doi：10.19928/j.cnki.1000-6346.2021.3057

江苏省设施西瓜机械化应用现状及发展建议

周桂官[1]　苏生平[2]　苏宇翔[1]　吴剑铭[1]　夏　冰[1]

（[1]江苏省东台市农业机械化技术推广服务站，江苏东台 224200；[2]东台市东台镇农业农村局，江苏东台 224200）

江苏省东台市在设施西瓜生产的主要环节应用先进的农机具，使西瓜机械化水平达到80%以上，相比人工作业，采用机械化移栽和运输每667 m^2可节约成本206元。

江苏省东台市是全国闻名的早春设施西瓜生产基地，常年种植面积近2万hm^2（30万亩），总产量达100万t，效益30亿元。西瓜种植属于劳动密集型产业，近年来随着劳动力短缺、人工成本增加、农时用工紧张等问题的出现，影响了东台西瓜栽培规模的进一步扩大。2019年东台市农业机械化技术推广服务站开展了“东台西瓜生产主要环节机械化装备与技术推广应用”项目研究，在耕翻撒肥、整地起垄、建棚覆膜、播种育苗、覆膜移栽、环境调控、灌溉追肥、病虫害防控、机械运输、尾菜处理等关键环节采用适宜机械，使西瓜生产机械化水平达到80%以上，提高了经济效益。若采用机械化栽培，仅移栽和运输两项作业，就可为全市近2万hm^2设施西瓜节约成本约6 000万元。

1　设施西瓜机械化应用

1.1　设施西瓜机械化生产现状　由于西瓜不同种植区域、不同品种之间的栽培模式、农艺要求均存在较大差异，使得我国西瓜综合机械化水平不高，特别是设施西瓜机械化水平更低。目前西瓜的机械化作业主要应用在耕整地和田间管理环节，而嫁接、移栽、整枝、授粉、采收等环节仍依赖于人工作业。耕整地环节主要采用铧式犁、旋耕机、起垄机、开沟机、铺管铺膜机、微耕机等通用型耕整地机械；膜下滴灌及水肥一体化设备在部分地区推广应用；化学施药主要采用背负式手动或电动喷雾器、背负式喷雾喷粉机、担架式机动喷雾机等传统植保机械；膜上机械移栽还处于示范阶段，采收环节完全依赖于人工。从项目研究来看，设施西瓜的授粉、整枝和采收环节还“无机可用”，铺管铺膜机和水肥一体化设备“有机难用”，移栽、施药和运输设备“无好机可用”，制约着西瓜产业规模化发展。因此，农机农艺融合技术还需要进一步加强。

1.2　设施西瓜生产关键环节机械应用　针对设施西瓜生产的农艺要求，明确了机械化生产技术路线：耕翻撒肥→整地起垄→建棚覆膜→播种育苗→覆膜移栽→环境调控→灌溉追肥→病虫害防控→机械运输→尾菜处理，并制定了生产机具配套方案。

1.2.1　耕翻撒肥　选择近5年未种过瓜类或棉花的旱茬田块，或水旱轮作不少于3年的田块，采用大中型拖拉机配套液压翻转犁进行深耕，拖拉机的动力要与液压翻转犁的犁铧数、犁铧宽度相配套，耕翻深度不小于25 cm。在移栽前30 d（天），采用禾田TKT-S600C-1型履带式撒肥机，或筑水SD500型履带式撒肥机撒施有机肥，有机肥选用商品有机肥或饼肥或腐熟的人畜粪肥，每667 m^2用量500～1000 kg。在移栽前7～10 d（天），采用雷沃欧豹系列轮式拖拉机配套佐佐木CFC200型撒肥机撒施无机肥，每667 m^2施45%硫酸钾型复合肥（N-P-K为15-15-15）50 kg。

禾田TKT-S600C-1型履带式撒肥机由滁州禾田农业机械有限公司销售，该机具能在狭小的场所、湿地、斜坡等特殊环境下作业，外形尺寸

周桂官，推广研究员，主要从事瓜果蔬菜栽培和机械化推广工作，电话：0515-68961516，E-mail：714587832@qq.com

收稿日期：2021-07-26；接受日期：2021-09-27

基金项目：江苏省现代农机装备与技术示范推广项目（NJ2019-38）

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

2 520 mm × 1 105 mm × 1 400 mm，撒肥类型包括有机肥和堆肥，撒肥方式为圆盘旋转式，装载质量500 kg，撒肥幅宽 4～5 m。

筑水 SD500 型履带式撒肥机由筑水农机（常州）有限公司生产，可满足果园、菜园、农田等不同场所的撒肥作业，外形尺寸 2 330 mm × 1 100 mm × 1 140 mm，配套动力 4.2 kW，最大载重量500 kg，最大装载容量 0.7 m^3，作业范围 1.5～4.0 m，前进速度 0.6～6.0 km · h^{-1}。

雷沃欧豹系列轮式拖拉机由雷沃重工股份有限公司生产，作业效率高，可配套多种农机具，适宜在大棚和小面积田块作业，外形尺寸 3 136 mm × 1 350 mm × 1 420 mm，发动机动力 29.4～44.1 kW（40～60 马力），后置三点悬挂，前轮轮距和后轮轮距均为 980 mm，最小离地间隙 292 mm。

佐佐木 CFC200 型撒肥机由佐佐木爱克赛路机械（南通）有限公司生产，适合蔬菜大棚、果园作业，撒肥均匀性高，对肥料要求低，外形尺寸 1 190 mm × 1 150 mm × 1 000 mm，配套动力 18.4 kW（25 马力）及以上，可撒施无机肥，肥箱容积 200～300 L，撒肥幅宽 6～12 m，作业速度 4～8 km · h^{-1}。

1.2.2 整地起垄 建棚前利用大中型拖拉机配套旋耕机进行耕翻作业，使土壤平整、疏松、细碎，旋耕深度不小于 8 cm，要求耙细整平、表里一致；对原已搭建好的大棚，用动力不小于 36.75 kW（50 马力）的盐海金马大棚王拖拉机配套旋耕机耕整土地，旋耕深度不小于 8 cm。利用履带开沟（墒）机，或西甜瓜超宽幅旋耕起垄复式作业机，或璟田 3TGQ–5.5 型多功能田园管理机实施开墒起垄作业，垄面呈弧状，垄高 25 cm，与地面保持一定的角度，高低和深浅一致。棚间墒深度不低于 30 cm。

盐海金马大棚王拖拉机由江苏悦达智能农业装备有限公司生产，体型小，外形尺寸 3 230 mm × 1 450 mm × 1 985 mm，适合大棚和小块田作业，动力输出转速 540～720 r · min^{-1}，前轮轮距 1 200～1 300 mm，后轮轮距 1 150～1 450 mm，最小离地间隙 292 mm。

西甜瓜超宽幅旋耕起垄复式作业机由农业农村部南京农业机械化研究所研发，集碎土、起垄、整平、压实等功能于一体，配套动力 44.10～66.15 kW（60～90 马力），作业幅宽 250～285 cm，起 1 条垄，起垄高度 15～25 cm，适宜 6 m 宽的大棚两垄种植。

璟田 3TGQ–5.5 型多功能田园管理机由上海康博实业有限公司销售，适用于大棚内起垄作业，外形尺寸 1 830 mm × 1 700 mm × 1 000 mm，垄面工作幅宽 50～120 cm，起垄高度 15～25 cm，发动机噪音小，动力持久稳定。

1.2.3 搭棚覆膜 在移栽前 20～30 d（天）搭建单层或双层标准钢架大棚，先采用钢管调直机调节钢管的弯度，然后用机械打孔机进行打孔插钢管，外层大棚长度不超过 100 m，宽度不小于 6 m，肩高不小于 1.8 m，顶高不小于 2.2 m。为便于机械运输，可采用宽窄行搭建大棚，其中一侧宽行棚间距不小于 70 cm。覆盖大棚薄膜可用卷扬机进行拉紧。标准大棚和连栋大棚应安装手动或电动卷帘设备。

1.2.4 播种育苗 根据江苏各地的气候条件以及消费习惯等，选择口感好、产量高、适应性强、抗逆性好、不易早衰、耐贮存的品种，如小兰、苏蜜 9 号、黑晶等小果型西瓜，8424、苏蜜 518、美都等中果型西瓜。播种前进行晒种，然后用 55～60 ℃的热水浸种 3～4 h（小时），反复清洗种子表皮上的黏液后，置于 30～32 ℃的恒温箱或育苗室中催芽。春季设施栽培，一般在 1—3 月采用 50 孔穴盘播种育苗，使用集基质混合、填充打孔、精量播种、覆土压实、浇水等多种功能于一体的赛得林 2YB–G1000 气吸滚筒式秧盘精量播种机播种。该播种机由台州赛得林机械有限公司生产，适用于西瓜、蔬菜、花卉、烟草等集约化育苗，可以根据不同穴盘规格配置相应规格的播种滚筒。铺土箱容积 500 L，形式为输送带传送 + 链条提升；覆土箱容积 150 L，形式为输送带传送，滚动毛刷刮平；压孔形式为无动力滚轮压孔，排种器为自动吸气滚筒式，播种气源压力 0.4～0.8 MPa，洒水形式为直线喷淋式；播种箱容积 1.5 L，育苗盘尺寸要求宽度＜ 350 mm，高度＜ 120 mm，生产效率＞ 1 000 盘 · h^{-1}。

春季温度低，可采用大棚多层覆盖 + 电热线加温育苗，也可在大棚内采用热风炉鼓风机加温育苗。出苗前温度保持在 28～30 ℃；当出苗率达到 50% 时揭去地膜，出苗后减少浇水，白天温度保持在 22～25 ℃，夜间 13～15 ℃。移栽前 7 d（天）开始降温炼苗，注意防控病害。

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

1.2.5　覆膜移栽　移栽前采用 DEMETDMLM-120 碎土起垄铺膜铺管一体机铺设滴灌带和覆盖地膜，垄长不超过 100 m，垄上覆盖易降解的白色地膜或银灰色避蚜膜。幼苗两叶一心至三叶一心时移栽，选用井关 2ZS-1A 单行蔬菜移栽机，小果型西瓜株距 25～30 cm，每 667 m^2 定植 750～800 株；中果型西瓜株距 30～35 cm，每 667 m^2 定植 600～750 株。机械移栽后要进行查苗补缺，以防漏栽。

DEMETDMLM-120 碎土起垄铺膜铺管一体机由吉福瑞农业机械成都有限公司销售，适用于温室大棚和露地蔬菜耕整地作业，垄高 15～25 cm，垄面宽 120～125 cm，垄底宽≤ 155 cm，施肥、铺膜和铺滴灌管可以根据用户需求选择使用。

井关 2ZS-1A 单行蔬菜移栽机由井关农机（常州）有限公司生产，适用于平地、垄上、膜上单行栽植西瓜、蔬菜等，适合钵苗，要求苗高 40～170 mm；适应垄高 40～300 mm，栽植行数 1 行，栽植深度 0～60 mm，栽植株距 250～600 mm 可调节，结构小，可在 6 m 宽塑料大棚内操作，移栽轨迹整齐，作业效率 2 300 株 · h^{-1}，具有作业效率高、辅助用工少等特点。

1.2.6　环境调控　春茬西瓜移栽后前期温度低，标准大棚可采用多层覆盖保温，连栋大棚可采用热风炉鼓风机加温。中后期温度高时采用电动或手动摇膜器通风调温，白天温度控制在 25～28 ℃，夜间不低于 15 ℃。连栋大棚白天温度超过 35 ℃时，可采用湿帘、排风机降温。西瓜成熟期适当降低温度，加大昼夜温差，以利于糖分积累。

1.2.7　灌溉追肥　定植后，采用雨辰 WD.P-7.5 微喷滴灌水肥一体机或简易滴灌带滴灌缓苗水，追施促根剂。缓苗后采用小肥大水追发棵肥，一般每 667 m^2 用水溶肥（N-P-K 为 18-18-18）3～5 kg 兑水 10～12 m^3 进行滴灌。伸蔓期根据植株长势和墒情，及时整枝压蔓授粉，补充水分和养分。如植株长势偏旺，则每 667 m^2 用 15% 多效唑 2～3 g 兑水 25 kg 对叶片进行喷雾。爬地栽培采用人工整枝压蔓，吊蔓栽培采用绑蔓器捆绑瓜蔓。果实膨大期至收获前 10 d（天）通过水肥一体机追肥，一般每 667 m^2 用高钾水溶肥（N-P-K 为 15-10-35）3～5 kg 兑水 10～12 m^3 滴灌 2～3 次，以增加养分，同时有利于提高果实含糖量。

雨辰 WD.P-7.5 微喷滴灌水肥一体机由江苏省灌溉防尘工程有限公司生产，具有省水、高效等特点，适用于 6.67 hm^2（100 亩）左右的农田微喷和滴灌。微喷、滴灌主要参数：电机功率 7.5 kW，水泵流量 25 $m^3 \cdot h^{-1}$，过滤精度 120 目，施肥装置溶液吸入量 80～160 L · h^{-1}，主管、支管适宜流速 0.3～2.5 m · s^{-1}，灌区支管线上灌水器＜20%。其中，喷灌灌水器入口额定工作水压 150 kPa，灌水器流量 100、120、250 L · h^{-1} · m^{-1}（带）；滴灌灌水器入口额定工作水压 100 kPa，灌水器流量 1.38、2.00、3.20 L · h^{-1}（单个滴水元件）。

1.2.8　病虫害防控　选择抗病品种，注意轮作换茬。早春茬西瓜基本不发生虫害或发生较轻。重茬田块易发生枯萎病，结瓜初期若发生枯萎病，应及时用 40% 氟硅唑（杜邦福星）乳油 20 mL + 50% 多菌灵可湿性粉剂 400 g 兑水 160 kg 进行灌根，每株灌 250 mL，可有效预防或减轻枯萎病。西瓜生长中后期虫害主要有蚜虫、烟粉虱等，主推黄板或蓝板诱杀，同时喷施 22% 氟啶虫胺腈悬浮剂 3 000 倍液 + 激健助剂水剂（成都激健生物科技有限公司生产）2 000 倍液。喷雾采用喷杆喷雾机，或凯锐 KR-L2 自走式喷雾机。

凯锐 KR-L2 自走式喷雾机由洛阳市曼德机械制造有限公司生产，最低处距离地面 40 cm，药箱容量 500 L，射程 600～1 200 cm，最小回旋半径 110 cm，可一机多用，操作简单，使用方便，适用于蔬菜大棚、果园的喷雾及搬运作业。

1.2.9　机械运输　授粉后 30～40 d（天）西瓜成熟，采取人工采摘与机械运输相结合的采收方式。采用沃丰凯锐 KR-LC 田园管理搬运机或轨道运输车进行运输，棚间预留间距不小于 70 cm，运输过程中应轻拿轻放，防止西瓜开裂。采用西瓜自动无损糖分检测和分拣设备流水线对西瓜的含糖量和单瓜质量等指标进行检测分类，实行分等分级，集中贴标、套网袋包装上市。

沃丰凯锐 KR-LC 田园管理搬运机由洛阳市曼德机械制造有限公司生产，具有开放式宽体货箱，货箱尺寸 110 cm × 75 cm × 40 cm，最大载重量 600 kg，适用于大棚、田地、果园等的搬运作业。

西瓜无损糖分检测自动化等级分选设备由藤田（常州）智能装备有限公司销售，主要用于西甜瓜

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

分选，包括清洗、单瓜质量、糖度、果形、空洞、重金属 6 项分选，PC 中文操作界面（触摸屏电脑），分选速度 4 000 个 · h^{-1}，处理量 8 t · h^{-1}，分选范围 20～9 000 g；具有自动计量功能，可按照各种标准装箱输出，可重叠多个等级输出，多个出口可同时输出同等级水果，可获每日累计、加工总数量，数据可打印。

1.2.10 尾菜处理 西瓜收获后，采用筑水农机（常州）有限公司生产的 CG101 型手扶履带式割草机割除瓜蔓，采用禹城市博丰机械设备有限公司生产的 4HS-80 地膜回收机回收田间地膜，采用成都吉峰农机有限公司生产的 RX-803 型履带式蔬菜灭茬粉碎机粉碎瓜蔓，然后使用大棚王配套旋耕机旋耕埋入土中。

1.3 经济效益分析

1.3.1 机械化水平对比 2020 年在东台市三仓吴剑家庭农场、安丰国贸农庄、东台镇欧美尚农业园 3 个基地建立项目示范点，推广应用移栽机、运输机等机具面积逾 20 hm^2（300 亩），在同等条件下，根据 NY/T 1408.6—2016《农业机械化水平评价》第 6 部分设施农业中的农业机械化水平评价方法，对比人工栽培，西瓜生产机械化水平从项目实施前的 45% 提高到了 85%。

1.3.2 经济效益对比 以人工每天工作 8 h（小时）、西瓜种植密度 750 株 ·（667 m^2）$^{-1}$ 为例，对设施西瓜机械化移栽与人工移栽效益进行对比：移栽机作业效率为 2 300 株 · h^{-1}，每天作业面积 1.60 hm^2（24 亩），需驾驶员 1 人、杂工 1 人，人工费用驾驶员 300 元 · d^{-1}，杂工 120 元 · d^{-1}，折合每 667 m^2 人工成本 17.5 元、燃油和机具折旧成本 13 元，成本合计约 30 元。人工移栽的作业效率为 150 株 · h^{-1}，每天作业面积 0.11 hm^2（1.6 亩），需杂工 1 人，费用为 120 元 · d^{-1}，折合每 667 m^2 人工成本 75 元，无燃油和机具折旧成本，成本合计 75 元。综上，西瓜机械化移栽作业效率约为人工移栽的 15 倍，每 667 m^2 节约成本 45 元以上。

对设施西瓜机械化运输与人工挑运效益进行对比：机械化运输需操作工 1 人，每天工作 8 h（小时），费用 120 元，作业效率为 0.33 hm^2（5 亩）· d^{-1}，折合每 667 m^2 人工成本 24 元、燃油和机具折旧成本 15 元，成本合计 39 元。人工挑运每人每天作业效率仅为 0.17 hm^2（2.5 亩）；以每 667 m^2 产量 2 500 kg、人工费用 0.08 元 · kg^{-1} 计算，每 667 m^2 人工成本为 200 元。机械化运输作业效率约为人工挑运的 2 倍，每 667 m^2 节约成本 161 元。

2 设施西瓜机械化生产中存在的问题

2.1 种植标准不统一 江苏省西瓜种植基本以个体农户为主，不同产区栽培品种差异大，同一产区栽培模式也不一致，给机械的研制开发与成果转化带来困难。

2.2 机具性价比不高 全国西瓜种植规模较大，但主要集中在几个省和分布在十多个区域，一家一户种植面积相对较小，西瓜机械化使用面积相对较小，研发企业感到效益不高，兴趣不大，导致专业化的装备数量少。加之我国机具研发起步较晚，部分新型机具存在价格高、类型少，不能满足千家万户的需求，小户、散户机具投入成本高，且性价比低。

2.3 机器作业效果不够理想 设施西瓜的作业空间狭小、设施标准不统一，使得大型机械装备无法进入设施内作业，即使是大棚王等中小马力拖拉机也存在“路难走，门难进，边难耕，头难掉”的问题，难以发挥机械化装备高效节本省工的优势；而微型耕整机械马力小，作业后的耕层深度、土壤疏松度、田块平整度等耕作质量有时不能满足西瓜种植农艺要求。

3 发展建议

3.1 加强农机农艺融合 建立基于西瓜典型区域特点与品种特性的农机农艺融合标准化栽培模式，实现栽培模式标准化、农艺要求轻简化、田间作业机械化，由整地垄形规范化、系列化开始，为不同作业环节机械化装备的衔接配套提供保障。

3.2 加强新机具研发 通过西瓜种植适度规模化、设施结构大型化，为西瓜机械化生产提供必要条件，针对西瓜机械化生产薄弱环节，攻关研发集旋耕、开沟、施肥、覆膜于一体的耕整机械，整枝、授粉等机械，真正解放劳动力。

3.3 加大社会化服务力度 一台小型机具少则几千元，多则几万元，一家一户西瓜种植面积小，购买一台机具不划算，只有大力发展社会化服务，采用大户购机，或农机机手购机，或几个种植户联合购机为西瓜种植户进行有偿移栽服务，才能满足大部分农户的需求，促进西瓜机械化水平的提升。

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org

doi：10.19928/j.cnki.1000-6346.2021.3052

设施西瓜多种接茬种植模式与关键栽培技术

王　驰[1]　杨瑜斌[1]　林　怡[1]　江　鑫[2]　辛宏权[3]　毛玲荣[1]　赵灵云[4]　林　燚[1*]

（[1]温岭市农业农村和水利局，浙江温岭 317500；[2]温岭市箬横江鑫家庭农场，浙江温岭 317507；[3]温岭市吉园果蔬专业合作社，浙江温岭 317503；[4]温岭市滨海镇农业综合服务中心 317503）

浙江温岭近几年探索了多种设施春季西瓜接茬种植模式，包括接茬秋季西瓜、秋冬和冬春莴笋、秋冬芜菁、夏秋花椰菜、秋季果蔗等，与全年种植一茬西瓜相比，每 667 m^2 效益增加 2 700～4 000 元。

浙江省温岭市农技人员在 20 世纪末探索了一套设施西瓜长季节栽培技术，全年只种植 1 茬西瓜，每 667 m^2 产值 0.8 万～1.0 万元，纯收益 4 000 元，该技术不仅被推广到全国各地，甚至推广至越南、老挝等国家。但由于温岭地处浙江东南沿海，海岸线长 316.91 km，7 月下旬至 9 月台风侵袭频繁，易造成设施受损或垮塌，西瓜减产，瓜农损失严重。为此，近几年笔者探索推广了设施春季西瓜接茬秋季西瓜、秋冬和冬春莴笋、秋冬芜菁、夏秋花椰菜、秋季果蔗等种植模式，实现了一年多茬生产，与设施西瓜长季节栽培技术相比，每 667 m^2 效益增加 2 700～4 000 元，已在当地推广应用 920 hm^2（1.38 万亩）。现将 5 种种植模式及关键栽培技术介绍如下。

王驰，男，高级农艺师，主要从事蔬菜栽培技术研究和推广工作，电话：0576-86222920，E-mail：onfire518@163.com

*通信作者：林燚，女，推广研究员，主要从事蔬菜栽培技术研究和推广工作，电话：0576-81608271，E-mail：wl6690@sina.com

收稿日期：2021-08-04；接受日期：2021-09-03

基金项目：国家西甜瓜产业技术体系项目（CARS-26-17）

1　5 种模式的茬口安排和效益

1.1　春季西瓜＋秋季西瓜　全年种植春、秋两茬西瓜。春季西瓜 1—2 月定植，7 月下旬采收结束；秋季西瓜 8 月上旬定植，11 月采收结束。该模式常年种植面积 200 hm^2（3 000 亩），每 667 m^2 年产值 1.32 万元，净效益 0.67 万元。

1.2　春季西瓜＋秋冬莴笋＋冬春莴笋　西瓜 4 月

3.4　进行设施宜机化改造　一是连栋温室、标准钢架塑料大棚等农业设施的跨度不小于 6 m，肩高不小于 1.8 m，横梁高度不小于 2.0 m，棚门宽度大于 1.8 m，高度大于 2.2 m。二是棚间沟距预留在 50～70 cm，其中采用履带式田园管理搬运机运输的，间距应确保在 70 cm 以上。三是平铺地膜要求地膜厚度在 0.04 mm 左右，同时铺平铺实拉紧，不得悬空，以免影响机械化移栽。四是大棚外道路尽量做到机耕道硬质化，路（桥）宽 3.5 m 以上，便于机器进出作业。

3.5　强化人员规范化操作和机具保养　农机操作人员必须经过专业培训，获得操作合格证书后才能驾驶；严谨疲劳、身体不适、酒后、儿童、孕妇等人员操作；驾驶人员应当穿着适宜的服装进行作业，严禁穿拖鞋、便装等操作；农机具上的座位应牢固，没有座位的地方严禁坐人；不得擅自改装机械，严禁超载使用等。所有农机具在操作前都应仔细阅读使用说明书和注意事项；充分理解机具上的警告标识，保持标识的整洁，如有破损或者遗失要重新更换；驾驶操作前必须检查，以确保机具、设备技术状态完好，保证安全信号、旋转部件、防护装置和安全警示标志齐全，定期、规范、常态化实施维护保养；机具作业后要妥善处理残留药液、肥料，彻底清洗容器，防止污染环境。

《中国蔬菜》学术论文下载 www.cnveg.org