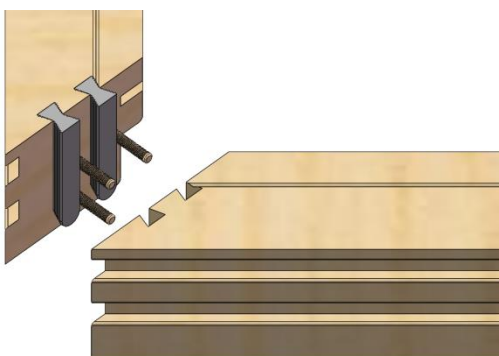
3.购置并调试设备，开展试生产，完成型式检验。

4.对铝木复合窗新产品进行第三方送检，确定产品质量并优化生产工艺。

5.正式开始规模化生产。

四、典型案例

本技术在河北沧州、北京怀柔及平谷等地 3 家企业进行技术转让，建成高性能铝木复合窗生产线 3 条，年产量合计达 30 万 m^2 ；相较于传统生产工艺，本技术生产成本降低 35%，生产效率提高 10 倍以上；铝木复合窗产品在河北石家庄磊阳湖畔等小区使用，安装面积累计 29 万 m^2 以上。



木窗角部设计构造



木窗样角



住宅应用示范实例

林产化学

林木剩余物高得率清洁制浆技术

完成单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所

完 成 人：房桂干

成果简介：

一、技术特点

针对我国制浆造纸原料进口依存度高，同时大量林木剩余物无法有效利用的困境，攻关开发了林木剩余物材性近红外快速检测技术和检测设备，创制了林木剩余物高效浸渍均质软化技术和高浓节能磨浆关键技术；研制了多级差速揉搓挤压浸渍系统等制浆核心装备。集成林木剩余物高得率清洁制浆技术，解决了林木剩余物应用于制浆造纸引发的原料均质浸渍难、电耗高、化学品用量大、纸浆结合强度差、生产成本高等行业共性难题。

二、适用范围

成果应用于山东华泰等企业 40 余条进口生产线的改造和技术升级；在辽宁抚顺等地建成/新建 44 条自主知识产权的全国产装备制浆生产线；在江苏金沃建成高得率浆装备制造基地；成套技术装备实现马来西亚等 11 个国家的出口。此外，系列技术和装备具有普适性，适用于林木剩余物等低质纤维原料制浆造纸的同时，可扩展至棉杆、稻麦草等农作物秸秆原料。技术应用覆盖行业产能 70%以上，近三年实现：高效利用农林剩余物 2600 万吨(节约优质木材 5800m³)；新

增销售额 240 亿元，新增利润 27 亿元；节水 2.2m^3 ，节电 83 亿度，COD 减排 73 万吨；农民增收 330 亿元。

三、应用方法

开发了林木剩余物制浆混合原料快速检测技术，木片水分含量预测误差范围 $2.5\pm 0.2\%$ ，基本密度预测误差范围 $30\pm 5\text{kg}/\text{m}^3$ ，综纤维素含量预测误差范围 $1.6\pm 0.5\%$ ，木质素含量预测误差范围 $1.7\pm 0.2\%$ 。创制了林木剩余物高效浸渍均质软化技术，突破了林木剩余物难以均质软化的难题，吸液能力提高了 50~100%，得率提高 10% 以上。创制了高浓节能磨浆关键技术，针对性解决了林木剩余物磨浆电耗高、纤维束含量高和成浆强度差的问题，电耗节约 35%~50%，纸浆强度提高了 1 倍。研创了多级差速揉搓挤压浸渍系统、双功效反应塔等制浆核心装备，实现高得率制浆装备的国产化，与进口装备比较，投资节省 70% 以上。创新了高得率浆高浓废水低成本处理工程技术，解决了废水处理过程中细小纤维回用、菌群衰落和污泥膨胀等技术难题，突破了高浓废水深度处理技术瓶颈，排放废水指标达到了国家标准要求。

四、典型案例

山东晨鸣纸业集团股份有限公司早年引进了当时世界最大规模的 BCTMP（漂白化学热磨机械浆，30 万吨/年）生产线，主体设备全部由芬兰美卓公司（Metso）提供。以澳洲、国内林木剩余物（桉木、杨木枝杈材、小径材等）为主要原料。生产线安装后调试，浆料品质始终无法满足要求，通过本技术的应用，调整了喂料螺旋开口与预浸器构造，改进了

预浸渍方法与化学品预处理方式，仅用一个半月时间系统攻克解决了混合商品低质木片无法制得优质 **BCTMP** 浆的难题。

2023 年起，将技术成果中的林木剩余物材性快速分析，化学品减量的浸渍磨浆及废水高效处理技术推广应用于江苏博汇纸业有限公司的奥地利 **Andritz** 进口高得率浆生产线，对原料检测浸渍工艺、节能磨浆和废水处理进行优化和技术升级，完成林木剩余物清洁高得率制浆示范线建设，为成果技术在全国范围内进口高得率浆生产线上的产业化应用提供节能增效示范。实现了：纸浆白度提升 $>5\%$ ，松厚度： $>2.4\text{cm}^3/\text{g}$ ，抗张强度提升 $>10\%$ ，纤维束含量 $\leq 0.20\%$ ；林木剩余物 1.25t/t 浆，化学品用量节省 $15\sim 20\%$ （其中过氧化氢用量 $60\sim 70\text{kg/t}$ 浆、氢氧化钠 $40\sim 50\text{kg/t}$ 浆、硅酸钠 $20\sim 30\text{kg/t}$ 浆、螯合剂 $3\sim 5\text{kg/t}$ 浆），磨浆电耗降低 20% 以上 ($850\sim 950\text{kWh/t}$ 浆)，用水量 $16\sim 22\text{m}^3/\text{t}$ 浆，生产线单线新增产能 20% 以上。



多级差速揉搓挤压浸渍系统



华泰纸业生产线改造



博汇纸业生产线改造

松脂节水减排绿色加工关键技术

完成单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所

完 成 人：陈玉湘

成果简介：

一、技术特点

传统的松脂加工普遍采用水蒸气蒸馏法，该方法设备投资省、生产过程相对安全、产品质量较为可靠，但普遍存在加工技术落后、水耗量大、废水无法有效利用、松脂浪费严重等问题。针对上述问题，本成果开发了一套松脂节水减排绿色加工新工艺，通过松脂节水输送、节水熔解、节水净制、废渣及中层脂液中松脂的节水回收以及净制脂液节水蒸馏等技术的创新与集成，解决了现有生产工艺控制粗放、水耗高、排放量大等共性问题。利用本技术改造建成的万吨级松脂节水减排绿色生产线，马尾松松脂加工耗水量由原来的 3t/t 降低到 0.84t/t，思茅松松脂降低到 0.76t/t，展松松脂降低到 0.64t/t，废水排放量减少 70%以上，中层脂液中松香、松节油的回收率超过 85%，松脂利用率可达 98%。与传统的水蒸气蒸馏法相比具有显著优势：1.降低了生产成本，提升了企业竞争力；2.提高了松脂利用率，节省了资源；3.减少了废水量，保护了环境，具有显著经济、社会及生态效益。本成果入选国家“十三五”科技创新成就展。

二、适用范围

本成果适用于各类品种松脂的加工，可在国内外从事松脂加工及松香、松节油深加工的企业广泛应用。各工序节水技术也可推广应用于如枫脂、冷杉树脂等性质类似资源的生产中。我国松脂产区主要集中于南方各省区，包括广东、广西、云南、江西、福建、海南等；国外产区主要位于东南亚、南美洲及非洲，代表性国家包括印尼、越南、阿根廷、巴西、莫桑比克、坦桑尼亚等，均为“一带一路”共建国家。

三、应用方法

开发了一套低水耗、低排放松脂绿色加工技术，包括节水输送、节水熔解、节水洗涤、节水回收及节水蒸馏。

1.节水输送：不添加水，采用柱塞泵直接输送高黏度松脂；

2.节水熔解：不添加液态水，使用立式连续溶解器，采用 $105 \sim 160^{\circ}\text{C}$ 的溶解油与高温水蒸汽混合产生的油气混合物熔解松脂；

3.节水洗涤：采用少量多次 $70 \sim 100^{\circ}\text{C}$ 热水洗涤方式，通过强制搅拌增强水与脂液接触，然后静置分层排出下层的水及杂质。中间乳化层（俗称中层脂液）单独收集至中层脂液罐。上层为净制脂液，进入蒸馏釜进行蒸馏；

4.节水回收：将中层脂液置于溶解釜中，加入 $70 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 溶解油加热溶解，经卧螺式离心机（转速 $2000 \sim 4000$ 转/min）和蝶式离心机（转速 $7000 \sim 1000$ 转/min）分离，得到净制脂液；

5.节水蒸馏：采用导热油加热，在 $0.03 \sim 0.09\text{MPa}$ 真空度下减压蒸馏净制脂液，分离得到松节油和松香。

四、典型案例

利用本技术,在广西金秀松源林产有限公司改造建成 1.1 万 t/年松脂生产线 1 条，加工耗水量由原来的 3t/t 降低到 0.84t/t 以下,每年可节约生产用水 4000t,减少松脂损失 390t;在广东威斯达新材料有限公司改造建成 1 万 t/年松脂生产线 1 条，加工耗水量降低到 0.64t/t 以下，几乎无中层脂液，松脂利用率达到 98%。



广西金秀松源林产有限公司
1.1 万 t/年松脂生产线



广东威斯达新材料有限公司
1 万 t/年松脂生产线

环保型增塑剂连续化生产关键技术开发

完成单位：中国林业科学研究院林产化学工业研究所

完 成 人：蒋剑春

成果简介：

一、技术特点

针对我国环保型增塑剂合成工艺较落后、催化效率低，间歇法生产存在的劳动强度大、能耗高、产品收率低、质量不稳定、规模小等技术缺陷，以木本油脂、废弃油脂等为原料，通过增塑剂分子结构创新设计，筛选并优化重组高活性固体酸酯化催化剂，创制了环氧二聚脂肪酸甲酯、环氧腰果酚基乙酸酯、油脂基阻燃增塑剂、反应型增塑剂等高附加值生物基增塑剂新产品；以对苯二甲酸为原料，创新研发了浆态化预处理技术和复合催化剂，首创了环保型增塑剂连续化生产工艺并建立了连续化示范生产线。

二、适用范围

本成果开发了生物基增塑剂新产品，提高生物基增塑剂产品性能，提升市场竞争力，为我国增塑剂向生物基材料转变提供技术支撑。全国现有 DOTP 生产企业几十家，年产量 300 多万吨，通过建立连续化环保型增塑剂中试示范线，将先进的生产技术辐射到同行业其他企业，可新增效益 10 亿元。对提高环保增塑剂生产效率、降低生产能耗、提高行业整体技术水平都具有重要意义。

三、应用方法

本成果以研制新型生物基环保增塑剂产品、开发环保增塑剂生产新工艺为目标，利用我国丰富的木本油脂、废弃油脂、松脂等生物质资源，突破纳米级固体酸催化剂制备、固体酸酯化催化剂再生、绿色快速酯化关键技术，研制了环氧脂肪酸甲酯、环氧二聚脂肪酸甲酯、环氧腰果酚基乙酸酯、油脂基阻燃增塑剂、反应型增塑剂等高附加值新产品；利用对苯二甲酸为原料，创新开发了浆态法复合催化连续化生产环保型增塑剂 DOTP 新工艺，优化耦合关键技术并进行技术集成，建立了示范基地。

1.创新研发了生物基增塑剂系列环保型产品。其中环氧二聚脂肪酸甲酯增塑剂闪点提高到 232℃，优于同类产品；油脂基阻燃型增塑剂将 PVC 制品的氧指数提高到 36.7%；反应型增塑剂将 PVC 制品的断裂伸长率由 163%增加到 357%，且无增塑剂迁移。

2.研制的用于环氧脂肪酸甲酯增塑剂生产的介孔固体酸催化剂 $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{ZrO}_2$ 双键转化率达 90.71%；发明了复合催化合成 DOTP 工艺。

3.首创了环保型增塑剂 DOTP 连续化生产新工艺，发明了浆态化预处理和复合催化新技术，实现了 DOTP 生产的连续化，解决了间歇法生产工艺能耗高、质量不稳定等问题。单位产品能耗降低 20%以上，生产时间缩短 10%以上。

四、典型案例

在江苏强林生物能源材料有限公司建立了年产 1 万吨环

保型增塑剂 DOTP 连续化中试示范生产线，生产的 DOTP 产品达到了行业标准（HG/T 2324-2008）一级品标准，并通过了 SGS 认证。生产的电缆料用增塑剂在多家电缆厂包括国内线缆行业 10 强企业的江苏上上电缆集团进行了应用，得到了用户的一致好评。



国内外首条年产 1 万吨环保型增塑剂连续化示范生产线



环氧脂肪酸甲酯增塑剂产品

竹纤维制备关键技术及功能化应用

完成单位：福建农林大学

完 成 人：陈礼辉

成果简介：

一、技术特点

针对竹纤维加工过程竹材深度脱除木质素和半纤维素选择性差以及传统竹纤维产品性能差、生产能耗高、污染严重等科学技术问题，以中小径级竹材为原料，研发竹纤维制备及其功能化应用关键技术，开发出竹浆和竹溶解浆及其环保型纺织材料、低定量包装材料和多功能墙体装饰材料。

二、适用范围

本项目技术适用于毛竹、绿竹、麻竹、慈竹等竹材原料，在福建、四川、贵州等全国重点竹产区大型企业推广应用。

三、应用方法

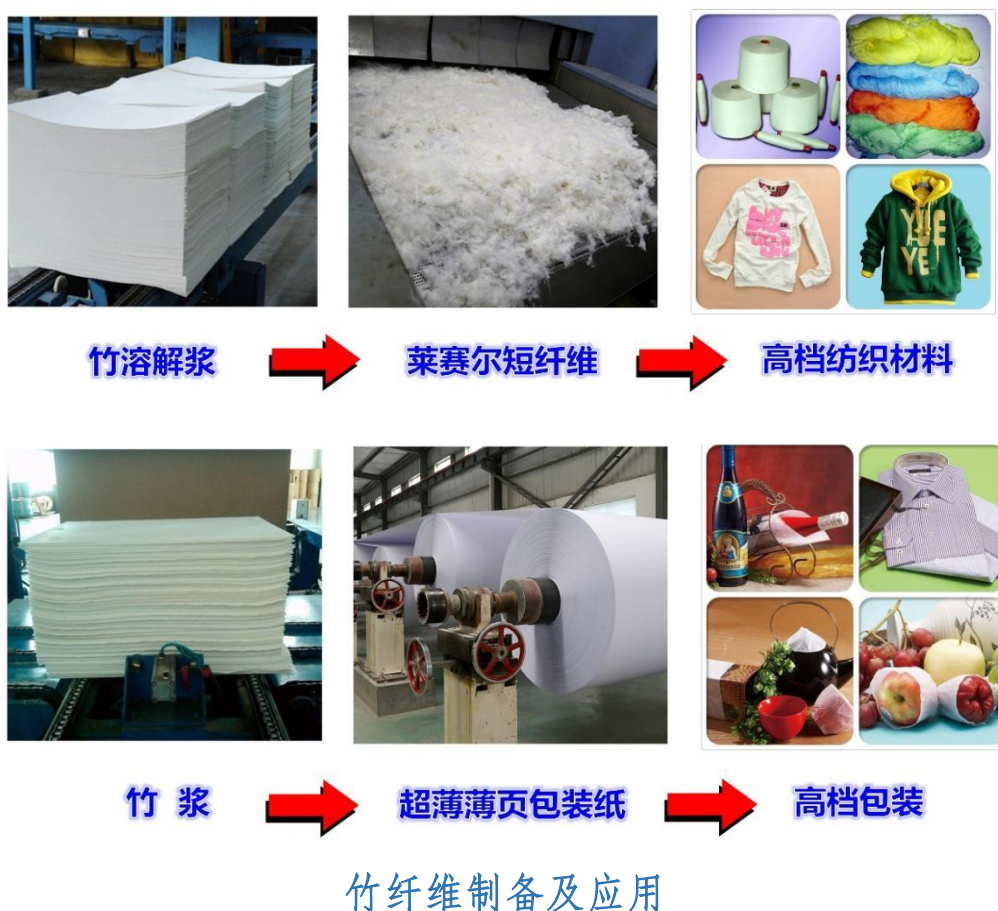
以竹材为原料，创新了竹材预水解硫酸盐法间歇置换蒸煮和无元素氯漂白技术，开发出高得率、高白度的造纸用漂白竹浆，得率、白度、粘度分别达到 45%、87%ISO、850mL/g；开发出高 α -纤维素、高粘度和高白度的纺织用竹溶解浆， α -纤维素、动力粘度、白度分别达到 95%、8.3mPa·s、87%ISO。

以竹溶解浆为原料，N-甲基吗啉-N-氧化物为溶剂，研制出 N-甲基吗啉-N-氧化物溶剂回收技术，开发出竹莱赛尔短纤维，纤维干断裂强度大于 3.2cN/dtex，湿断裂强度大于 2.5cN/dtex。

以竹浆为主要原料，开发出低定量的包装纸， 14g/m^2 薄页包装纸和 17g/m^2 拷贝纸；开发出高强度、高不透明度的壁纸原纸，强度达到 3.25kN/m （纵向），不透明度达到 97%。

四、典型案例

在福建青山纸业股份有限公司、贵州赤天化纸业股份有限公司、四川永丰浆纸股份有限公司等公司推广应用，节能、减排、降耗效果显著，实现了竹加工清洁生产，带动了竹产区经济发展和农民致富。



林农剩余物气化关键技术创新及产业化应用

完成单位：南京林业大学

完 成 人：周建斌

成果简介：

一、技术特点

面向双碳战略、清洁供热的国家重大需求，针对数量巨大的农林生物质废弃物高值化利用难的瓶颈问题，以及传统生物质气化产品单一、副产物存在废水废渣污染的难题，南京林业大学项目组在国内外率先提出“生物质气化供热联产电、炭、肥”的创新发展思路，构建了完全自主创新、国际领先水平的生物质气化多联产关键技术体系，实现了农林生物质废弃物规模化应用。

二、适用范围

该技术应用地域广阔，从东北、西北到海南均可适用；对生物质原料适应性广，可根据原料种类（如果壳、木块、竹块、秸秆、稻壳等）、原料产量和产品需求（如供热、发电、活性炭、炭基肥、液体肥等），采用合适的技术路线。项目技术已在江苏、河北、江西、山东、辽宁、浙江、安徽、海南等地应用，建成多项生物质利用工程。例如：竹木气化集中清洁供热工程，杏壳气化供热/发电联产活性炭、肥、热工程，果木废料清洁供暖联产活性炭工程，秸秆城镇清洁供暖工程，稻壳气化发电联产稻壳炭工程，生物质气化液制备

液体肥工程，生物质气化炭制备生物质炭基肥工程。

三、应用方法

1.生物质气化定向调控“热、电、炭、肥”多联产关键技术体系。针对生物质原料复杂多样、单一气化技术适应性差的问题，基于壳状类、块状类、粉状类原料特性，研发了下吸式固定床、上吸式固定床、流化床气化供热/发电定向联产活性炭、炭基催化剂、炭基肥、液体肥的关键技术体系，即：壳状类（如杏壳）下吸式固定床气化供热/发电联产活性炭、液体肥的关键技术，块状类（如木块、竹块）上吸式固定床气化供热/发电联产工业炭的关键技术，粉状类（如秸秆）流化床气化供热/发电联产炭基肥的关键技术。2.连续化、自动化、规模化生物质气化多联产系列成套装备。针对气化设备规模小、稳定性差等难题，创制了供 30t/h 锅炉或 5MW 发电的多联产装备；发明了气化可燃气干式分离装置，实现了燃气净化，满足内燃机发电长期运行要求，研发了稳定低氮清洁燃烧装备。3.气化副产物靶向制备炭基催化剂、炭基肥、液体肥等系列产品。针对气化副产物废弃污染、利用难等问题，靶向开发了炭基催化剂、pH 可调的炭基肥，研发了气化液与营养物的长效均相、螯合互溶技术，建成气化液肥生产线，解决了气化副产物利用的难题

四、典型案例

1.杏壳气化供热联产活性炭工程。该工程在生物质气化-热燃气燃烧供暖的同时，得到高价值的活性炭产品。每年为小区、宾馆供暖 50m²，生产活性炭 6000 吨，热水（80℃）

40 万 t，节约标煤约 3.84 万 t。



杏壳气化供热联产活性炭项目

2. 竹木气化-30t/h 清洁工业供热工程。项目包括气化联产系统、蒸汽锅炉系统、锅炉车间、原料仓库、炭储存仓库、供热管道等。年消耗竹木废弃物 7 万 t，蒸汽供应能力 25 万 t，替代煤炭和天然气为当地工业园区清洁供热，产生了良好的经济与环境效益。



竹木气化集中清洁供热项目

主要经济林废弃物基质化利用关键技术

完成单位：中国林业科学研究院亚热带林业研究所

完 成 人：张金萍

成果简介：

一、技术特点

针对我国油茶、核桃等经济林果壳和修剪枝条因处理技术欠缺造成的资源浪费和环境污染等问题，采用障碍因子解析、菌剂筛选、生物脱毒处理和栽培食用菌、高温有氧发酵和基质化育苗等方法，共筛选高效降解障碍因子菌剂 3 个、栽培食用菌基质配方 10 余个、培育花卉苗木和中药材 30 余种，构建了经济林废弃物生物脱毒熟化栽培食用菌和经济林废弃物与不同辅料高温有氧发酵及发酵产品栽培花卉苗木关键技术体系，实现了我国经济林废弃物从“污染源”向“资源”的根本性转变。

1.经济林废弃物基质化利用的障碍因子主要是纤维素、木质素和次生代谢物，筛选了高效降解障碍因子菌剂 3 个。
2.建立了经济废弃物物理-化学-生物三步法脱毒熟化和栽培赤松茸等食用菌基质配方及技术体系，经济林废弃物在食用菌基质中添加量提高 30%以上，菌菇产量和氨基酸含量显著提高。
3.建立了混合氮源调节碳氮比、添加自适应菌剂、全自动鼓风等经济林废弃物纳米膜高温有氧发酵技术体系，发酵时间由常规 1 年缩短至 30~40 天，发酵产品在育苗基质中

占比达 60%以上，替代泥炭培育花卉苗木 30 余种。

二、适用范围

已在安徽、浙江、江西等省份的企业和林场中推广应用。经济林废弃物基质化栽培食用菌技术适宜全国经济林修剪枝叶就近处理后于林下栽培赤松茸等食用菌；经济林废弃物基质化育苗技术适宜全国拥有大量经济林废弃物、生产有机肥和育苗基质、培育花卉苗木、中药材的中小型企业、农户或林场中应用。

三、应用方法

1.经济林废弃物基质化林下栽培赤松茸

将经济林修剪枝叶、果壳、林地清理的灌木等集中处理。主要步骤包括：

（1）林地选择与清理。选择交通方便、地势平坦、水源充足、排水良好的林地，清除林下杂灌和种菇区域采伐剩余物，郁闭度 ≥ 0.7 的应先疏伐抚育。

（2）栽培原料制备。将经济林废弃物粉碎至 12~16mm，加水调含水率至 70%左右，加生石灰搅拌均匀，建堆半发酵 1 个月，中途翻堆 1 次，并补水。将半发酵物料与配方中的其它原料混合搅拌均匀，加水至含水率 70%左右，建堆发酵 15~20 天，堆温 50~75℃，中间翻堆 3 次，待料温降至 28℃以下铺料播种。

（3）种植时间与方法。当地最高气温在 25℃以下投料播种，以 9 月下旬至 11 月中旬最佳。按 20~25kg/m²投放干料，菌种用量 0.5~0.7kg/m²，铺料播种采用 2 层菌种、3 层

料、并在料面覆土 3cm。

(4) 出菇期管理。出菇期林中空气湿度 85%以上,栽培料含水率 55~70%。

2.经济林废弃物堆肥化和基质化育苗

(1) 高温有氧发酵。人工控制经济林废弃物和其它辅料颗粒度至 5~10mm、水分 55~60%、碳氮比 25~40,添加功能微生物菌剂,在一定通气条件下通过纳米膜辅助高温($\geq 55^{\circ}\text{C}$)有氧发酵 30~40 天,将经济林废弃物转化为安全、稳定的含碳和一定养分的有机物料。

(2) 复配和育苗。以经济林废弃物发酵产品为主要原料,按照目标配方与河沙、珍珠岩、蛭石、泥土、草炭等原料进行基质配制和育苗。

四、典型案例

在浙江淳安、建德,江西宜春建立了经济林废弃物林下栽培赤松茸示范基地。在浙江淳安、建德、富阳、海宁,安徽太湖等地建立经济林废弃物纳米膜高温有氧发酵系统 12 个,发酵产品培育花卉苗木 30 余种 9000 万株。经济林废弃物发酵产品市场售价 300~400 元/ m^3 ,根据原料成本和机械化程度成本价 50~100 元/ m^3 。



油茶修剪枝条和果壳林下栽培赤松茸



经济林废弃物纳米膜高温有氧发酵



油茶果壳发酵产品培育油茶苗

黄酮竹酒及其生产技术

完成单位：国际竹藤中心

完 成 人：汤锋

成果简介：

一、技术特点

针对传统竹筒酒普遍存在的生产工艺落后，产品技术指标不稳定等问题，本成果采用微孔技术将基酒(高度白酒)注入活立竹中，通过优化基酒、竹龄和陈酿时间等关键参数，使基酒在活竹中富集活性多糖、矿物质等成分后，添加外源竹叶黄酮提取物，再进行混合、勾兑、灌装。黄酮竹酒既保留了竹筒酒色如琥珀，入口绵甜，竹香浓郁，自然清纯的风味和富含矿质元素的特点，又显著提高了产品中黄酮等活性成分含量，解决了传统竹筒酒产品酒精度和容量差异大，活性成分含量低，保质期短等技术问题。利用本成果生产的黄酮竹酒，酒精度(25℃)/(% vol): 25 ~ 45; 总酸(以乙酸计)/(g/L): ≤ 6.0 ; 总糖(以葡萄糖计)/(g/L): ≤ 300 ; 总酯(以乙酸乙酯计)/(g/L): ≥ 0.20 ; 干浸出物/(g/L): ≥ 0.30 ; 甲醇/(g/L): ≤ 0.6 ; 铅/(mg/L): ≤ 0.18 ; 异荭草苷/(g/L): ≥ 5.0 ; 异牡荆苷/(g/L): ≥ 5.0 ; K/(mg/L): ≥ 200.0 ; Mn/(mg/L): ≥ 2.0 。与传统竹筒酒相比，主要技术指标稳定可控，具有显著优势。本成果通过了中国林产工业协会组织的新产品鉴定，鉴定委员会一致认为，达到国内领先水平。

二、适用范围

本成果适用于我国南方竹产区，主要包括广东、广西、云南、贵州、福建、浙江、安徽、江西、湖南、湖北、四川等省区，毛竹等各种中等径级(直径 6cm 以上)的竹种均可以生产黄酮竹酒。

三、应用方法

1.竹园选择。海拔 300~1000 m、坡度 10~20°的竹园为宜，最大坡度不宜超过 25°；背风向阳，东、南阳坡向；土壤平均厚度 50cm 以上，林下腐殖质丰富；水源条件较好，交通方便；林班自然生态完整，无人畜、野生动物侵害，无污染物。胸径 6cm 以上，干材通直。竹节间距长 20~25cm，分布均匀，无病虫害危害，长势良好。

2.竹园管理。按照正常管理即可。

3.基酒选择。一般选择国标白酒，香型可选浓香型、清香型、浓酱兼香型原浆白酒；根据竹筒酒生产过程和陈酿时间及所需目标产品的酒精度数确定。

4.注酒。选择 1~3 年生毛竹或中等径级竹种，一般每公顷竹林选择 600~700 株，避免选择沟边、林缘或山脊。在所选立竹 1.0~1.5m 处，每株选用 2 节，间隔 1 节种酒。在晴朗无风的天气，选用专业注酒设备和小型直流电钻，2mm 钻头，在所选竹节“对坡向”上方，钻孔将基酒注入竹筒。一般注入 500mL/节左右，注入后密封。

5.采收与包装。基酒在竹腔内自然陈酿，酒精度随着陈酿时间延长迅速下降，需要根据目标产品酒精度，适时掌握

采收时间，一般陈酿 1~2 个月采收。

6.勾兑、灌装。取出鲜竹酒，添加外源竹叶黄酮提取物，再进行混合、勾兑、灌装。

四、典型案例

本成果已在安徽太极洞酒业有限公司、深圳市金色盆地科技有限公司等地生产，产品技术指标均满足相关标准。经第三方检测，酒精度为 32.9°，净含量 503.2mL/瓶，总酸(以乙酸计)为 2.4g/L，总糖(以葡萄糖计)为 21.6g/L，总酯(以乙酸乙酯计)为 1.66g/L，干浸出物为 25.5g/L，甲醇为 0.167g/L，荭草苷为 1.06mg/mL，异荭草苷为 5.13mg/mL，牡荆苷为 0.82mg/mL，异牡荆苷为 5.18mg/mL，K 278mg/L，Mn 2.38mg/L，铅未检出。



黄酮竹酒



注酒现场

黄精活性成分高效制备技术

完成单位：国际竹藤中心

完 成 人：汤锋

成果简介：

一、技术特点

黄精(多花黄精、黄精和滇黄精)是一种药食同源的名贵中草药，既可作为功能性保健食品，也可作为普通食品。针对目前黄精主要以原材料或加工成黄精白片、蜜饯、糖糕等初级产品销售，未能充分利用黄精活性成分，资源有效利用率低，原药材浪费现象严重；产品科技含量低，功能性保健食品少等问题，本成果研究提出了黄精活性成分高效制备技术，具体包括黄精活性成分超声波协同纤维素酶提取技术，黄精多糖含量 $\geq 35\%$ ，皂苷含量 $\geq 10\%$ ；黄精多糖分级提取、纯化技术，多糖含量 $\geq 80\%$ ；黄精多糖胶囊及其加工技术，胶囊质量 0.2~0.5g/个。黄精深加工关键技术的推广应用，具有显著的经济和社会效益，对于发展林下经济，提高林农收入具有重要作用。

二、适用范围

本成果适用于多花黄精、黄精和滇黄精等药食同源黄精药材的深加工，成果应用不受地域限制。黄精活性成分的高效制备，具有植物提取物生产条件，即植物提取生产线和喷雾干燥生产线即可。

三、应用方法

1.黄精切片。黄精药材采用直线往复式切药机切片，厚度 0.2cm，收率 $\geq 99\%$ 。

2.提取。采用纯化水作为浸提剂，按料液比 1:12(质量/体积)，80℃条件下，一次性浸提，浸提前浸泡 2h，浸提完毕后，抽滤得到黄精多糖提取液，得率约为 31%。

3.纯化。将黄精多糖浓缩液置于搅拌罐中，边搅拌边加入 95%乙醇，使浓缩液乙醇浓度达到 80%，静置 16~20 h，抽滤，收集沉淀，加入适量水溶解，得到黄精多糖溶液。

4.干燥。采用喷雾干燥，进风温度 180~205℃，出风温度 80~105℃，进料速度 9.5Hz，离心喷头 40.5Hz。干燥速度快、时间短，每小时可干燥 150kg 黄精多糖溶液(浓度 30%左右)，得到约 50kg 黄精多糖粉末，一班次可干燥 400kg 黄精多糖产品。

5.黄精多糖胶囊。采用全自动硬胶囊填充机，按操作规程，填充黄精多糖胶囊，220mg/粒。胶囊填充工序物料平衡 97.33%，空心胶囊物料平衡 100%，收率 95.73%。

整个生产过程包括，切片需要 6h，提取前浸泡 2h，加热 0.5h，提取 4h；浓缩 2h，醇沉 20h，干燥 3h，黄精多糖提取约需 36h。

四、典型案例

本成果已在安徽金寨乔康药业有限公司应用，改建黄精多糖生产线 1 条，提取生产能力达到 10 吨/年；黄精多糖得率约 31%，经第三方检测，多糖含量达 82.84%；编写了《黄

精多糖胶囊工艺规程》和《黄精多糖胶囊》。



黄精提取生产线



黄精多糖喷雾干燥装置



黄精多糖及胶囊

信息监测

基于多源数据的林火精准监测关键技术

完成单位：中国林业科学研究院资源信息研究所

完 成 人：符利勇

成果简介：

一、技术特点

针对当前森林防火中存在的数据来源单一、视频监控覆盖面窄、人工劳动强度大、漏报率高、火点定位精度低等突出问题，聚力攻关多源数据耦合并行处理、林火精准识别、烟火定位与动态追踪等三大关键技术难题，推动实现了覆盖全阶段的预防、监控、识别、报警、指挥、扑救全方位数字智能一体化联动的森林防火监测与应急综合监管。

二、适用范围

依托项目成果，牵头制定我国无人机森林防火领域首项国家标准《森林草原防火无人机巡查技术规范》（计划号：20240345-T-432），并在 20 余省区的森林和草原防火中得到应用，尤其支撑了 2022 年北京冬奥会森林防火保障、昆明 413 大火的现场指挥工作，有效提高了建设区森林防灭火能力，显著降低了森林火灾发生率，累计产生直接经济效益达 11.85 亿元，综合社会效益显著。目前，项目集成平台已纳入国家林草局生态网络感知系统，进一步转化推广的条件充沛、前景广阔。

三、应用方法

1.针对灾前阶段，提出了基于多尺度深层次特征的多源遥感数据空谱融合算法，创建了全国尺度四级可燃物分类体系，实现了大范围、高精度灾前风险预警。

2.针对灾中阶段，提出了基于鲁棒多视角的高性能森林烟火识别技术，构建了结构稀疏驱动的鲁棒视觉表征模型，创立了基于网络 RTK 和 SSR 空间域差分定位的高精度烟火点定位技术，实现了灾中早期“小目标”森林烟火实时精准识别和定位。

3.针对灾后阶段，提出一种高效的轻量型火烧迹地检测网络（BASNet），构建了邻域内插-邻域平滑-双正切树冠边界识别算法，提出了含随机效应和度量误差的森林生物量反演模型理论体系，实现了灾后损失精准化、精细化评估。

四、典型案例

在 2022 北京冬奥会冬残奥会森林防火智能巡护中，先后识别预警早期火情 13 次，并全程协助森林消防应急扑救，保障了奥运会期间的生态安全，得到奥组委、地方政府等相关单位的高度肯定和赞扬；在 2020 年昆明 4·13 大火天空地森林防火预警应急指挥中，应用项目成果集成天空地森林防火预警应急系统，对火势走向、过火区域面积、受损林分、火场人员物资运输路线等指挥要素作出快速分析，为昆明市火灾扑救及灾后救援提供科学有力支撑，获得地方致函表彰。



森林防火监测与应急综合监管系统平台



烟火的实时检测



2022 北京冬奥会森林防火支撑保障纪念章

单木-林分尺度人工林资源遥感精细监测技术

完成单位：中国林业科学研究院资源信息研究所

完 成 人：陈尔学

成果简介：

一、技术特点

我国当前森林资源二类调查业务对小班平均树高、蓄积量和郁闭度的调查仍然采用基于角规/标准样地的实测/目测调查法，地面工作量巨大，结果受调查人员主观影响大，成果质量参差不齐；现有小班人工林类型遥感分类方法通常只将森林类型分为针叶、阔叶和混交等几个大类，可区分类别较粗，分类的自动化程度和精度都有待提高。迫切需要充分利用新一代遥感、机器学习等信息技术，提高人工林资源专题信息遥感提取技术水平，完善现有二类调查技术体系。

二、适用范围

人工林平均高、蓄积量、郁闭度等遥感精准估测技术，已在内蒙赤峰市旺业甸实验林场、湖南省攸县黄丰桥国有林场、黑龙江省自然资源权益调查监测院等地区开展了示范应用，示范面积达 40354.30km²；人工林类型遥感精细分类技术，已在内蒙古赤峰市旺业甸实验林场、广西南宁市高峰林场、安徽利辛县、北京延庆野鸭湖湿地自然保护区、福建省云霄园岭国有林场等地开展示范应用，总示范面积达 395.36km²。

三、应用方法

1.提出了一种可有效联合地面样地调查数据、无人/有人机遥感抽样数据和卫星遥感数据等多尺度数据，分两步估测森林参数及其误差的层次回归克里格(RK-GHMB)方法，实现了天-空-地多源“立体”观测数据的一体化协同应用，为充分利用现代遥感技术，降低森林资源二类调查成本提供了一种有效技术途径。

2.提出了多源、多时相和多模式的遥感卫星影像组合的智能化特征筛选和 AdaStacking 自适应集成模型，显著改善了单一的估测模型易出现的“饱和”和“过拟合”等现象，人工林分蓄积量的估测精度达到 76.1~83.7%。

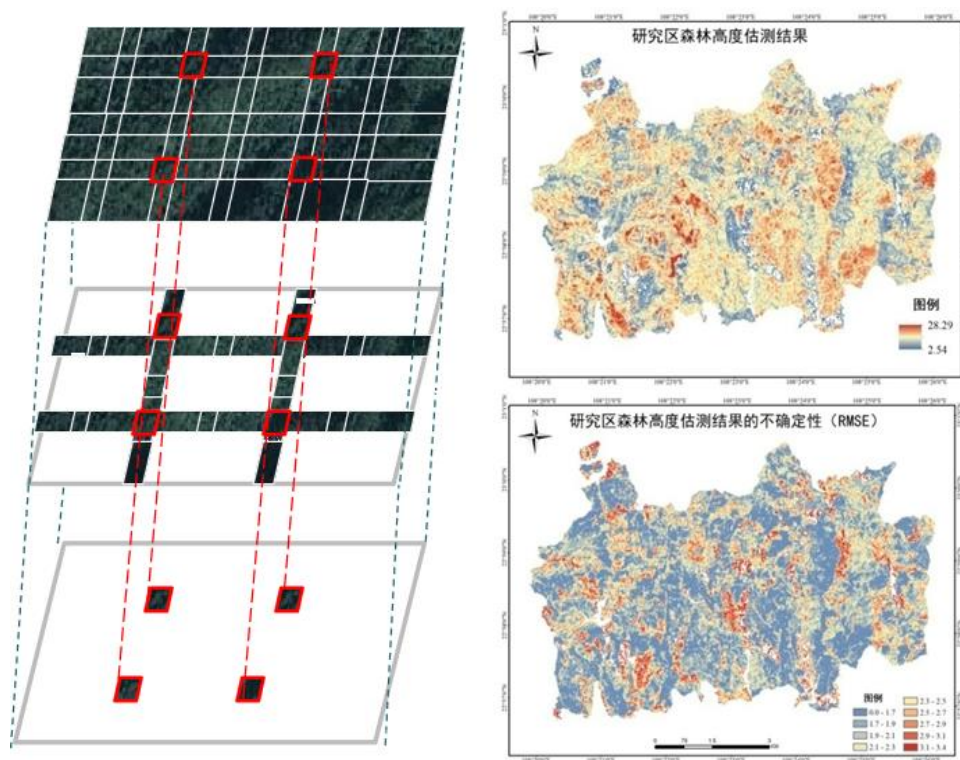
3.提出了一种基于自动分层和关键特征变量选取的决策树人工林类型遥感分类方法，山地试验区分类总精度达 85.2%，比随机森林和分类回归决策树分别提高了 4.8%和 9.5%，生成的决策树具有可视化、简单、可解释的优势。

4.针对全色和多光谱卫星遥感空间分辨率高、光谱/时相分辨率较低特点，提出了一种深度学习集成分类方法：双支 FCN8s-CRFasRNN，比传统支持向量机分类方法精度提高 10% 以上，各个类别的分类效果均有改善。

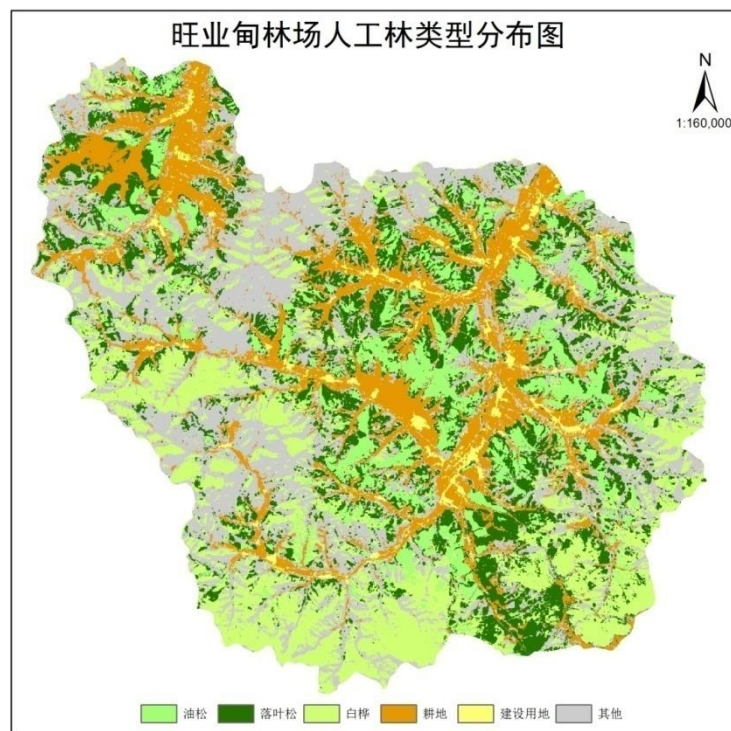
5.创新了机载高光谱人工林类型深度学习树种分类方法：3D-1D-CNN，提出了机载高光谱人工林类型小样本深度学习树种分类方法：IPrNet 原型网络，有限训练样本情况下，树种类型分类精度优于 93.0%。

四、典型案例

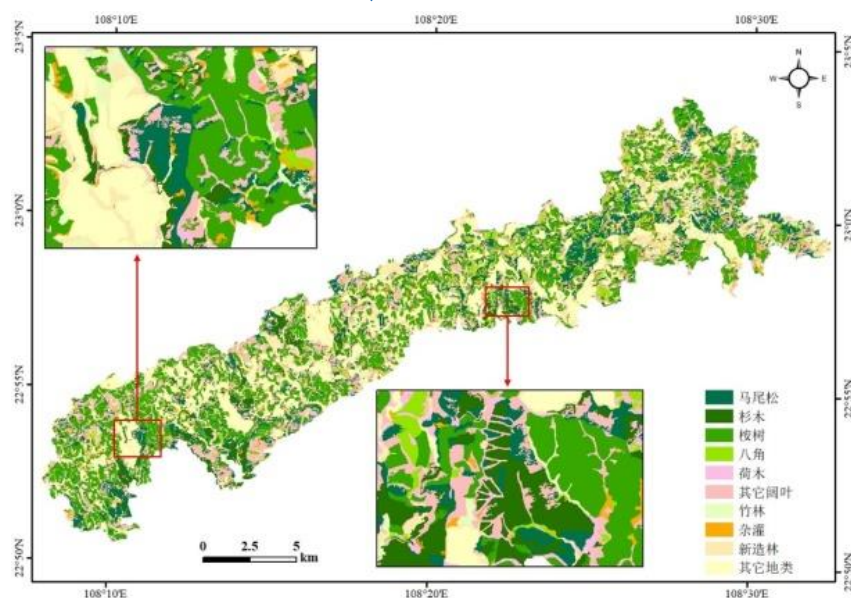
该成果基于“天空地”多源观测数据的森林参数定量估测方法，可用于实现落实到山头地块的林分郁闭度、蓄积量、平均高等参数定量估测，适用于森林资源二类调查小班定量属性信息调查更新业务；该成果基于卫星和机载多源遥感影像实现小班优势树种（组）类型精细分类方法，可有效提升人工林类型遥感分类的详细程度、精度和效率，有利于降低二类调查、林地一张图年度更新、森林资源一张图年度调查等业务对人工目视解译的依赖程度，可推广应用于湿地、自然保护区等资源监测业务，提高监测效率和成果质量。



星-机-地多源观测协同森林参数估测技术框架示意图（左）及森林高度估测结果（右上）和估测结果不确定性分布图（右下）



基于 GF-2 卫星遥感影像制作的赤峰旺业甸林场人工林类型分布图



多光谱遥感影像人工林类型分层决策树分类结果

人工林三维可视化模拟技术

完成单位：中国林业科学研究院资源信息研究所

完 成 人：张怀清

成果简介：

一、技术特点

森林是陆地生态系统的主体，是陆地生态平衡的调节中枢，对于保障国家生态安全、保护生物多样性和调节气候发挥至关重要的作用。我国森林仍面临结构不合理，质量较差、生产力低下等状况，低质低效林存在结构单一、生物多样性低、生态稳定性差等问题，森林经营是提高森林质量、增强生态系统功能最重要、最有效的途径。由于森林经营受树木生长周期长、森林类型复杂、实施困难等因素影响大，存在森林经营效率低、智能决策能力弱等突出问题，制约了森林质量提升目标的实现。成果针对这一突出问题，研发人工林三维可视化模拟技术，为开展科学森林经营智能决策提供全新的技术手段，推动了森林经营决策技术的更新升级。

二、适用范围

项目成果在广东、贵州、湖南、江西、海南、黑龙江、内蒙古等多个省市（自治区）开展了推广应用，有力地支撑和推动了当地森林高效经营、森林质量精准提升等业务工作，产生了显著的经济、社会和生态效益。成果在森林资源监管、森林生长预估、森林精准经营、森林生态功能评估、林业产

业发展、古树名木保护修复等领域具有广泛的应用前景。

三、应用方法

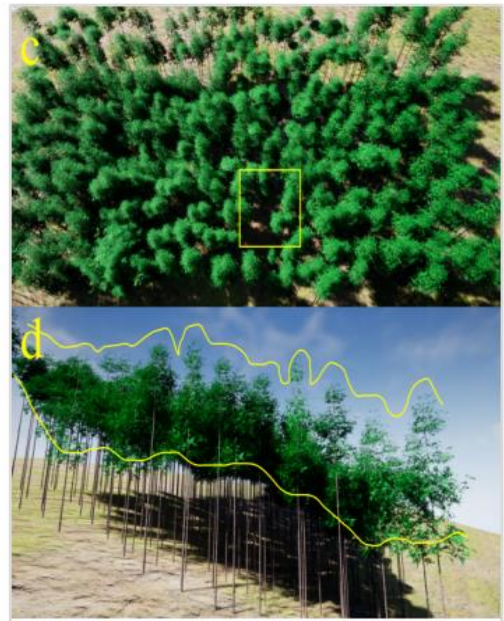
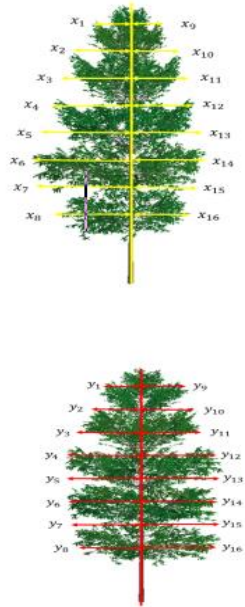
1.针对树木形态结构参数提取效率低、精度差的突出问题,研建了空-地三维扫描与图像识别相结合的树木特征参数AI智能高效精准提取算法,实现了树木单株、器官形态与分枝结构特征信息的精准提取。针对“一树千面”树木多态性三维建模困难的突出问题,创建了分形-构筑联动的树木形态-结构耦合建模技术,解决了树木建模中存在的绝对自相似性、三维建模效率低的难点。

2.构建了林分水平结构和垂直结构相联立的林分空间结构异质性多维耦合建模方法,实现对“异龄-混交-复层”等结构特征复杂林分的多维精准表征。研发了林分生长生理生态过程表达与建模方法,创新了林分结构-生长-环境的交互作用与动态耦合技术,实现了不同结构和环境条件下林分生长动态可视化模拟。

3.研发了多目标、流程化的森林经营模拟技术,实现了森林经营措施参数化交互、森林结构-生长-经营过程协同、经营目标和措施协调三维可视化模拟。创建了森林经营数字孪生智能模拟与决策系统平台,解决了森林经营实验试错成本高、智能化决策能力弱等难题,实现了以数据流为驱动的森林经营智能决策与预测模拟,改变了该领域长期依靠国外技术系统的现状。

四、典型案例

成果应用于湖南黄丰桥国有林场、江西分宜县山下林场等多个林场的森林资源智慧监管工作,显著提升了森林资源监管效率和水平。通过无人机和地面调查进行林场信息的精准获取,



森林生长动态模拟

建立智慧林场管理数字孪生系统,实现了林场森林资源信息



森林结构分析与优化

的同步采集和更新，资源生长动态智能模拟和预测，森林结构精准分析和优化，森林经营智能决策等功能。解决了林场森林资源管理中存在的数据获取效率精度低、森林资源生长预估精度低，森林资源管理粗放，森林经营管理决策能力弱等突出问题，减少实验试错成本，提升了森林资源高效、精准、智能化管理水平。



森林经营数字孪生智能模拟平台

基于高分辨率遥感数据的森林生物多样性监测

完成单位：中国林业科学研究院资源信息研究所

完 成 人：庞勇

成果简介：

一、技术特点

针对传统样地调查难以大范围监测森林生物多样性的难题，本成果融合多源高分辨率遥感数据（激光雷达、高光谱、卫星影像）与地面观测，构建了多尺度森林生物多样性监测体系。通过开发波形激光雷达数据处理算法、多源遥感特征融合模型，实现了森林垂直结构参数、物种多样性指标的精准反演，并揭示了生物多样性与生产力的空间关联机制。成果突破了复杂地形下遥感数据的地形校正、植被-地面信号分离等技术瓶颈，为大范围森林生态监测提供了高效、可复制的技术方案。

二、适用范围

1.已应用区域

成果已在浙江省古田山国家级自然保护区、云南省普洱市太阳河公园以及海南省霸王岭国家公园开展示范应用。在古田山地区完成了机载数据采集，构建了森林生物量反演模型（ $R^2=0.86$ ， $RMSE=18.48t/ha$ ），绘制了生物多样性空间分布图。

2.预期应用区域

预计可在我国亚热带常绿阔叶林分布区（如福建、江西、湖南）及地形复杂的林区推广，尤其适用于自然保护区生物多样性动态监测、碳汇评估及森林资源管理场景。

三、应用方法

1.多源数据融合观测体系构建

建立乔木物种多样性小样方，量测胸径、冠幅等参数、开展物种鉴定及空间定位。利用中国林科院 CAF-LiCHy 和 LiThy 机载遥感系统获取高分辨率全色影像、高光谱数据及高密度的激光雷达点云，结合 GF-2 卫星影像，构建包含光谱、纹理、空间结构的多维度数据集。

2.激光雷达数据精细处理技术

提出“波形椭球”概念，通过高斯参数提取与辐射标定，构建由波形增强参数（WAP）组成的特征向量，结合随机森林分类算法实现植被与地面点云的高精度分类（总体精度>97%）。开发微地形分类算法，通过迭代内插生成地表曲面模型，利用高斯混合模型剔除低矮植被干扰，同时基于归一化高度、线性度等特征自动识别林区建筑物与电力线，纯化植被点云数据。

3.生物多样性反演模型开发

基于机载高光谱数据提取植被指数（如红边反射率均值、叶绿素指数）及 GLCM、SADH 纹理特征，结合激光雷达冠层高度模型（CHM），利用机器学习实现树种分类（总体精度 94.9%）。构建功能多样性指数（FRic、FDiv、FEve）与

物种多样性的关联模型，开展遥感观测的 Shannon-Wiener 指数与功能丰富度指数（FRic）的相关性建模，精度较地面调查提升 30%，基于 GF-2 卫星数据建立的 SVR 模型可有效估测区域物种多样性。

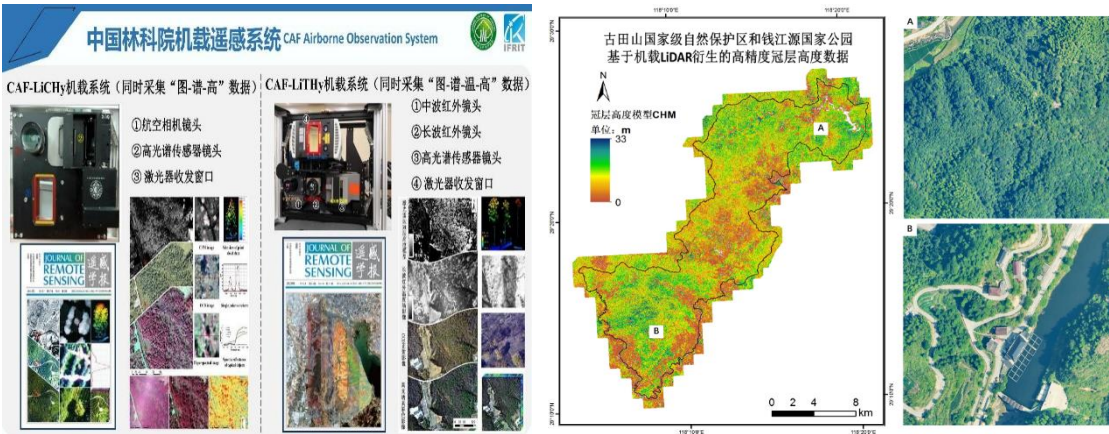
四、典型案例

数据采集：利用 CAF-LiCHy/LiTHy 机载系统获取浙江古田山国家级自然保护区机载数据，包括 LiDAR 点云、高光谱影像及航空相片，同步更新地面样地调查数据。

数据处理：通过波形增强参数分类剔除地面干扰点，提取冠层高度模型（CHM）与遥感特征计算的植被指数，Shannon-Wiener 指数。

模型构建：基于遥感影像特征计算 FRic 指数与多样性指标建立回归模型，外推反演区域物种多样性空间分布。

结果验证：结合地面样地数据，验证了群落结构对生产力的主导作用。



中国林科院机载遥感系统
保护区 CAF-LiCHy/LiTHy

浙江省古田山国家级自然保
区高精度冠层高度数据

守望林草云平台在林草资源管理与督查中的应用技术

完成单位：国家林业和草原局西北调查规划设计院

完 成 人：李谭宝

成果简介：

一、技术特点

针对林草资源管理中信息感知不全面、森林督查现场反应滞后等行业痛点，创新性应用云计算、大数据、移动互联网与“3S”技术，构建“感知一张网、林草一张图、监管一条龙、共享一平台”的技术体系。通过融合遥感卫星、无人机与地面传感设备，搭建“空-天-地-网”一体化监测网络，配套研发业务应用子系统，实现五级林草部门信息共享，形成从资源动态感知、数据智能分析到业务协同监管的全链条解决方案，推动林草资源管理向数字化、智能化转型，为生态保护与林业可持续发展提供技术支撑。

二、适用范围

守望林草云平台森林督查系统已实现全国全域深度覆盖，为 3100 余个县级单位、团场及国有林管局提供专业化技术支撑，全面驱动森林督查工作向数字化、高效化转型升级。其中“天-空-地-网”一体化监管体系在宁夏、青海、山西等省份规模化推广，通过立体监测网络与智能数据融合技术，可实时感知森林火灾、非法侵占林地、偷猎等生态破坏行为，为监管部门提供分钟级预警响应与处置决策支持，显著提升

林草资源监测的智慧化水平与动态管理效能。

三、应用方法

1.基于遥感云计算平台，融合高性能数据融合与分类算法，创新性耦合光学、雷达遥感影像优势，在三北、黄土高原等区域实现大尺度森林资源动态监测技术突破，大幅提升监测精度，应用跨源数据协同处理技术，实现不同传感器数据的实时校准与融合，为林业宏观决策提供高精度数据支撑。

2.构建遥感卫星-无人机多感知设备集成应用平台，创新集成漫游基站与 MESH 自组网通信技术，实现西部国有林区无盲区通信，研发自适应网络拓扑管理技术，可自动优化信号传输路径，成功支撑 200~500 公顷中等尺度生态感知网络的常态化运行。

3.研建林草资源监管系统，实现国家、监测区、省、市、县级五级林草部门信息实时共享，构建“天-空-地-网”一体化监管体系。依托守望林草云平台的分布式协同架构，推动资源监管工作效率显著提升，较传统监管模式具备跨层级业务流程自动化处理的显著优势，助力林草治理体系现代化转型。

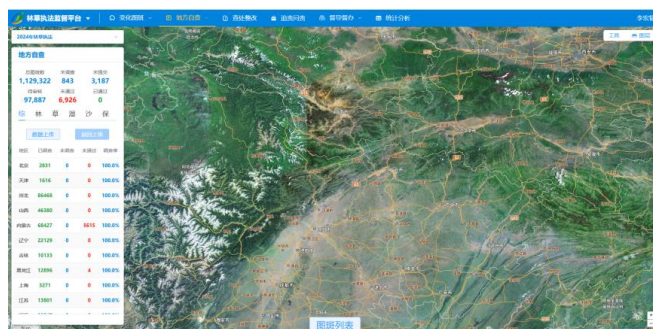
4.基于信息熵地理空间数据自组织方法，构建多源异构数据语义集成模型，实现林草资源数据的高效集成与迁移分析。平台搭载的智能数据治理引擎可自动识别数据关联规则，使数据存储管理效率提升 40%，在多源数据融合处理与大规模集群计算方面形成底层技术优势，为大数据应用提供强力支撑。

四、典型案例

守望林草云平台森林督查系统以数字化引擎，融合“3S”、无人机与云计算技术，构建含近百万矢量图斑、海量高分辨率卫星影像的资源数据中心，配套多维统计分析、无人机巡查等信息服务。在全国疑似违法图斑核实工作中，通过智能算法实现线上自动化审核，单批次图斑处理时间从传统人工的48小时缩短至16小时，作业效率提升了66.7%，形成“数据驱动-智能审核-精准监管”的现代化新范式，为守护我国森林资源、筑牢生态安全屏障提供了坚实的技术保障。



守望林草云平台



森林督查系统

基于森林资源清查优化体系的生态系统监测技术

完成单位：国家林业和草原局调查规划设计院

完 成 人：张煜星

成果简介：

一、技术特点

自上世纪 70 年代开始，我国建立了以省（自治区、直辖市，以下简称省）为总体的森林资源连续清查体系。为满足新世纪以来我国林业和生态建设对森林资源调查监测新的重大需求，从第六次（1999~2003）全国森林资源清查开始，积极优化完善森林资源连续清查体系，全面引入遥感技术，开展了天空地一体化监测研究试点，研建了立木生物量和碳储量计量标准，构建了森林生态功能效益监测评价体系，逐渐形成基于森林资源清查优化体系的生态系统监测技术。项目成果对提升我国森林资源调查水平，建设森林生态系统监测体系，服务于现代林业发展和生态文明建设，具有重要的现实意义。

二、适用范围

自第七次全国森林资源清查以来，项目研究形成的关键技术成果逐步在国家林业和草原局各区域森林资源监测中心、各相关业务主管部门、各省林业主管部门和各大林业院校的国家级和省级森林资源调查监测、森林生态功能效益评估及相关科研工作中得到推广应用。尤其是项目研建的关于

森林生物量和碳储量计量及森林生态功能和效益监测评价的国家标准和行业标准，更是被相关科研机构 and 大学院校在国家自然科学基金和国家重点研发计划等项目或课题中得到广泛应用，具有良好的应用前景。

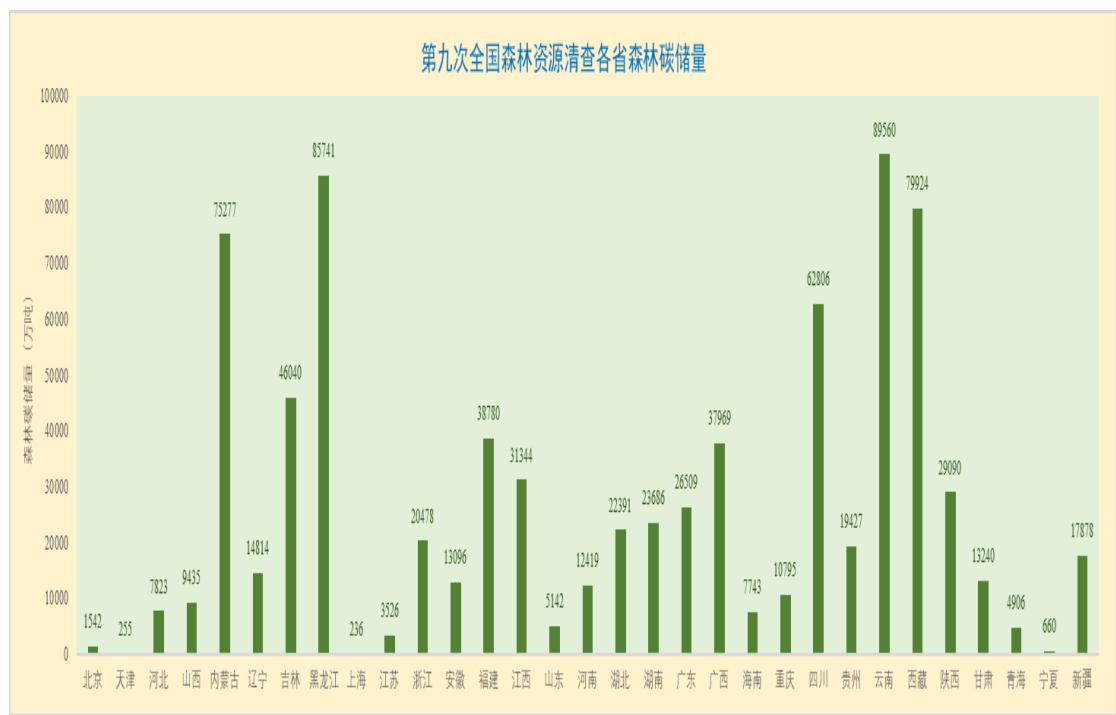
三、应用方法

项目的主要技术要点包括：1.紧扣国家生态文明建设对森林资源管理的重大需求，开展了全国森林资源和生态状况综合监测体系建设框架研究，为实现森林生态系统监测奠定了理论与技术基础；研究重构了调查监测指标体系，创新了多阶遥感监测技术方法，实现了清查内容由森林面积蓄积向生态系统调查转变，技术方法由地面调查向地面与遥感相结合的天空地一体化监测转变；2.紧扣国家应对气候变化对森林碳汇的重大需求，创新性提出了基于哑变量和误差变量相容性立木生物量联立方程组建模技术，形成了立木生物量建模样本采集和建模方法技术标准，研建了全国主要树种的森林生物量和碳储量计量标准体系，首次基于清查样地调查数据完成了全国和各省森林生物量、碳储量核算；3.紧扣国家森林生态资产绿色核算等对生态系统服务功能评估数据的重大需求，将森林生态系统定位观测体系和森林资源清查体系耦合，建立了国家和省域尺度的森林生态功能与效益监测技术体系及相应的国家标准，首次实现了覆盖全国的森林生态系统服务功能分布式精准评估；4.紧扣森林资源清查海量数据信息管理的重大需求，研建了森林资源清查数据管理和集成应用服务平台，为森林经营管理和林业生态建设提供了

大数据技术支撑。

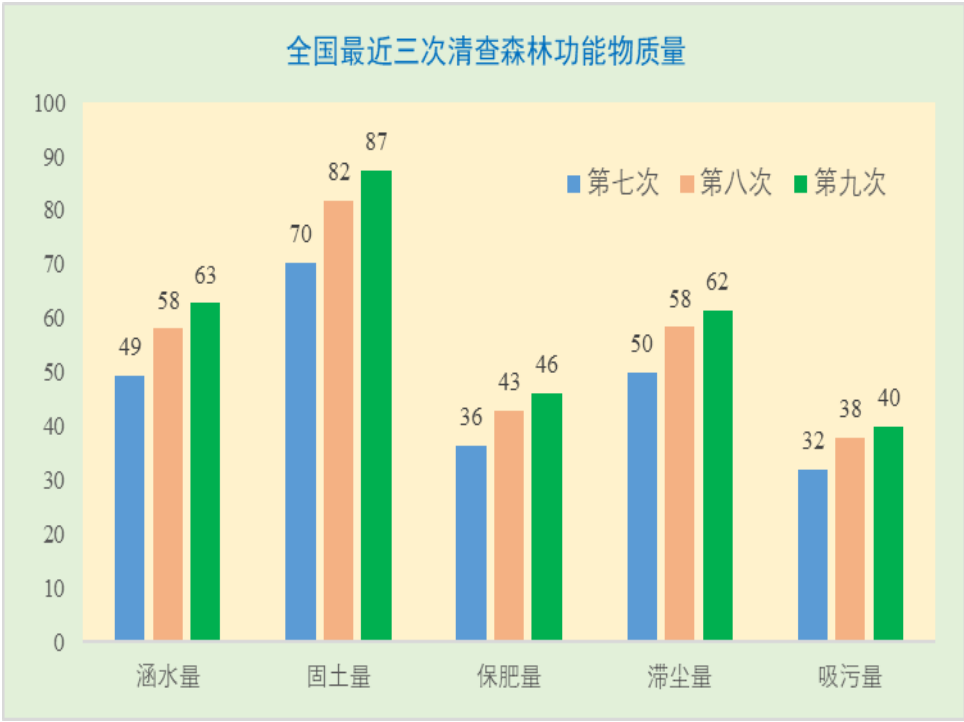
四、典型案例

本项目研发的主要树种立木生物量模型和碳计量参数系列行业标准（现已整合为国家标准 GB/T43648），首次应用于第九次全国森林资源清查，精确核算了全国和各省的森林生物量和森林碳储量，计算结果精度高于常用的 IPCC 法和连续函数法的估计值。



第九次全国森林资源清查各省森林碳储量

本项目研发的森林生态功能分布式评估方法，解决了从点到面的模型模拟和尺度转换问题，在第七、八、九次全国森林资源清查中得到应用，连续 3 次开展了全国尺度的森林生态系统服务功能评估。并且从 2013 年以来连续开展了退耕还林工程生态效益年度监测，提交了国家报告；还先后在北京、内蒙古、辽宁、吉林、黑龙江、上海、安徽、江西、山东、广东、陕西、宁夏等省（市、区）开展了森林生态系统服务功能评估，应用前景广阔。



全国最近三次清查森林生态功能物质质量

（单位：涵水量百亿吨，固土量、滞尘量亿吨，保肥量千万吨，吸污量百万吨）