

第三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

2023年12月

目 录

一、蔬菜全程机械化生产模式与典型案例	2
1、北京露地白萝卜无人化生产模式与典型案例.....	2
2、山东垄作大蒜机械化生产模式与典型案例.....	4
3、宁夏露地甘蓝机械化生产模式与典型案例.....	7
二、林果全程机械化生产模式与典型案例	10
1、河北顺平苹果机械化生产模式与典型案例.....	10
2、上海设施栽培鲜食葡萄机械化生产模式与典型案例.....	20
三、茶叶全程机械化生产模式与典型案例	24
1、江苏丘陵茶园（溧阳神航）机械化生产模式与典型案例.....	24
2、安徽缓坡茶园（宣城宣州）机械化生产模式与典型案例.....	29
3、浙江安吉白茶机械化加工模式与典型案例.....	31
4、浙江抹茶机械化加工模式与典型案例.....	36
四、中药材全程机械化生产模式与典型案例	41
1、河北柴胡—油菜间作全程机械化生产模式与典型案例.....	41
2、山西侯马地黄机械化生产模式与典型案例.....	43
3、山西闻喜柴胡机械化生产模式与典型案例.....	46
4、江苏淮安艾草机械化生产模式与典型案例.....	49
5、江苏盐城白首乌机械化生产模式与典型案例.....	51
6、广西青钱柳机械化生产模式与典型案例.....	53
7、甘肃西和半夏机械化生产模式与典型案例.....	56

一、蔬菜全程机械化生产模式与典型案例

1、北京露地白萝卜无人化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域


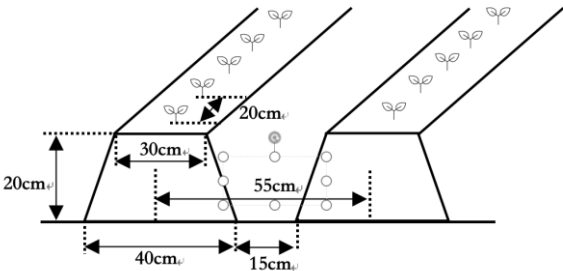

适宜品种：白萝卜。

适应区域：北方旱作区。

(2) 机械化生产技术路线

无人耕整地——无人化播种——无人植保、灌溉——自动化收获。

(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
<p>施基肥与耕整地</p>	<p>平地翻地深松旋耕整理，表面平整，土壤细碎。深翻≥ 25 cm，深松≥ 20 cm，耕深≥ 10 cm，碎土率$\geq 50\%$</p>	<p>无人耕整地</p>	<p>卫星平地机、翻转犁、深松机、旋耕机</p>	 <p>IPJ-2500 型平地机+ AMC-1101 型卫星平地系统 1LFT-430 型液压翻转犁 1S-250 型深松机 1GQN-250 型旋耕机</p>
<p>起垄播种</p>	 <p>采用气吸式精量播种机，一次性完成旋耕、起垄、开沟、播种、覆土、压实等工序。种植模式为单垄单行，垄面宽 30cm，垄高 20cm，垄（行）距 55cm，沟底宽 15cm，株距 20cm。</p>	<p>气吸式精量无人化播种</p>	<p>无人系统挂载气吸式精量播种机（带旋耕、起垄功能）</p>	 <p>4DS-4H2400 型旋耕起垄气吸式播种一体机</p>

灌溉	根据作物不同生育期水肥需求、天气情况和土壤墒情进行作物灌溉模型建立，并自动逐日灌溉，灌溉量适中。	逐日灌溉	逐日水肥灌溉系统	 <p>NXZRSFJ-300 型逐日水肥灌溉系统</p>
植保	根据病虫害草害情况，自动生成作业处方与轨迹，喷洒均匀、药量适中、覆盖全面，作业幅宽 9.25m，药箱容量 400L，作业行走作业精度达 2-3cm 以内可实现无人作业，自主规划路径，及精确控制每亩喷药量。包含套耕、鱼尾、直角等等多重转向方式。	无人植保	无人打药机器人	 <p>SR-HC-S400 型漫洒式农田打药机器人</p>
收获	视成熟度和市场需求，适时采收，采用单行自动化收获模式，实现了白萝卜的扶缨、拔起、切缨过程的全自动完成，减少人工投入 90% 以上。	自动化收获	单行白萝卜自动化收获机	 <p>4VLZ-1.0 型白萝卜全自动收获机</p>

(4) 典型基地效益分析

露地白萝卜无人化生产模式与典型案例示范基地位于北京市昌平区金太阳农场、小汤山国家精准农业研究示范基地和北京市大兴区京采兴农种植合作社，主要种植品种为京研雪域 182 白萝卜和秋美 40，种植面积共 400 余亩，白萝卜每亩产量达 4800kg，萝卜收获环节的人工投入减少 90% 以上，萝卜损伤率降低 2.5%，机械化收获较人工提高 10 倍以上，实现了蔬菜无人化技术与产品在白萝卜生产端的落地应用，近年在河北赵县、近年在河北沧州、天津等地示范应用面积 2000 余亩。

* 北京市农林科学院信息技术研究中心提供素材并整理。

2、山东垄作大蒜机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：山东金乡杂交蒜，以及山东四六瓣蒜。

适应区域：全国大蒜产区。


(2) 机械化生产技术路线

机械耕整地——（种蒜分级）——机械起垄——机械播种——机械灌溉、施肥、植保——机械收获——产后初加工。

(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	配置机具
种蒜分级	筛选蒜瓣应均匀一致。	机械分瓣、筛选	蒜种分瓣筛选机	 <p>5XZSF-5A 型蒜种分瓣分选机</p>
耕整地与起垄	 <p>表面平整，土壤细碎，流动性好，利于正芽播种。耕深≥ 25 cm，碎土率$\geq 70\%$，起垄种植垄面宽 200cm。</p>	机械整地、起垄	翻转犁、动力驱动耙、旋耕机、起垄机	 <p>1GQN-230 型旋耕机</p>  <p>1GLZQ-200 型悬挂式起垄机</p>
覆膜	根据大蒜行距定制百叶窗地膜，覆盖种行位置前后间隔 1cm，左右横切 7cm，保证膜边覆土压实，膜面与垄面贴合度好。	机械覆膜	悬挂式覆膜机、悬挂式铺管覆膜机	 <p>悬挂式铺管覆膜机</p>  <p>百叶窗地膜</p>

<p>播种</p>	 <p>行距 16~18cm，株距 12cm。 播种深度 1~2cm，正芽率≥85%、空穴率≤3%、 播种深度合格率≥85%。</p>	<p>机械播种</p>	<p>大蒜正芽播种机、大蒜摆种机</p>	 <p>2BSZB-5 型自走式大蒜播种机 2BSZZ-6C 型大蒜精量播种机</p>
<p>灌溉与植保</p>	<p>根据作物需求，喷洒均匀，灌溉量适中。 根据病虫害情况，喷洒均匀，覆盖全面。</p>	<p>机械灌溉、机械植保</p>	<p>水肥一体化滴灌设备、无人植保机</p>	 <p>水肥一体化滴灌设备 多旋翼无人植保机</p>
<p>收获</p>	<p>适时收获，在蒜瓣背部凸起，瓣与瓣之间沟纹明显，植株将要干枯时进行机械收获作业。</p>	<p>机械收获</p>	<p>挖掘式收获机、大蒜联合收获机</p>	 <p>4DS-210A 型大蒜前置收获机 4DS-126 型大蒜联合收获机</p> <p>4DS-29A 型大蒜联合收获机</p>

初加工	大蒜分选、加工蒜米，提高经济效益。	机械初加工	大蒜分选机、蒜米生产线		
				6GFD-6 型大蒜分选机	6GSM-5A 蒜米生产线

(4) 典型基地效益分析

金乡县绿亨蔬菜专业合作社，位于金乡县王丕镇李阁村，进行机械化垄作大蒜生产约 30 亩。与传统模式相比，垄作地块亩增产 350kg，节约成本 90 元/亩，亩增加效益 2780 元。

* 山东省农业机械技术推广站整理。

3、宁夏露地甘蓝机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：YR 中甘 21、佳美特、中甘 097 等，抗逆性强，高抗枯萎病，耐抽薹、商品性好，适应性广。

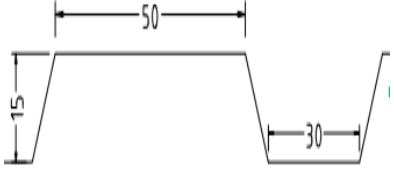

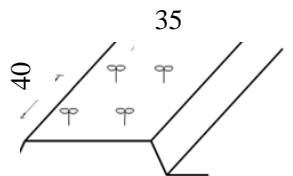


适应区域：宁夏全区露地。

(2) 机械化生产技术路线

自动穴盘育苗——施基肥与耕整地——起垄覆膜——移栽——灌溉、施肥——高效植保——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（图文）	技术模式	机具配置要点	基地配置机具（图文）
育苗	播前种子消毒，每穴 1 粒，深度 0.5-1cm。具 3~4 片真叶、根系发达并紧密缠绕基质成团时可移栽。	集约化育苗	秧盘播种成套设备，育苗温室配有喷灌车	 <p>2BPC-1000-H 型秧盘播种成套设备</p>
施基肥与耕整地	旋耕整地不起垄，表面平整，土壤细碎。耕深≥35 cm，碎土率≥85%。	机械整地	撒肥机、深松整地机、平地机、旋耕镇压一体机联合整地	 <p>撒肥机</p>  <p>土壤改良松土机</p>  <p>改制双向旋转旋耕机（带镇压辊）</p>

<p>起垄覆膜</p>	 <p>50×15×30cm，一机两垄垄间距30cm。</p>	<p>机械联合作业（北斗导航旋耕、起垄、施肥、喷药、铺滴灌带）</p>	<p>联合耕整地机、旋耕施肥喷药起垄铺滴灌覆膜一体机</p>	 <p>一机三垄 一机两垄 一机一垄</p>
<p>移栽</p>	 <p>双行移栽株行距：35×40cm。</p>	<p>机械移栽</p>	<p>自走式半自动移栽机、自走式双行移栽机</p>	 <p>PVHR2 型自走式半自动移栽机 2ZBZ-2A 型自走式双行移栽机</p>
<p>灌溉、施肥</p>	<p>水肥一体化</p>	<p>微滴灌</p>	<p>水肥一体化滴灌等设备</p>	 <p>水肥一体化灌溉设备</p>
<p>高效植保</p>	<p>根据病虫害发生情况，自动生成作业处方与轨迹，均匀喷洒，药量适中，覆盖全面。</p>	<p>机械植保</p>	<p>自走式喷杆喷雾机、无人机</p>	 <p>3WP-700 型自走式喷杆喷雾机 无人机</p>

收获	甘蓝成熟、长势均匀，适时收获。	机械收获	甘蓝收获机	 <p style="text-align: center;">甘蓝收获机</p>
残膜回收	下茬种植前回收。	残膜机械回收	尾菜处理及残膜回收机	  <p style="text-align: center;">残膜回收机</p>

(4) 典型基地效益分析

永宁县康润丰农业专业合作社成立于 2014 年，注册资金 300 万元，拥有社员 153 个，基础配套设施齐全，规划合理。合作社占地面积 1620 亩，建设新型高效节能蓄放热日光温室 10 栋，全钢架结构大拱棚(长 100m、宽 16m)26 栋，小拱棚 10 栋，办公区 400m²，冷库 1300m²，分拣厂房 600m²，生物秸秆制肥车间 300m²。拥有各类农机具 19 台(套)。合作社全年蔬菜产量 1 万吨，产值 2000 万元以上。主要种植番茄、甘蓝、西兰花等品种，产量 4000kg/亩以上。

吴忠市伊禾农机作业服务有限公司建有蔬菜种植基地 140 亩，是一家集蔬菜种植、加工和销售为一体的新型农业产业化企业。该基地成立于 2019 年，拥有拖拉机等大中型智能化农机具 73 台套。其中，甘蓝主要种植品种为中甘 21。产量 5210kg/亩，机械移栽产量对比当地传统人工移栽产量增加 30%，每亩机械移栽可节约人工 180 元、收获节约成本 80 元，合计每亩可节本增效 260 元左右。

* 宁夏回族自治区农业机械化技术推广站整理。

二、林果全程机械化生产模式与典型案例

1、河北顺平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：富士（短枝型）、王林、中秋王、嘎啦等。


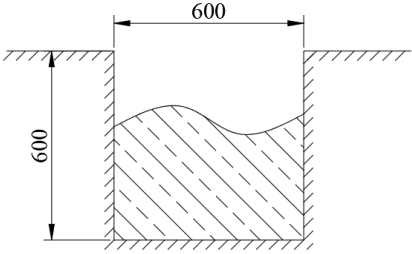

适应区域：燕山-太行山浅山丘陵区。

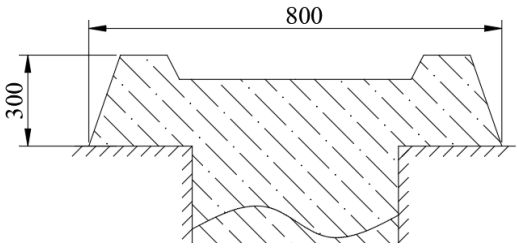

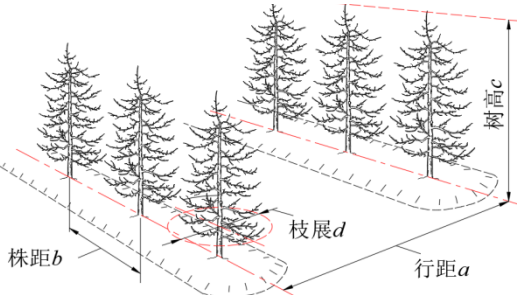


(2) 机械化生产技术路线

整地建园——果树栽植——生草与土壤管理——水肥一体化——树体与花果管理

——病虫害防治——采收运输——分选——产地储藏——枝条粉碎等。

(3) 主要环节作业要点与机具配置





作业环节		作业要点（图文）	技术模式	机具配置要点	基地配置机具（图文）
整地 建园	动力配套	能够配套土地耕整机械、起垄机、栽植机、割草机、风送喷雾机、果园叉车、枝条粉碎机等各类果园作业机械，应配有驾驶室和三点悬挂装置，动力输出轴转速应至少具备 540 r/min 和 720 r/min 两种，拖拉机宽度≤1.2m。	配套动力机械	60~80 马力窄轮距四驱轮式拖拉机	 <p>四驱轮式拖拉机</p>
	土壤整理和石块清理	以适宜机械化作业为目标优化地块布局，对山坡面 10°~25°之间的未利用地进行开发整理，分段沿等高线修建梯田，单块地宽度不低于 6m、最小面积不低于 1.0 亩。对于坡度小于 10°的缓坡，整理为长方形地块，最小面积大于 10 亩。梯田种植面内 30cm 深度捡拾砾石、碎石，堆积或填埋沟壑处，埋置深度应大于 100cm。	机械捡石	链条式捡石机、滚筒式捡石机	 <p>1JS-200 型链条式捡石机</p>
	开沟施底肥	 <p>顺行开挖定植沟宽度和深度均为 60cm，将表土和每亩 10 方或 6 吨有机肥混匀填入沟中 80%深度，然后填土起垄灌水沉实，以备栽植。</p>	机械开沟施肥	工程挖沟机	 <p>工程挖沟机</p>

	起垄	 <p>起垄成“凹”形阳畦宽 800~1200mm，畦埂高 300mm，灌透水沉实，以备栽植。</p>	机械起垄	果园起垄机（单行、双行）	 <p>QL-800 型起垄机</p>
果树栽植	定植	 <p>栽植株行距 $(1\sim1.5)\times 4\text{m}$，每亩 110~167 株，沿行起垄宽 1.5~2m，高 10~30cm，垄面呈中间略高、两侧略低的拱形，陇上铺设园艺地布，行间留 1.8~2m 机械作业通道。</p>	机械定植	悬挂式果树开沟栽植机	 <p>ZL-30 型果树栽植机</p>
	立柱、拉丝等	<p>顺行每 10m 栽钢管立柱，钢管立柱高度\geq树高 0.3~0.5m，地头钢管配有斜钢管向外支撑，沿立柱高度平均拉 4 道钢丝，每株树旁立一根竹竿或钢管做支撑，扶持中心干。</p>	机械挖穴	悬挂式挖坑机、工程机械	 <p>悬挂式挖坑机 工程机械</p>

土壤管理	旋耕	起垄后或定植后果树行间旋耕地表土壤、平整，使用悬挂式旋耕机，与大田机械通用。旋耕时不要破坏垄台，深度 10~15cm，土壤细碎，地表平整，以有利于果园生草刈割作业。	机械旋耕	单轴、框架式旋耕机	 1GKN-180/160 型旋耕机
	割草	果园采用生草制，刈割粉碎还田，培肥地力。当草高度达到 50cm 左右时进行刈割，根据果园草的长势每年刈割 4~6 次，雨季后期停止刈割。刈割留茬高度 20cm 左右为宜，确保草茬存活再生，刈割后碎草均匀抛撒覆盖于果树行内。	机械割草	正置或偏置悬挂式割草机、轮式遥控割草机、履带式割草机、乘坐式割草机等	 9GC-1.6 型悬挂割草机  G33 型遥控割草机
	浅旋耕追肥	追施有机肥，根据果树长势 2~3 年撒施一次，推荐施用腐熟牛粪或羊粪 4~6m ³ /亩，浅旋后应土壤细碎，土肥掺合均匀，果树行间地表平整。	机械施肥、旋耕	配撒肥机、旋耕机	 撒肥机  旋耕机
	开沟施肥	矮砧苹果按亩产量 3000~4000kg 为目标，采果后 10 月下旬至 11 月上旬早施有机肥，施用腐熟的牛粪或羊粪 4~6m ³ /亩，加复合肥 40~60kg/亩，开沟深度 25~30cm，开沟宽度 30cm，距离树干 50~70cm，肥料与土壤均匀混合，表层覆土，配备水肥一体化设备的果园，不用开沟施肥。	机械开沟、施肥、回填	开沟施肥机、开沟施肥回填一体机	 开沟施肥回填一体机




灌溉	灌溉与施肥	<p>新梢长至 15cm 时，结合浇水施用液态肥或水溶肥，11 月下旬浇封冻水，提高地温保证苗木越冬。年周期内按少量多次平衡施肥，发育前期主要依靠树体贮藏营养；花芽发育和开花坐果，以高氮、低磷、中钾复合肥为主；发育中期新梢加长、花芽分化、幼果生长和膨大，氮磷钾均衡供给；盛果期氮磷钾比例 1:0.5:1；发育后期果实二次膨大、开始着色，施用低氮、中磷、高钾复合肥。</p>		水肥一体化滴灌、微喷灌系统	首部枢纽、管道、滴头、微喷头、施肥罐等配套设施	 <p>水肥一体化系统首部</p>
植株管理	定干	 <p>第一年定干修剪</p>	<p>依苗木质量及所用树形而定，一般苗高 1.5~1.8m，定干高度为 1~1.2m，苗高 1.8~2m 定干高度为 1.2~1.4m，苗高 2m 以上定干高度为 1.4~1.6m，同一块果园尽量定干高度一致。</p>	工具修剪	果树剪刀、电动剪、气动剪	 <p>果树剪刀 电动剪</p>
	开角拉枝	<p>定植当年，新梢长度达到 15~20cm 时，拉枝开角，角度为 90~120 度，随新梢生长随拉枝开角，角度维持在 90~120 度。若采用拉支绳索，秋季后应及时解开绳索缓和枝条，防止拉枝过度。</p>		工具开角、绳索拉枝	PE 开角器、绳索	 <p>苹果开角器 绳索拉枝</p>

	整形修剪	 <p>苹果细长纺锤形</p>	<p>矮化密植苹果树形采用纺锤形、自由纺锤形、高纺锤形等，侧枝均为结果枝，树体高度控制在 3.0~3.5m，每株保留 20~25 个结果枝，每年及时剪除过粗枝条(粗度超过主干 1/3)，根据树势适时更新调整。</p>	工具修剪	果树剪刀、高枝剪、高枝锯、手锯、电动剪、修枝锯等	 <p>果树修剪整形工具</p>
	切根控冠	<p>春季或夏季，切断果树根系，控制果树新梢(春梢或秋梢)旺长，缓和树体长势，促进挂果增产，根据苹果栽植密度和树势确定切根深度 30~50cm，切根角度 $45\pm 10^\circ$，切根位置距离树干 50~70cm，每隔 2~4 年切根一次，单侧或双侧切根。</p>	机械切根	果树切根机	 <p>1QG-2 型矮砧密植苹果切根机</p>	
花果管理	防霜	<p>4 月上旬，山地较低洼区域容易遭受冻害。根据天气预报、园区气象站信息及时采取干预措施，配备喷淋防霜、风机防霜设备。</p>	设施设备防霜	气象站、防霜设备	 <p>果园气象站 果园防霜机</p>	

	授粉	按苹果矮砧密植要求每隔 8~12m 距离(或 10 棵树左右) 种植专用授粉树(海棠), 采用壁蜂、蜜蜂辅助授粉, 也可采用无人机辅助授粉(试验)。	无人机授粉	无人机	 <p>无人机授粉 蜜蜂授粉</p>
	疏花疏果	人工疏花疏果、化学疏花疏果、机械疏花(试验阶段), 按亩产量 3000~4000kg 目标, 根据每年开花数量确定每株树合理负载量。为避免倒春寒的影响, 宜采用疏果定产。	工具辅助人工疏花、化学疏花、机械疏花	疏花剪、静电弥雾机、疏花机(样机)	 <p>苹果疏花机(试验样机)</p>
	套袋	人工套袋, 现代苹果园通风透光, 很多果园推广免套袋技术, 增加生物制剂防控(植保)。	工具辅助套袋	撑口器、套袋机	 <p>果袋撑口器 自动套袋机</p>
植保与防灾	病虫害防治	矮砧苹果病虫害防治主要采用风送式喷雾, 喷雾高度能覆盖 3.0~3.5m 树高, 喷雾机的喷雾出风口为圆环形、塔形或梯形、多风口型等, 雾滴在出风口遇到高速气流作用二次雾化, 雾滴直径 80~150 μm 之间, 被风吹至果树冠层, 雾滴沉积密度 ≥ 20 个/ cm^2 , 施药时气温应 $\leq 35^\circ\text{C}$, 自然风速应 $\leq 3.3\text{m/s}$, 减少雾滴飘失。	机械植保	自走式风送喷雾机、悬挂式风送喷雾机、牵引式风送喷雾机、塔形风送喷雾机等	 <p>3XF-400 型悬挂式风送喷雾机</p>

	防虫	<p>根据昆虫具有趋光性的特点，利用昆虫敏感的特​​定光谱范围的诱虫光源，诱集昆虫并能有效杀灭昆虫，降低病虫指数，防治虫害和虫媒病害，减少化学农药的使用。</p>	设备诱杀	虫情测报灯、杀虫板	 <p>虫情测报诱杀灯 诱虫板</p>
	防鸟	<p>搭建防鸟网是一种非常有效的防鸟方法，同时还可以预防冰雹。专业的声音驱鸟设备包括驱鸟炮和智能语音驱鸟器。</p>	物理预防	防鸟网、声光电驱鸟设备	 <p>搭建防鸟网</p> <p>煤气驱鸟炮</p>

	防雹	<p>搭建平面式防雹网，沿果树行向每隔 8~10m 设置高度 4m 的水泥杆或钢管立柱，采用专门连接件紧固，雪季来临前要打开防雹网，以免大雪压塌立柱和果树。</p>	设施防雹	防雹网、防雹高射炮	 <p>搭建防雹网的苹果园 降雹后防雹网作用</p>
采收与采后处理	采收	<p>果园作业平台分为轮式和履带式，轮式为液压四驱，平台升降范围 1.0~2.3m，两侧调幅总宽度 1.6~2.8m，额定载荷 400~800kg，采收作业速度 0~4km/h，园内运输速度 4~8km/h，坡地用平台有调平机构，调平范围 0°~10°，可配备果箱叉、标准果箱、采摘袋、电动剪等辅助工具。</p>	机械辅助采收	果园作业平台（轮式、履带式）	 <p>3GP-160 型自走式果园果业平台</p>
	运输	<p>果园内运输采用与拖拉机配套的果园叉车装置、专用防振动果箱拖车。</p>	机械运输	果园叉车、三轮车、拖车	 <p>7T-400 型果园叉车</p>

	分选	可进行重量、大小、颜色、瑕疵、内部品质分选，可全面检测糖度，酸度、空心、浮皮、褐变、果肉损伤等内部指标，提供配套保鲜、果品分级、水净化杀菌、自动入料、卸堆垛等一体化解决方案。	机械分选	苹果分选线		苹果分选线
贮藏	贮藏	配套建设冷库、气调库等设施设备，专用果箱架、叉车等辅助工具。冷库设计应符合《冷库设计标准 GB50072-2021》相关规定，根据园区面积确定冷库大小，做到安全可靠、节约能源、环境友好、经济合理、先进适用。	冷库、气调库	冷库、气调库等设施设备、果箱架、叉车等		苹果贮藏气调库
枝条处理	枝条粉碎	采用枝条粉碎机开展枝条粉碎作业，工作幅宽 1.6~1.8m 可选，粉碎枝条直径≤15cm，粉碎后尺寸≤10mm，碎屑均匀抛撒覆盖树盘或腐熟发酵后翻埋，病枝、虫枝带出园外。	机械粉碎	枝条粉碎机		3ZFJ 系列枝条粉碎机 固定式枝条粉碎机

(4) 典型基地效益分析

顺安绿生农业科技开发有限公司成立于 2014 年，其园区规划面积 12200 亩。2020 年被评为省级果品精品园区和省级农业科技创新驿站。园区内建有河北农业大学顺平水果示范试验站，园区的核心区占地面积 3520 亩，主要种植富士、天红 2 号、王林、斗南等苹果品种。

园区以科技驿站为依托，集科技创新创业、科技示范展示、生产、加工、推广于一体，划分为六个片区。核心技术研发区 100 亩，开展新品种和新技术研发，探索产业经营模式；技术集成示范区 3520 亩，以苹果种植为主导集成示范智慧农业、信息化技术应用；经营示范区 6600 亩，探索和完善专业合作社运营模式，创新经营机制和实施标准化生产；果品深加工区 20 亩，建成优质果品筛选流水线、果酒生产线、脆片生产线、鲜切片生产线，年产能 3000 吨，实现果业一二三产业深度融合发展；冷藏保鲜直销配送区建有 1000 吨冷库一座，实施农超对接，与永辉、北国、惠友、劝宝、北汽集团等大型超市、大企业集团开展农产品物流配送供应，年销售收入 600 万元。

园区苹果生产关键环节的定植沟开挖、有机肥施入、水肥一体化、果园割草、病虫害防治等均应用机械装备完成，机械应用率超过 75%。公司苹果基地建成了农机农艺融合的“太行山农业创新驿站”，各种刈割除草、喷药、施肥、滴灌等机械和装备的使用大幅节约了果园管理成本，有效降低了果园用工量，提高了生产效率和果园管理经营效益。据统计机械化标准园与传统果园相比，亩节省用工成本 1500 元左右。顺平苹果示范园驿站模式入选“全球减贫案例征集活动”优秀案例（2021）。通过辐射带动群众致富，经过十多年的发展，顺平县苹果种植面积 8 万亩，年产 13.5 万吨，十余万人从中受益。

* 河北农业大学国家苹果产业技术体系机械化研究室、保定综合实验站提供素材并整理。

2、上海设施栽培鲜食葡萄机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：巨峰、阳光玫瑰、夏黑等。

适应区域：上海、浙江、江苏、云南、广西等设施栽培区域。

(3) 主要环节作业要点与机具配置


(2) 机械化生产技术路线

设施温室——开沟施肥——栽植——树体管理——水肥一体
——枝条粉碎——采收/销售——贮藏。

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具（图文）
设施温室		钢架结构、塑料薄膜			
开沟，施肥，种植沟	开沟定植	采用挖沟机开沟，人工撒肥，人工栽植葡萄苗。	机械挖沟，人工撒肥和栽苗	挖沟机	 挖沟机
植株管理	主杆	H型或“王”字型	人工将主蔓引上平棚架上	绑蔓机	 绑蔓机

	水肥一体化	<p>水肥一体化设施，配备水泵首部、管路、灌水器（滴头、喷头）、施肥罐、注肥器等，采用单管落地铺管方式。灌水时间可调节，自动关闭。</p>	人工配比水肥一体化	首部枢纽、管道、滴头等配套设施	 <p>水肥一体化设备</p>
	修剪	<p>固定在拖拉机的前端，采用单边作业，修剪叶幕和顶梢。在秋季果实采摘后，留有芽，采用人工剪刀，将当年发的枝条修剪。</p>	人工修剪	甩刀式修剪机、剪枝刀	 <p>剪枝刀</p>
	喷药作业	担架式喷药机进行作业。	机械打药	担架式喷药机	 <p>担架式喷药机</p>

开沟施肥	开沟施肥	秋季在葡萄根系的侧边约50cm，开沟，深30-50cm，宽30-40cm，人工撒施有机肥(1-2方/亩)。	机械开沟	手扶式开沟机	 <p>手扶式开沟机</p>
枝条粉碎	清园	将修剪后的枝条，直接将枝条粉碎还田机，粉碎长度约2~4cm。	机械粉碎	枝条粉碎机	 <p>枝条粉碎机</p>
采收包装	运输	人工采摘果实后，放置在收集筐中。	人工采收、包装	分捡包装流水线	 <p>人工采收、包装</p>

贮藏	冷库贮藏	根据葡萄品种和贮藏期，温度、湿度可调。	冷藏	冷库	 <p data-bbox="1720 564 1774 592">冷库</p>
----	------	---------------------	----	----	--

(4) 典型基地效益分析

上海施泉葡萄合作社，自有种植面积 200 亩，有 53 个合作社，1720 亩，位于上海干巷镇，为粘壤土，主要种植阳光玫瑰、巨峰等品种，采用 V 型架势，树龄约 5 年以上，现有开沟机、修剪刀、枝条粉碎机、水肥一体化等，除采摘外，实现机械化，机械化水平约 82%。使用机械化管理后，每亩可节约成本 600-700 元，目前辐射应用面积为 5000 亩。

* 中国农业大学工学院、国家葡萄产业技术体系机械化研究室、生产管理机械化岗位、上海综合试验站提供素材并整理。

三、茶叶全程机械化生产模式与典型案例

1、江苏丘陵茶园（溧阳神航）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 6 号、龙井长叶、龙井 43、迎春早。

适宜区域：江苏溧阳。

(2) 机械化路线

田间：耕作——除草——施肥——修剪——采摘——植保——运输。

加工：分级——萎调——杀青——做型——干燥——筛选——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	机械配置要点	基地配置机具
茶园中耕 施肥	中耕时间一般在 5 月、7 月、9 月，每年中耕 2~3 次，视茶园内的情况而定，第一次在春茶结束修剪前，施以 15~25kg/亩的有机肥；第二次于梅雨季节结束后进行适时中耕除草，第三次在施基肥后进行，施以 50kg/亩的有机肥后中耕，使肥料和土壤充分混合，促进茶树营养吸收。	机械中耕	多功能管理机、中耕机、微耕机、低地隙管理机、手扶式螺旋施肥机	 <p>多功能管理机</p>  <p>中耕机</p>  <p>低地隙管理机</p>  <p>手扶螺旋施肥机</p>
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、旋耕机、智能割草机	 <p>割灌机</p>  <p>旋耕机</p>  <p>智能割草机</p>

<p>农资运输</p>	<p>利用运输装备完成茶园肥料和机具的上山转运以及鲜叶的下山转运。</p>	<p>机械运输</p>	<p>履带式运输车、遥控式搬运机</p>	 <p>7TY-800 型运输车 遥控搬运机</p>
<p>茶园植保</p>	<p>物理防治：根据茶园情况以 15~20 亩/盏安装太阳能杀虫灯，灯管下端高于茶树 0.2~0.3m。在 3 月底以 2~3 亩/个安插茶尺蠖性诱捕器，春茶修剪结束后立即以 20~25 张/亩安插粘虫板，粘虫板悬挂高于修剪后茶树 20~30cm，定期更换粘虫板。利用负压捕虫机对茶园小绿叶蝉、茶毛虫和茶尺蠖等虫害进行物理防治。</p> <p>农药防治：在病虫害严重时选用生物农药进行防治，如短稳杆菌、苏云金杆菌和矿物油等。严格按照绿色有机食品要求使用。</p>	<p>机械植保</p>	<p>太阳能灭虫灯、农用无人机、负压捕虫机</p>	 <p>灭虫灯 农用无人机</p> <p>负压捕虫机</p>
<p>茶树修剪</p>	<p>成年茶树每年进行 2-3 次修剪，第一次于 5 月上旬春茶采摘结束后，并施以适量复合肥促进茶树生长；第二次于 7 月上旬，根据茶树长势进行二次修剪，促进茶树枝条分化，控制茶树总体高度；第三次于秋末，视茶树生长情况和气候，进行适当打顶轻修剪，促进茶树木质化，减少虫卵，避免因茶树长势旺盛在冬季造成冻害。</p>	<p>机械修剪</p>	<p>双人茶树修剪机、单人茶树修剪机、自走式双侧边修剪机</p>	 <p>双人修剪机 单人修剪机</p> <p>遥控修剪机 自走式双侧边修剪机</p>

<p>茶叶采摘</p>	<p>适时采摘保障茶叶品质。</p>	<p>机械采摘</p>	<p>单人采茶机、双人采茶机、遥控式采茶机</p>	 <p>单人采茶机 双人采茶机</p> <p>遥控式采茶机</p>
<p>鲜叶分级</p>	<p>对采收鲜叶进行分级处理。</p>	<p>机械分级</p>	<p>鲜叶分级机</p>	 <p>鲜叶分级机</p>
<p>鲜叶摊凉</p>	<p>对分级后的茶鲜叶进行摊凉处理。</p>	<p>机械摊凉</p>	<p>自动化摊凉机</p>	 <p>自动化摊凉机</p>

<p>茶叶杀青</p>	<p>通过高温破坏和钝化鲜茶叶中的氧化酶活性，抑制鲜叶中的茶多酚等的酶促氧化，蒸发鲜叶部分水分，使茶叶变软，便于后期做型，同时散发青臭味，促进良好香气的形成。</p>	<p>机械杀青</p>	<p>茶叶杀青机</p>	 <p>隧道式红外杀青机 红外滚筒杀青机</p>
<p>茶叶做型</p>	<p>根据神航青峰制作工艺，进行做型、干燥。</p>	<p>机械做型干燥</p>	<p>茶叶理条机、多用机</p>	 <p>茶叶理条机、多用机</p>
<p>茶叶筛选</p>	<p>利用风选机对茶叶进行精选，剔除黄片、杂物。</p>	<p>机械筛选</p>	<p>茶叶风选机</p>	 <p>茶叶风选机</p>

茶叶包装 冷藏	茶叶制成后包装后冷藏分批上市。	机械包装	茶叶自动包装机、保鲜冷库	 
------------	-----------------	------	--------------	--

茶叶自动包装机

保鲜冷库

(4) 典型基地效益分析

溧阳市神航林茶果良种科技有限公司位于溧阳市戴埠镇龙潭林场，周边为山林，自然生态环境极佳。茶园基地属丘陵地带，茶园面积 300 余亩，集中边片且交通方便，是溧阳市优质茶叶生产基地，也是茶叶生产、加工、销售为一体的现代农业示范园区，获批 2022 年江苏省级果茶桑生产全程机械化典型园区。公司拥有土地 600 余亩，员工宿舍 600 多平米，机械库房及加工车间 1500 多平米，其主打产品“神航青峰”曾多次荣获中国农业博览会金质奖、“中茶杯”特等奖、“陆羽杯”特等奖等重大奖项。茶叶品质通过 SGS 和中国合格评定国家认可委员会 CNAS 等全球领先的农产食品标准检测，每年成功出口欧盟的茶叶制品达 60 吨，具有极高的产品质量和可靠性。

溧阳市神航林茶果良种科技有限公司应用农机装备开展茶园管理、提高茶叶产量、提升茶叶品质的举措取得社会的认可，与农业农村部南京农业机械化研究所、江苏农林职业技术学院、江南大学等高校科研院所建立了长期科研技术合作，是其重要的科研技术试验及示范基地。2022 年被江苏省农业农村厅授予“省级果桑茶生产全程机械化典型园区”称号，为推动茶叶科技示范推广、专业技术人才培养等方面做出了积极贡献。

* 江苏省农业机械技术推广站提供材料并整理。

2、安徽缓坡茶园（宣城宣州）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 43、中茶 108。

适宜区域：皖南缓坡茶园，茶园坡度：平地或缓坡，坡度小于 25°。

(2) 机械化路线

机械中耕——机械植保——机械施肥——机械采摘——自动化流水线加工。

(3) 主要环节要点与机械配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
中耕除草	茶园每年宜进行中耕、除草作业 2 次。每年春季采茶前（2 月底~3 月初），松土深度 10cm~15cm。每年春季茶结束后（5 月~6 月）作业深度 10cm~15cm。按照茶行间行驶，不漏耕、不重耕，耕作部件尽量达到茶树根部附近，确保杂草除尽，而不压伤茶树。	机械中耕	除缠减阻式茶园中耕机，重点解决茶园作业阻力大、缠草严重等问题；配备不同刀具，适应各类茶园耕作需求。	 <p>茶田耕作管理机</p>
植保	物理防治采用诱虫灯、粘虫色板等机具。化学防治采用高地隙喷杆喷雾机、植保无人飞机等高效植保机械进行作业。植保作业人员需掌握茶园植保药剂配比、工作速度、喷洒亩用量等作业参数。	机械植保	高地隙喷杆喷雾机轮距符合茶园种植规格要求，避免碾压。	 <p>高地隙喷杆喷雾机</p>  <p>植保无人飞机</p>
施肥	<p>施基肥：在每年 11 月中下旬进行施基肥作业。施肥量根据树龄、树势、采叶量、采摘次数和土壤条件而定，在茶树冠边缘垂直下方进行施肥、旋耕作业，作业深度 15cm~20cm 左右。</p> <p>追肥：追肥次数根据茶园长势和茶叶采摘次数而定，分春、夏二季分施。第一次追肥一般在 2 月中旬~3 月上旬春茶发芽前进行；第二次追肥一般在 6 月底进行，作业深度 10cm~15cm。</p>	机械施肥	基肥采用人工施肥后旋耕作业入土；无人机配备肥料播撒系统，载重量大于 40kg。	 <p>微耕机</p>  <p>植保无人飞机</p>

<p>采摘</p>	<p>采用乘坐式茶叶采摘机进行采摘作业。作业时配备 2 名作业人员（一人负责采茶机作业，一人负责鲜叶运输）；采摘作业时，要求作业后切口整齐，切面损伤小，有利于下茬新梢发育，缩短采摘周期 5-7 天，提高亩均鲜叶产量；采摘芽叶完整率超过 90%，漏采率小于 2%，每天（按 10 小时计算）采标准茶园 40 亩。</p>	<p>机械采摘</p>	<p>履带式驱动，适合缓坡茶园作业；每台机器仅需 1 人即可完成茶叶的收获作业；自动调整刀具高度以适应茶树不同蓬面高度。</p>	 <p>乘坐式茶叶采摘机</p>
<p>加工</p>	<p>杀青（350-450°C，3 分钟）——揉捻（30-70 分钟）——烘干（脱水 65%）——复干（脱水 90%）——抛光。</p>	<p>自动化流水线加工</p>	<p>自动化生产线实现智能化生产，提升鲜叶初制生产加工水平，减少人工干预，降低人工成本，实现鲜叶初制加工过程的全流程数字化管控，保证产品质量稳定和高效生产管理。</p>	 <p>滚筒杀青机</p>  <p>全自动连续式揉捻机组</p>  <p>烘干机</p>

（4）典型基地效益分析

宣城市三长制茶有限公司位于宣州区杨柳镇三长村，是集茶叶种植、生产、加工、销售为一体的综合型企业。公司现有茶叶加工厂房 500 m²、办公区 280 m²、其他用房 175m²；茶叶加工机械 10 台套，常年雇工 10 人、临时雇工 200 余人，现有茶园面积 188 亩。公司配置多功能微耕机、喷杆喷雾机、乘坐式茶叶采摘机等茶叶生产全程机械化装备及自动化茶叶加工生产线，年产茶叶 1500 吨。

* 安徽省农业机械技术推广总站提供材料并整理。

3、浙江安吉白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：“安吉白茶”，绿茶变异茶种。

适宜区域：浙江安吉。

(2) 机械化路线


摊青——杀青——风选——回潮——理条——二次理条
——初烘——摊凉——复烘——风选——色选——精选。

(3) 主要环节要点与机械配置

作业环节	作业要点	技术模式	机械配置要点	基地配置机具
摊青	把鲜叶均匀摊开，保持合适的风速风量和空气湿度，让叶杆水分散发，脱水变软，至软度适中，芽叶合拢，清香透出。摊青时间不大于5小时。	人工辅助摊青	摊青设备	 <p>摊青设备</p>
杀青	高温杀青、先高后低，抛闷结合、多抛少闷，嫩叶老杀、老叶嫩杀，视鲜叶摊青程度，300℃左右杀青10分钟，使叶质柔软，手捏成团，有粘性、带清香。	机械杀青	杀青设备	 <p>杀青设备</p>
风选	利用风选机风力和鲜叶与黄片的质量不同，将杀青后的茶叶鲜叶和黄片进行分离，筛选并除去黄片，并使茶叶迅速降温，保持色泽。	机械风选	风选设备	 <p>风选设备</p>

<p>回潮</p>	<p>茶叶降温回潮，吸收水分，使茶叶叶片、叶杆内部水分均匀分布，回潮到杀青叶软度适中，叶杆水分均匀，时间控制在 1-1.5 小时。</p>	<p>机械回潮</p>	<p>回潮设备</p>	 <p>回潮设备</p>
<p>理条</p>	<p>对茶叶压缩整形、炒制加工，减少茶叶含水率，使茶叶初步定形，为后续的理条打下基础，理条温度先高后低，温度控制在 110-120℃。</p>	<p>机械理条</p>	<p>理条设备</p>	 <p>理条设备</p>
<p>二次理条</p>	<p>再次炒制整形，减少茶叶水分，使茶叶基本定形，保证白茶的基础形状，理条温度先高后低，温度 90-110℃，理条至叶片收拢变细成挺直状、叶尖变硬。</p>	<p>二次机械理条</p>	<p>二次理条设备</p>	 <p>二次理条设备</p>

初烘	减少茶叶中的水分，使茶叶完全定形，并发挥出茶叶应有的茶香，温度控制在 100-110℃，时间为 20 分钟。	机械初烘	初烘设备	 <p style="text-align: center;">初烘设备</p>
摊凉	将初烘后的茶叶进行摊凉，使茶叶叶杆中的水分均匀分布。	机械摊凉	摊凉设备	 <p style="text-align: center;">摊凉设备</p>
复烘	再次烘干提香，使茶叶达到贮存条件，手捏扎手，轻搓易粉碎，香气清鲜持久，温度控制在80-90℃，时间为10分钟。	机械复烘	复烘设备	 <p style="text-align: center;">复烘设备</p>

清选	第二次去末、去杂，去除茶叶中的黄片、碎片、茶末和夹杂物，提高茶叶的洁净度和美观整齐度，达到外形一致。	机械清选	清选设备	 <p style="text-align: center;">清选设备</p>
色选	通过茶叶色选机除去茶叶中的单片、茶末、红梗红叶、以及余下的黄片和一些杂物，提升茶叶的品质品相。	机械色选	色选设备	 <p style="text-align: center;">色选设备</p>
精选	除去混入茶叶中的石头，单片，静电除尘和毛发，强磁除铁，确保茶叶品质质量。	机械精选	精选设备	 <p style="text-align: center;">精选设备</p>

(4) 典型基地效益分析

安吉龙王山茶叶开发有限公司公司是获得“品字标”浙江制造的第一家安吉茶企，建有 10 万公斤干茶加工能力的科技智造产业园，4000 余亩茶园通过绿色农产品基地认证，年产安吉白茶 4.5 万多公斤，销售额 6300 万元，拥有浙江省农业科技企业、浙江省农业企业科技研发中心、浙江省著名商标等荣誉称号，多年斩获“中绿”杯、“中茶”杯金奖、特等奖。公司率先引进智慧茶园管理系统和 4 条数字化控制加工流水线，将茶园种植环境、生长周期、气象气候和病虫害等茶园生产数据进行归集并决策分析与应用，对茶叶加工的杀青、理条、回潮和干燥等环节的参数进行数字化管控，实现了茶园生产管理和茶叶加工的全程数据记录和智能化管理，自动化连续加工减少劳动用工 60% 以上。

安吉雅思清和茶业有限公司是一家集茶叶种植、生产、加工和销售于一体的现代化茶叶生产企业，拥有业务素质良好、执行力强的研发、生产、经营、管理队伍，“雅思”荣获浙江省著名商标。公司配备了茶园生产管理和生产加工成套农业机械设施装备，建有连续化自动加工生产线 8 条，数字化管理系统 1 套。公司全面应用茶园机械化生产技术，茶园管理机械化水平提升 60%，每亩可节约工资成本 1200 元；应用“茶枝覆盖+农田秸秆+有机肥+化肥深施”等农艺农机融合技术模式，白茶鲜叶亩产增加 5% 以上；应用数字化管理、自动化生产技术，茶叶加工能力提升 15%，减少人工 20%；合计节约人工 2150 工，节本 43 万元，增加产值 112 万元，合计 155 万元，实现了安吉白茶生产的提质增效。



* 浙江省畜牧农机发展中心提供材料并整理。

4、浙江抹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：无性系品种为优，有性籽播也可。

适应区域：浙江茶园。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

(2) 机械化生产技术路线

碾茶初制：贮青——切叶——杀青——冷却——初烘——梗叶分离
——复烘（二次烘干）——碾茶。

研磨：可使用球磨、连续性球磨、石磨或气流磨加工。

作业环节		作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具（机型名称和图片）
碾茶初制	贮青	鲜叶到厂就可加工。不及加工的进行贮青。鲜叶贮青厚度不超过 90 cm。贮青过程中要注意保持鲜叶新鲜度。	机械贮青	贮青设备	 <p>贮青设备</p>
	切叶	摊放后的鲜叶经输送带匀速进入切叶机，出料口鲜叶长短均匀，生产量 200~300 kg/小时。	机械切叶	切叶设备	 <p>切叶设备</p>
	杀青	用饱和蒸汽或高温过热蒸汽杀青。蒸汽温度 90°C~100°C，青叶流量 80~140kg/小时，杀青时间 8~10 秒。	机械杀青	杀青设备	 <p>杀青设备</p>

	冷却	青叶通过风机吹上空中，在冷却网中升降多次，快速冷却除湿。冷却时间 5~10 分钟。	机械冷却	冷却设备	 <p style="text-align: center;">冷却设备</p>
	初烘	杀青叶经过多重网层，在热空气和远红外双重热交换中被碾茶炉烘干。	机械初烘	初烘设备	 <p style="text-align: center;">初烘设备</p>
	梗叶分离	使用梗叶分离机，根据分离状态调整风力，分出叶片和茶梗，同时去除杂质。	机械分离	分离设备	 <p style="text-align: center;">分离设备</p>

	复烘	设定烘干机温度 70°C~90°C, 时间 15~25 分钟, 控制烘干叶水分含量在 6% 以下。	机械复烘	复烘设备	
	碾茶	色泽鲜绿明亮、大小匀整、洁净、海苔香显著。			
研磨	球磨	球磨机每次投入碾茶 20~25kg, 转动时间 20~22 小时, 室内温度在 20°C 以下, 湿度在 60% 以下。	机械球磨	球磨设备	
	连续式球磨	连续式球磨机连续进出料, 进料到出料时间 13~16 分钟, 生产量 15~20kg/小时。	机械连续球磨	连续球磨设备	

	石磨	电动石磨连续投料和出料，每台电动石磨机每小时投叶量为 45~50g。	机械石磨	石磨设备	 石磨设备
	气流磨	气流磨设备研磨过程连续进出料，并可大幅度调整加工量，进料到出料时间为 1.5~2 分钟，每小时投叶量为 50~150kg	机械气流磨	气流磨设备	 气流磨设备
金属探筛	除铁分筛 金探	打开筛分机，过除铁装置，过 80 目筛，同时去除表面异物。筛分的同时打开金属探测仪，调好灵敏度，将筛分好的抹茶过金探。	机械筛选	金属探筛设备	 金属探筛设备
	抹茶	色泽鲜绿明亮、颗粒柔软、细腻均匀、海苔香显著。			

(4) 典型基地效益分析

浙江骆驼九宇有机食品有限公司是一家集茶叶种植、生产、加工、销售、研发、茶旅以及产、学、研为一体的国家高新技术企业、省级农业龙头企业，入选国家茶叶全程机械化生产典型案例。公司在余杭地区拥有茶园 2000 余亩，每年鲜叶产量 1600 余吨，下设 7 大加工车间、3 个茶叶实验室和 2 个茶叶专业合作社。公司现已配置川崎 KJ4N 型乘用型复合摘采机、大疆 T40 植保无人机、茶园耕作机等新型农机进行茶园管理。随着茶园管理全程机械化的推进，预计可采降低摘成本 60% 左右；配合翻耕、无人机植保和修剪等农事工作机械化，预计降低农事管理成本 70%。

绍兴御茶村茶业有限公司是一家集茶叶种植、生产加工、销售、研发、研学于一体的现代化茶叶生产商，是省内最早生产抹茶企业之一。公司以“农业龙头企业+农业工人”自营创新模式联结周边农户，茶园基地覆盖绍兴县及周边 3 场 7 个镇 39 个行政村 5000 多户农户。拥有碾茶流水线 22 条，蒸青流水线 2 条，十万级洁净抹茶生产车间 4 座约 1000m²，日铸茶、龙井等茶类生产线数条，年加工干茶叶能力达千吨以上。近年来，公司初探“生态抹茶园”数字化建设，在 500 亩的项目范围内，实现了气象、土壤墒情监测、绿色防控预警等田间、生产、追溯全程数字化，助力茶园智慧生产。近 10000 亩自营茶园规模化、标准化的基础上，实现了采摘机械化和加工化，大幅度提高了亩产量、茶叶的质量和安全性，提高了茶叶精深加工技术。随着茶园数字化管理推进，宜机化改造后，配合乘用型复合摘采机、翻耕等农事工作机械化，预计降低农事管理成本 50%。



* 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、河北柴胡—油菜间作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：北柴胡和黄油菜。

适应区域：北部寒冷干旱地区。

(2) 机械化技术工艺路线

耕整地（深翻犁、旋耕机）——播种（复式联合播种机）——田间管理（割晒机、搂草机）

——收获（种子联合收获机、割晒机、平茬机、搂草机、根茎药材收获机）。

(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	配置机具
耕整地	清明节前后，土壤深翻，深度 20~35cm，深翻后晒地至播种季，使土壤熟化；播种前对地块进行旋耕处理。	机械深翻晒地+播前旋耕	根据地块大小选择幅宽合适的翻转犁、旋耕机，并配套相匹配的拖拉机，以达到耕翻标准为宜。	 <p>翻转犁</p>
播种	播前镇压、施肥、油菜播种、中间覆土镇压、柴胡播种、播后覆土镇压同步完成。播前镇压对种床进行初步压实，开沟施肥，亩施二胺或复合肥 20~30kg；油菜开沟播种，行距 25~30cm，播种深度 2~3cm，亩播种量 0.5kg 左右；填平压实油菜籽种沟，同时为柴胡播种提供平整种床；柴胡播种可按行距 6cm、开沟深度 1cm 进行条播，也可满幅撒播于地表，亩播种量 4~6kg（亩密度 ≥20 万株；柴胡播后覆土镇压，覆土深度 ≤5mm。	机械复式播种	柴胡—油菜间作专用播种机，一次性完成播前镇压、开沟施肥、油菜播种、覆土镇压、柴胡播种、覆土镇压全过程。	 <p>柴胡-油菜间作专用播种机</p>

田间管理	<p>利用耕整地处理及生物竞争特性防控杂草，无需除草作业；非留种田在播种第二年、第三年 7 月份进行割薹，留茬高度≤20cm，并将割掉的秸秆清理出田块。</p>	机械割薹+清理田块	<p>根据地块作业条件可选择自走式、拖拉机前悬挂式或手扶式割晒机，</p>	 <p style="text-align: center;">割草机</p>
收获	<p>播种当年 10 月 1 日前后收获油菜籽；播种第二年 10 月 1 日前后收获柴胡种子。 播种后第三年秋季或第四年春季收获柴胡根。先用将地上部分进行处理，田块地表无杂物，然后收获柴胡根。</p>	机械收获油菜种子、柴胡种子+清理地面秸秆杂物+收获柴胡根	<p>选用小籽粒种子联合收获机收获油菜种子，损失率≤8%；对谷物联合收进行改进后，收获柴胡种子，损失率≤35%。 先用割晒机割除地上秸秆，留茬高度≤10cm；再平茬机将地上部分进行处理，留茬高度≤1cm；然后用搂草机将地表秸秆等杂物清理出地块；最后用升运链式根茎药材收获机收获柴胡根，链筛链杆间距 2.5~3cm，挖掘深度 20~25cm。</p>	 <p style="text-align: center;">柴胡种子收获机</p>

(4) 典型案例效益分析

康保县尚秦中药材种植有限公司，柴胡—油菜间作模式种植面积 5 万亩，亩产值 8000 元。传统生产方式每亩成本 2850 元（其中土地流转 450 元，种子 300 元，农资 300 元，用工费 1800 元）；实施机械化作业，综合机械化每亩减少成本 1250 元（其中播种每亩节约 50 元，采收药材每亩节约 1200 元），年节约成本 6250 万元。

* 河北省农机化技术推广总站、河北省农业机械化研究所有限公司搜集整理。

2、山西侯马地黄机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：地黄。


适应区域：山西晋南地区。

(2) 机械化生产技术路线

机械施基肥与耕整地——机械播种——中耕及田间管理——根茎收获——产后处理及初加工。

(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	合作社配置机具
施基肥与耕整地	<p>撒肥：使用撒肥机撒肥施入充分腐熟的优质圈肥 3500~4500kg/亩，过磷酸钙 25kg/亩。</p> <p>深松（深翻）：使用深松联合整地机作业，或使用翻转犁深翻，作业深度 25-30cm。</p> <p>整地：旋耕 1—2 遍，旋耕整平，耕深 25-28 cm。</p>	机械施底肥、机械耕整地	撒肥机、深松机、旋耕机	 <p>2FGH-2SL 型撒肥车</p>  <p>1GKN-220SX 型深松机</p>
播种	<p>使用地黄播种机进行作业，每穴播种地黄种子 1-2 段，播种行距 25-35cm，株距 25-30cm，播深 3-5cm，一次完成开沟、播种、覆土、镇压。播种后进行机械覆膜，覆膜宽度 120cm，人工膜上中间覆土，防止风吹揭膜。</p>	机械播种、机械铺膜	地黄播种机 铺膜机	 <p>1WG4.0Q-96 型铺膜机</p>  <p>YZ-JH150 型地黄播种机</p>
中耕除草	<p>间苗掐花：当苗高 10-12cm 时，开始人工间苗，及时掐花。</p> <p>中耕除草：使用 2 行中耕机进行中耕除草，中耕宜浅，避免伤根，幼苗周围杂草人工拔除，植株封行后，停止中耕。</p>	人工间苗、机械中耕	中耕机	 <p>1WG-4 型中耕机</p>

<p>田间管理</p>	<p>灌溉：地黄前期、后期根据墒情进行灌溉，使用卷盘式喷灌机或微喷带进行灌溉，工作压力为 4Mpa。</p> <p>追肥：除施足基肥外，间苗后每亩施过磷酸钙 100kg、腐熟饼肥 30kg 或施复合肥。</p> <p>植保：主要防控菜青虫，使用无人机进行作业，作业高度 2-3 米，飞行速度 4.5m/秒，亩用水量 4L；高地隙喷雾机进行作业，喷杆距离地黄顶部 100cm，作业速度 3-4km/小时，用药量与无人机相同。</p>	<p>机械灌溉、无人机植保</p>	<p>喷灌机、喷杆喷雾机（带撒肥）、植保无人机</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">3WPZ-700KB 型打药机 T20P 无人机</p> <div style="text-align: center;">  <p>JP75-300A 型喷灌机</p> </div>
<p>收获根茎</p>	<p>根茎收获：地黄每年 4 月份进行种植，同年 11 月份左右进行收获。使用中药材根茎收获机挖掘根茎，根据根茎生长深度情况，选用 4YW-2000X 4YW-1800 机型挖掘，挖掘深度 35-45cm，配套动力为 100 马力以上四轮驱动拖拉机，爬行 3 挡作业。</p>	<p>机械根茎收获</p>	<p>中药材收获机</p>	<div style="display: flex; justify-content: space-around;">   </div> <p style="text-align: center;">4YW-2000X 型中药材挖掘机 4YW-1800 型中药材挖掘机</p>

<p>处理及初加工</p>	<p>根茎处理：在烘干前将地黄进行滚土处理，后清洗去除表面泥土和杂质。对于需要去皮的地黄，要进行去皮处理后再进行烘干。地黄烘干要求温度在40℃以下，温度过高破坏地黄成分，影响质量。烘干需要12小时左右，烘干过程中要适当搅拌，保证地黄受热均匀。烘干地黄应先进行分级，按等级分批烘干。根据地黄特性及根茎大小，烘干时要先高温运行，后低温保持，最后降温。烘干后的地黄要存放在通风、干燥的环境中，以防止潮湿和变质。</p>	<p>机械产后处理及初加工</p>	<p>滚土机、清洗机、烘干机</p>	 <p style="text-align: center;">GT-1000 型滚土机 HX-660 型清洗烘干机</p>
---------------	--	-------------------	--------------------	---

(4) 典型基地效益分析

侯马市佳铭中药材种植合作社种植中药材 300 余亩，年种植地黄 50 亩。该合作社地黄种植主要环节基本实现了机械化生产，其产量、质量、效益均高于传统人工种植水平。但在根茎栽培、初加工环节还需要部分人工作业。一年生地黄亩投入成本约 3000 元，包括种子、化肥、农药、耕整地、播种、田间管理、收获等各个生产环节的费用。据分析，一亩地可产地黄 500 至 600kg，按照亩产量 550kg 计算，地黄的价格在 25-30 元/kg 不等，按照每公斤 26 元计算，一亩地的收入约为 14300 元。

* 山西省农机发展中心整理，侯马市农机发展中心提供素材。

3、山西闻喜柴胡机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：柴胡。

适宜区域：山西运城地区。


(2) 机械化生产技术路线

深翻或深松——耕整地——播种——中耕及田间管理
——籽粒收获——根茎收获——产后处理及初加工。

(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	合作社配置机具
深翻（深松）	前茬作物收获后采用机械深翻，深度 30-40cm。与深松作业交替进行。深松：使用深松联合整地机作业，深度 30cm 以上。	机械深翻	液压翻转犁：动力 88-110kW，深松机	  <p>1LF-445 型翻转犁 1SC-450 型深松机</p>
施基肥与耕整地	施基肥：每亩施有机肥或生物菌肥 1500kg，复合肥 40-50kg。 耕整地：旋耕 1—2 遍，表面平整，土壤细碎。耕深 ≥20cm，碎土率≥80%。	机械施基肥 机械耕整地	旋耕机	 <p>1GQN-280 型旋耕机</p>
播种	条播：使用小籽粒宽幅条播机，播幅 15-18cm，行距 10-12cm，播深<1cm（种子附在地表），镇压。 注意作业时，选用中型拖拉机，行进速度 1-4km / h，保证种子下播均匀。	机械播种	小籽粒精量条播机（自带镇压装置）	  <p>2BJ-6 型条播机 2BJ-9 型条播机</p>

<p>中耕及田间管理</p>	<p>病虫害防治：蚜虫，多在6~8月发生，危害柴胡上部嫩梢，影响花期的生长。防治方法：可采用40%乐果乳油800~1500倍液喷雾，使用无人机或自走式喷杆喷雾机进行作业1-2次。</p> <p>除草：播种至收获期间，为防止出苗期间杂草生长，播种后喷施专用除草剂进行封闭，每亩用量50ml；在苗出齐后使用除草剂除草一次；在苗高10cm后，视情况进行人工除草。</p> <p>对于不需要留种的柴胡使用割晒机进行割薹作业，留茬10cm以上，留1-2片底叶，以保证柴胡的含量、品质和产量。</p>	<p>中耕及田间管理</p>	<p>无人机、喷杆喷雾机、割晒机</p>	 <p>3WPZ-700 型自走式喷杆喷雾机 4GL-120 型自走式割晒机</p>
<p>籽粒收获</p>	<p>籽粒收获：第二年10月底-11月份收获籽粒，采用全喂入式联合籽粒收获。</p>	<p>机械化籽粒收获</p>	<p>联合收获机</p>	 <p>4LZ-9A 型履带式谷物联合收割机</p>
<p>根茎收获</p>	<p>根茎收获：使用中药材根茎收获机挖掘根茎，根据根茎生长深度情况，一般选用4YW-2000X或4EY-L200型挖掘，挖掘深度在30-45cm。最好选用100马力以上四轮驱动拖拉机，爬行3挡作业，作业速度0.5-3km/h。</p>	<p>机械根茎收获</p>	<p>中药材收获机</p>	 <p>4YW-2000X 型药材挖掘机</p>

<p>产后处理及初加工</p>	<p>根茎处理：使用烘干机烘干，要求烘干机温度在 40-60℃。根据柴胡特性及根茎大小，一般先高温运行，再低温保持，最后降温。注意烘干时柴胡应该先分级后，按等级分批烘干。</p>	<p>机械产后处理及初加工</p>	<p>小籽粒清选机械 烘干机</p>	 <p>初加工装备</p>
-----------------	---	-------------------	------------------------	---

(4) 典型基地效益分析

山西省闻喜县旺民中药材种植专业合作社位于闻喜县薛店镇沟渠头村，种植中药材 400 余亩。该合作社柴胡种植的主要环节基本实现了机械化生产，其产量、质量、效益均高于传统人工种植水平。但在籽粒收获、初加工环节还需要部分人工作业。两年生柴胡亩投入成本约 1500 元左右，包括种子、化肥、农药、耕整地、播种、田间管理、收获等各个生产环节的费用。平均亩产量 80kg(干货)，柴胡价格 140 元/kg，亩纯收入 8000-10000 元左右。如果初加工，亩收入在 12000 元以上。

* 山西省农业机械发展中心整理，闻喜县现代农业发展中心提供素材。

4、江苏淮安艾草机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：艾草

适应区域：江苏

(2) 机械化生产技术路线

整地----施肥----植保----收割----打捆---械转运贮藏----加工。

(3) 主要环节作业要点与机具配置要点

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置	基地配置机具
耕整地	先进行土地平整、深耕，耕深 30 cm 以上，地垄平整，开好排水沟，排水沟间隔 1-1.5 m	机械整地 机械施肥	旋耕机、开沟机	 <p>旋耕机 开沟机</p>
种植	种子繁殖为 3-4 月，根茎繁殖为 11 月。 机械化作畦开沟、畦宽 1.5 m 左右，采用施肥机施入农家肥、饼肥等作为基肥。	机械化作畦 开沟、机械 化施肥	开沟机、施肥机，施 肥深度：0-30 cm。	 <p>农用作畦开沟机 2F-30 型自走式多功能施肥机</p>
植保（包 括育苗阶 段植保）	根据病虫害情况进行喷药植保，农药选择及使用 按照相关农药使用规定及高效植保机械使用操作技术 规程进行。	机械植保	打药机、无人机	 <p>自走高地隙四轮转向打药机 多旋翼植保无人机</p>

收获	<p>多年生草本植物，一次种植可连续收获多年。每年可收获 2 至 3 茬，分别为 5 月、7 月、11 月，头茬亩产量 400 kg 左右、二茬亩产量 500 kg 左右。</p> <p>采用圆盘式收割机收割，留茬高度 15-20 cm，收割后原地晾晒 2-3 天；采用搂草机将多行艾草汇集成行，随后用牵引式或自走式打捆机对艾草进行打方捆作业。</p>	机械收获	<p>割草机，割幅 135cm，配套动力 $\geq 50\text{hp}$。搂草机，配套动力 $\geq 25\text{kW}$。打捆机，配套动力 36-53kW。</p>	 <p>DRM135型双圆盘割草机 9LZ-5.5型液压牵引式指盘式搂草机</p> <p>9YF-1.96FK型方草打捆机 9YX-618型圆草捆打捆机</p>
初加工	<p>对不同年份贮藏艾叶进行艾绒制作加工分级，利用艾绒开发艾条、艾柱、生活用品等高附加值产品。</p>	机械加工	<p>艾绒加工机械，时处理量 40-60 kg/h。</p>	 <p>艾绒加工设备</p>

(4) 基地效益分析

盱眙县桂五中药材种植基地包括中药材种植基地 5000 亩，艾草种植面积 2000 余亩。艾草每年可收割 2~3 茬，年产量 1000kg/亩左右，2023 年统货 8.4 元/kg，每亩收入 8400 元左右。据统计，艾草耕种收全程机械化种植毛利润 2200 元/亩，对比当地传统人工种植利润增加 500 元，合作社目前已形成种植、加工、销售一体化的产业链，艾草成为当地村民的“致富草”。

* 农业农村部南京农业机械化研究所整理，盱眙县桂五众城中药材种植专业合作社提供素材。

5、江苏盐城白首乌机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

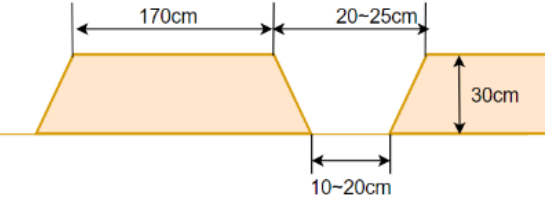

适宜品种：白首乌

适应区域：江苏盐城滨海

(2) 机械化生产技术路线

整地施肥--开沟—丸粒化—直播—田间管理--机械收获—烘干加工。

(3) 主要环节作业要点与机具配置要点

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	桂五中药材种植基地配置机具
整地施肥	先进行土地平整、深耕，用旋耕机旋耕或铧式犁翻耕土地。	机械整地	旋耕机。配套动力52.9-66.2kW，耕深8-14cm。	 <p>1GQN-230 型旋耕机</p>
开沟	 <p>机械开沟，沟深30-35cm，上口宽20-25cm，沟底宽10-20cm，沟壁坡度45-52°。</p>	机械作畦开沟	开沟机，开沟深度35±4cm。	 <p>1KS-35型开沟机</p>
种子丸粒化	丸粒化加工确保种子规整化、均一化，使小粒种子大粒化、轻粒种子加重化、粗糙种子光滑化，有效提高播种性能，以便于实现机械化精良播种。	种子丸粒化	种子丸粒机	 <p>种子丸粒机</p>

直播	垄上播种，采用气吸式精量播种机，1年生首乌为1垄3行；多年生首乌为1垄2行。行距60cm，株距3~5cm，播种深度3-5cm。	机械直播	免耕施肥精播机，工作行数2行135cm，作业幅宽1.1~1.4m。	 <p>2BYFSM-2型免耕施肥精播机</p>
田间管理	白首乌通常病虫害较少，一旦发生白粉病或蚜虫等病虫害，可按照常规方法进行防治。	机械植保	自走式喷杆喷雾机，药箱容量1000L，喷幅12m。	 <p>3WPZ-1000B型自走式喷杆喷雾机</p>
收获	10—11月份将土表的白首乌茎蔓割除，采用机械收获挖掘土下根块	机械收获	新型药材联合收获机	 <p>杀秧机 收获机</p>

(4) 基地效益分析

盐城果老首乌科技有限公司白首乌种植基地，种植面积超3000亩。一年生白首乌亩产量850kg，每亩效益2500-3000元；多年生白首乌亩产量1200kg，每亩效益12800-13800元。耕种收主要环节采用机械化生产模式，能够节约劳动成本800元/亩。白首乌通过清洗、烘干后制成白首乌粉、白首乌片等初加工增加产品附加值。

* 农业农村部南京农业机械化研究所整理。江苏省农业机械技术推广站，盐城果老首乌科技有限公司提供素材。

6、广西青钱柳机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：青钱柳

适应区域：广西、福建、广东、云南等青钱柳种植区域。

(3) 主要环节作业要点与机具配置

(2) 机械化生产技术路线

宜机化改造——机械种植——田间管理（育苗、除草、施肥、防虫）——收获——田间转运——产品初加工。

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：坡改梯	根据丘陵山区山势走向，沿着等高线实施坡改梯，把表土翻在上坡，平整后回填表土，宽度为 2.5-4.5m。	钩机开挖、平整	钩机	 <p>钩机宜机化改造</p>
种植	行距：沿梯步行 2.8-3m,株距 2.3-2.5m,种植覆土深度 0.4-0.5m,成活率 95%以上。机械挖坑：长 40cm，宽 50cm，深 40cm。	机械化挖坑、覆土种树等。	农用挖掘机、微耕机	 <p>R325 型农用挖掘机 1WGCZ4.05-100 型微耕机</p>
育苗	建立遮阳大棚，宽行起垄 2-3m，种子育苗。	根据天气情况遮阳防晒，喷灌育苗。	动力喷雾机	 <p>动力喷雾机喷灌青钱柳育苗 LS-25/26/27 型动力喷雾机</p>

<p>除草</p>	<p>根据杂草长势情况，择时进行杂草除草管护。杂草可留原地自然腐化有机肥。</p>	<p>机械化除草</p>	<p>割草机、田园管理机</p>	  <p>139FA 型割草机 SR3TG-4 型田园管理机</p>
<p>施肥</p>	<p>根据青钱柳叶子养分需求，进行农家肥施肥管理(每亩 150kg 农家肥)。</p>	<p>机械化运输</p>	<p>轨道运输机、多功能农用拖拉机</p>	  <p>7ZDGS-300 型轨道运输机 多功能农用拖拉机</p>
<p>防虫</p>	<p>根据虫害情况，利用诱虫灯进行植保（1 盏诱虫灯可以覆盖 30-50 亩）。 利用诱虫灯防虫，提高青钱柳茶叶产量和质量。</p>	<p>机械化防虫</p>	<p>诱虫灯</p>	  <p>YS-40-PZ 型诱虫灯</p>
<p>收获</p>	<p>每年 4 月开始采摘青钱柳叶子。</p>	<p>机械收获</p>	<p>电动剪枝机、电动单手锯。</p>	  <p>SC-8603 型电动剪枝机 HD8603 型电动单手锯</p>

田间转运	田间机械化运输作业。	机械运输	轨道运输机、多功能农用拖拉机。	  <p>7ZDGS-300 型轨道运输机 多功能农用拖拉机</p>
初加工	将晾干的青钱柳叶子进行机械揉捻、杀青、烘干、摊青萎凋加工等。	技术初加工	茶叶揉捻机、茶叶杀青机、茶叶链板烘干机、茶叶摊青萎凋机	  <p>6CYR-180 型茶叶揉捻机 6CZQC-600G 型茶叶杀青机</p>   <p>6CHBZ-30 型茶叶链板烘干机 6CWD-9 型茶叶摊青萎凋机</p>

(4) 典型案例效益分析

公司与国有金钟山林场及金钟山乡牛场村那皇、九洞、马兰田等自然屯签约青钱柳产业园种植林地 13271 亩。采用该套机械化作业生产模式后，基地每年田间管理青钱柳茶树三次（分春、夏、秋采叶三次），一亩青钱柳年产鲜叶 500kg，对比人工增产 22.5kg×12 元/kg=270 元；机械化耕、种、管、收、运输等环节比人工作业节约 601 元左右，节本增效显著，同时解决了丘陵山区生产资料运输难，边远山区农村劳动力紧缺请工难的问题。通过示范推广应用青钱柳机械化生产技术模式，对于推动中药材机械化生产节本增收、提质增效、强农富农，推动丘陵山区优势特色产业高质量发展，推进产业兴旺、乡村振兴提供了可靠的机具和技术保障。

* 广西农业机械化服务中心整理。

7、甘肃西和半夏机械化生产模式与典型案例

(1) 适宜品种和区域

适宜品种：半夏

适应区域：甘肃西和县、礼县、清水县、秦州区。

(2) 机械化生产技术路线

耕整地——精量播种——田间管理（秸秆覆盖、灌溉、追肥、病虫害防治）——割秧——收获——清洗取皮——初加工。

(3) 主要环节作业要点与机具配置要点

作业环节	作业要点	技术模式	机具配置要点	基地配置机具
整地	前茬作物收获后采用机械深翻晒垡或深松处理，深度 25cm 以上，起到改善耕层质量和团粒结构，增加土壤通透性的作用。	深翻或深松	翻转犁或栅条犁进行深翻，深度达到 25cm 以上，或采用深松整地联合作业机进行深松旋耕处理，深松深度以打破犁底层为宜。	 1LFT-340 型翻转犁  1SZL-250 型深松旋耕整地机
播前施基肥	播前基肥撒施，施肥量依据土壤肥力情况而定，一般每亩施腐熟农家肥 2000~4000kg 或有机肥 50~80kg，硫酸钾型 20~40kg，复合肥 30~50kg，要求肥料撒施均匀，无漏撒、重撒和肥料集堆现象。	施基肥	腐熟农家肥采用圆盘撒肥车撒施，根据地块大小可选用栽肥量 3 方或 5 方的撒肥车；颗粒状肥料采用拖拉机牵引的撒肥机撒施。	 颗粒状撒肥机  肥料（腐熟）撒施车
种床处理	播种前施肥后进行。对前茬地块未开展深翻的地块，采用深松整地联合作业机一次完成深松旋耕整地作业，深松深度 ≥25cm。对已采用深翻或深松作业的地块，可采用旋耕机进行地表旋耕整地处理；旋耕深度 10-15cm；耕整地后要求土壤地表平整，土块均匀，土块直径 ≤1cm，上虚下实，达到待播状态。	播前浅旋	对耕作层进行旋耕处理，要求地表平整，土块均匀，上虚下实，达到待播状态。	 旋耕机

<p>精量播种</p>	<p>当地地温稳定在 8℃—15℃时进行播种。采用半夏施肥播种一体机一次完成精量播种、覆土和镇压等作业，亩播种量一般为 200-250kg，播种深度 10-15cm。播种前需对种子进行处理，以提高发芽率。</p>	<p>机械播种</p>	<p>半夏播种机要求亩播种量、行距和播深均可调，能够满足农艺要求，且覆土均匀。</p>	 <p>半夏播种覆土镇压一体机</p>
<p>田间管理</p>	<p>播种后用动力喷雾器或植保无人机完成喷药作业，然后人工完成秸秆铺放工作，一般采用麦秆，粉碎长度 30-50cm，铺放厚度 0.5-0.8cm，起到增温保湿作用，有利于出苗。苗期用动力喷雾器或植保无人机完成喷药作业，人工完成除草作业，有条件的地方可配套水肥一体化技术进行灌溉和追肥。</p>	<p>机械喷药（叶面肥）</p>	<p>喷雾均匀，飘逸少，喷头无跑、冒、滴、漏等情况。</p>	 <p>3W-80 型动力喷雾器 T40 型植保无人机</p>
<p>割秧</p>	<p>播前 3-5 天采用背负式割草机或拖拉机牵引的杀秧机对地表的秧蔓进行收割处理，以减少后期收获对机械的缠绕。</p>	<p>机械杀秧</p>	<p>割茬一致，留茬高度 2-3cm，确保不将半夏果实带至地表，不损伤半夏。</p>	 <p>背负式半夏割秧机</p>

收获	<p>选用滚筒筛式或平筛式半夏收获机对半夏进行收获，采挖深度 15-20cm。滚筒筛式收获机可一次完成半夏挖掘出土、药土初步分离和装袋作业，但含土率高，需二次除土。平筛式半夏收获机需要配套 4-6 人进行辅助捡拾作业。半夏收获机要求挖净率$\geq 99\%$，损失率$\leq 1\%$，破损率$\leq 3\%$。</p>	机械收获	<p>根据需要选用滚筒筛式和平筛式半夏收获机，要求挖净率、破损率和含杂（土）率符合相关标准要求。</p>	 <p>BX-150 型滚筒筛式半夏收获机</p>	 <p>平筛式半夏收获机</p>
初加工	<p>对收获后的半夏需进行清洗（除土）、脱皮、晾晒、分级处理，根据不同的要求，采用不同加工工艺，加工成各种半夏制品。</p>	机械清洗、脱皮 机械烘干	<p>采用专用设备进行清洗（除土）和脱皮处理，一般工作效率为 500kg/h；烘干房批处理量为 6000kg，批处理烘干时间为 14h。</p>	 <p>半夏除土脱皮设备</p>	 <p>半夏烘干设备</p>

(4) 基地效益分析

2022 年，甘肃省西和县金铭博合作社带动种植半夏 45 亩，当年半夏平均亩产量 400kg（干货），半夏价格 105 元/kg，亩综合支出（含物化投入、机械投入和人工投入）15000 元，亩纯收入 27000 元左右，同时采用全程机械化技术较人工种植亩节约成本 2000 元左右，其中播种环节亩节约 300 元，收获环节亩节约 1300 元，其它环节亩节约成本 400 元。基地种植 45 亩半夏累计增收 121 万元，同时为农民节约劳动力支出 9 万元。

* 甘肃省西和县金铭博合作社提供素材，甘肃省农业机械化技术推广总站、西和县农机中心整理。