

第五批特色经济作物适宜品种全程机械化生产模式与典型案例

(蔬菜、林果、茶叶、中药材)

农业农村部农业机械化总站

农业农村部特色经济作物全程机械化专家指导组

2026 年 1 月

目 录

一、蔬菜全程机械化生产模式与典型案例	1
1、绿叶菜固定道全程机械化生产模式与典型案例	1
2、露地胡萝卜全程机械化无人化生产模式与典型案例	5
3、北京露地生菜全程机械化智能化生产模式与典型案例	8
二、林果全程机械化生产模式与典型案例	12
1、山西盐湖丹霞红梨机械化生产模式与典型案例	12
2、山西临猗大卫嘎啦苹果机械化生产模式与典型案例	18
3、甘肃礼县矮砧密植苹果机械化智能化生产模式与典型案例	22
4、江西金溪翠冠梨新型棚架机械化生产模式与典型案例	27
5、江西新余蜜桔机械化生产模式与典型案例	31
6、重庆长寿柑橘机械化生产模式与典型案例	35
三、茶叶全程机械化生产模式与典型案例	39
1、贵州金沙碾茶机械化加工模式与典型案例	39
2、贵州荔波茶园机械化生产模式与典型案例	44
3、福建安溪铁观音茶机械化加工模式与典型案例	47
4、江苏仪征绿杨春茶叶机械化生产模式与典型案例	52
5、浙江杭州桐庐龙井茶叶机械化生产模式与典型案例	58
四、中药材全程机械化生产模式与典型案例	65
1、甘肃民乐板蓝根机械化生产模式与典型案例	65
2、山西陵川潞党参机械化生产模式与典型案例	69
3、山西盐湖丹参机械化生产模式与典型案例	73
4、安徽太和桔梗机械化生产模式与典型案例	78
5、广西罗汉果机械化生产模式与典型案例	80

一、蔬菜全程机械化生产模式与典型案例

1、绿叶菜固定道全程机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：鸡毛菜、茼蒿、空心菜、菠菜、苋菜、菜心等直播类绿叶菜。

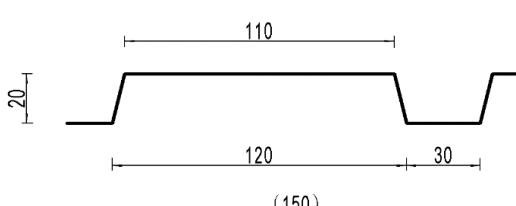
适宜区域：全国露地和设施绿叶菜种植区。

(2) 机械化生产技术路线

机械耕整地—机械直播—机械灌溉、植保—机械收获、机械转运—采后机械处理。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
净园	茎秆粉碎长度≤5cm，埋茬深度≥20cm。	机械耕整地。	悬挂式灭茬机	 蔬菜灭茬机
撒施基肥	根据农艺要求调节撒肥量。只撒于垄面，撒施均匀。		自走式撒施机，轮距与沟距一致。	 有机肥撒施机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
耕整地	 <p>绿叶菜种植垄型图（单位: cm） 先旋耕碎土再起垄(作畦), 垚型如上图。必要时在整地前深耕、深松 30cm 以上。垄面平整, 土壤紧实度一致性好并满足种植农艺要求。垄沟平直、沟宽一致。固定道作业模式下, 起垄机在两侧垄沟内行走, 只对垄体局部进行耕翻整形, 不影响相邻的垄体完整。</p>	机械耕整地。	深翻机、深松机、旋耕机、起垄机。起垄机轮距与沟距一致。	  <p>回转犁式深翻机 振动深松机</p>   <p>旋耕机 悬挂式起垄机</p>
播种	<p>播种量根据不同绿叶菜品种确定, 精量播种、播量可调, 播种幅宽 105cm。在保证播量、播深和行距的前提下, 要求不重播、不漏播。每畦播种必须连续作业, 尽量避免中途停车, 断种及断条。</p>	机械直播。	机械式或气吸式蔬菜播种机。	  <p>手扶式蔬菜播种机 悬挂式蔬菜播种机</p>
肥水田间管理	<p>播种后, 应及时喷水, 确保土壤充分湿润, 即看到沟内有明显积水时可停止喷水。夏季播种后, 应在畦面覆盖遮阳网后再进行喷水, 绿叶菜总体出苗 70%后及时揭除遮阳网。</p>	机械灌溉。	肥水一体化喷淋系统。	 <p>大棚喷淋装置</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
病虫害防治	综合采用生物、机械等高效绿色防控措施。根据病虫害情况，药剂喷洒均匀，覆盖全面。	机械植保。	喷杆式植保车、自走式动力喷雾机。水肥一体化滴灌或喷淋方式喷淋方式。	 喷杆式喷雾机
采收	鸡毛菜、m 苞、茼蒿、菜心等采用土上叶菜收获机进行采收，割幅 120cm 以上，轮间距为 145~150cm。	机械收获。	土上绿叶菜收获机。	  土上叶菜收割机
	中棵青菜、菠菜、芥菜等采用土下叶菜收获机进行采收，割幅 120cm 以上，轮间距为 145~150cm。		土下绿叶菜收获机。	  土下叶菜收获机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
田间运输	轻拿轻放，减少损伤。	机械转运。	轮式或履带式搬运车，载重量 $\geq 100\text{kg}$ 。	 履带式运输车  乘坐式搬运机
包装	净菜后，通过蔬菜包装流水线进行包装，根据销售需求，包装可以袋装或托盘装，包装后自动实现称重和贴标。	机械包装。	蔬菜包装机。	 蔬菜包装机
尾菜处理	尾菜经粉碎和固液分离后，分别进行好氧发酵堆肥和废水沉淀再还田。	堆肥处理。	好氧堆肥装置、厌氧发酵装置。	 蔬菜秸秆堆肥处理装备 

注：耕整地、播种 和收获及转运环节可以辅以智能导航，实现少人化、无人化作业。

(4) 典型基地效益分析

太仓市鹿杨蔬果生产专业合作社结合连栋塑料大棚宜机化改造、多茬口设施周年生产技术，实现了绿叶菜耕种管收全程机械化，且在探索电动化、少人化生产。每亩可增产约 160kg，按平均 5 元/kg 计算，每亩增收约 800 元；亩减少用工 6 个，降低劳动用工成本约 600 元，减少肥、药、种子等物资投入约 250 元，折合增加机械投入 160 元/亩，合计每亩经济效益约 1000 元。按照 100 亩生产规模园区，每年 5 茬计算，年增加纯收益约 50 万元。同时固定道生产模式相比传统生产方式，可节能 30%以上，耕整地作业质量大幅提高，为机收奠定良好基础。

* 农业农村部南京农业机械化研究所、农业农村部农业机械化总站、上海市农业机械鉴定推广站、江苏省农机具开发应用中心提供素材并整理。

2、露地胡萝卜全程机械化无人化生产模式与典型案例

(1) 适宜种植品种和区域

适宜品种：胡萝卜各类品种。

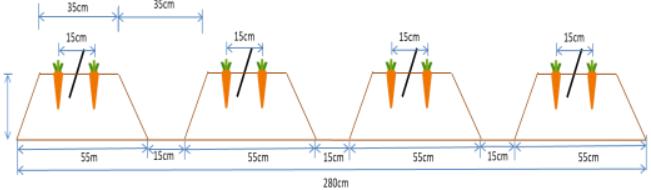
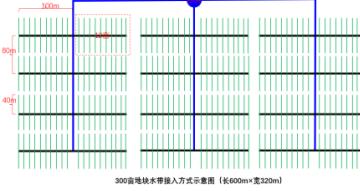
适宜区域：河北、内蒙、河南、山东、陕西等全国露地胡萝卜主产区。

(2) 机械化生产技术路线

智能编织种绳—无人化耕整地—无人化播种—智能灌溉—无人化植保—无人化采收—无人化运输。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
种子准备	选用精选胡萝卜种子进行编绳，纸带宽、厚，编织速度设定为 2000~2500m/h，种子株距根据品种差异设定为 3~5cm，种子盘每个吸孔控制在 1 粒，编织长度为 1200m。注意编织松紧度，过松导致种子偏位扎堆，影响种植密度。	智能种绳编织。	智能种绳编织机。	 智能种绳编织机  种子单粒吸附
耕整地	采用蔬菜无人作业平台搭载卫星平地机进行平地，地块高差控制在±5cm，作业速度为 5.5km/h；采用蔬菜无人作业平台搭载无墒犁进行深翻、旋耕、平整联合作业，作业 2 遍，耕深≥25cm，碎土率≥80%，作业速度为 5.5km/h。	无人化耕整地。	蔬菜无人化作业平台、卫星平地机、无墒犁。	 无人化卫星平地  无人化联合整地

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
播种	 <p>每幅作业 4 塍 8 行，行距为 15cm，垄面宽 35cm，垄间距为 70cm，每垄铺 1 条滴灌带。</p>	无人化播种。	蔬菜无人化作业平台、4 塍 8 行种绳播种机。	 无人化播种
浇水	田间智能分区灌溉，每条支带长 100m、间隔 80m，每次开启一个分区，灌溉面积为 12 亩；根据胡萝卜不同生育期，设定灌溉量进行定量轮灌。	智能灌溉。	智能控制阀	 智能分区  太阳能智能灌溉控制阀
植保	植保机器人根据病虫害分布进行对靶变量施药，作业宽幅为 10m，作业效率为 30~50 亩/h，可根据亩施药量自动进行速度控制。	无人化植保。	植保机器人	 植保机器人
收获	胡萝卜无人联合收获机每次收获 1 行，适合采收行距为 15~18cm，最大作业效率为 3 亩/h，破损率小于 3%，切缨长度平 0~3cm 可调，采收漏拔率几乎为 0。	无人化收获。	胡萝卜无人联合收获机	 无人收获机正面  无人收获机多机协同作业

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
运输	运输机器人挂接标准卡箱进行胡萝卜收集与运输，每个卡箱装配 175kg，运输车可挂接 3 箱。	无人化运输。	运输机器人	 运输机器人	 运输机器人协同作业

注：露地蔬菜无人化作业平台为 140 马力无人动力系统，配置蔬菜无人农场管控系统实现无人自主作业。

(4) 典型基地效益分析

露地胡萝卜生产从种子编绳、耕整、播种、水肥、植保、收获、运输等环节实现了全程机械化无人化，节约人工成本投入超 80%。智能种植编织节约每亩种子成本 100~200 元，无人化耕整地实现“0”人农机驾驶、机具控制等；智能化播种相对于传统机械化种植节省人工 1 人，土地利用率提高 5%以上，出苗整齐度提高 10%；通过智能分区灌溉，整个生长期浇水 5~6 次，可节省人工看守时间 5 工/亩；采用植保机器人打药，达到全无人作业水平，较传统人工喷施 2 苗/h，效率是传统模式的 10~25 倍；采收环节，采用无人联合收获机实现松土、夹拔、切缨、传输等一次性智能作业，每次收获 1 垄 2 行，作业效率为 2~3 苗/h，每天采收 30 亩，并配合无人运输机器人开展协同收集与田间运输，可替代 80~100 人工作量。该模式已经在黑龙江齐齐哈尔、吉林梨树、河北沽源、河南开封祥符区和通许县、安徽萧县、陕西大荔、山东莱西和广饶、山西太谷、内蒙乌兰察布等胡萝卜主产区进行规模化生产应用，推广示范总面积超 20000 余亩。

* 北京市农林科学院信息中心提供素材并整理。

3、北京露地生菜全程机械化智能化生产模式与典型案例

(1) 适宜种植品种和区域

适宜品种：春季栽培应选择耐寒性强的品种，秋季栽培应选择耐热性强、抗病、耐抽薹的品种，结球端正、稳定整齐。

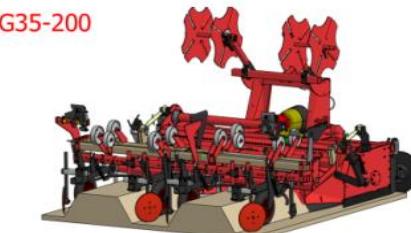
适宜区域：京津冀等地区。

(2) 机械化生产技术路线

机械施底肥与整地—机械起垄覆膜—机械播种育苗—机械移栽—机械灌溉追肥—机械植保—机械除草—机械收获。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
施底肥与整地	<p>撒肥机纯作业效率为 hm^2/h。整地前每亩均匀撒施腐熟有机肥 2500~3000kg 或商品有机肥 800~1000kg。</p> <p>深松（或深翻）作业要将有机肥翻入土中。深松机配套动力 70~90 马力，深松 25~30cm，工作宽度 1.8m 以上。</p> <p>每亩施氮磷钾复合肥 20~40kg，过磷酸钙 20kg，撒肥宽度为 7.5m，作业速度为 5.5km/h。</p> <p>旋耕要将基肥与土壤混合均匀，旋耕后表面平整，土壤细碎，视地块基础条件旋耕 1~2 轮，旋耕深度≥15cm，碎土率≥85%，作业效率 3~5 亩/h。</p>	<p>有机肥撒施机械化技术； 深松机械化技术； 颗粒肥撒施机械化技术；旋耕机械化技术</p>	<p>撒施有机肥采用有机肥撒施机； 深松或深翻采用深松机（或铧式犁）； 颗粒肥撒施采用圆盘抛送式颗粒肥施肥机； 旋耕采用驱动耙、旋耕机或者灭茬旋耕机。</p>	 2FGB-9Y 型撒肥机  CLD/5 型深松机  圆盘抛送式颗粒肥施肥机  1GQN-200 型旋耕机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
起垄覆膜	<p>窄高垄 2 行种植：采用 YTLM-60 型起垄机，拖拉机作业幅宽应控制在 1.1m 左右。垄面宽度 68cm，垄底宽度 85cm，垄高 15cm，配套单行滴灌带（滴管带盘宽度不超过 33cm）。或采用 G35-200 型碎土起垄覆膜机(双垄)，一次完成起垄、铺膜和铺滴灌带作业，工作幅宽 200cm，垄面宽 50cm，垄底宽 70cm，作业效率为 30 亩/天。</p> <p>宽畦 4 行种植：采用 AI140 型起垄机，拖拉机作业幅宽应控制在 1.8m 左右。垄面宽 127cm，垄底宽 139cm，垄高 16cm，作业效率 20 亩/天。也可加装铺膜、铺滴灌带装置进行相应作业。</p> <p>春季移栽需覆盖地膜，秋季移栽不覆盖地膜。</p>	起垄机械化技术。	起垄机或起垄覆膜机。	  <p>YTLM-60 型起垄机</p> <p>AI 140 型起垄机</p>   <p>G35-200 型碎土起垄覆膜机(双垄)</p>
播种育苗	<p>按照生菜品种特点和上市要求，一般春季生菜 2 月中旬开始育苗，秋季生菜 7 月中旬开始育苗。生菜播种后 30~40 天苗龄适合移栽，3 叶 1 心，全株高平均 14cm 左右，整齐度好，土坨紧实，植株粗壮。</p>	育苗机械化技术。	<p>年育苗量 30 万株以内可选手持苗盘播种机。</p> <p>年育苗量 30 万至 100 万株，可选用半自动穴盘播种机作业。</p> <p>年育苗量 稳定在 100 万株以上，选配育苗播种机。</p> <p>管理过程中选配移动苗床、育苗喷灌车、增温设备、运苗车等。</p>	  <p>手持苗盘播种机</p> <p>半自动穴盘播种机</p>  <p>育苗播种机</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
移栽	<p>春季3月底定植，秋季8月中旬开始定植。</p> <p>窄高垄2行种植：采用半自动双行移栽机进行移栽，株距30cm，行距30cm，作业效率6亩/天。也可利用全自动蔬菜移栽机进行作业，株距25cm，行距45cm，作业效率7亩/天。理论亩定植量4000~5000株。</p> <p>宽畦4行种植：采用4行蔬菜移栽机进行移栽，可配套双行滴灌带，铺膜宽度约1.7m，株距25cm，行距32cm，作业效率7亩/天。理论亩定植量6000~7000株。</p>	移栽机械化技术。	<p>窄高垄2行种植采用半自动双行移栽机进行移栽或者全自动双行移栽机；</p> <p>宽畦4行种植采用4行蔬菜移栽机。</p>	   <p>PVHR2-E18型移栽机 PF2R型全自动蔬菜移栽机 OVER-PLUS4型移栽机</p>
灌溉追肥	按照生菜不同生长阶段对水肥的要求采用水肥一体化装备进行灌溉和追肥。井水通过砂石过滤器过滤后，利用滴灌系统进行灌溉。将水溶肥溶入肥箱，通过压差式水肥系统进行追肥。	水肥一体化技术。	水肥一体化装备；压差式水肥系统。	 <p>水肥一体化装备</p>
植保	病虫害防控可采用自走式喷杆喷雾机，喷幅12m，药箱容量500L，作业速度0~4.2km/h，作业时确保打药机轮间距能骑垄作业。	植保机械化技术。	自走式喷杆喷雾机。	 <p>3WPZ-510/8型自走式喷杆喷雾机</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
除草	为促进根系发育,选用除草机进行垄间除草和松土,当作业速度为7.24km/h,除草率达83.3%,杂草除净率为84.2%,伤苗率几乎为0。	除草机械化技术。	除草机。	 oliver 除草机
收获	生菜收获前,准备生菜收获运输专用筐(平均装载生菜40kg左右)。利用蔬菜采收作业平台进行辅助收获,轮胎中对中距离180cm,工作宽度10m,橡胶杯口径及间距分别为25cm和38cm,一次可收获6~9垄生菜,平均每台收获机配备4~6人进行切割外包叶及筛选作业。 收获后的生菜,可通过蔬菜辅助收获高床作业车运输到地头,调整实现不同垄宽的跨垄作业,一次可装载生菜运输专用筐10~16个,最大载重650kg。	收获机械化技术、运输机械化技术。	自走式蔬菜采收作业平台;蔬菜辅助收获高床作业车。	 XGH600E 型蔬菜辅助收获高床作业车  FH-T1 型自走式蔬菜采收作业平台

注:耕整地、施肥、移栽和收获环节可以辅以智能导航,实现少人化作业。

(4) 典型基地效益分析

北京中农绿通农业发展有限公司位于北京市通州区于家务回族乡,占地面积500余亩,主要种植露地生菜、西蓝花等蔬菜。采用该模式进行生菜机械化生产后,年育苗量达2000万株,生菜产量约为3000~4500kg/亩,亩收入约4000~7000元。其中,育苗播种采用半自动小型穴盘播种机进行穴盘播种,单粒率达到90%以上,作业效率是人工播种的6倍以上。采用移栽机作业效率为7亩/天,工作效率是人工的2倍,达到了人工移栽的标准。该模式大大降低了劳动作业强度,节约了人工成本,提高了工作效率。

* 北京市农业机械试验鉴定推广站提供素材并整理。

二、林果全程机械化生产模式与典型案例

1、山西盐湖丹霞红梨机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：丹霞红梨、酥梨、红香酥梨、玉露香梨等。

适宜区域：山西中南部及黄淮海梨种植区。

(2) 机械化生产技术路线

春季清园—春季施肥—生草管理—水肥管理—追施叶面肥—花果管理—病虫害防治—采收、转运—秋施基肥—树体管理—枝条粉碎还田。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
春季清园	<ol style="list-style-type: none"> 喷雾机压力保持 0.3~0.5MPa，喷幅控制在 2~6m，每亩用药液量 300~400kg；保证喷头雾化效果，确保设备运行稳定。 用高压弥雾喷雾机喷施石硫合剂（波美 3~5°C），配备扇形喷头，机械匀速移动（时速 2~3km），使喷雾机精准作业枝干，确保枝干、枝杈全方位覆盖。 协同增效：机械清园后，可搭配无人机巡查补喷，针对树体高处、角落进行精准补药，提升清园彻底性。 操作人员穿戴防护服、防毒面具，作业时避免人员逗留；机械作业时保持安全行距，避免碰撞树干。作业后及时清洗喷雾机药箱、喷头，并将其存放于干燥通风处。 	机械清园。	风送式喷雾机、无人机。	  <p>Q1600 型牵引式风送喷雾机 T100 型农用植保无人机</p>
春季施肥	<ol style="list-style-type: none"> 撒肥车作业：一般在春季土壤解冻后至萌芽前（3月上中旬），选晴天或阴天作业。准备：腐熟有机肥（成龄树 2000~3000kg/亩，幼树 1000~1500kg/亩）+ 复合肥 50kg/亩（可选）。调节撒肥车出料口，均匀撒施（树干 50cm 内少撒），厚度 2~3cm，忌雨天作业。不使用未腐熟肥料；土壤过湿不旋耕；避开大风/雨天作业，防止肥料流失。 浅旋作业：撒肥后 1~2 天内完成，深度 8~12cm，速度均匀，重叠 10~15cm，确保肥土混合均匀，土粒细碎、平整。旋耕后耙平土壤；干旱时轻浇 1 次水；撒肥前清除杂草（或随浅旋翻入）。 	机械施肥。	自走式撒肥车、旋耕机。	  <p>2FZB-3 型自走式撒肥车 1GQN-150 型旋耕机</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
生草管理	当草层高度达 30cm 以上时，进行割草。割草机可调节留茬高度(5~8cm)，保留基部叶片促进再生；割草后草屑直接粉碎覆盖梨园行间，腐熟沤制，提升土壤有机质，减少化肥用量。实现生态全年割草 2~3 次，采果前 1 个月停止割草。	机械割草。	翻转侧移割草机、乘坐式割草机。	  AGL145 型翻转侧移割草机 乘坐式割草机
水肥管理	遵循“少量多次，按需供给”原则。结合梨树生长期需肥规律（氮磷钾为主，搭配中微量元素），通过滴管或微喷灌系统将肥料溶解于水，精准送达根系分布区 10~30cm，提升肥效且减少浪费。选用水溶性肥，先灌清水 15~20min，再施水肥，结束后继续灌清水 20~30min；避开正午高温作业。新梢期（3 月下旬~4 月）：每亩尿素 15~20kg + 磷酸二氢钾 5kg，促新梢萌发、叶片舒展。花果期（5 月~6 月上旬）：每亩磷酸二氢钾 10~15kg + 硼肥 1~2kg + 钙肥 3~5kg，保果防裂。膨果期（6 月中旬~8 月）：每亩高钾复合肥（15:10:20）20~25kg，膨果增甜。恢复期（9 月）：每亩尿素 10kg + 磷酸二氢钾 8kg + 腐熟有机肥液 500kg，复壮树体。	机械灌溉施肥。	水肥一体化系统	 梨园水肥一体化微喷灌系统  梨园水肥一体化滴灌作业系统

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
追施叶面肥	<p>人工背负式喷雾机作业行走速度保持0.8~1m/s，喷头距离叶片30~50cm，呈45°角喷施。自走式喷雾机时速控制在3~5km/h，高架高度高于树冠20~30cm，确保上下叶片全面覆盖。</p> <p>无人机飞行高度距树冠1.5~2m，行距与树冠宽度匹配，重叠率≥20%，雾滴均匀分布于叶片正反面。成龄树每亩喷施量100~150L（人工/自走式）或20~30L（无人机），幼龄树减半；重点喷施结果枝组，避免漏喷或重喷。</p> <p>作业选在清晨6~9点或傍晚16点后进行，避开高温强光时段；雨天前后24h内不作业，风力超过3级时暂停无人机喷施。</p>	机械喷施叶面肥。	人工背负式喷雾机、风送式果园喷雾机、无人机。	 <p>人工背负式喷雾机</p>  <p>Q1600型风送果园喷雾机</p>  <p>T100型无人机喷施叶面肥作业</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
花果管理	借助果园作业平台作业，根据结果枝高度缓慢升降平台，作业高度比目标枝条高 20~30cm，确保视野清晰、操作顺手。	机械辅助、疏花疏果。	果园升降平台	 果园升降平台
病虫害防治	<p>1. 萌芽至开花前：喷施石硫合剂+高氮型叶面肥，自走式喷雾机低速作业，覆盖枝条与芽体，防越冬病虫害+促萌芽。</p> <p>2. 谢花后至幼果期：用内吸性药剂+高磷钾叶面肥，无人机或喷雾机重点作业幼果和叶片背面，间隔 7~10 天，连施 2~3 次。</p> <p>3. 果实膨大期：结合虫害监测，用低毒药剂+高钾叶面肥，开启变量施药功能，按需补给，提升果实品质。</p> <p>4. 成熟期前：低毒药剂+高钾叶面肥，采收前 15 天停施，清晨/傍晚作业，避免污染果实。</p>	多光谱巡检+高效喷雾机+无人机集成的“云—天—地”集成应用模式。	大疆航测 Mavic 3 多光谱版无人机、自走式或牵引式风送喷雾机。	 大疆 Mavic 3 多光谱巡田机 Mavic 3 型多光谱版无人机 S600-35 型自走式喷雾机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
采收、转运	<p>果实成熟时，借助果园电动升降平台辅助采摘作业。注意重心控制在平台中心，避免单侧偏重；用绑带固定周转箱，防止转运时倾倒。</p> <p>转运前将升降平台降至最低位置，关闭护栏门，到达存储点后，平稳停靠平台，拉好手刹，由专人轻拿轻放果篮，避免果实碰撞损伤，及时转运至冷库或分拣区。</p>	机械辅助、采摘转运。	轮式果园电动作业平台。	 4GP-400AA 型果园作业平台
秋施基肥	<p>1.开沟：成龄树环状/条状沟（树冠滴水线外），幼树放射状沟（离树干 50cm）；沟宽 30~40cm、深 25~40cm（成龄树更深 40~60cm），避主根。</p> <p>2.施肥：有机肥与表土 1:1 混合，分层填沟；化肥撒上层，避免直接触根。</p> <p>3.回填：压实土壤，回填后起 5~10cm 土垄，防积水。</p>	机械开沟施肥。	开沟施肥回填一体机。	 2FX-0.6B 型悬挂式开沟施肥机
修剪	<p>采用果园电动修剪器修剪枝条，剪口需贴近枝条基部呈 45°角，粗枝（直径>2cm）分多次剪切，避免枝条劈裂。先剪下部、内膛枝，再剪上部、外围枝，高枝修剪时借助平台微调高度，避免拉扯枝条，确保树形通风透光。作业中遇剪刀卡枝，先断电再手动处理；平台移动前需收回工具，作业后及时清洁刀刃并涂抹防锈油。</p>	机械修剪。	果园作业平台+电动剪刀。	 果园作业平台+电动剪刀集成作业场景

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
枝条粉碎还田	根据枝条粗细调整粉碎机刀具转速，捡拾机弹性齿与地面保持 3~5cm 距离，避免刮伤树干和根系，调节粉碎粒径至 2~5cm。病枝粉碎后需单独堆沤消毒（喷施石硫合剂），不可直接还田，防止越冬病虫源扩散。	机械碎枝。	捡拾碎枝机	 BPS130-L 型双辊捡拾碎枝机

(4) 典型基地效益分析

运城市盐湖区瑞国水果种植专业合作社作为山西省丹霞红梨机械化提质增效技术核心示范区，成立于 2018 年 9 月，种植丹霞红梨 220 余亩，树龄 5 年，是山西省水果标准化种植示范区，全国丹霞红梨种植与品种繁育基地。项目实施前，亩效益 0.3 万元，机械化提质增效技术实施后，亩效益 0.8 万元，减少人工成本费 60%，用药量减少 30%，提高作业效率 50% 以上，丹霞红梨商品率提高 10% 以上，220 亩梨园年可节省人工费 8.8 万元，亩增产 650kg，价格相比同类梨园产品提高 1 元/kg，亩节本增效 3780 元；技术示范辐射周边 16000 余亩梨园种植实现机械化覆盖。

* 山西省农业机械发展中心农机技术推广二部提供素材并整理。

2、山西临猗大卫嘎啦苹果机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：大卫嘎啦苹果。

适应区域：山西中南部。

(2) 机械化生产技术路线

动力匹配适应—机械旋耕整地—机械施肥、水肥一体化—机械除草—机械植保—人工采收、机械转运—苹果分级筛选—机械废枝粉碎还田。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
动力配套	临猗大卫嘎啦果园采用 704 拖拉机，该动力机械整体体积小，机型低，操作简便灵活，可配套不同机具（旋耕机、施肥机、犁具、打草机、打药机、开沟机、秸秆还田机等）在果园内进行多功能作业，有效提升作业效率。	配套动力机械 704 型。	果园管理机。	 果园大棚王
水肥一体化	全自动化智能配置，通过灌溉系统将肥料精准输送至根系区域，实现“水肥同步”的高效栽培管理方式，显著提升水肥利用率、减少面源污染、改善果实品质，大大减轻劳动强度。	精准调控、协同供给。	变频离心泵+全自动反冲洗过滤器+智能配肥机+物联网控制器+滴灌带。	 水肥一体化首部

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
除草	临猗大卫嘎啦果园生草管理需要及时机械割草。乘坐式割草机配套汽油发动机，无级变速，爬坡能力强，转弯半径小，实现果园行间（主要）、株间机动割草。圆盘式割草机代替或减轻人力，操作方便，重量轻，在苛刻地形环境下能满足更多作业需求，可行间、株间（主要）机动除草。	机械除草。	乘坐式割草机、圆盘式割草机。		
施肥	临猗大卫嘎啦果园需要深施有机肥，提升品质。通过旋耕、施肥组合作业，可实现旋耕、细耙、施肥一次完成，旋耕碎土效果好，施肥深浅一致，撒肥均匀，作业效率达 5 亩/小时，省时、省力，可满足果园旋耕、施肥一体作业需求。	机械旋耕、施肥。	旋耕施肥一体机。		
病虫害防治	果园高效植保病虫害防治多采用风送式喷雾机作业，射程远、风压高、风量大、细雾均匀、节水节药、穿透性好、雾化效果好。近年来通过遥控或智能化改造，可实现无人化作业。	机械化植保。	风送式喷雾机、农业无人机。		

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
采摘运输	临猗大卫嘎啦果园以鲜食为主，目前仍以机械辅助平台人工采收为主。机械辅助平台通过开放式宽体货箱设计，最大载重量400kg，爬坡能力25°。	果园机械辅助采收运输。	果园升降平台。	 果园辅助作业平台
分级筛选销售	依据果实大小、着色、瑕疵、糖度、硬度等指标，围绕“标准统一、流程规范、减少损伤、精准分选”四大原则，实现“优果优价”，提升商品价值与市场竞争力。	果园机械分级筛选。	全自动智能分级机+喷淋双段清洗机+热风干燥机+防滑传送带+内部品质检测+外部品质检测+重量检测+分级处理+装箱。	 果品分选
树体管理	苹果修剪是果树管理的重要组成部分，在果树休闲期采用电动修剪器修剪果树枝条，调节各部分的生长关系达到平衡树势的目的，可显著提高劳动效率，减少人工开支。	果园作业平台辅助修剪。	果园平台+电动修剪器。	  果园辅助作业平台 电动修剪器

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
枝条处理	临猗大卫嘎啦果园在修剪树果管理以及采收后清园时，需要进行枝条粉碎。为了提高作业效率，满足果园轻简高效碎枝作业，可采用履带式自走碎枝机，稳定方便，省时省工省力，实用性强，应用广泛。	机械化粉碎。	履带式枝条切碎机。	 履带式枝条切碎机

(4) 典型基地效益分析

山西泰莱农业开发有限公司成立于 2016 年 7 月，位于临猗县苹果主产区的北辛乡卓逸村，依托峨嵋台垣绵土地发展大卫嘎啦果园 200 亩，果园株行距 4×1 米，树龄 5 年，果园建设标准，管理规范，交通便利，灌溉工程完善。2025 年果园成功实施苹果全程机械化提质增效技术装备推广示范项目，通过一系列果园机械化生产管护新设备、新技术的应用、服务和示范、推广，有效提升苹果品质的同时，在果园中耕、除草、深耕、施肥以及病虫害防治、废枝处理、高空作业等生产管护方面大大节约人工成本，亩均节约人工 2800 元左右，除草快捷高效，施肥量化精准，植保集成节约，节本增效 56 万元，助推果园增产增效，而且服务、辐射、带动区域 5000 余亩苹果园节本增效，提高经济效益，有效解决果园生产管护过程中生态环境污染问题，促进区域生态环境良好稳定，对于进一步加快补齐县域苹果园生产管护机械化发展短板，典型带动全县苹果园机械化发展提质增效有着重要意义。

* 山西省农业机械发展中心农机技术推广二部提供素材并整理。

3、甘肃礼县矮砧密植苹果机械化智能化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：矮砧密植苹果园。

适应区域：全国标准化矮砧密植苹果园。

(2) 机械化生产技术路线

耕整地—施基肥—开沟—除草—追肥—植保—灌溉—枝条粉碎—果树管理、采收转运。

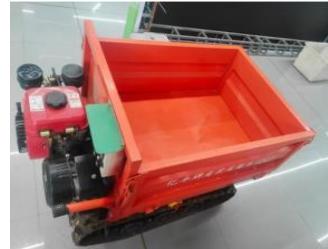
(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
动力机械	挂接各类机具，根据作业参数要求，调节悬挂高度和机器行进速度。	遥控驾驶或乘坐驾驶。	于动力机械后侧挂接整地、施基肥、割草等机具。	 YH704 型乘/遥两用轮式拖拉机
旋耕	旋耕幅宽 100~200 cm，旋耕深度 0~15cm。	遥控驾驶和自动调平。	挂接于动力机械后侧，调节悬挂高度，控制旋耕深度。	 摆控自走式旋耕机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
施基肥	施肥深度 35cm，施厩肥或有机肥与大化肥、菌肥、复合肥等。	乘坐或遥控驾驶施肥。	挂接于动力机械后侧，调节施肥深度、排肥量及行进速度。	 2FX-0.6B 型悬挂式有机肥施肥机
开沟	开沟宽度 30cm，开沟深度 0~30cm。	可遥控，以螺旋方式开沟。	遥控自走履带式开沟机。	 2F-30B 型遥控开沟机
除草	割草留茬高度 5~10 cm，割草作业漏割率≤5%。	机械割草（行间、株间）。	路径规划、自主导航、智能化割草。	  M50E 型全自动智能履带割草机 挂接行、株间割草

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
追肥	施肥均匀，施肥深度约地下 20cm。	机械追肥(肥料搅拌到土壤中)。	遥控圆盘开沟施肥机。	 2F-30B 型遥控追肥深施机
植保	减少农药施用和雾滴飘失，风送式喷雾机雾量和风量在垂直方向的分布曲线与果树冠层吻合，雾滴在叶片上的覆盖率约 40%。	融合激光雷达、视觉、毫 m 波雷达、惯性导航和 RTK 多源导航，实现安全自主驾驶。配一套集群作业控制系统，指挥多机协同作业与补给。	自主导航，农药自动补给，风送式喷雾机。	 S500 型风送式喷雾机及智能集群作业

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
灌溉	合理布置管道长度和位置。	控制水肥比。	水肥一体化系统。	 水肥一体化系统
粉碎	粉碎枝条粒度≤5 mm，可用于发酵床垫料、菌基质、堆肥、直接还田。	遥控机械作业。	枝条粉碎机。	 2F-30B 型遥控枝条粉碎机
果树管理、采收转运	全电控制，按要求做好锂电池管理维护，一般间歇作业，持续工作时间与充电时间错开，满足全天候工作需求。该机适用条件较好的矮砧密植苹果园，满足果树疏果、授粉、干腐治疗、采收、转运作业需求。	人工、机械相结合，具备前后左右平衡调节、高度升降和作业台左右伸缩。	疏果、干腐治疗、采收、运输等多功能果园作业平台。	 3GYP-500A 型多功能作业平台

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
转运	农资、果品从地头到田间转运需求。	人工与机械结合，乘坐驾驶轮式或手扶履带转运。	平缓坡矮砧密植苹果园行间行走条件好，轮式或履带转运装备兼用。		

(4) 典型基地效益分析

2025 年中国乡村发展基金会携手中国三星，聚焦礼县苹果产业，以科技、智能农机为核心，落地礼县科技新农机项目，农业农村部南京农业机械化研究所提供技术支持，针对礼县苹果矮化密植园建设现状，为礼县量身定制一套适合山地丘陵苹果种植的新型、智能农机装备，如智能旋耕机、无人割草机、植保机器人、无人运输车等，提升作业智能化、精准化、精细化水平，实现苹果种植全程机械化覆盖，探索形成了“1+2+N”的礼县苹果发展新模式，建设 1 个农机社会化服务示范中心，打造了 2 处矮砧密植苹果园机械化、智能化生产示范点，示范区种植面积 620 余亩，涵盖“金冠系”、“元帅系”“富士系”等多个品种，带动苹果种植户 1054 户 4293 人。用经济效益最佳的智能装备替代传统机械、人工作业，可实现农业生产环节劳动成本降低 30%，每台智能化装备时间窗口内作业量饱满、无故障、作业效率最佳状态下，每年可以带来成本节约 720 元/亩，620 亩总节本 44.64 万元，预计可提供农机社会化服务面积 10000 余亩，帮助村集体经济实现年增收 12 万元，助推县域苹果产业提质增效和农民降本增收。

* 农业农村部南京农业机械化研究所、中国乡村发展基金会、礼县农业机械化服务中心、礼县永兴镇文家村股份经济合作社整理。

4、江西金溪翠冠梨新型棚架机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：翠冠、翠玉、圆黄和黄花梨等。

适应区域：江西、浙江、湖北等南方丘陵地区。

(2) 机械化生产技术路线

开沟施肥—生草管理—果园灌溉—整形修剪—枝条处理—植保防护—疏果套袋—机械运输—分级包装。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
开沟施肥	秋冬季需深施有机肥，提升品质。通过开沟、施肥组合作业，可一次性完成，效果好，施肥深浅一致，撒肥均匀，劳力参与作业效率达5亩/h，省时、省力。	机械开沟、施肥。	施肥一体机	  施肥一体机
生草管理	在梨园生草高度达到30cm左右时，采用自走式或手推式割草机械进行割草。割茬高度在10cm左右，割后覆盖树盘腐化。	机械除草。	乘坐式除草机	  乘坐式除草机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
果园灌溉	<p>根据天气和梨树生长需求，当土壤田间持水量低于60%，或土壤含水量沙土<5%，壤土<15%，粘土<25%时需及时灌水。</p> <p>梨树在果实膨大期（6~7月）应及时灌溉。灌溉量以灌溉水浸透根系分布层土壤为度，幼树或已出现叶片萎蔫状的植物，灌溉宜少量多次。</p> <p>根据梨园的水源、土壤、坡度和树体的大小及生长期，可采用喷灌或滴灌。有条件的地方推荐供水的自动控制，具备喷施液态化肥、营养液及农药的功能。</p>	灌溉系统。	<p>水肥一体化喷灌系统具有较好的过滤装置，避免堵塞管道；具有较好的水压，提供较好的泵送能力，使灌溉均匀；根据最大喷撒半径进行合理设置喷头密度。</p>	  <p>水肥一体化喷灌系统</p>
整形修剪	<p>新型棚架树形。棚架高1.7~1.8m，主干高120~130cm，无中心干，2个主枝，两主枝从主干分枝后呈45°角度向架面延伸，分枝点距平棚的垂直距离为0.5m左右。新型棚架栽培模式树体通风透光，枝叶摆布均匀，果实处于最佳位置，产量高、质量好；方便管理，提高效率。</p> <p>可选用果树电动修剪机、气动剪、油锯等修剪机具作业，机具应符合相关标准要求。</p>	机械修剪。	<p>采用电动修剪机进行环剥，适宜枝条直径0~30mm。刀片类型：SK5钢刀刃。作业时配备3块以上锂电池。</p>	  <p>电动修剪机</p>
枝条处理	<p>玉露香梨果园在修剪树果管理时，以及采收后清园时，需要进行枝条粉碎。为了提高作业效率，满足果园清简高效碎枝作业，可采用履带自走式碎枝机，稳定方便，省时省工省力，实用性强，应用广泛。</p>	机械化粉碎。	<p>履带式枝条切碎机。</p>	  <p>履带式枝条切碎机</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
植保防护	<p>坚持“预防为主、综合防治”的原则，以农业防治、物理防治为基础，提倡生物防治，科学使用化学防治技术，最大限度地减轻对生态环境的污染和对自然天敌的伤害，将病虫害所造成危害损失控制在经济允许水平之内，提高蜜梨好果率。</p> <p>农业无人机也开始用于丘陵山区果园植保作业，超大水箱、高效雾化、穿透力加强，具有受地形限制少、作业覆盖面广、适用场景多样等优点。</p>	机械化植保。	农业无人机	  农业无人机
疏果套袋	<p>因树定果，疏果套袋，提高好果率。疏果从4月中旬开始，依树体大小和树势强弱而定，留果密度为20cm一果台，每果台1个果，疏小果、畸形果，多留外围果和主枝上的果，少留冠内果和弱枝果；留果量株产40~50kg的“翠冠”留果150~180个。疏完套袋，宜选择晴天进行，套前必须喷杀菌剂，以清除果面上的病菌。</p>	人工、机械协助作业。	纸袋辅助机	  纸袋辅助机
采收运输	<p>翠冠梨以鲜食为主，种子变为褐色，即为成熟，可采收目前仍以机械辅助平台人工采收为主。采收时从树冠外部到内部，自下部到上部，采下的果实装筐放在荫凉处。机械辅助平台通过开放式宽体货箱设计，最大载重量400kg，爬坡能力25°，履带式行走装置适合丘陵、泥泞、坡地等复杂路面，通过性能好。</p>	人工采摘、机械运输。	电动运输车、履带式搬运车。履带式搬运车 动力 功率 $\geq 4.0\text{kw}$ ，爬坡能力(满载) $\geq 25^\circ$ 。最大载重量 $\geq 300\text{kg}$ 。	  电动运输车、履带式 搬运车

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
分级包装	果实采摘后进行、分级、拆除果袋、包装一体化作业。销售和运输时应标明产品名称、数量、产地、包装日期、生产单位；绿标果品应有规范的无公害食品或绿色食品标记。包装的梨在大小、色泽等各个方面质量情况良好，包装箱分为每箱 6 个、8 个、12 个 16 个共四种规格。	分选尺寸 2 cm；处理速度可到 30 个/通道/秒；分选指标：颜色、尺寸、内含物质；尺寸精度 $\pm 1\text{mm}$ ，颜色进度 $\pm 5\%$ 。	水果分级、机械化生产线。	  <p style="text-align: center;">水果分级机械化生产线</p>

(4) 典型基地效益分析

金溪县桃华果业有限公司成立于 2010 年，位于金溪县蜜梨主产区的秀谷镇陶家村，是一家集水果生产和销售为一体的现代化果业公司。公司现拥有高标准示范基地 600 余亩，冷库 1200m³，员工 20 余人，直销门店 1 家，每年能为市场提供优质果品 1000 余吨，公司率先建立了 300 多亩新型双臂顺行棚架式蜜梨试验区，在全省乃至全国处于领先水平。基地梨园行株距 4~5m×3~3.5m，树龄 15~18 年，建设标准高，管理规范，交通便利，灌溉工程完善。2024 年基地成功实施梨园机械化生产管护技术示范推广项目，通过一系列果园机械化生产管护新设备新技术的应用服务和示范推广，金溪蜜梨的品质得到了有效提升，还在果园施肥、修剪以及病虫害防治、废枝处理、采摘运输、分级包装等方面大大节约人工成本，年可节约人工费 50 余万元，亩均增产 400 斤，节本增效 1600 元/亩；辐射周边近 3000 亩梨园 100 余户逐步实施机械化改造，对于加快补金溪蜜梨生产管护机械化发展短板以及带动全县梨园机械化发展转型升级有着重要意义。

* 金溪县农业农村产业发展服务中心提供素材，江西省农业技术推广服务中心整理。

5、江西新余蜜桔机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：新余蜜桔等各类柑橘品种。

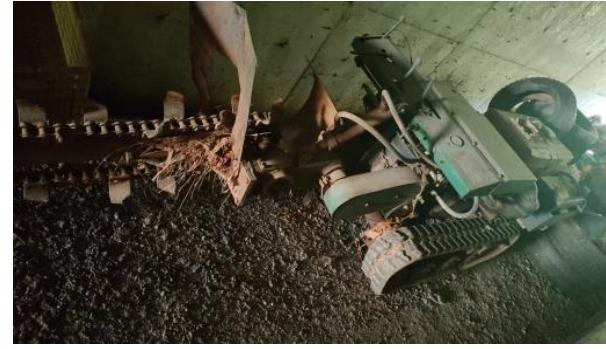
适应区域：江西省丘陵山区新余、赣州、吉安等地。

(2) 机械化生产技术路线

宜机化建园—耕整—开沟施肥—机械除草—水肥灌溉—植保—枝条修剪处理—田间运输—采后处理。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
宜机化建园	缓坡地或平地果园	采用宽行窄株模式，等高或顺坡种植，行距 6.3m、株距 4m。	大型机具挖掘平整土地。	拖拉机配套动力≥90 马力。		 1204 型拖拉机+挖掘机
	山地果园	采用陡坡窄梯密植小树冠栽培模式，梯面开宽至 6m 以上，梯田内侧留 2~2.5m 机耕道。履带挖掘机铲斗容量≥0.2m ³ ；发动机功率≥30kW；挖掘高度≥3.5m；挖掘深度≥2m；爬坡能力≥25°。	中小型机具挖掘整地。	行走方式：履带式；铲斗容量≥0.2m ³ ；发动机功率≥30kW；挖掘高度≥3.5m；挖掘深度≥2m；爬坡能力≥25°。		 建园效果
耕整	耕作	表面平整，土壤细碎。耕深≥35cm，碎土率≥70%。	微耕、旋耕。	配套功率在 40~60kW，旋耕幅宽大于 680mm。		 手扶微耕机 504 型拖拉机

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
开沟施肥	开沟	沿树冠外围进行开沟作业，开沟深度≥30cm，开沟后人工施有机肥，再覆土。	微耕开沟。	配套功率大于 4kW，动力转速 3000~4000r/min。	 开沟机
	开沟施肥 覆土	用开沟施肥一体机进行开沟施肥覆土施一体化作业，开沟深度 30~40cm 、开沟宽度 20~30cm。	开沟施肥一体。	配套动力 35~80 马力，开沟效率大于 400m/h，刀盘转速大于 300r/min。	 开沟施肥一体机
机械除草	割草或除草	果树生长过程根据草害发生情况，进行机械割草或旋耕除草。割草留茬高度5~8cm，旋耕除草，耕深15cm 左右。	避障割草。	适宜果园行距：3~5m，工作效率：6~8 亩/h，配套动力：20kW，单侧避障，刀盘数：2~3 个，割幅 1~2m。	  避障割草机 手扶式碎草机

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
水肥灌溉	滴灌水肥	配备首部枢纽、管道、滴头、施肥罐等配套设施。采用三级过滤。	水肥一体化系统。	额定流量 100m ³ /h，每株2~4个滴（喷）头。配全自动反冲洗砂石过滤器、全自动叠片过滤器、全自动精量施肥机、电磁阀。	 	 
					水肥一体化系统	
植保	打药	遵循“预防为主，综合防治”植保方针，进行病虫害防治。植保飞机载药量 30kg，飞行速度不能超过 3m/s。喷施过程中保证药液均匀喷洒在叶片上。	无人机植保。	药箱容量：30~50 L，果园作业效率 100 亩/小时，作业飞行速度 3~7 m/s，喷洒流量 4~8L/min，优喷幅 7~9m。	 	 植保无人机 T150 型无人机
枝条修剪处理	修剪碎枝	结合果园冬剪，进行树体管理，剪除强枝、弱枝、病虫害枝。利用电动剪枝机完成修枝作业，将修剪的枝条粉碎还田。	剪刀、电动剪刀、碎枝机。	碎枝机进料粒度：10~30cm；处理效率可达1~2t/h。	 	 电动剪刀 碎枝机

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
田间运输	采收运输	山地履带运输机功率 $\geq 22\text{kW}$, 最大爬坡度 $\geq 35^\circ$, 额定装载质量 $\geq 2000\text{kg}$ 。三轮搬运车动力功率 $\geq 150\text{CC}$, 爬坡能力(满载) $\geq 20^\circ$, 最大载重量 $\geq 300\text{kg}$ 。	轨道运输机、履带式搬运车。	功率 $\geq 22\text{kW}$, 最大爬坡度 $\geq 35^\circ$, 额定装载质量 $\geq 2000\text{kg}$ 。三轮搬运车动力功率 $\geq 150\text{CC}$, 爬坡能力(满载) $\geq 20^\circ$, 最大载重量 $\geq 300\text{kg}$ 。		
采后处理	清洗、分级、打蜡	果实采摘后进行清洗、分级、打蜡一体化作业。	柑橘清洗分选机械化生产线。	分选尺寸: 2~16cm; 处理速度可到 30 个/通道/秒; 分选指标: 颜色、尺寸、内含物质; 尺寸精度 $\pm 1\text{mm}$, 颜色进度 $\pm 5\%$ 。		果品分选生产线

(4) 典型基地效益分析

新余市爱心蜜桔种植农民专业合作社位于新余市高新技术产业区, 2024 年完成宜机化改造, 示范面积 300 亩, 采用宽行窄株种植模式, 行间距 6.3m, 株间距 4m, 由传统的条带梯田型横向种植改造为缓坡型纵向种植, 实现机械设备作业便利。通过设备引进, 基地逐步配套旋耕整地、施肥、割草、植保打药、水肥一体化等设施设备 20 台套。通过果园全程机械化技术模式集成应用, 相比人工作业, 机械开沟施肥节约成本 473 元/亩/次, 机械除草节约成本 63 元/亩/次, 机械植保打药节约成本 24 元/亩/次, 田间采收运输节约成本 472 元/亩/次, 采后处理分级清洗节约成本 731 元/亩/次, 枝条修剪节约成本 230 元/亩/次, 水肥一体化节约成本 172 元/亩/年, 整个果园管护成本每年可节省 60 万元以上, 达到节本增收的目的。

* 江西省农业技术推广中心、新余市农业科学院研究中心提供素材并整理。

6、重庆长寿柑橘机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：塔罗科血脐、金秋等各类柑橘品种。

适应区域：南方丘陵山区。

(2) 机械化生产技术路线

机械深松—机械开孔—机械开沟—机械植保—绿肥种植—除草—自动化灌溉—机械运输加人工采摘—数字化管理。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
深松	<p>宜在秋冬10-11月进行，雨后不宜。每年深松1次。旋耕深度20~30cm为宜，将表面杂草翻入地里，保持土壤通风透气，积存更多养分。坡地宜深些，平地宜浅些。</p> <p>根据柑橘园大小、环节条件和现有机具保有情况采用轮式拖拉机带，进行行间旋耕作业。</p>	机械深松。	轮式拖拉机牵引旋耕机，作业时，达到农业要求的耕作深度20~30cm。	 拖拉机牵引旋耕机
开孔	<p>宜在秋季进行，土壤含水量适中。机械打孔能提高作业效率，降低成本；机械打孔深40cm~50cm，有利于有机肥转换利用。</p>	机械打孔施肥。	拖拉机带打孔机，作业时，达到作业要求的打孔深度40cm~50cm。	 拖拉机牵引打孔机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
开沟	<p>采用分层开挖法，先挖表层再挖下层，避免一次性挖深导致塌方。沟底需保持平整，沟壁应陡直，确保排水顺畅。开沟宽度建议20~30cm，深度需超过犁底层10cm以上，出水口处深度应达犁底层20cm；</p> <p>作业后需松动机器履带压实的土壤，并用挖斗每隔2~3m划一道口，促进沥水。若果园地势低洼，可提前开挖蓄水池临时储存雨水，减轻排水压。</p>	机械开沟。	选择动力强、灵活性高的小型挖掘机，适应果园狭窄地形，深度可达300~600mm。	 小型挖掘机
植保	<p>“植保无人机+履带式打药机”相结合，260亩果园，做到了2人2天内全面完成防控，能做到突发病虫害防治，雨季病虫害防治，高温病虫害防治；1是短时间内实现了全园统防，已经是传统的40倍；2是节省成本明显，人力每年可节省约3万元，农药每年能节省1/3。</p>	机械植保。	<p>履带式果园喷雾机，风送式喷雾，药箱容积600L，雾化粒径50~150μm，喷药 200~800L/h，喷幅 8~12m，防治效率20~30亩/h。</p>	 履带式果园打药机
			<p>农用植保无人机，支持每min30升的最大流量，雾化颗粒可在60~400μm间调节，喷幅最大达10m。针对果树等场景，可升级至4个离心喷头和70L药箱，增强药液穿透力。</p>	 植保无人机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
除草	采用绿肥（毛叶苕子、箭壳豌豆），每亩 10~15 斤，撒至行间，每年 3、9 月，撒种两次。以达到以草控草、提质增效、固肥养根的效果。	机械播种生草控制杂。	使用背负式撒种机，一般采用撒播，也可条播，条播行距 20~30cm，播深 1~2cm；免耕播种最佳作业速度为 8 km/h，最高不超过 10 km/h，低速作业不低于 3 km/h，利用抛撒板的弧度，可在较低转速下实现均匀抛撒，扩大播种范围。	 背负式撒种机
灌溉	采用“肥水一体化设施+液肥施用机”，实现了1人3天灌全园效果，采用“肥+农药”为套餐，少量多次的方式施入，做到了肥的有效利用，药的有效防治；每年实现人工节省4万元；化肥实现节省用量60%，约40余吨，节约资金12万元。	灌溉系统。	水肥一体化喷灌系统具有较好的过滤装置，避免堵塞管道；具有较好的水压，提供较好的泵送能力，使灌溉均匀；根据最大喷撒半径进行合理设置喷头密度。	 肥水一体化喷灌系统
运输+采摘	针对日常物资运送、水果采摘运输，采取了“履带运输机+人工”的方式；履带运输机进入行间运送物资，拉出果品。	机械运输。	根据生产需要，选择合适载重的履带运输车，为兼顾通行空间限制，选择 1000kg~1500kg 额定载重为宜。爬坡角度 $\geq 15^\circ$ ，载重行驶速度 0.~0.5m/s，转弯半径 $\leq 1.5\text{m}$ 。	 履带自走式运输车

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
运输+采摘	2024年采果实现了人均采果量达1700斤，采果成本5分钱左右；是传统采果量的2倍，每斤成本降低了5~8分钱；按成年果量100万斤计算，每年能为我公司节省采果费5~8万元。	人工采摘。		 人工采果
农机数智化管理平台	为做好农机的日常管理、农机的运用测评和人员的农机操作考核，实现人与机的良好协同性；搭建了农机的数智化管理平台，做到农机的时时定位，时时作业查看，作业面积汇总等功能。	数智化管理	从2023年11月开始施用，截止2024年12月，当前入网农机61台套，包含：轮式拖拉机、履带式拖拉机、履带旋耕机、收割机、播种机4类机型。	 数智化管理

(4) 典型基地效益分析

重庆创源农业技术有限公司坐落在重庆市长寿区双龙镇内，现有果园面积260多亩。公司整合村内资源，发展劳务用工服务，联动村集体经济共同发展，带动农户增产增收。2020年以来实现劳务带动用工1500人次，贫困户311人次，为贫困户发放工资约2.79万元。同时为周边新型农村经济组织：农业公司、合作社、家庭农场，提供农机示范、技术培训服务。

自建园以来，创源公司通过各种机械设备的运用与试用，已摸索出一套针对丘陵山区果林实现宜机化的有效整治经验，并在机械运用上，找到了不同设备的适应性运用方法；为下一个项目扩建和新建有效提供了保障，为应对日益紧张的劳动力提供了保障；同时通过近几年机械的有效运用，实现了每年节省成本约15~25万元；实现品质提升有效增收约30~40万元。

* 重庆市农业机械化技术推广总站、重庆市长寿区农业技术科研服务中心提供素材并整理。

三、茶叶全程机械化生产模式与典型案例

1、贵州金沙碾茶机械化加工模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：福鼎大白、黔湄、黔茶、中茶、龙井、槠叶齐等。

适宜区域：贵州。

(2) 机械化生产技术路线

机械储青—机械切割—机械脱水除杂—机械杀青—机械冷却—机械固绿—机械烘干—机械梗叶分离—机械碾茶烘干—机械风选—机械复烘。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
鲜叶存储	保鲜时长超 20h，并保持良好的色泽，贮青温度不高 30°C。	机械储青。	鲜叶储存机为全自动全域投入、自动出料，通过 PLC 及触摸屏控制一键启动，通过分隔设置，风机为茶叶提供充足的风量，促使堆积的茶叶散热并挥发掉一定的水分，同时提供充足的氧气，防止茶叶红变。	 储青机
鲜叶切断	切割较大枝条的新鲜茶叶，确保切叶后的鲜叶长度不大于 50mm，长短、大小均匀	机械切割。	鲜叶通过横刀片和竖刀片双重切割，使原料符合后续加工的要求。	 切叶机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
鲜叶脱水 除杂	去除雨季鲜叶表面水分及鲜叶中细小杂质，保证生产线在雨季中生产产能及杀青质量。	机械脱水除杂。	经过特殊处理把鲜叶表面水脱干，在保持鲜叶的原有品质的同时，又把鲜叶中不良杂质筛分出来。经过热风及特殊翻转结构把鲜叶表面水脱干，筛分出鲜叶中不良杂质。	 除杂机
蒸汽杀青	通过高温蒸汽快速钝化茶鲜叶中酶的活性，散发一定的水分并去除青草气，确保叶质柔软、色泽良好、品质稳定。	机械杀青。	采用汽水分离后的高温蒸汽，快速纯化鲜叶活性酶，使其失去活力、同时通过设定圆筒和新设计的搅拌轴的速度，调整合适的角度可实现柔软、色泽良好、品质稳定的杀青叶。	 蒸汽杀青机
冷却散叶	杀青叶通过多级鼓风，将粘连的叶片快速吹散、冷却，并将叶片均匀散布在碾茶炉入口的烘干层表面。	机械冷却。	经过高温固绿的原叶，在强风的作用下快速冷却，并不停的翻腾，进一步脱水的同时把粘连的茶叶分开，呈自由落体的形式掉落在碾茶炉的作业网上。可通过变频控制，达到茶叶不叠加、不成砣的掉落。	 冷却散茶机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
固绿	通过超高温固绿、脱除鲜叶水分，保护和增强茶青中的叶绿素，提高生产线产能。	机械固绿。	蒸青叶通过涡热机自身特殊的筒体结构，经受高温热风后再进行高温固绿，使蒸青叶表面水分子快速蒸发，并凝固表面果胶质，保持茶青的叶绿素。	 涡热机
碾茶烘干	采用碾茶炉，将冷却后的杀青叶干燥至含水率25%以下，形成片状碾茶。	机械烘干。	使用特有的运行方式，茶叶进入下层高温红外线辐射干燥区，形成特有的碾茶风味，冷却后再进入上层干燥区固化，采用多层烘干，通过控制箱内湿度，提升碾茶的香度和干度。	 碾茶炉
梗叶分离	采用梗叶分离机对烘干叶进行梗叶分离。确保叶片含梗率不大于1%。	机械分离。	使用特殊加工绞笼，加V形网孔板，对茶叶切片同时切割撕裂茶叶，使干燥叶迅速剥离。	 梗叶分离机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
沸腾烘干	500K 生产线使用。	机械烘干。	物料在网带运行中通过内部特定的翻转结构，茶叶均匀上下翻转，使物料受热均匀，烘干品质统一。	 碾茶正（负）茶烘干机
风选	利用茶叶的重量、体积、形状和挡风面大小的差别，在一定的风力下分离茶叶的轻重和除去非茶类夹杂物。	机械风选。	针对不同的含水率和叶片大小，采用前正后负的原则来选别叶梗，使用双离心风机+变频调速控制，可精准调节风量，有效防止成品损耗和杂质含量过高。喂料机使用高频振动盘变频调节振幅，使茶叶充分分散均匀洒落到下风口。	 风选机
复烘	采用链板式烘干机将梗叶分离后的叶片进行复烘干，确保成品碾茶含水率不大于 5%。	机械烘干。	采用分体式烘干机，高效热风炉，提高成品碾茶品质。	 茶叶连续烘干机

(4) 典型基地效益分析

贵州金三叶机械制造有限公司成立于 2018 年，注册资本 6319.05 万元，占地面积 142 亩，现有员工 86 人。是集研发/设计/制造销售/服务于一体的茶叶生产

加工装备、山地农机、粮食烘干设备制造商，获得发明专利 5 项，实用型专利 19 项，是贵州省“千企改造”工程高成长企业，先后获得国家高新技术企业、省级“专精特新”企业认定及省级“绿色工厂”称号，2024 年获得三体系认证；农业机械生产产值 5020 万元，2024 年实现销售收入 6000 万元。目前已发展成为西南地区最大茶叶机械生产线制造厂，年加工茶叶机械智能化生产线设备 50 余条。2025 年，贵州省农业机械技术推广总站在金沙县安底镇桂花村开展碾茶连续化、自动化、清洁化、智能化成套设备试验示范项目，指导项目点新建碾茶初加工成套设备试验示范基地，基地采用贵州金三叶机械制造有限公司生产的 6CNC 型碾茶生产线（300kg 二合一），开展碾茶初加工试验示范，生产的碾茶品质符合《贵州抹茶》原料要求，2025 年产量达 106 吨，每斤碾茶市场价格按 120 元计算，2025 年产值达 2544 万元，经济效益显著。项目实施期间，由贵州省农业机械技术推广总站牵头，贵州大学、贵州省农业机械质量鉴定站、贵州金三叶机械制造有限公司、贵州铜仁贵茶茶叶股份有限公司、浙江红五环制茶装备股份有限公司、武义华帅瓜子机械设备有限公司、浙江上洋机械股份有限公司、浙江越峰茶叶机械有限公司等相关单位参与，共同完成了《贵州省碾茶初加工成套设施装备建设技术规范》（初稿）的编写工作，下一步，将按照程序开展贵州省碾茶初加工成套设备试点工作，补齐我省农产品加工产值低等短板，推动我省茶产业加工规模化、标准化、清洁化、绿色化、市场化高质量发展。

* 贵州省农业机械技术推广总站提供材料并整理。

2、贵州荔波茶园机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：福鼎大白、黔湄、黄金芽、黔茶、中茶、乌王、龙井、苔茶等。

适宜区域：贵州。

(2) 机械化生产技术路线：

机械中耕除草—机械植保—机械施肥—机械修剪—机械采摘—机械转运。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	机具作业图
中耕除草	每年中耕除草 3 次：5 月中旬~5 月底进行第一次中耕除草作业；7 月中旬~7 月底进行第二次中耕除草作业；10 月初~10 月中旬进行第三次中耕除草作业。	机械中耕除草	两侧各安装一组旋耕作业模块，可完成茶园的中耕作业。 耕作深度为 100~150mm，碎土率≥92.5%，作业效率≥2.0 亩/h。杂草除净率≥94.0%，平均油耗为 8L/h，作业效率≥2.0 亩/h。	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机
植保	每年植保 3 次：5 月中旬~5 月底进行第一次植保作业；7 月中旬~7 月底进行第二次植保作业；12 月初完成第三次植保后封园。	机械植保	两侧各安装一组折叠式喷杆喷雾植保作业模块。 喷头喷量 29kg/min，雾化粒径 100~500μm，作业平均油耗 9L/h，作业效率≥1.5 亩/h。可根据不同应用场景调节不同喷幅对茶树进行施药或对茶树叶面进行施肥作业。	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	机具作业图
施肥	每年施肥 3 次：6月初~6月中旬进行第一次中耕（开沟）施肥作业；8月初~8月中旬进行第二次中耕施肥（开沟）作业；10月下旬月初~11月中旬进行第三次中耕（开沟）施肥作业。	机械施肥	<p>两侧各安装一组施肥作业模块，施肥箱体积为 23.76L，两侧排肥器间距为 1500mm。施肥通常与旋耕同时作业，在排肥器排肥的同时，旋耕刀将肥料旋耕入土。</p> <p>平均排肥能力为 998g/min，平均油耗为 10L/h，作业效率≥2.0 亩/h，施肥模块通常与旋耕作业模块同时作业，在排肥器排肥的同时，旋耕刀将肥料旋耕入土，减少肥料的挥发和流失，确保肥料的利用率。</p>	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机
茶树修剪	每年修剪 2 次：6月初~6月中旬进行第一次机械化修剪作业；10月中旬~10月下旬进行第二次茶蓬和侧边修剪作业。	机械修剪	<p>采用 2 组往复式切割器，完成茶蓬修剪作业。</p> <p>修剪高度 390~870mm，修剪幅度≤1500mm，枝条撕裂率≤2.0%，枝条漏剪率≤1.0%，轻修剪平均油耗为 9L/h，作业效率≥2.0 亩/h；重修剪平均油耗为 10L/h，作业效率≥1.5 亩/h。</p>	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机
茶叶采收	每年采收 7 次：5月初开始第一次大宗茶机械化采收；以后每月可采收一次；11月下旬进行最后一次机械采收。	机械采收	<p>采收模块和修剪模块共用 2 组往复式切割器，完成大宗茶青的采收作业。</p> <p>采收高度 390~870mm，修剪幅度≤1500mm，芽叶完整率 78%，漏采率≤1.0%，损失率≤1.0%，可制茶率≥93%，平均油耗 10L/h，作业效率≥2.5 亩/h。</p>	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	机具作业图
转运	根据采收茶表决定转运次数。	机械转运	集叶箱体积为 27.72L，采用全液压系统控制，能精准地将采收的茶青倒入运输车。可转运鲜叶 35kg。	 4CC6-160D 型履带式茶园多功能管理机

(4) 典型基地效益分析

都匀市匀山茶叶有限责任公司成立于 2006 年，现有茶园 3520 亩（其中有机茶园 1500 亩），注册资本金 1500 万元，是一家专业产销名优茶及大宗茶的州级龙头企业。现已通过了欧盟有机认证、HACCP 质量体系认证、有机认证、世标认证等一系列认证，获得农业农村部国家级生态农场认证。2011 年成为第一批获得“都匀毛尖茶”地理标志产品使用企业、2012 年被评为黔南州龙头企业、2013 年获得贵州省名牌产品称号。

2024 年，贵州省农业机械技术推广总站在荔波县甲良镇梅桃村 540 亩茶园示范基地，开展中耕除草、植保、施肥、修剪、采收、转运等环节机械作业试验示范项目，指导项目点建设茶园全程机械生产试验示范基地，基地采用都匀市匀山茶叶有限责任公司自主研发的 4CC6-160D 履带式茶园多功能管理样机开展茶园全程机械生产，经试验验证，4CC6-160D 履带式茶园多功能管理样机较传统人工作业，节本增效 79.2592 万元。采用机械中耕除草与传统人工作业相比节本 93.5 元/亩·次，采用机械施肥与传统人工作业对比节本 103 元/亩·次，采用机械修剪与传统人工作业对比节本 45.5 元/亩·次，采用机械植保与传统人工作业对比节本 16.25 元/亩·次，采用机械采收与传统人工作业对比节本 105.5 元/亩·次。

* 贵州省农业机械技术推广总站提供材料并整理。

3、福建安溪铁观音茶机械化加工模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：乌龙茶。

适宜区域：安溪全域。

(2) 机械化生产技术路线：

机械匀堆—机械除杂—机械色选—机械筛沫—机械金探—机械装箱—机械包装—机械转运—机械称重—机械覆膜—机械装箱。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
机械匀堆	将不同批次茶叶放进匀堆机混合搅拌，使茶叶品质稳定。	机械匀堆。	匀堆机	 匀堆机
静电除杂机组	通过静电吸附原料茶叶中的不良物质。	机械除杂。	除杂设备	 除杂设备

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
全自动红外线色选	通过自动红外线色选将原料茶叶中的石子、毛发等不良物质剔除。	机械色选。	色选机	 色选机
圆筛筛沫	通过筛分将原料茶叶中的茶沫去除。	机械筛沫。	筛沫设备	 筛沫设备
金探	通过金属探测设备检测茶叶中的金属物质。	机械金探。	金属探测设备	 金属探测设备

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
自动装箱	对预处理好的原料茶叶进行自动装箱备用。	机械装箱。	装箱设备	 装箱设备
泡袋茶包装	自动将原料茶叶装袋装、真空成小泡包装产品。	机械包装。	全自动打泡机	 全自动打泡机
AGV 物料转运	运用 AGV 智能小车转运茶叶物料至下一包装点。	机械转运。	AGV 小车	 AGV 小车

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
罐茶喷码称重	对茶叶罐装产品自动称重。	机械称重。	称重设备	 称重设备
盒茶喷码称重	对茶叶盒装产品自动称重。	机械称重。	称重设备	 称重设备
盒奈三维覆膜	茶叶盒子表面覆膜。	机械覆膜。	三维覆膜机	 三维覆膜机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
装箱封箱	统一标准自动胶带封箱。	机械装箱。	装箱设备	 装箱设备
贴标称重	一盒一码标签自动贴至外箱表面。	机械称重。	贴码设备	 贴码设备

(4) 典型基地效益分析:

福建八马茶业有限公司成立于 2010 年，注册资本 3080 万元，位于福建省泉州市安溪县经济开发区龙桥园龙榜路 1 号，是一家集基地种植、生产加工、产品销售、茶文化旅游于一体的全产业链综合性大型茶叶企业，为八马茶业股份有限公司（以下简称“八马茶业”或“八马”）全资子公司，也是主要生产基地。连续 12 年获评国家重点龙头企业，截止 2024 年 1 月 31 日，全国门店近 3500 家。工厂厂区面积达 150 亩、建筑面积 9.6 万平方米，目前产能可以达到 5000 吨精制茶；公司员工共有 357 人。八马茶业第六代精加工生产线是目前国内最具现代化的乌龙茶铁观音精制加工生产线，从局部自动化生产模式升级为综合柔性自动化生产模式，兼容 90% 以上在制产品配方，各工序间减少物料周转频次、物人接触，从上茶叶原料预处理到包装出货采用清洁自动化加工技术，茶叶从进料到成品，全程不落地实现加工自动化、清洁化、智能化生产，极大提高产品的安全性、稳定性和生产效率。八马茶业精制加工生产目前已达到国内先进水平，单线主要指标如下：①大包装生产线日产铁观音精茶 6 吨以上，生产效率是人工生产的 6 倍；②小包装生产线产能可达 900 盒/小时，生产效率是传统生产线的 2 倍，产品优良率达 99.5% 以上，能耗节省 30% 以上；③车间内降低噪音和空气粉尘 70% 以上；④成品杂质含量十万分之一以内。获得国家绿色工厂、首届中国茶科技创新大赛特等奖、农业部信息化中心示范基地。

* 福建省农业机械推广总站提供材料并整理。

4、江苏仪征绿杨春茶叶机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：龙井长叶、中茶 108、龙井 43、白叶 1 号。

适宜区域：江苏省仪征市。

(2) 机械化生产技术路线：

机械中耕、施肥—机械除草—机械灌溉、植保—机械修剪—机械采摘—机械运输—机械摊凉、萎凋—机械杀青、揉捻—机械理条、发酵—机械炒干、烘干—机械精制—机械包装。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具	
茶园中耕	每年中耕 2~3 次，时间一般在 5 月、8 月、11 月，视茶园内的具体情况来定，施肥方法：开沟深 20cm，沟宽 30cm 的施肥沟施入，均开宽 20~30cm、深 15~20cm 化肥每次亩用量 15~20kg，距树干 15~25cm 开小沟撒施，最后回填泥土。	机械中耕。	中耕机		中耕机
茶园除草	在茶园杂草长出时适时清除茶园杂草。	机械除草。	割灌机、茶园专用割草机	 割灌机	 电动割草机
茶园灌溉	根据土壤墒情、茶树长势、气候条件等情况，确定需水量和灌溉时间，灌溉的水量，不应超过茶树根系内的土壤持水量。喷滴灌强度要和土壤透水性能相适应，一般茶园喷滴灌的水滴直径以 2mm 左右为宜，喷灌面积上的水量分布要均匀。一般要求喷头的组合喷洒均匀系数在 0.8 以上。	机械灌溉。	喷滴灌设备	 喷灌设备	 滴灌设备

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
茶园植保	<p>1. 诱杀防治：根据茶园情况间隔一定亩数安装一盏太阳能杀虫灯，每亩放置一定数量粘虫板。灯管下端高于茶树 0.2~0.3m；平均 2~3 天于早晨关灯后用毛刷清理 1 次虫袋和灯具，高峰期每天清理 1 次，粘虫板定时更换，可诱杀茶尺蠖、绿叶蝉、茶毛虫、茶螨类等害虫。</p> <p>2. 化学防治：在病虫害严重时选用高效、对口、低毒、低残留化学农药进行防治。严格按照 NY/T393 的要求控制农药施药量与安全间隔期。</p>	机械植保。	太阳能灭虫灯、农用无人机、粘虫板、自走式喷雾机。	  太阳能灭虫灯 农用无人机   粘虫板 自走式喷雾机
茶树修剪	成年茶树每年进行 2 次修剪。	机械修剪。	双人茶树修剪机、单人茶树修剪机、多功能茶园管理机。	  双人茶树修剪机 单人茶树修剪机  多功能茶园管理机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
茶叶采摘	适时采摘保障茶叶品质。	机械采摘。	单人采茶机、双人采茶机。	 单人采茶机  双人采茶机  自走式采茶机
农资运输	机械运输。	机械运输。	田园运输机	 田园运输机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具	
茶叶摊凉、萎凋	对茶青走水、萎凋。	机械摊凉、萎凋。	茶叶萎凋槽	 茶叶萎凋槽	
茶叶杀青	杀青摊凉好的茶青，散发茶香，冷却回潮。	机械杀青。	茶叶杀青机、冷却回潮机。	 茶叶杀青机	 冷却回潮机
茶叶揉捻	绿杨红工艺，茶叶萎凋后揉捻成条索状。	机械揉捻。	自动化揉捻机组、揉捻机。	 自动化揉捻机组	 揉捻机
茶叶理条	绿杨春工艺，对杀青好的茶青做形。	机械理条。	茶叶理条机	 茶叶理条机	

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
茶叶发酵	绿杨红工艺，对揉捻叶进行发酵。	机械发酵。	发酵机	 发酵机
茶叶炒干、烘干	理条叶炒干、提香。	机械炒干、烘干。	茶叶炒干机、茶叶提香机。	 茶叶炒干机  茶叶提香机
茶叶精制	对茶叶进行精制，剔除茶梗、黄片、杂物。	机械筛选	茶叶圆筛机、茶叶色选机、立式风选机、卧室风选机。	 茶叶圆筛机  茶叶色选机  立式风选机  卧式风选机

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具	
茶叶包装	茶叶制成长后装箱与袋泡包装。	机械包装	茶叶包装机、自动封膜机。	 茶叶包装机	 自动封膜机

(4) 典型基地效益分析:

仪征市大自然茶业专业合作社成立于 2013 年 4 月，注册资金 300 万元，毗邻捺山地质公园，是国家农民合作社示范社，江苏省放心消费创建示范单位。合作社专业从事茶叶种植、生产、加工、销售业务，实行“合作社+基地农户”的经营模式。建立了农产品质量安全可追溯系统，2022 年度获得绿色食品论证。目前拥有绿色茶园 1020 亩。合作社拥有 3000m² 的现代化加工厂房及办公场所，引进了一流的名茶清洁化生产线、大宗茶生产线及红茶生产线。建设有绿杨春手工茶见习空间 100 多平方，合作社技术力量雄厚，专业人才团队强大，与中国茶叶研究所，江苏省茶叶体系，建立长期合作关系，形成强大的技术支撑。合作社主要生产“绿杨春”及“绿杨红”（红茶）系列产品。绿杨春茶品质优良，“形美色翠，香高味醇”，荣获第二十届江苏省“陆羽杯”特等奖，绿杨红茶品质上乘，“乌润红艳，香甜味甘”。形成了一红一绿交相辉映的产业特色。近几年来，通过全程机械化的推广，老茶园进行了宜机化改造，目前绿杨春主产区宜机化率大于 90%，涵盖生产加工各个环节。在提高生产效率的同时，减少了劳动强度。

* 江苏省农业机械技术推广站提供材料并整理。

5、浙江杭州桐庐龙井茶叶机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：龙井茶群体种、龙井43、鸠坑种、中茶108、龙井长叶种、迎霜、嘉茗一号、鸠坑16、鸠坑20、浙农117等茶树品种。

适应区域：西湖产区、钱塘产区、越州产区。

(2) 机械化生产技术路线：

茶园：气象站、智能虫情测报实施监测—机械中耕（除草、施肥）—无人机植保—机械修剪—采栽—轨道车物资转运；

龙井茶初加工：智能化摊青—杀青（一青）—回潮—脱毫—风选—二青—回潮—圆筛—辉锅—风选；

茶叶精制加工：圆筛—风选—静电除杂—去毛发—色选—自动化分级—智能化包装。

(3) 主要环节要点与机械配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具		
茶园中耕	根据茶园杂草生长情况，及时采用割灌机以及物理除草（铺设防草布）等方式进行除草作业，每个茶季结束后，采用茶园耕作机进行15cm以内的浅耕，以打破因采茶对土壤踩压所形成的表面结壳即可，行间进行深25cm的机械耕作，到秋冬季结合施有机基肥料，促进茶树恢复生长，确保养分供应和树势平衡。	机器配合人工整地。	微耕机			微耕机
植保、灌溉	采用智能化虫情测报和智能虫情诱捕站等先进智能设备，通过AR技术辅助识别实现虫害快速诊断与防治建议，提升监测效率和精准度。根据智能设备给出的处理意见，积极采用农业防治、物理防治、生物防治技术手段进行综合治理，必要时采用无人机进行化学防治，化学防治过程。严格按照绿色食品农药使用准则的要求使用化学农药。 根据智能气象站监控数据平台提供的气象数据提前做好茶树的防冻减灾工作。	无人机植保。	智能虫情测报站；智能虫情诱捕站；智能气象站监控数据平台。			 智能虫情测报站 智能虫情诱捕站 智能气象站监控数据平台

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
茶树修剪	龙井茶树每年通常修剪 2~3 次、具体次数和修剪方式会根据茶树品种、生长阶段和管理目标进行调整。春茶后重修剪每年在 4 月下旬，夏茶控梢修剪在 6~7 月、秋梢打顶修剪在 9~10 月。修剪方式利用单人修剪机对条栽茶园茶蓬两侧徒长枝条进行修剪作业，以预留 25cm 左右行宽为宜，便于操作；结合茶园生长势，利用双人修剪机对茶树分别进行轻修剪（一般剪去树冠表层 3~5cm 的枝叶）、深修剪（一般剪去树冠表面 10~15cm 枝叶）和重修剪（通常是离地 40~50cm 剪去地上部树冠）作业，以培养优质高效树冠，达到增产、提质的目标。	机械修剪。	单人、双人修剪机。	  单人、双人修剪机
采摘	对一芽一、二叶茶芽生长的茶园，采用手工采摘，要求茶芽匀净度好，所采鲜叶原料用于加工高中档名优茶；对一芽三、四叶茶芽生长茶园，适时增加人工采摘，用于中低档茶叶制作。	人工	人工	 人工采摘
农资运输	针对坡度较大茶园铺设轨道运输车进行生产物资运输，降低劳动强度；缓坡茶园采用货车进行鲜叶等运输，运输过程中，严格遵守安全生产的各项规定。	机械运输。	轨道机、运输汽车。	  轨道机、运输汽车

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
茶叶摊青	龙井茶鲜叶摊青的核心是“控温、控湿、控时”，目的是散失多余水分、提升香气、软化叶片，为后续杀青做准备。温度：保持在 18~25°C，避免超过 30°C（高温易导致叶片发红、变质）；湿度：控制在 60%~70%，湿度过高易发霉，过低水分散失过快；通风：保持环境通风良好，可适当开窗或用风扇轻柔送风，避免闷堆。厚度：特级、一级芽叶摊放 2~3 cm，中低档茶叶不超过 5 cm，厚度不均会导致水分散失不一致。	机械摊青。	龙井茶鲜叶摊青的核心是“控温、控湿、控时”，目的是散失多余水分、提升香气、软化叶片，为后续杀青做准备。	 茶叶摊青机
茶叶杀青 (一青)	龙井茶一青（核心是杀青）的核心参数：锅温初始 200~220°C，时间 4~5min，环境温度控制在 20~25°C，核心作用是终止氧化、定香塑形，奠定龙井品质基础。一青（杀青）的核心作用：终止酶促氧化：高温快速破坏茶叶内多酚氧化酶活性，阻止叶片变红，保住龙井特有的翠绿色泽。提升香气基础：通过高温蒸发鲜叶中的青草气、水汽，激发茶叶本身的清香、栗香，减少闷味。蒸发多余水分：让鲜叶含水量从 75% 左右降至 60%，叶片变软，为后续整形（二青、辉锅）打下基础。	机械杀青。	扁形茶炒制机一青（杀青）的核心作用：终止酶促氧化：高温快速破坏茶叶内多酚氧化酶活性，阻止叶片变红，保住龙井特有的翠绿色泽。	 扁形茶炒制机
摊凉回潮	龙井茶一青（杀青）后摊凉回潮的核心作用是平衡水分、降温护香、软化叶片，为后续整形打下关键基础。智能化回潮设备会自动控制摊凉厚度在 3~5 cm 左右，避免堆叠过厚导致闷味，并精确控制回潮时间（15~30min），以手摸茶叶柔软不粘手、无烫手感为宜。	机械回潮。	智能化回潮机，一青后的的摊凉回潮的核心作用是平衡水分、降温护香、软化叶片，为后续整形打下关键基础。	 智能化回潮机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
脱毫	投叶量: 5–5.5 kg/锅; 温度: 30–40 °C; 转速: 35–40 rpm/min; 时间: 25–35 min; 终点判断: 茶毫 90% 脱落即出锅。核心作用: 去毫提净: 脱除多余茶毫, 使干茶更洁净、光润; 初步定型: 轻微滚压有助于条索紧结; 减少后续粉尘, 为风选与色选创造条件。	机械脱毫。	自动化脱毫设备去毫提净: 脱除多余茶毫, 使干茶更洁净。	 自动化脱毫设备
风选	脱毫后立即风选去末; 核心作用: 清除碎末、杂质; 提升净度, 避免焦末混入成品; 为后续分级(圆筛)提供洁净原料。	机械风选。	通过风选口分离石子等重杂质。	 风选机
二青	<p>投叶量: 200g/锅; 温度: 160–180 °C; 压力程序: 20 圈 (5 档) → 20 圈 (8 档) → 35 圈 (9 档) → 15 圈 (11 档); 炒板角度: 20–30°; 终点含水率: 10–15%; 出锅后自然风冷却。</p> <p>核心作用: 深度塑形: 压扁拉直, 形成龙井“扁平光滑”外形; 进一步提香: 高温促进芳香物质转化; 控制含水率, 为辉锅提供适宜水分散失梯度。</p>	智能化炒茶。	根据风选后的茶叶进行深度塑形。	 智能化炒茶机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
二次回潮	<p>回潮时间：筛面茶 2–2.5 h，筛底茶 2.5–3 h。 核心作用：充分回软：使极干茶叶重新获得可塑性；防止辉锅焦碎：避免因局部过干导致断条、焦边；提升成品率与匀整度。</p>	机械摊凉。	回潮机充分使茶叶回软：使极干茶叶重新获得可塑性。	 回潮机
圆筛	<p>回潮后进行，分筛面茶、筛底茶；目的：按茶叶大小分级，便于辉锅参数精准调控。 核心作用：分级匀质：确保同批茶叶物理特性一致；提高辉锅效率与品质稳定性；为精制加工提供标准化原料。</p>	机械筛选。	负责茶叶的匀整度控制。	 筛选机
辉锅	<p>投叶量：5–5.5 kg/锅；温度：180–220 °C；转速：33–36 rpm/min；时间：32–38 min；终点含水率：≤6%；出锅后立即摊凉冷却。 核心作用：最终定型：使茶叶扁平挺直、光滑紧结；提香增韵：高温激发熟栗香、炒豆香；足干保鲜：含水率≤6%确保储藏稳定性。</p>	自动化脱毫设备	根据智能化设备参数设定，去除茶叶表面的茶毫。	 自动化脱毫设备

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
风选	茶末、筛底茶、筛面茶分别包装。核心作用：净度最终控制；成品等级划分，实现优质优价；为后续精制提供洁净、分级清晰的干毛茶。	机械筛选。	对茶叶进行初步分级筛选。	 风选机
静电除杂	核心作用：高效去除非茶类异物：如纤维、塑料屑、金属微粒、毛发等；满足食品安全与出口标准；提升产品洁净度与消费者信任度。	智能化除杂。	高效去除非茶类异物。	 智能除杂机
色选	色差阈值：依据“嫩绿、匀亮”设定，剔除黄变、褐变、异色粒；核心作用：色度匀一化：确保成品色泽翠绿鲜活；剔除劣变茶：如焦片、红梗、黄片；显著提升商品外观等级与市场价值。	智能色选。	再次进行杂物去除和茶叶分级。	 智能色选机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
智能化包装	<p>智能化包装工序在洁净度≥10 万级、温湿度≤25°C/≤50%的车间内进行，采用全自动称重~充氮~封口一体化设备，对精制后的筛面茶、筛底茶分级包装。核心参数包括：计量精度±0.5g，充氮后残氧量≤2%，使用高阻隔铝箔复合膜。同步自动喷码，标注生产批次、等级及可追溯二维码，并集成金属检测与密封性检查。该工序有效隔绝光、氧、湿，锁住龙井茶“色翠、香郁、味醇、形美”品质，大幅延长保鲜期至 18–24 个月，同时提升出品标准化、品牌化与市场合规性，是实现机制龙井高品质商品化的重要闭环环节。</p>	<p>智能化包装设备。</p>	<p>全自动化包装设备从茶叶的罐装到成品装箱，实现了全程无人化操作。</p>	 <p>智能化包装设备</p>

(4) 典型基地效益分析：

艺福堂杭州龙井核心产区基地（面积 1200 亩，合作农户 500 户），通过“产前—产中—产后”全程机械化改造，实现经济、社会、产业三重效益提升，为茶叶产业现代化提供可复制范本。经济效益方面，机械化显著降本增效。人工成本从亩均 3000 元降至 1500 元，1200 亩基地年均节省成本 180 万元；机械化加工使鲜叶损耗率从 15% 降至 7%，亩均干茶产量稳定 80 斤，结合 2000 元 / 斤的市场售价，亩均产值达 16 万元，较传统模式提升 12%，基地年总产值增至 1.92 亿元，600 万元设备投入可在 3.3 年内收回，长期盈利空间清晰。社会效益上，基地构建“企业 + 农户”双赢模式。合作农户通过土地流转与劳务用工（机械化岗位月薪 4500 元），户均年增收 3.2 万元，增幅 40%，实现从“体力工”到“技术工”的转型，提升就业竞争力，稳定区域用工市场。产业效益层面，机械化推动标准化升级。生产环节实现“采摘时间、加工温度、筛选精度”统一，产品通过绿色食品与 SC 认证，次品率下降 5%，复购率达 85%；其“全程机械化 + 标准化管理”模式可推广至多茶叶主产区，助力行业从传统种植向现代化农业跨越。

* 浙江省畜牧农机发展中心提供材料并整理。

四、中药材全程机械化生产模式与典型案例

1、甘肃民乐板蓝根机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：板蓝根。

适宜区域：甘肃民乐。

(2) 机械化生产技术路线

机械深翻—机械施肥—机械耕整地—机械喷药—机械镇压—机械覆膜精量播种—水肥一体化高效植保—机械收获—机械废膜捡拾回收。

(3) 主要环节作业要点与机具配置要求

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
深翻	前茬作物收获后对地块进行机械深翻作业，作业深度应达到 25cm 以上。达到改善耕层结构，增加土壤通透性的目标。	机械深翻。	采用 1LYFT-450 型液压翻转犁，配套动力：110.3~147.2kW，作业深度：25cm 以上。	 1LYFT-450 型液压翻转犁
施肥	根据土壤肥力情况进行配方施肥，将颗粒肥料施播于地表以下 5cm，或者均匀撒播于地表。要求施肥均匀，无漏施、重施和肥料集堆现象，施肥后应立即进行耕整地。	机械施肥。	采用 2FX-400 型施肥机，配套动力：36.8~58.8kW，工作幅宽：400cm，行距：13.5cm。	 2FX-400 型施肥机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
耕整地	整地后要求地表平整，无秸秆残茬，土壤上松下暄、耕层绵软、土壤细碎，便于机械播种作业。	机械旋耕、深松联合作业。	采用 1SZL-250 型深松旋耕联合整地机：配套动力:102~121kW；工作幅宽:250cm;旋耕作业深度：15cm 以上，深松作业深度：25cm 以上。	 1SZL-250 型深松旋耕联合整地机
喷药	喷施除草剂，要求喷施均匀，无漏喷、重喷，喷药后应立即进行镇压作业。	机械喷药。	采用 3WPZ-1000 型自走式喷杆喷雾机，工作幅宽：180cm。	 3WPZ-1000 型自走式喷杆喷雾机
镇压	喷施除草剂后应立即耙耱镇压作业，要求地表平整、紧实，待一周后方可播种。	机械耙耱镇压	采用 1BQ-3.5 型驱动耙，配套动力:88~132 kW,工作幅宽:350cm。	 1BQ-3.5 型驱动耙

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
精量播种	每年 5 月上旬，当地下 10cm 处地温稳定在 7~8°C 时，即可进行播种。选择雨后或土壤黄墒（土壤含水率在 12%~15%，或土壤相对湿度在 40%~60%）播种，有利于正常出苗。	机械覆膜播种。	采用 2MBFK-1.4B 型覆土覆膜播种机，一次完成铺设滴灌带、覆膜、精量穴播作业，配 套 动 力：22.1~36.8kW。	 2MBFK-1.4B 型覆土覆膜播种机
高效植保	采用水肥一体化膜下滴灌节水灌溉技术，按需水、需肥和旱涝情况，适时灌溉施肥。	水肥一体化滴灌。	水肥一体化滴灌成套设备，保证及时、精量施肥、滴水。	 水肥一体化滴灌成套设备
收获	板蓝根收获采用中药材挖掘机，完成挖掘、筛土，达到药土分离，配套人工捡拾。	机械收获。	采用 4EYS-200 型中药材挖掘机，配 套 动 力：117.6~176.4kW,作业深度：20~40cm。	 4EYS-200 型中药材挖掘机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
残膜捡拾	板蓝根收获后进行地膜捡拾回收，要求捡拾干净，地表无可见残膜。	机械残膜捡拾。	采用 11FMJ-200 型残膜捡拾机，配套动力：20kW 以上,工作幅宽：200cm。	 11FMJ-200 型残膜拾机

(4) 典型基地效益分析:

2023 年，甘肃省民乐县裕慧农机服务专业合作社流转周边土地，种植板蓝根 500 亩，平均亩产量 300~380kg (干货)，售价约 20 元/kg,加上叶子 (大青叶) 的收益，每亩纯收入达 3000~3300 元，采用全程机械化生产较人工种植亩节约播种、除草等成本约 100~200 元。

* 甘肃省农业机械化技术推广总站、甘肃农业大学机电工程学院整理，民乐县农业机械化综合服务中心提供素材。

2、山西陵川潞党参机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域:

适宜品种：潞党参。

适应区域：北方旱作区。

(2) 机械化生产技术路线:

机械化施基肥—深翻、旋耕—育苗期（机械起垄—机械播种—植保除草—机械起苗）—种植期（增施生物有机肥—机械移栽—植保除草—机械收获）。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
施基肥	每年秋收后，使用 2FGH-1.5SL 撒肥机施肥，作业效率 10 亩/天。每亩施用农家有机肥 2000kg (3m ³)。	机械施肥。	撒肥机	 2FGB-1.5SL 型撒肥机
深翻	使用 804 拖拉机牵引 1LF-335 液压翻转犁深翻作业，耕翻深度≥35cm。	机械深翻。	液压翻转犁	 1LF-325 型液压翻转犁（深翻）

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
旋耕整地	使用 804 拖拉机牵引 1GKN-210H 旋耕机进行旋耕整地，作业幅宽 210cm。	机械整地。	旋耕机	 1GKN-210H 型旋耕机
机械起垄	使用自走式党参育苗起垄机作业，作业效率 2 亩/h，起垄高度 20~30 cm，垄宽 80 cm。	机械起垄。	起垄机	 党参育苗起垄施肥机
机械播种	3 月 20 日~4 月 10 日，使用电动 P06-3 型智能党参种带播种机进行播种，播深 3cm，播量 7.5kg/亩，作业效率 4 亩/h。	机械播种。	播种机	 P06-3 型智能党参种带播种机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
植保除草	<p>防治病虫害：在 7 月中下旬，使用大疆 T30 喷施党参叶面专用肥、控旺素，肥料含氮、磷、铁、锌等多种元素，防止党参叶面发黄、根茎腐烂等病症，促进党参正常生长。</p> <p>除草：育苗期党参苗小且密植达 40 万-50 万株/亩，需人工除草(严禁使用各类除草剂)，分别在 6 月上旬、7 月上旬、7 月下旬、8 月中旬进行四次除草。</p>	机械喷施、人工除草。	无人机	  T30 型无人机喷施专用肥 育苗期人工除草
机械起苗	<p>第二年 3 月 20 日~4 月 20 日，使用 804 拖拉机牵引 4YWL-1200D 型药材挖掘机进行起苗作业，作业效率 2 亩/h。小地块可使用自走式 YC-700 叉齿式根茎类作物挖掘机作业，作业效率 1 亩/小 h。</p>	机械起苗。	药材挖掘机	  4YWL-1200D 型根茎类挖掘机 YC-700 型叉齿式药材挖掘机
大田移栽	<p>3 月 20 日~4 月 20 日，采用 1K-1Q 党参开沟机开沟作业，人工压苗，行距 28~30 cm，株距 4~5cm，5 万株/亩。</p>	机械开沟、人工压苗。	开沟机	 1K-1Q 型党参开沟机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具	
植保除草	生产过程根据病虫害发生情况进行 1~2 次植保防治，使用 T30 喷施党参叶面专用肥、控旺素。移栽后到收获期间，需除草 4 次，严禁使用各类除草剂。第 1 次为 6 月上旬，出苗期（3 叶），使用 2H-12 电动除草机除草（3 亩/人/天）。第 2 次在 6 月下旬，出齐苗后(苗高 5 cm)，使用 2H-12 电动除草机除草（3 亩/人/天）。第 3 次在 7 月上旬，秧苗缠绕，不利于机械除草，需人工除草（0.5 亩/人/天）。第 4 次在 8 月上旬，人工除草（0.5 亩/人/天）。	植保除草。	无人机	 T30 型大疆无人机	 2H-12 型电动除草机
机械收获	10 月中旬收获，使用 804 拖拉机牵引 4YWL-1200D 型药材挖掘机作业，作业效率 2.5 亩/小时，挖掘深度 35 cm。收获之后需轮作一年。	机械收获。	中药材收获机	 4YWL-1200D 型药材收获机	

(4) 典型基地效益分析

陵川县安伟种植专业合作社位于陵川县平城镇魏庄村，有流转土地 230 余亩，以党参育苗、种植为主，年产党参 2.3 万 kg（干货）。2013 年以来与县农机部门合作，在潞党参耕、种、管、收等关键环节，不断开展机械化作业试验示范，逐步形成了一套适合当地潞党参种植的机械化生产模式。采用机械化播种作业效率是传统人工的 30 倍，施肥、移栽、收获等环节作业效率均为传统人工的 10 倍以上。潞党参种植人工需求极大，采用机械化生产可大幅减少人工投入，效率高、用工少，经济效益明显。近三年来，潞党参平均市场价为 120 元/kg，基地平均亩产 100kg（干货），每亩可收入 12000 元，除去机械、人工、种苗、肥料等成本外，亩均纯收入 5000 元。基地 230 亩，年产值 276 万元，纯收入可达 115 万元。

* 山西省农业机械发展中心、陵川县农机发展中心提供素材并整理。

3、山西盐湖丹参机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：丹参。

适应区域：盐湖区及北方丹参种植区。

(2) 农机化生产技术路线：

深翻—平地—深松复式整地—起垄覆膜打孔+人工栽苗—植保—水肥一体化—除草—杀秧—收获—残膜回收。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
深翻	上年上茬作物收获秸秆还田作业完成后，土壤含水量在 18%~22%时，及早进行深翻作业，耕翻深度 30cm~35cm，实现秋墒春用。	机械化深翻。	液压式、栅条式、梯形犁铧、全翻转式。	 1LYFT-360 型液压翻转犁
平地	种植当年春季土地解冻后进行。12PW-2.5Z2伸缩弯梁平地机搭载北斗卫星平地系统和移动基站进行精准整平，整平后平整度达到±2.5cm。作业幅宽可根据地块规模在 2.5m~4m 范围内伸缩。	机械化智能平地。	智能平地系统和基站。	   12PW-2.5Z2 型平地机搭载北斗卫星平地系统

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
深松整地	在春季3月初播种前进行，作业深度30~35cm，作业后土壤细碎、平整，上实下虚。	深松+旋耕+碎土复式整地作业。	深松铲机组与旋耕刀交错复式组合。	 150型深松复式整地机
播种	<p>春季3月5日~10日播种，采用丹参种段种植苗床机械化起垄覆膜打孔机械化一体化完成，后配合丹参种段人工栽植。</p> <p>垄面宽度40cm，起垄高度15~20cm，垄距80cm，孔行距20cm，株孔距15cm，膜宽60~80cm，配套120马力以上拖拉机。施肥量每亩150kg（100kg复合肥+50kg菌肥）+辛硫磷颗粒2~3kg。主要防治蝼蛄、蛴螬、地老虎。</p>	丹参起垄覆膜打孔一体机+人工栽苗。	施肥、旋耕、起垄、镇压、铺滴灌带、覆膜、打孔一次性完成。	  1GKNM型起垄覆膜打孔一体机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
植保	<p>植保作业全年 6 次：第 1 次和第 2 次：分别于苗期封垄前 4 月底—5 月初和 6 月初封垄前，使用高地隙喷施杀虫剂，按照药剂配备比例稀释 2000 倍合理兑水，亩施药液 50kg 主要防治蚜虫、蓟马、白粉虱。第 3 次到第 6 次：分别于 6、7、8、9 月初封垄后苗期进行，使用多光谱+无人机喷施，主要防治蚜虫、蓟马、白粉虱等病虫害，同时加施叶面肥增加抗性。按照药剂配备比例稀释 2000 倍液，亩施药液 50kg。</p> <p>智能巡检机主要针对规模化种植、山区种植区巡看出苗情况、草的情况、丹参苗长势、病虫害情况、缺肥情况，根据巡查结果定点，然后人工到点上确定具体情况，制定精准防治方案。</p>	<p>无人机智能巡检 + 高地隙喷施 + 无人机植保集成作业。</p>	<p>智能巡检机选用 DJIMAVIC3 多光谱版； 高地隙选用：12m 喷幅自走式、四轮驱动、四轮转向、50 马力双泵配置，全柴国四。 植保无人机选用 T60 以上。</p>	 <p>DJIMavic3 型多光谱巡检机 3WPZ-800 型自走式喷杆喷雾机 T60 型无人机</p>

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
水肥一体化	<p>生长期水肥一体化作业 3 次，采用电动三轮车拉载 1000L 肥罐，把水溶肥按比例溶解成水肥液，通过施肥泵和文丘里施肥器把肥液输送到滴灌管道系统。</p> <p>第 1 次在 5 月下旬，每亩施 20kg 生根保根水溶肥；第 2 次在 7 月下旬每亩施 40kg 中微量平衡水溶肥。第 3 次在 9 月中下旬每亩施 40kg 膨根水溶肥。</p>	轻简式移动水肥滴灌一体化。	电动三轮车配 1000L 肥罐、施肥泵、滴灌管道系统。	 轻简式移动水肥滴灌一体化
除草	<p>全生长期除草 3 次：第 1 次：5 月份未封垄期，用高地隙喷施 1 遍丹参专用除草剂。选择无风或微风天气（风速<3 级），避免高温时段（上午 10 点前或下午 4 点后），施药后 12h 内无降雨。作业速度 4~6km/h，喷头高度保持在丹参冠层上方 30~50cm，喷雾压力：2~3bar，喷液量：200~300L/hm²，施药浓度：根据除草剂说明书调整，施药次数：1~2 次（间隔 7~10 天）。第 2 次和第 3 次分别于 7 月中旬和 9 月份封垄后各进行一次，主要采取人工除草，拔除或用除草铲除掉杂草。</p>	高地隙高效植保作业。	12m 喷幅自走式、四轮驱动、四轮转向、50 马力双泵配置，全柴国四。	 3WPZ-800 型自走式喷杆喷雾机
杀秧	<p>在 10 月 23 号以后，霜降过后叶片失去功能后，进行杀秧作业。用秸秆还田机作业，作业刀具离地面高度 3cm，把地表药秧子全打掉。</p>	秸秆机械化还田。	秸秆还田机可根据动力大小和地块情况选择作业幅宽：150~200cm。	 150 型秸秆还田机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
收获	收获前 1~2 天停止浇水，确保土壤含水率适宜，收获时保持匀速前进，避免忽快忽慢，遇到障碍物及时停机清除，防止机器损坏。作业速度 2~3km/h（根据土壤条件和机器类型调整），挖掘深度 25~35cm（确保完整挖掘块根），收获损失率：<5%，块根损伤率：<10%，作业效率：0.2~0.5hm ² /h。	丹参机械化收获。	选用悬挂式、固定铲、栅条输送链式药材挖掘机，配限深轮、链传动、后侧平铺。	  4YWL-2000 型中药材挖掘机
残膜回收	在丹参收获完成后进行。配套动力：50~55马力拖拉机，作业速度：2~5km/h，拖拉机转速建议保持在 1800~2000 转/min。入土深度：100~200mm，工作幅度：100~110cm，残膜拾净率：地表及 0~100mm 土层>96%，深层拾净率（100~200mm 土层）：>85%，残膜含杂率：<10%。	残膜回收机。	格栅筛式输送链、圆辊式集膜打捆装置。	  1MSD-1.0 型动刀式残膜回收机

(4) 典型基地效益分析

山西省中药材生产机械化提质增效技术盐湖示范区，位于盐湖区三路里镇三路里村，中药材种植面积 13000 余亩，丹参种植面积 6000 余亩。

山西智行农业科技有限公司作为核心示范区，成立于 2020 年 5 月，种植面积 5000 余亩，种植丹参 1000 余亩，亩效益 0.2 万元，机械化提质增效技术实施后，减少 1/2 人工成本费，用药量减少 40%，提高效率 15%，中药材成药商品率提高 10%，1000 亩年可节省人工费 15 万元，亩增产 500 斤，亩节本增效 1174 元；辐射周边 6000 余亩丹参种植实现机械化。

* 山西省农业机械发展中心、盐湖区现代农业发展中心提供素材并整理。

4、安徽太和桔梗机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域:

适宜品种：桔梗。

适应区域：安徽太和、江苏盐城。

(2) 机械化生产技术路线:

机械整地施肥—播种—田间管理—人工收种—机械收获。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
机械整地施肥	首先进行深耕并施有机肥。整平做畦，畦高10~15cm，宽1~1.5m。	机械整地。	配套动力：85~130HP，耕深：10~18cm。	 1GQ-280 型旋耕机
播种	<p>桔梗以种子繁殖为主，播前用温水浸种24小时，在4月中下旬至5月中上旬播种，采用条播或撒播方式进行。</p> <p>同时由于桔梗通常2~3年收获，采用和芝麻混作模式，芝麻当年收入可抵农资支出。</p>	双行开沟。	条播机株距2~30cm，行距10~30cm，工作效率3亩/h。	 HC-BZJ 型条播机  3BX-6H 型线播机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
田间管理	浇水采用喷灌，春秋两个季节每隔4~5天浇水一次，夏季气温较高，每1~2天就浇一次水。	喷灌。	固定式喷灌设备。	 固定式喷灌设备
机械收获	一般在播后2~3年采收。采收期在9~10月采挖，采用悬挂式或自走式药材收获机挖掘。	挖掘收获。	药材挖掘机。	 4YS-160 型桔梗挖掘机 4YCZ-130 型桔梗联合收获机
去皮	收获后需趁鲜刮去外皮。	机械化去皮。	桔梗去皮机。	 桔梗去皮机

(4) 典型基地效益分析

安徽省太和县李兴镇被誉为“中国桔梗之乡”，李兴镇桔梗种植面积稳定在2万亩左右，年产量达3.5万吨，各类合作社、家庭农场180余家，并辐射周边乡镇，形成超过5万亩的特色桔梗生产基地。每亩产量约为300~400公斤，约30~40元/kg,平均亩净利润约9000元。

* 农业农村部南京农业机械化研究所整理。安徽省农业机械技术推广总站、安徽省阜阳市太和县李兴镇提供素材。

5、广西罗汉果机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：罗汉果。

适应区域：广西、贵州罗汉果种植区域。

(2) 机械化生产技术路线

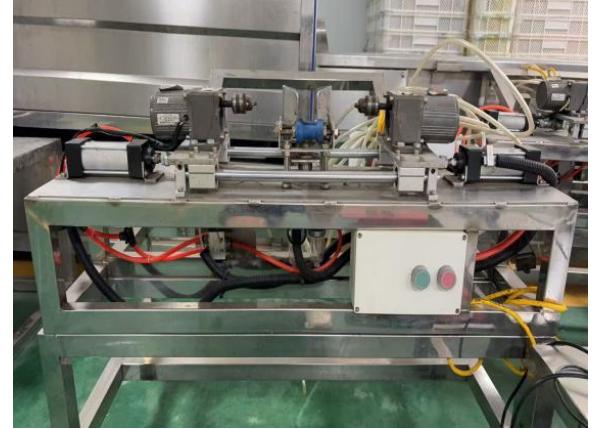
宜机化改造—耕整地—种植—田间管理—采收—运输—清洗—打孔—加工—包装—储存。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
宜机化改造	使用工程技术措施，对细碎异形、布局分散、坡度较大的地块实施修筑埂坎、行归并整理、调整布局、降坡整平等，变坡地为梯田，达到地块保水、保肥、保土、高产稳产的目的。	农用挖掘机开挖、平整。	农用挖掘机	 农用挖掘机
耕整地	深耕土壤 30~40 cm，施入腐熟有机肥改良土壤，按 1.2~1.5 m 宽起龟背形畦，开挖排水沟并进行土壤消毒，确保地块疏松肥沃、排水良好。	机械整地。	微耕机、果园管理机。	 微耕机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
种植	定植前浇透定根水，按行距 1.5 m、株距 0.8 m 三角形定植，铺设水肥一体化滴灌管网，覆盖地膜保墒，缓苗期每周滴灌水溶肥，确保幼苗成活率。	水肥一体化。	水肥一体化滴灌管网。	 水肥一体化滴灌管网
田间管理	苗期引缚主蔓，1.5 m 时摘心促分枝，疏除畸形花果，每株留 50~80 果。依据墒情调控水分，每次灌水量需渗透至根系分布层，未成龄果树建议渗透 20~30cm，成龄果树需达 70~100cm，分期追施氮磷钾肥。定期清除罗汉果树周围杂草和落叶以保持环境干净整洁，避免滋生病害；安装智能虫情灯监测虫表，及时驱避。	田间管理。	水肥一体化滴灌管网、除草机、智能虫情灯。	 水肥一体化滴灌管网  智能虫情灯  除草机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
采收	当果实转为黄绿色、网纹凸起时即可采收，保留 0.5~1cm 果柄，剔除病虫果。	机械采收、运输。	采摘剪。	 采摘剪
运输	人工采摘罗汉果后，用食品级周转箱单层码放，分层码放，堆高不超车身护栏防掉落。由农用三轮车运送至大路边，抵达路边转运点后，轻搬轻卸至货车，再大货车转运至加工厂房。应采后 2 h 内运至加工车间。	运输。	田间转运机具、货车。	  货车 三轮车
清洗	采用高压水喷淋与毛刷棍刷洗结合，去除果表的杂质和灰尘。水温控制在 25±2°C，清洗 90~120 秒，确保表面洁净度达 99.5%，清洗后沥干水分。	机械清洗。	洗果机。	 洗果机

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
打孔	按加工需求打 1~4 个孔，孔径 1~2.5mm，深度 5~8mm，确保孔位精准、深浅一致，有助于缩短烘干时间并改善果实加工后品相。	机械打孔。	打孔机。	 打孔机
加工	<p>加工后的罗汉果要求皮与囊不分离，无焦果，无粉状，湿度适中，采用三种工艺：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 冻干，即低温真空冷冻干燥，需经糖化预处理，在-40°C以下低温环境中冻结水分，随后在-65°C至-70°C真空环境下使冰直接升华，最后控制在50°C温度以下进行干燥。 2. 微波脱水，全程采用低温(-30°C以下)快速脱水，设置负压环境(真空度低于-0.08MPa)加速水分蒸发，同时抑制氧化反应。 3. 热泵烘烤，需控温35~70°C，烘烤过程中要逐个翻动，使整个果实受热均匀。 	机械加工。	冻干、微波脱水、烘烤设备。	  冻干机 微波脱水机  烘烤设备

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
包装	按直径分级，采用食品级环保材料包装，严格控制重量规格，确保产品一致性与安全性。	机械包装。	包装机。	 包装机
储存	入库前检测含水量（冻干果≤3%），冷库温度控制在 0~18°C，湿度 60~70%，定期监测温湿度防止霉变。	机械储存。	标准冷库。	 标准冷库

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
信息化管理	建立种植、加工、销售全产业链条的数据信息收录系统，通过平台实现可视化监管，以实现果品质量溯源，为农户提供农艺管理与市场信息，为生产决策提供支持。	信息化管理。	数据平台与显示屏。	 显示屏

(4) 典型效益案例分析

广西永福福中福罗汉果有限公司成立于 2019 年，位于广西壮族自治区有着“罗汉果之乡”美誉的桂林市永福县。公司依托 4500 亩 GAP 认证种植基地，累计投入 3500 万元打造机械化生产体系，在种植端配水肥一体化设备，加工端建成“清洗—打孔—脱水—包装”自动化生产线，形成“种植—加工—储存”全链条布局，年加工鲜果 5000 吨，2024 年销售额达 8000 万元，是全区领先的罗汉果生产加工标杆。加工效率较传统提升 3 倍，人工成本降低 50%，产后损失率从 15% 降至 5%；冻干产品价格较传统高 5~8 倍，销售额同比增长 300%；通过“公司 + 基地 + 合作社 + 农户”经营模式，建立起覆盖种植端的产业联盟，通过订单种植与分红保障参与方收益，带动 5000 余户农民户均年增收 1.2 万元。

* 广西永福福中福罗汉果有限公司提供素材，广西壮族自治区农业机械化服务中心与永福县农业机械化服务中心整理。