

2021 年度十项适用农机化技术推荐书

推荐单位	北京市农业机械试验鉴定推广站		
联系人	李治国	办公电话	010-59198679
手机号码	13810042576	电子邮箱	li.zhiguo@126.com
名称	日光温室油白菜生产机械化技术		
概述	<p>一、适用区域 该技术适用于北京地区及生产条件相似地区。</p> <p>二、技术路线 以日光温室结构宜机化改造和东西向长垄种植为基础，结合种植农艺要求，试验示范推广了“撒施肥-旋耕整地-精量播种-水肥管理-病虫害防治-收获运输”为主的日光温室油白菜生产机械化技术模式。</p> <p>该模式技术路线如下图：</p> <pre> graph TD A[日光温室宜机化改造] --> B[南北向改东西向耕整地] C[撒施肥] --> B C --> D[旋耕] D --> E[起垄] F[油白菜直播] --> G[东西向种植] B --> G G --> H[田间管理] H --> I[收获] I --> C </pre>		
	<p>1. 撒施肥。选择中小型自走式撒肥机进行施撒，有机肥撒施要均匀。</p> <p>2. 旋耕整地。采用大棚王拖拉机+普通旋耕机进行旋耕作业，要求旋耕深度$\geq 15\text{cm}$、碎土率$\geq 80\%$，旋耕要不留死角，作业后土壤细碎松软。也可采用旋耕起垄一体机完成起垄作业，按照农艺种植要求，结合后期种植、收获机械尺寸来选择对应的起垄设备，确保垄型尺寸、垄距设计与后期种植、收获机械的参数相适应。</p> <p>3. 精量播种。采用叶菜精量播种机，一次完成开种沟、播种、覆土等工序。</p> <p>4. 水肥管理。采用水肥一体化或滴灌技术进行施肥浇水，保持合理的空气和土壤湿度。</p> <p>5. 病虫害防治。适当提高棚室温度并及时通风排湿减少病虫害发生。当病害发生必须防治时，尽量采用粉尘法或烟雾机施药，如常温烟雾机、热力烟雾机、弥粉机等。</p> <p>6. 收获运输。选用小型叶菜收获机进行收获，保证作业幅宽与前期垄宽配套，机具行走轮在垄沟中直线前进，减少蔬菜收获损失。油白菜运输充分利用省力运输车等设备，减轻工人劳动强度。</p> <p>三、解决的主要农业生产问题 解决了日光温室油白菜生产人工撒施肥、起垄、播种、收获环节费工费时、种植成本高等问题。</p> <p>四、推广应用情况及经济社会效益 2016年以来在北京昌平、密云、大兴、房山等郊区进行了试验示范及推广应用，得到了农户的认可，累计推广面积达1万余栋日光温室。在规模化设施园区中应用试验结果表明：采用机械化作业效率是人工操作的15倍以上，可减少劳动力投入50%以上，可节本增效200元/亩以上。</p>		

1. 特征照片



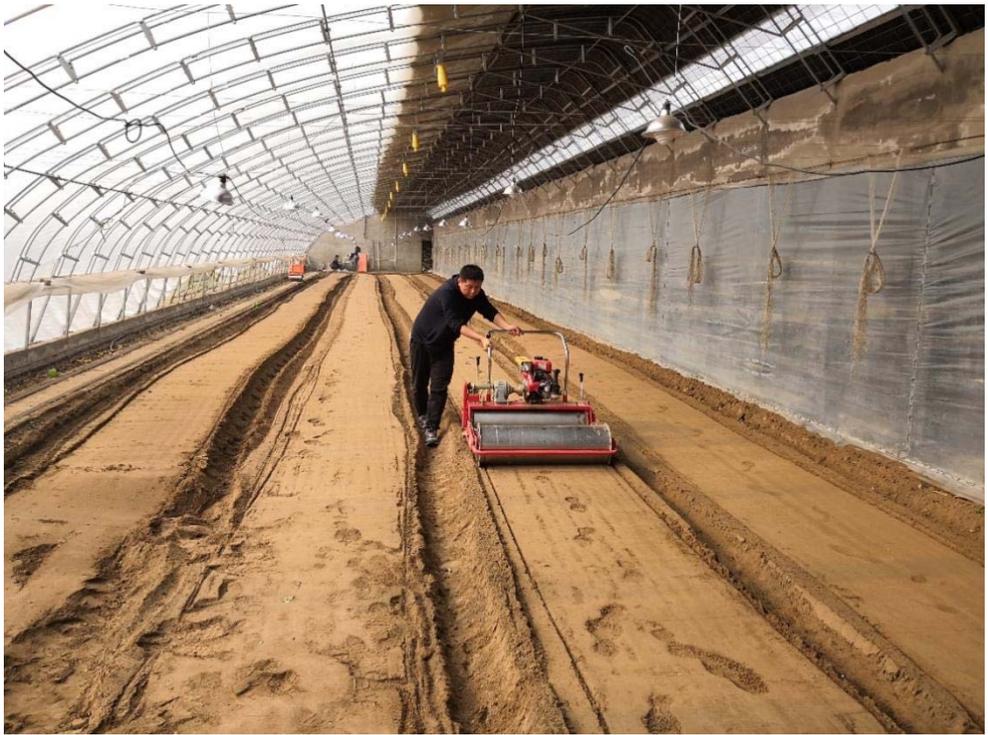
宜机化改造——农机设备进出棚门



日光温室机械化撒施肥



日光温室机械化起垄



日光温室机械化播种



日光温室油白菜机械化收获

2. 相关材料

(1) 试验示范文件：①《设施蔬菜宜机化生产全程机械化技术》；②《日光温室果类菜（番茄）生产关键环节机械化技术装备配套方案》；③《日光温室油菜生产全程机械化技术装备配套方案》

(2) 技术报告：《日光温室番茄东西向种植与南北向种植栽培模式对比试验报告》

(3) 公开发表的文章：①《农机农业融合的日光温室番茄栽培模式试验研究》；②《北京地区日光温室油菜生产全程机械化技术》；③《北京市设施蔬菜产业现状及其机械化发展对策》；④《日光温室番茄生产关键环节机械化技术试验》；⑤《塑料大棚小白菜生产全程机械化技术方案初探》；⑥《塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术指导意见》

声明：本单位保证推荐材料真实有效，不存在任何违反《中华人民共和国保守国家秘密法》和《科学技术保密规定》等相关法律法规的情形。如有材料虚假或违纪行为，愿意承担相应责任并接受相应处理。如产生争议，保证积极配合调查处理工作。

推荐单位（盖章）

年 月 日

设施蔬菜宜机化生产全程机械化技术

一、技术概述

（一）基本情况

针对北方地区设施蔬菜生产中，受设施结构、作物栽培模式等条件制约，目前仍以小型机具和人工作业为主，影响设施蔬菜种植效率和效益的问题，研究形成的以设施结构宜机化改造、设施种植模式宜机化改进为基础的全程机械化生产技术体系。通过该技术，中型机具可以顺利进出设施，开展设施生产关键环节机械化作业，提高了设施生产效率；蔬菜生产撒施肥、旋耕、起垄、种植、植保、收获等环节能够实现机械化作业，实现了设施叶菜生产全程机械化和果菜生产关键环节机械化，减轻了工人劳动强度，减少了劳动用工，提升了设施种植效益。实现了北方地区设施蔬菜生产农机农艺融合。

（二）示范情况

核心技术之一“塑料大棚蔬菜宜机化改造高效生产机械化技术”被北京市农业农村局遴选为 2020 年北京市农业主推技术。2013 年以来在北京顺义、大兴、延庆、房山等郊区进行了试验示范，获得良好效果；日光温室蔬菜宜机化改造生产机械化技术 2016 年以来在北京昌平、怀柔、密云等郊区

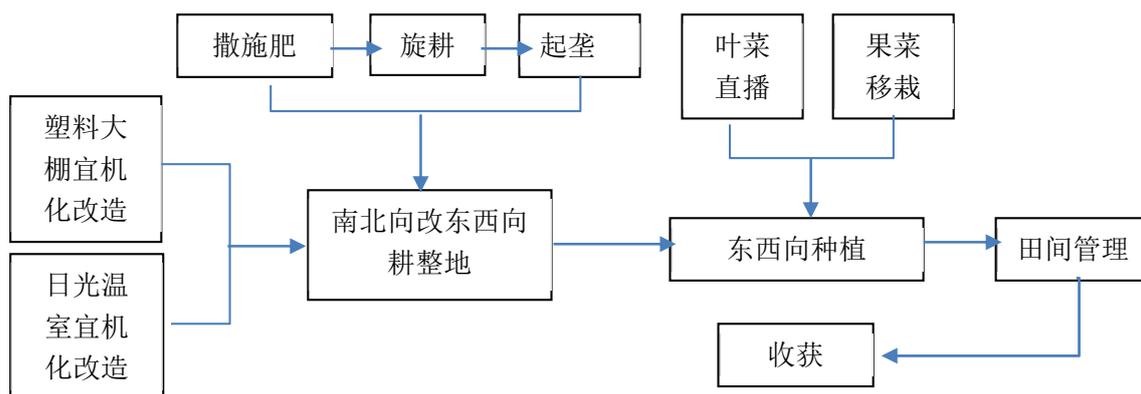
进行了试验示范，得到了农户的认可。目前该技术正在华北地区设施园区推广应用。

(三) 提质增效情况

通过设施结构宜机化改造和设施种植模式宜机化改进，由传统种植的南北向垄长 6-7m，增加到现在的东西向垄长 60m 以上，蔬菜生产撒施肥、旋耕、起垄、种植、植保、收获等环节实现了机械化。通过连续 3 年的对比试验，宜机化改造后的设施蔬菜全程机械化生产，实现了叶菜高密度精密播种和果菜有序移栽，亩均单产与品质明显提升。特别是在机械化作业的节本增效上，效果显著。其中，机械撒施肥效率 0~1.14 m³/min，是人工撒施效率的 50 倍以上；机械旋耕工作效率 1 500 m²/h，是传统微耕机的 8 倍左右；机械起垄作业效率为 860 m²/h，是人工效率的 15 倍左右。机械播种比人工撒播节约用种 50%，作业效率 2 000m²/h，比人工作业效率提高 20 倍以上。采用拖拉机悬挂移栽机作业，可以同时完成机械移栽、铺膜、打孔、定植、浇水，生产率 800m²/h，比人工作业效率提高 11 倍，采用自走式移栽机进行移栽单项作业，机具作业效率 420m²/h，是人工移栽效率的 4 倍左右。1.2m 幅宽收获机收获效率 800m²/h，是人工收获效率的 40 倍左右；0.7m 幅宽收获机收获效率约为 300m²/h，是人工收获效率的 15 倍左右。

二、技术要点

设施蔬菜生产宜机化改造提质增效技术路线如下：



（一）设施结构改造技术

1. 塑料大棚结构改造技术

传统塑料大棚的两端封闭，中间只留有人员进出通道，不便于现有农机具进出作业。为方便机械化作业，在保持大棚原有结构，不破坏其强度，且不过多增加结构成本的前提下，对大棚两端进行结构改造。

（1）适用棚型

选用适宜机械化作业的钢骨架塑料大棚，基本参数：棚脊高 ≥ 3.2 m，棚肩高 ≥ 1.5 m，棚跨度 ≥ 8 m，棚长 ≥ 60 m。

（2）大棚两端宜机化棚门改造技术

将大棚两端封闭的固定结构改造成中间两扇推拉门、推拉门两侧各一个整体可拆卸的活动扇。中间两扇推拉门用于日常工作人员及物资进出，宽度 1.5~2.0 m，高度不低于 2 m。推拉门通过横梁上滑槽、滚轮和滚轮轴连接，可沿滑槽移动，实现开关门；两侧可拆卸的活动扇，采用快速插接安装。在作物倒茬和农机作业季节，可将中间两扇推拉门和两侧两个活动扇同时卸下，便于机械进出和循环作业，农机作

业完成后安装上推拉门和快速插接的活动扇，进行棚室的正常生产管理。



图1 宜机化改造-机具出入口

(3) 大棚顶风口控制技术

针对夏季生产大棚中上层温度较高的问题，在大棚的顶部中央每隔 8~10 m 设置 1 个天窗，根据大棚的整体情况每棚设置 8~10 个不等。天窗纵向长 1 m，横向宽 0.7 m，由内向外打开，棚内手动控制，开启度 0~90°可调。改造后打开天窗可以迅速降低棚内中上层的温度，利于作物生长。

2. 日光温室结构改造技术

对日光温室进行宜机化改造，留出中型农机具进出作业通道。采用的宜机化改造方式主要有两种：一种是在温室一侧前骨架上预留高度不低于 2m、宽度不低于 1.8m 的农机作

业通道，对骨架进行截断，在农机作业前可以方便的拆卸下来，供农机进出作业，作业完成后可以用插销快速封闭，恢复原样，保障温室功能不受影响；另一种是在温室一侧墙上开出宽 2m、高 2m 的农机作业通道，需要机具作业时通道门可以开启，供农机进出作业，作业完成后将其关闭密封，保障温室功能不受影响。

（二）“南北向改东西向”种植全程机械化技术

传统设施大棚和日光温室蔬菜采用南北向种植，垄长短，中型机具没有作业掉头空间。通过改“南北向种植”为“东西向种植”，增加了 10 倍以上的作业距离，为机械化作业创造条件。

1. 耕整地

正式作业前，应根据作业大棚形状和大小、大棚跨度，规划合理的种植行数分布和作业路线，减少空驶行程。可通过划线、地头放置垄体中心线标志、动力设备上加装北斗导航自动驾驶系统等方式，提高作业直线度，保持种植行数的一致性。

（1）机械撒施肥：设施蔬菜种植需要撒施底肥。采用自走式撒肥机进行撒肥作业，撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定。有机肥或者复合肥撒施要均匀。



图 2 日光温室机械化撒肥

(2) 旋耕：采用 354D 拖拉机配套旋耕机进行作业。旋耕深度 $\geq 15\text{cm}$ ，耕深稳定性 $\geq 85\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ 。旋耕要不留死角，每个作业幅宽接垄处要保障都作业到，作业后土壤细碎松软，达到后续作业要求。

(3) 起垄：结合土壤板结情况，配套专用起垄设备或者旋耕起垄联合作业设备。叶菜生产根据目前收获机幅宽，可以设置垄顶宽为 0.7m 或 1.2m 两种。果菜生产根据移栽机幅宽，一般设置垄顶宽为 0.6m。起垄高度一般 10~15cm 即可。起垄作业后垄形应完整，垄沟回土、浮土少，垄体土壤上层细碎紧实，下层粗大松散。



图3 日光温室机械化起垄

2.栽植作业

(1) 叶菜播种

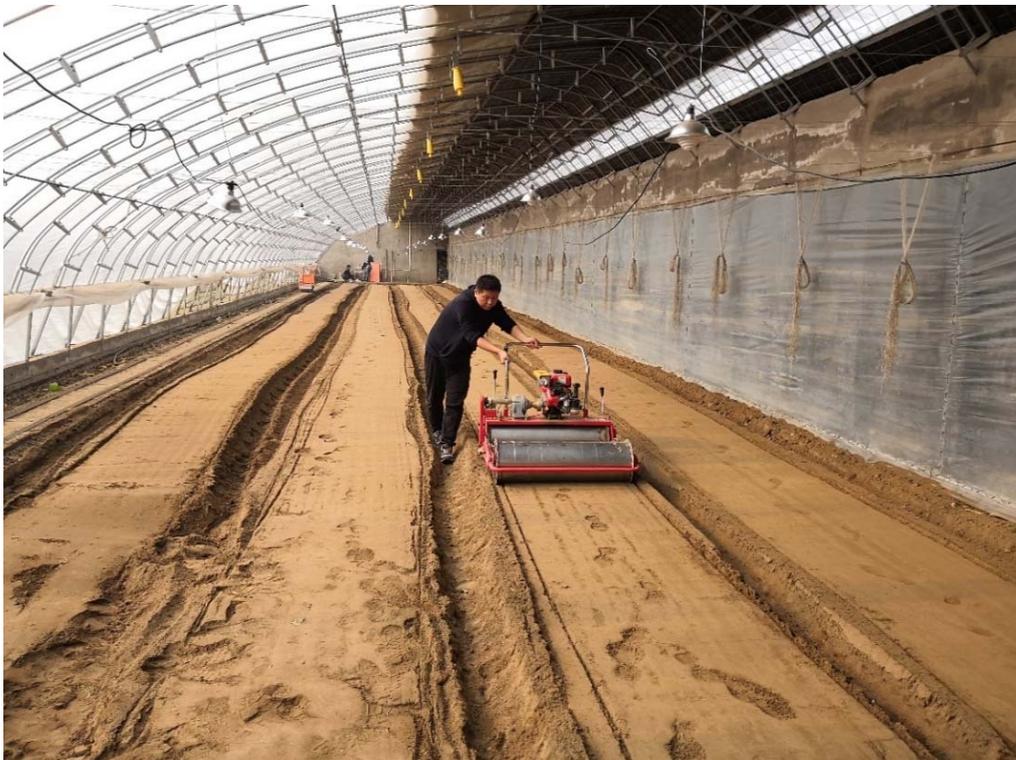


图4 日光温室机械化播种

配套叶菜精量播种机，一次完成开种沟、播种、覆土等工序。根据种植农艺要求调节好机具的株行距。机具粒距合格指数 $\geq 60\%$ ，重播指数 $\leq 30\%$ ，漏播指数 $\leq 25\%$ 。作业前可对垄面进行镇压作业，确保垄面土壤细碎紧实。作业时操作人员要走垄沟，避免对垄面平整度产生影响。

（2）果菜移栽

塑料大棚内可采用 35 马力大棚王拖拉机配套铺膜移栽机，一次进地完成铺滴管带、铺膜、移栽、灌水多项作业。日光温室内可采用自走式垄上栽植机完成移栽作业。移栽秧苗高度要求在 15cm 左右。生产效率 $\geq 3\ 000$ 株/h/行，栽植合格率 $\geq 90\%$ ，株距合格率 $\geq 90\%$ 。

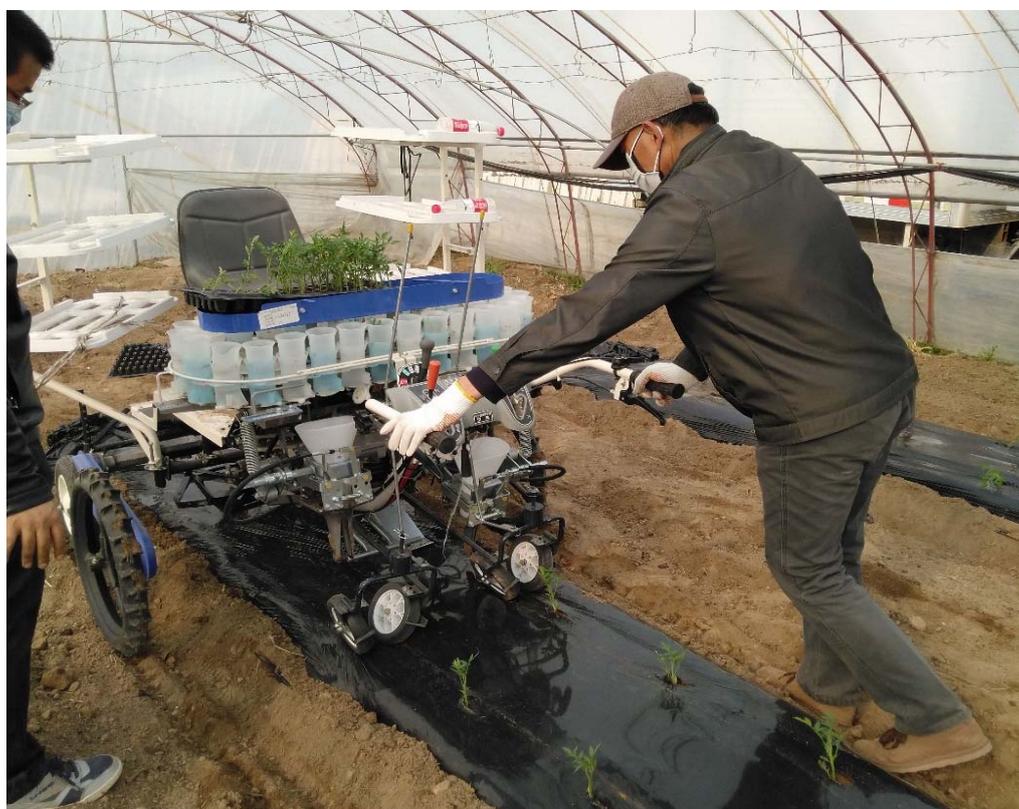


图 5 日光温室机械化移栽

3.田间管理

(1) 水分管理

采用水肥自动灌溉系统供应水肥，充分满足植株需要。果菜灌溉一般采用滴灌带，叶菜灌溉可采用微喷带或者滴灌带。

(2) 病虫害防治

配套相应规格的植保打药机，满足机具行走及植保打药作业要求。选用高效、低毒、低残留的农药并采用合理施药方法。施液量的误差率 $\leq 10\%$ ，常规量喷雾的药液的附着率 $\geq 33\%$ (内吸剂除外)，作物机械损伤率 $\leq 1\%$ 。喷药时行走速度要匀速，相邻行程要接垄严密，防止重喷漏喷，做到均匀喷洒。

4.叶菜收获



图6 日光温室机械化收获

根据前期起垄宽度，配套选用小型电动式叶菜收获机。目前比较成熟的收获机有两种，一种收获宽度 0.7m，效率 300m²/h。另一种收获宽度 1.2m，效率 800m²/h。保证作业幅宽与前期垄宽配套，机具行走轮在垄沟中直线前进。作业前要对收获机进行调试，使收获机割台贴到垄面作业，保证收获后的叶菜散叶少，商品性好。

三、技术研发单位

北京市农业机械试验鉴定推广站

四、技术集成示范单位

农业农村部农机鉴定总站农机推广总站

农业农村部南京农业机械化研究所

北京市农业机械试验鉴定推广站

五、示范工作计划

初步安排在京津冀地区大中型农业种植园区日光温室和塑料大棚蔬菜中，进行设施宜机化改造和蔬菜生产全程机械化技术的集成示范，通过设施内蔬菜耕种收各环节机械配套组成，开展作业效果综合测评，总结提炼成熟技术路线、生产模式，遴选适宜配套机具，逐步在北方地区进行集成示范推广应用。

4 月份，在北京大兴、昌平开展设施改造后蔬菜种植、收获关键环节机械化技术与机具对比试验。

5 月份，在上海开展设施改造后宜机化效果评价与设施种植叶菜生产全程机械化作业效果综合测评。

日光温室果类菜（番茄）生产关键 环节机械化技术装备配套方案

北京市农业机械试验鉴定推广站

2020.01

日光温室是北方地区秋冬季蔬菜的主要生产方式之一，但受结构空间限制，目前日光温室内蔬菜生产主要以人工作业为主，劳动强度大，作业效率低，严重制约了设施蔬菜的生产。为实现日光温室果菜（番茄）生产关键环节机械化，在开展前期试验示范的基础上，形成了日光温室番茄生产关键环节机械化技术装备配套方案。

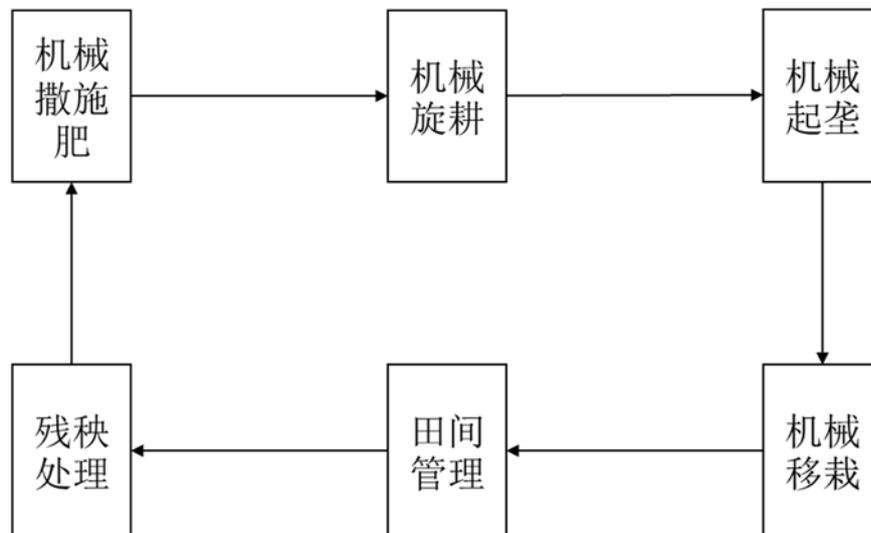
一、日光温室条件

此配套方案是以北京地区主要日光温室为基础制定，日光温室是指标准温室，棚室内东西长 60m 以上，南北宽 7.5m 以上，可作业面积为 60m×7m 以上，垄上移栽。日光温室要进行宜机化改造，留中小型农机具进出作业通道。

二、农艺种植要求

- 1.番茄品种：普通番茄。
- 2.农艺要求：采用小高畦栽培，畦面宽 60~70cm，高 10~15cm。大小行种植，小行距 40cm，株距 35cm，亩株数 2500~3000 株。农艺环节包括撒施底肥（有机肥、复合肥），旋耕起垄，铺膜移栽，滴灌浇水，植保打药、残秧处理等。
- 3.移栽时间：春季（3~4 月）、秋季（9 月）。
- 4.种植要求：采用东西向种植，垄距 1.4m~1.5m。

三、技术流程图



四、农机配套方案

1.撒施肥料：配套履带自走式撒肥机，用于设施内有机肥（面肥和颗粒肥）的撒施。

技术要求：撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定，番茄一般亩施底肥 2~4t。有机肥或者复合肥撒施要均匀。

2.旋耕：采用大棚王拖拉机+普通旋耕机进行旋耕作业。耕作深度要能够打破传统微耕机作业留下的犁底层，将地表土翻到下层，充分将有害物质灭活，增加土壤肥力，改善土壤板结，利于储水保墒，达到增产增收的目的。

技术要求：旋耕深度 $\geq 15\text{cm}$ ，耕深稳定性 $\geq 85\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ 。旋耕要不留死角，每个作业幅宽接垄处要保障都作业到，作业后土壤细碎松软，达到后续作业要求。

3.起垄：采用 35 马力大棚王拖拉机配套起垄机完成起垄作业。建议起垄机采用液压升降，便于控制垄型，起垄高度、宽度可调，更好满足番茄种植农艺要求。

技术要求：建议畦面宽 60~70cm，垄沟 70cm~90cm。设备选择不仅要考虑机具本身尺寸，还应根据蔬菜品种及其种植行距等农艺要求，确定合适的起垄垄距，同时要注意作业的垄型尺寸、垄距设计要与移栽机械的参数相适应。正式作业前，应根据作业大棚形状和大小、大棚跨度，规划合理的垄体分布和作业路线，减少空驶行程。可通过划线、地头放置垄体中心线标志、动力设备上加装北斗导航自动驾驶系统等方式，提高作业垄体直线度，保持垄距的一致性。起垄作业后垄形应完整，垄沟回土、浮土少，垄体土壤上层细碎紧实，下层粗大松散。

4. 移栽：采用自走式移栽机完成蔬菜移栽作业。

技术要求：栽植合格率 $\geq 90\%$ ，株距合格率 $\geq 90\%$ 。移栽秧苗高度在 15cm 左右。

5. 田间管理：水肥自动灌溉系统（自动控制），使用滴灌进行浇水及追肥。植保配套相应规格的植保打药机，满足机具行走及植保打药作业要求。

技术要求：灌溉要求灌溉均匀一致。植保要求选用高效、低毒、低残留的农药并采用合理施药方法。施液量的误差率 $\leq 10\%$ ，常规量喷雾的药液的附着率 $\geq 33\%$ （内吸剂除外），作物机械损伤率 $\leq 1\%$ 。

6. 残秧处理：针对果菜藤蔓废弃物较多、堆放难的问题，可采用可移动式电动藤蔓类植物专用粉碎机进行粉碎，粉碎后可还田发酵或者与畜禽粪污混合发酵后，再还田利用。

技术要求：干、湿藤蔓、菜梆、菜叶均能处理，粉碎物粒径：3~8mm，粉碎效率：不小于 500kg/h。

五、典型机具参数

1.有机肥撒施机

最大装载容积：0.72m³

施肥幅宽：1.2~2.5m

施肥效率：0~1.14 m³/min

前进速度：0~4.2km/h。

2.旋耕机：

配套动力：354D 大棚王拖拉机

耕幅：1.4 m

耕深：0.15~0.25 m

3.旋耕起垄一体机

配套动力：354D 大棚王拖拉机

垄高：0.15m

垄顶宽：0.5~0.7m

垄底宽：0.6~0.8m。

4.移栽机

行距：0.30m、0.40m、0.50m可调

株距：0.30m、0.32m、0.35m、0.40m、0.43m、0.48m、
0.50m、0.54m、0.60m 9档可调

栽植深度：0.03m~0.09m

栽植效率：2700~3600 株/小时。

内车轮845mm~1045mm可调，外车轮1150mm~1350mm可
调。

5. 变量喷药机

药箱容积：45L

喷药压力泵流量：2.1L

喷药压力：最大 0.70Mpa，电子变量调节。

6.残秧处理机

配套动力：7.5kw 电机

切刀数量：2 片

锤刀数量：36 片

粉碎物粒径：3~8mm

适用对象：蔬菜藤蔓等

粉碎效率：不小于 500kg/h

六、注意事项

1.机具进出日光温室作业时除机手外，至少要有一名作业人员引导，防止驾驶人或机具受到伤害；

2.在温室内作业前应对机手进行操作培训，避免作业时在调头等环节发生意外，造成财产等损失；

3.农机农艺要相向融合，考虑农艺要求时要把便于机具作业考虑在其中，降低作业难度、提高作业效率。

日光温室油菜生产全程机械化技术 装备配套方案

北京市农业机械试验鉴定推广站

2020.01

日光温室是北方地区秋冬季蔬菜生产的主要方式之一，对于蔬菜市场周年供应，尤其是对冬季蔬菜供应淡季的保障起到了积极作用。受日光温室结构空间限制，目前日光温室内蔬菜生产主要以人工作业为主，劳动强度大、作业效率低、作业效果差，越来越与现代农业发展需求不相适应，为了解决好日光温室叶菜生产机器换人，在开展前期试验示范的基础上，形成了日光温室油菜生产全程机械化技术装备配套方案。

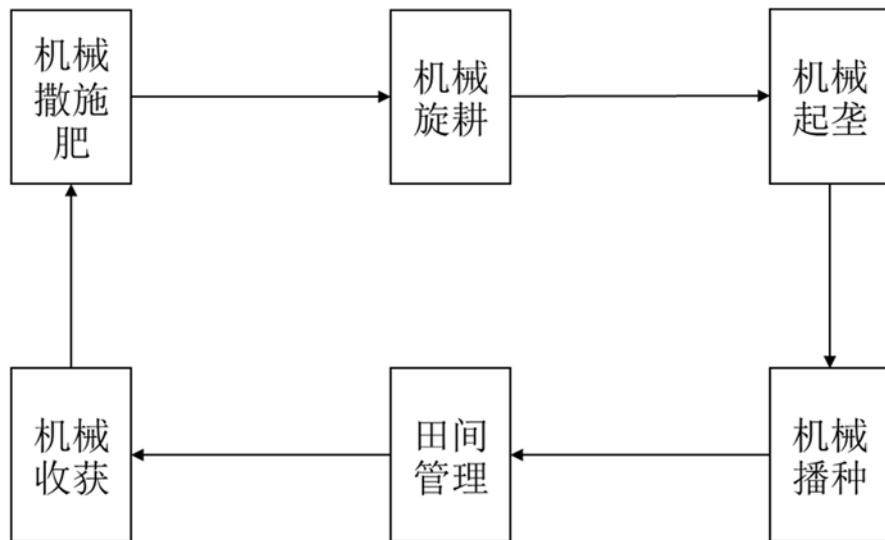
一、日光温室条件

此配套方案是以北京地区主要日光温室为基础制定，日光温室是指标准温室，棚室内东西长 60m，南北宽 7.5m，可作业面积为 60m×7m，平地种植。日光温室要进行宜机化改造，留中小型农机具进出作业通道。

二、农艺种植要求

- 1.油菜品种：普通油菜。
- 2.农艺要求：撒施底肥（有机肥、复合肥），旋耕起垄，精量直播，滴灌或喷灌浇水，植保打药等。
- 3.播种时间：一年四季（除夏季伏天）。
- 4.作业要求：起垄宽度 1.2m，收获机作业幅宽 1.2m，轮胎中心距 1.5m，东西向作业每栋温室起 4 垄。

三、技术流程图



四、农机配套方案

1.撒施肥料：南机所自走式有机肥撒施机，幅宽 6m，肥箱容积：1.4m³，有机肥或者复合肥撒施要均匀，撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定。

2.旋耕：大棚王拖拉机+普通旋耕机，旋耕深度要达到 15cm 以上，以打破常年犁底层为准，旋耕要不留死角，每个作业幅宽接垄处要保障都作业到，作业后土壤细碎松软，达到后续作业要求。

3.起垄：自走式旋耕碎土起垄机，起垄宽度 1.2m，高度 10~15cm，标准温室东西向可以起 4 垄，垄行向要尽量直，为后续收获等作业预留较好条件。

4.直播：璟田精量播种机，作业幅宽 1m。作业前可对垄面进行镇压作业，确保垄面土壤细碎紧实，作业时操作人员要走垄沟，避免对垄面平整度产生影响。

5.田间管理：水肥自动灌溉系统（自动控制），使用喷灌进行浇水及追肥，要求均匀一致。

6.收获：法国产叶菜收获机，电动，带行走助力，作业幅宽1.2m，作业前要对收获机进行调试，试作业3~5m，使收获机割台贴到垄面作业，保证收获后的油菜散叶少，整颗多，商品性好。

五、典型机具参数

1.有机肥撒施机

配套动力：14kW 汽油机，无级变速

行走方式：履带自走

行走速度：3~7km/h

肥箱容积：1.4m³

转向机构：液压转向

撒肥幅宽：3~6m

输肥机构：链板刮肥

撒肥机构：圆盘式撒肥机构

外形尺寸：3.3m×1.3m×1.35m（长×宽×高）

2.旋耕机：

配套动力：354D 大棚王拖拉机

耕幅：1.4 m

耕深：0.15~0.25 m

3.旋耕起垄一体机

整机重量：约 106kg

长宽高：1630x700x120mm

起垄宽度：450~1200mm

起垄高度：100~200mm

高度通过控制旋耕的深度来控制

4.精量直播机

一次完成开沟、播种、覆土等工序，根据种植农艺需要可实现直播或穴播，可一穴播一粒，也可一穴播多粒。

播种行数：1~10 行可调

行距：90~900mm 可调

株距：25~510mm 可调

5. 变量喷药机

药箱容积：45L

喷药压力泵流量：2.1L

喷药压力：最大 0.70Mpa，电子变量调节。

6.叶菜收获机

机器长宽高：2m*1.5m*1.3m

机器重量：165kg

收获宽度（割台割幅）：120cm

工作高度 1.15m（可调）

输送带长度：1.37m

工作时间：每充一次电可工作约 6~7h

作业效率：一分钟可收获长度约 5m

含充电器 24V，6A，两个电瓶（行走驱动、收获作业）；

切割高度及扶禾器高度可根据不同作物进行调整，

适用收获（小）生菜，小叶菜，菠菜等

六、注意事项

1.机具进出日光温室作业时除机手外，至少要有一名作业人员引导，防止驾驶人或机具受到伤害；

2.在温室内作业前应对机手进行操作培训，避免作业时在调头等环节发生意外，造成财产等损失；

3.农机农艺要相向融合，考虑农艺要求时要把便于机具作业考虑在其中，降低作业难度、提高作业效率。

日光温室番茄东西向种植与南北向 种植栽培模式对比试验报告

北京市农业机械试验鉴定推广站

2020.01

一、研究目的

传统日光温室番茄生产采用南北向种植，但日光温室南北向距离短，采用农业机械进行作业时，小型机具需要频繁掉头，作业效率低，中型机具更是无法进行作业。为提高日光温室番茄生产机械化水平，拟改变现有日光温室番茄南北向种植的习惯，在日光温室中试验东西向种植方式，通过加大机具作业距离，减少机具掉头次数，提高机械作业效率，促进机械化水平的提升。但是，采用东西向种植对番茄采光、通风等会造成一定影响，进而可能会影响到番茄产量。为了在不影响产量的情况下提高机械化水平，特开展番茄生产东西向种植与南北向种植试验，通过对比不同种植方向、不同密度番茄生产的产量和品质，优化日光温室番茄栽培参数，提出农机农艺相互融合的机械化作业方案。

二、试验设计思路

将一栋温室均分为四份， $\frac{1}{4}$ 采用南北向种植， $\frac{3}{4}$ 采用东西向种植。其中 $\frac{1}{4}$ 采用和南北向一样的密度，其他两块在原密度基础上上下浮动。

根据番茄种植农艺要求，综合考虑起垄机起垄规格，移栽机栽植行距、机具轮距等因素，确定种植形式为垄上移栽，垄高 10~15cm，垄顶宽 70cm，垄底宽 90cm。垄上双行种植，行距 40cm，两垄之间距离为 140cm。即栽植后垄上窄行距 40cm，栽培垄间宽行距 100cm。

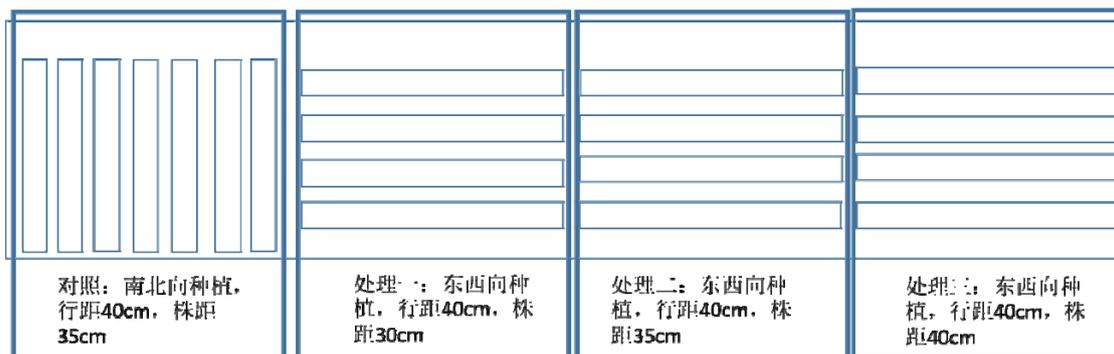


图 1：温室种植方向布局

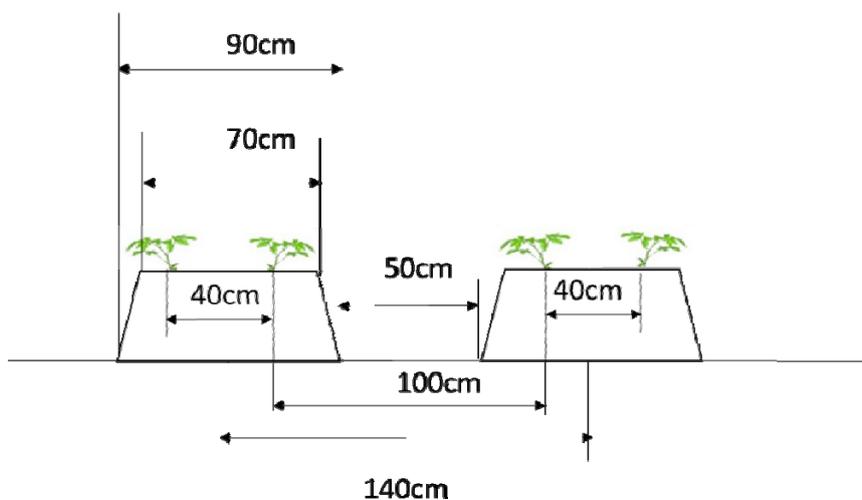


图 2：番茄种植密度布局

三、试验设计方案：

(一) 蔬菜品种：番茄

(二) 移栽时间：4 月上旬

(三) 试验场所及用苗量预计

大棚长度 80m，均分为 4 段，每段长度为 20m。可种植宽度 7m。

南北向种植，可以种植 14 行，每行长度 7m，株距为 0.35m，则可以种植 20 株，双行为 40 株，则整个南北向种植需要 560 株苗。

东西向种植宽度 7m，采用幅宽 1.4m 双行种植，东西向种植刚好可以种植 5 垄。处理一小区长度为 20m，株距设为 0.30m，则每行种植株数为 66 株，5 垄双行共种植 660 株；处理二小区长度为 20m，

株距设为 0.35m，则每行种植株数为 57 株，5 垄双行共种植 570 株。处理三小区长度 20m，株距为 0.40m。则每行种植株数为 50 株，5 垄双行共种植 500 株。

三、项目测定

1. 植株生长指标观测：定植后每 10 天测定一次标记植株的株高、茎粗、在植株打顶后测量和第二穗果上第一片光合叶的纵径和横径。每个小区选择 4 株挂牌，3 次重复 12 株数据平均值作为观测统计结果。

株高：从番茄植株与基质交界处到生长点的距离；

茎粗：用游标卡尺测采用十字交叉法对植株基部进行测量，取两次测量值的平均值；

叶片纵横径：用直尺测量叶柄基部到叶尖的距离为纵径，测量叶片最宽距离为横径。

2. 番茄产量测定：进入果实采收期后，根据果实成熟度，适时采收，分小区记产。每次采果时记录采收时间、采收果实的总产量与总个数，最后折算每亩产量。

3. 番茄品质测定：在番茄盛果期，每个小区随机选成熟度一致的番茄果实进行品质的测定，评价光可能对品质产生的影响。测试指标有 Vc 含量、可溶性糖、滴定酸、可溶性固形物等，并计算糖酸比。

Vc 含量：2, 6-二氯靛酚滴定法测定；

可滴定酸：碱滴定法

可溶性糖含量：蒽酮法测定；

可溶性固形物：手持式蔗糖仪测定；

糖酸比：可溶性固形物与可滴定酸的比值；

四、试验结果

1. 番茄生长数据分析

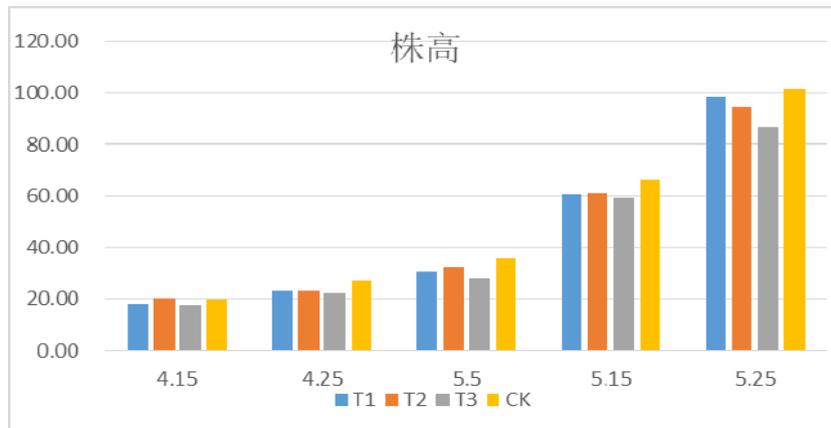


图 3: 株高对比图

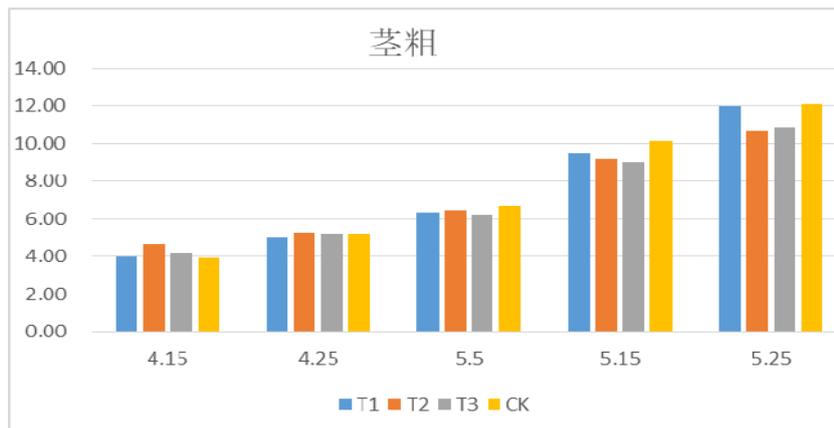


图 4: 茎粗对比图

分析不同株距对番茄形态生长的影响，定植早期（定植后前 30 天），各处理株高、茎粗差异不显著，随着定植时间的增加，各处理的株高、茎粗快速生长。分析株高的数据可知，5.25 日 T1 与 CK 无差异，且处理间有随着密度减小株高减小的趋势。分析茎粗的数据可知，T1 和 CK 的茎粗高于 T2 和 T3，且这种差距在 5.25 日最为明显，综合来讲，密度最大的东西向处理与对照有相同的生长规律，这有悖于密度越大越不利于生长的理论，也可能是因为南北向番茄的密度探究规律对东西龙垄向并不完全适用，有待进一步研究。

表 1: 不同处理的叶片纵径和横径

	叶片纵径 (cm)	叶片横径(cm)
T3	35.97	28.74
T2	36.3	29.83
CK	39.42	32.65
T1	40.25	33.04

表 1 为盛果期第二穗果实上第一片功能叶的纵径和横径均值数据，随着密度增大，叶片纵径和横径均有增加的趋势，密度最大的处理叶片纵横径也最大，对不同密度和不同畦向对番茄生长的影响进行分析，南北向株距 35cm(CK)和东西向 30cm(T1)有相似的生长趋势，这与株高和茎粗的发现相同。有待进一步研究。

2. 番茄品质和产量数据分析

表 2: 不同处理番茄品质数据

	可溶性固形物	硝酸盐 (mg/kg)	有机酸 (mg/g)	可溶性糖 (mg/g)	糖酸比	维 C (mg/100g)
T1	4.6	233.15	4.57	13.09	2.87	7.34
T2	4.5	225.8	4.91	16.1	3.22	7.36
T3	4.5	220.49	4.87	13.68	2.83	7.71
CK	4.4	227.63	4.98	17.58	3.65	7.82

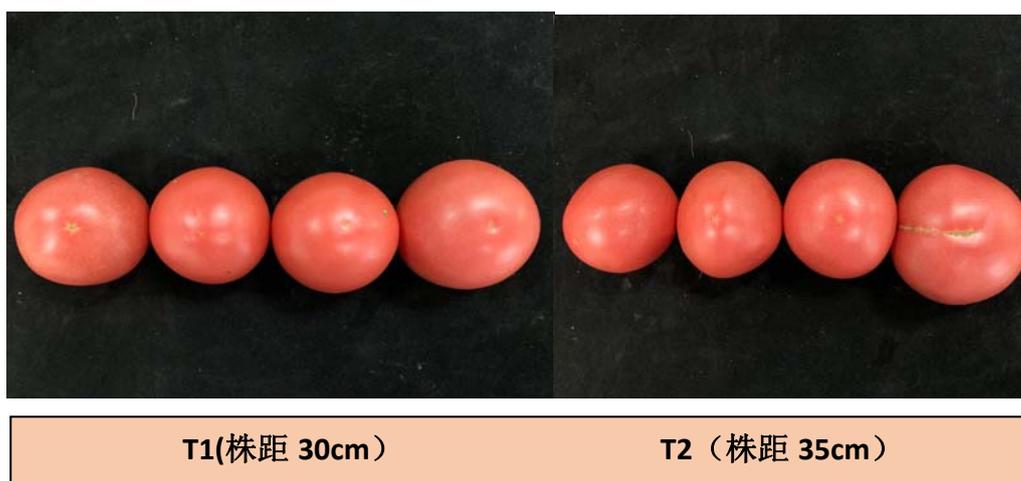
由分析结果可得各处理间的品质指标均无显著性差异，其中可溶性糖、糖酸比在数值上差异较大，T2 和 CK 的可溶性糖含量较高，且达到了标准范围（标准范围为 15~25 mg/g），相应的糖酸比的数值也

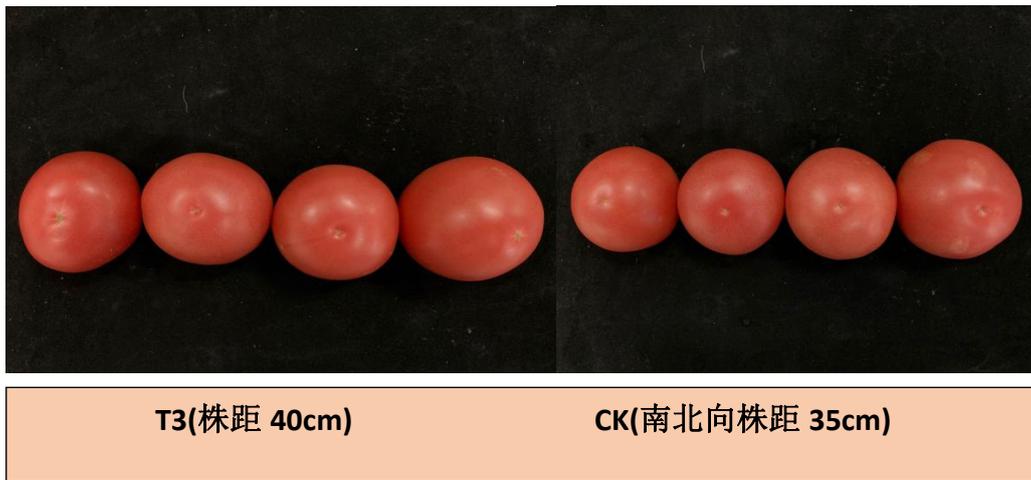
较高。由此可得不同密度对可溶性糖含量影响较大，其中东西向株距 35cm 和南北向株距 35cm 的组合品质较优。

表 3：不同处理番茄产量数据

	单果重(g)	纵径 (cm)	横径 (cm)	亩产量 (斤/亩)
T1	152.16	68.21	58.76	9734.3
T2	172.83	70.11	61.32	10266.9
T3	170.29	71.39	59.33	9337.8
CK	172.19	72.52	61.92	13079.6

表 3 为不同处间果实纵横径、单果重和亩产量的对比，各指标间均无显著性差异，在数值上 T2、T3、CK 的单果重、果实纵横径较适中，而 T1 处理（30cm 株距）的番茄单果重和果径较小，商品性降低。CK 的亩产量最高,T2 处理次之。





综合分析得出结论，南北向种植效果最好，如需实现农艺与农机得融合，畦向为东西向,最佳的株距是 35cm ，株距 35cm 可在不影响植物生长的情况下实现优质和高产。

农机农艺融合的日光温室番茄栽培模式试验研究*

李治国, 闫子双, 杨立国, 李传友, 李宗煦, 刘晓明

(北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京市, 100079)

摘要:针对日光温室番茄生产通常采用南北垄向、宽垄窄沟的栽培模式,不利于机械化作业及管理效率低的问题,以东西垄向能够实现机械化作业为前提,在一栋日光温室内进行南北垄向和东西垄向番茄栽培对比试验,试验共设计 4 种栽培模式,其中东西向机械化作业的 3 种,南北向人工作业对比的 1 种,试验内容包括番茄植株生长、产量、品质三方面指标。试验结果表明:在密度约为 4.08 万株/hm²时,南北垄向种植的番茄长势优于东西垄向种植的番茄,但在产量和品质方面变化不大,均无显著差异;东西垄向种植中,在密度约为 3.6 万~4.8 万株/hm²的范围内,可以采用中型机具进行机械化耕整地、移栽等作业。综合考虑番茄商品度和品质的差异,确定最佳的株距是 35 cm。即在北京地区的日光温室番茄栽培中,采用大行距 100 cm,小行距 40 cm,株距 35 cm 的东西向宜机化种植模式,可以进行机械化作业,并可以实现优质和高产。

关键词:日光温室;番茄;宜机化;栽培模式;农机农艺融合

中图分类号:S316; S233.2 **文献标识码:**A **文章编号:**2095-5553 (2021) 06-0055-05

李治国, 闫子双, 杨立国, 李传友, 李宗煦, 刘晓明. 农机农艺融合的日光温室番茄栽培模式试验研究[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(6): 55-59

Li Zhiguo, Yan Zishuang, Yang Ligu, Li Chuanyou, Li Zongxu, Liu Xiaoming. Experimental study on tomato cultivation mode in solar greenhouse based on integration of agricultural machinery and agronomy [J]. Journal of Chinese Agricultural Mechanization, 2021, 42(6): 55-59

0 引言

日光温室是我国北方地区冬季果蔬生产主要方式,已经被广泛应用于实际生产,成为保障北方地区冬季菜篮子生产的重要支撑。番茄是我国设施蔬菜种植面积最大的作物之一。由于南北垄向采光好,传统的日光温室番茄多采用南北垄向栽培,但南北方向垄长短,实际生产操作过程中,很多工作需要循环往复的进出垄间,耗费大量的人工,影响了工人的工作效率^[1]。同时采用农业机械进行作业时,小型机具需要频繁掉头,作业效率低,中型机具更是无法进行作业,限制了一系列适合集约化、规模化的农用机械的使用;随着农业方面的从业劳动力日益减少,雇工难、用工贵等问题凸显^[2],在南北垄向栽培模式难以实现机械化的情况下,需要尝试新的栽培模式。国内外专家学者早已就改变栽培行向对玉米、水稻、小麦等大田作物的产量影响进行过研究^[3-6]。近几年,也开始了日光温室番茄栽培模式的研究,探讨不同垄向、不同密度对番茄长势、产量和品质的

影响^[7-11]。为实现在对番茄产量和品质影响不大的情况下,提高北京地区日光温室番茄生产机械化水平,特开展番茄生产东西垄向种植与南北垄向种植对比试验,探讨适宜北京地区的番茄栽培机械化技术模式。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2019 年 4—7 月,在北京市怀柔区北京东方尚品种植专业合作社的日光温室内进行。试验日光温室长 80 m,跨度 8.5 m,进行过宜机化改造,在温室一侧前骨架上预留出高度 2 m、宽度 1.8 m 的农机作业通道,保障中型农具能够顺利进出作业。试验番茄品种为普罗旺斯。

1.2 试验方法

1) 将 80 m 日光温室均分为 4 份,试验设计东西垄向和南北垄向 2 种栽培模式,设置 4 种处理,1/4 采用南北垄向种植,3/4 采用东西垄向种植,其中 1/4 采用和南北垄向一样的密度,其他两种 1/4 在原种植密

收稿日期:2021 年 2 月 9 日 修回日期:2021 年 4 月 14 日

* 基金项目:北京市农业农村局农业科技项目(20190123)

第一作者:李治国,男,1978 年生,内蒙古察右中旗人,硕士,高级工程师;研究方向为蔬菜机械化。E-mail: li.zhiguo@126.com

通讯作者:杨立国,男,1971 年生,黑龙江呼兰人,硕士,推广研究员;研究方向为农业机械化。E-mail: yangliguo@vip.sohu.com

度基础上上下浮动。每种处理分为3个小区,每个小区选择3株挂牌,3次重复9株数据平均值作为观测统计结果。

2) 其中南北垄向采用传统人工种植模式,人工起垄移栽。垄高20 cm,垄顶宽80 cm,垄底宽100 cm,垄沟宽40 cm,垄距140 cm。垄上种植2行,栽植小行距40 cm,株距35 cm。东西垄向采用机械化作业模式。为提高作业效率,并保证机具能够在空间受限的温室内顺利开展作业,设备均选用中小型机具。采用的设备包括354D拖拉机、1GQN-140型旋耕机、1GZV60旋耕起垄机和2ZY-2A垄上栽植机。根据番茄种植农艺要求,综合考虑起垄机起垄规格,移栽机栽植行距、株距的调节范围、机具轮距以及后期管理需要,确定采用窄垄面、宽垄沟的栽培模式。垄高15~20 cm,垄顶宽60 cm,垄底宽80 cm,垄沟宽60 cm,垄距140 cm。垄上种植2行,小行距40 cm。即栽植后垄上窄行距40 cm,栽培垄间宽行距100 cm。株距分别设置为30 cm、35 cm、40 cm。

3) 栽培管理采用垄上铺膜栽培的方式,一垄双行种植。采用水肥自动灌溉系统供应水肥,充分满足植株需要。2019年4月14日选取长势一致的三叶一心番茄秧苗定植。单干整枝,吊蔓栽培,留5穗果摘心,2019年7月拉秧。

图1为东西垄向各处理的番茄种植行距示意图。表1为日光温室番茄不同垄向栽培各处理种植密度。

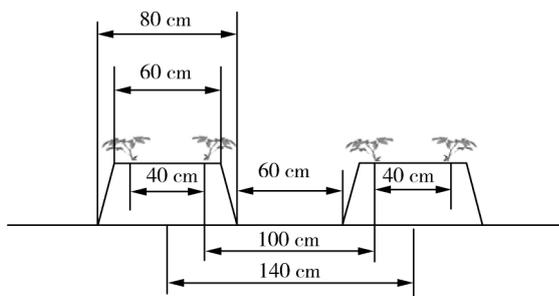


图1 东西垄向各处理的番茄种植行距布局图

Fig. 1 Schematic diagram of row spacing of tomato planting in east-west ridge direction

表1 不同垄向栽培各处理种植密度

Tab. 1 Planting density of different ridge directions and treatments

处理	种植方向	大行距/cm	小行距/cm	株距/cm	单位面积株数/(株·m ⁻²)	公顷株数/(株·hm ⁻²)
T1	东西向	100	40	30	4.76	47 625
T2	东西向	100	40	35	4.08	40 815
T3	东西向	100	40	40	3.57	35 715
CK	南北向	100	40	35	4.08	40 815

1.3 试验内容

1) 番茄植株生长指标。定植后每10 d测定一次标记植株的农艺性状,在植株打顶后测量第二穗果上第一片光合叶的纵径和横径。株高:用卷尺测量从番茄植株与基质交界处到生长点的距离。茎粗:用游标卡尺采用十字交叉法对植株基部进行测量,取两次测量值的平均值。叶片纵横径:用直尺测量叶柄基部到叶尖的距离为纵径,测量叶片最宽距离为横径。

2) 番茄产量指标。进入果实采收期后,根据果实成熟度,适时采收。采收标定植株的果实,测量成熟单果重及果实的纵横径,计算平均值,记录单株果实总个数,最后折算公顷产量。

3) 番茄品质指标。在番茄盛果期,每个小区随机选成熟度一致的番茄果实进行品质的测定,评价光可能对品质产生的影响。测试指标:维生素C含量用2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,可溶性糖含量用蒽酮法测定,可滴定酸用酸碱滴定法测定,可溶性固形物用手持式蔗糖仪测定,并用可溶性固形物与可滴定酸的比值计算糖酸比。

2 结果与分析

2.1 不同垄向栽培方式番茄植株生长指标对比分析

采用SPSS软件进行数据分析和处理,并进行显著性分析。从表2可以看出,定植初期T1、T2、T3、CK各处理株高分别为18.17 cm、20.36 cm、17.86 cm、19.87 cm,差异不显著。随着时间的推移,各处理的株高都在逐渐增大,但株高的生长速度不太一致。经过一个多月的生长,到5月25日时,三个处理的株高分别为98.36 cm、94.57 cm、86.86 cm,对照株高为101.83 cm,三个处理的生长速度均小于对照,与对照均存在显著差异,但三个东西向的处理间并无显著差异。

表2 不同处理各时期的株高情况

Tab. 2 Comparison of tomato plant height in different treatment stages

处理	4月15日	4月25日	5月5日	5月15日	5月25日
T1	18.17a	23.21b	30.69b	60.50b	98.36b
T2	20.36a	22.99b	32.39b	61.09b	94.57b
T3	17.86a	22.24b	28.16b	59.13b	86.86b
CK	19.87a	27.23a	35.92a	66.42a	101.83a

注:同一列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著。下同。

从表3可知,定植初期T1、T2、T3的茎粗分别为3.99 mm、4.70 mm、4.20 mm,CK为3.96 mm,CK最小,但经过一段时间的生长,到5月25日,茎粗为

12.13 mm,达到了最大。而 T2 的茎粗虽然初期数值最大,但是经过生长后,到 5 月 25 日为 10.70 mm,数值最小。不过,整体看,各处理在各个时间节点的差异均不显著。即不同垄向、不同密度对茎粗的影响不显著。

表 3 不同处理各时期的茎粗情况对比

Tab. 3 Comparison of stem diameter of tomato in different treatment stages mm

处理	4 月 15 日	4 月 25 日	5 月 5 日	5 月 15 日	5 月 25 日
T1	3.99a	5.04a	6.36a	9.52a	11.99a
T2	4.70a	5.29a	6.50a	9.23a	10.70a
T3	4.20a	5.20a	6.25a	9.06a	10.86a
CK	3.96a	5.23a	6.70a	10.15a	12.13a

表 4 为盛果期第二穗果实上第一片功能叶的纵径和横径均值数据, T1、T2、T3、CK 叶片纵径分别为 40.25 cm、36.30 cm、35.97 cm、39.42 cm,叶片横径分别为 33.04 cm、29.83 cm、28.74 cm、32.65 cm,东西向种植随着密度的降低,叶片纵径和横径均有减小的趋势,密度最大的处理叶片纵横径也最大,与其他两个处理相比,有显著差异。对不同密度和不同畦向对番茄生长的影响进行分析,南北向株距 35 cm(CK)和东西向 30 cm(T1)有相似的生长趋势,两者之间的差异不显著。

表 4 不同处理的叶片纵横径情况

Tab. 4 Longitudinal diameter and transverse diameter of tomato leaves in different treatments cm

处理	叶片纵径	叶片横径
T1	40.25a	33.04a
T2	36.30b	29.83b
T3	35.97b	28.74b
CK	39.42a	32.65a

表 6 不同处理的番茄品质对比

Tab. 6 Comparison of tomato quality in different treatments

处理	可溶性固形物/%	硝酸盐/(mg·kg ⁻¹)	有机酸/(mg·g ⁻¹)	可溶性糖/(mg·g ⁻¹)	糖酸比	维生素 C/(mg·(100 g) ⁻¹)
T1	4.6a	233.15a	4.57a	13.09b	2.87a	7.34a
T2	4.5a	225.8b	4.91a	16.1a	3.22a	7.36a
T3	4.5a	220.49b	4.87a	13.68b	2.83a	7.71a
CK	4.4a	227.63b	4.98a	17.58a	3.65a	7.82a

3 讨论

3.1 栽培垄向和株距对番茄生长的影响

作物栽培过程中,合理的种植形式可以改善植株冠层结构和通风透光性能,促进植株的生长发育。本研究发现,东西向种植中,在密度约为 3.6 万~4.8 万

2.2 不同垄向栽培方式番茄产量和品质对比分析

表 5 为不同处理间果实单果重、纵横径和折合公顷产量的对比。在数值上 T2、T3、CK 的单果重分别为 172.83 g、170.29 g、172.19 g,果实纵径分别为 70.11 mm、71.39 mm、72.52 mm,横径分别为 61.32 mm、59.33 mm、61.92 mm,都比较适中,而 T1 处理(30 cm 株距)的番茄单果重为 152.16 g,果实纵径为 68.21 mm、横径为 58.76 mm,比较小,存在显著差异。但由于 T1 的种植密度最大,种植株数多,所以折合公顷产量为 108 699.3 kg 最高,T2 处理为 105 810.9 kg 次之,而 T3 由于种植密度小,折合的公顷产量为 91 228.65 kg 相对较低。CK 的折合公顷产量为 105 406.8 kg,与 T2 折合公顷产量无显著差异。

表 5 不同处理的番茄产量对比

Tab. 5 Comparison of tomato yield in different treatments

处理	单果重/g	纵径/mm	横径/mm	公顷产量/(kg·hm ⁻²)
T1	152.16b	68.21b	58.76b	108 699.3a
T2	172.83a	70.11a	61.32a	105 810.9b
T3	170.29a	71.39a	59.33a	91 228.65b
CK	172.19a	72.52a	61.92a	105 406.8b

由表 6 可以看出,T1、T2、T3、CK 各处理间的可溶性固形物分别为 4.6%、4.5%、4.5%、4.4%,有机酸分别为 4.57 mg/g、4.91 mg/g、4.87 mg/g、4.98 mg/g,糖酸比分别为 2.87、3.22、2.83、3.65,维生素 C 分别为 7.34 mg/100 g、7.36 mg/100 g、7.71 mg/100 g、7.82 mg/100 g,无显著性差异;硝酸盐分别为 233.15 mg/kg、225.8 mg/kg、220.49 mg/kg、227.63 mg/kg,可溶性糖分别为 13.09 mg/g、16.1 mg/g、13.68 mg/g、17.58 mg/g,在数值上差异较大,其中 T1 硝酸盐含量高,T2 和 CK 的可溶性糖含量较高,相应的糖酸比的数值也较高。

株/hm²的范围内,固定行距,增加株距,减少种植密度后,株高、茎粗并无显著差异。叶片纵横径向随着密度的减小呈现出减小的趋势。同一栽培密度下,南北向种植的植株茎粗并无显著差异,但株高、叶片纵横径在定植后数值均高于东西向种植。原因可能与南北向种植光照、通风等条件好有关系。一方面是南北向种植

的番茄植株受光比较均匀一致,植株个体长势旺盛;另一方面东西垄向种植的植株靠北侧采光条件要弱于靠南侧,影响植株生长发育。整体上看,南北向种植长势好于东西向,东西向中密度最大的 T1 长势最好。建议采用东西向宜机化种植番茄时,可在日光温室北墙增设反光材料或者加装补光灯等,增加光照度,提升植株长势。

3.2 栽培垄向和株距对番茄产量和品质的影响

前人研究表明,番茄单果重及单株结果数受栽培垄向和株行距的影响,进而影响产量^[12-13]。本试验结果表明,东西向种植中,在密度约为 3.6 万~4.8 万株/hm² 的范围内,固定行距,增加株距,减少种植密度后,番茄的单果重有先增大后减小的趋势。密度最大的 T1 处理(30 cm 株距)的番茄单果重和果径较小,商品性降低。可能密度较大时群体的光截获量、植株的光合作用都受到了限制,影响了果实的生长。同一栽培密度下,东西向种植与南北向种植的单果重和果实纵横径并无显著差异。建议采用东西向宜机化种植番茄时,要选择合适的株行距(本试验适宜株行距为 35 cm×40 cm),确保植株生长发育有足够的空间。

可溶性糖、有机酸等指标是番茄果实中重要的营养成分和风味物质^[14]。本研究发现,不同处理间的可溶性固形物、有机酸、维生素 C 等数据,并无显著差异。但株距为 35 cm 的 T2 和 CK 的可溶性糖含量较高,且达到了标准范围(标准范围为 15~25 mg/g)。由此可得不同密度对可溶性糖含量影响较大,其中东西向株距 35 cm 和南北向株距 35 cm 的组合品质较优。

4 结论

1) 在种植密度约为 4.08 万株/hm² 时,南北垄向种植和东西垄向种植的番茄在株高和叶片纵横径方面差异显著,但在茎粗、产量和品质方面,均无显著差异。南北垄向比东西垄向种植的番茄长势较好,但差异并不明显,对番茄产量和品质影响在可接受范围内。

2) 东西垄向宜机化种植中,在密度为 3.6 万~4.8 万株/hm² 的范围内,可以采用中型机具进行机械化耕整地、移栽等作业。固定行距,增加株距,减少种植密度后,番茄在株高、茎粗等方面均无显著差异,但叶片纵横径是密度最大的 T1 数值最大。在产量和品质方面,T1 的果实纵横径小,硝酸盐含量高,品质最差,但由于种植密度大,产量最高。综合考虑番茄商品度、产量和品质的差异,采用东西垄向宜机化种植番茄时,确定最佳的株行距是 35 cm×40 cm。综上所述,在北京地区的日光温室番茄生产中,采用东西向宜机化种植,栽培模式采用大行距 100 cm,小行距 40 cm,

株距 35 cm 的条件下,可以进行机械化作业,并可以实现优质和高产。

参 考 文 献

- [1] 梁子玉. 日光温室东西垄向栽培越冬番茄应有效果研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2018.
Liang Ziyu. Study on the effect of applying the cultivation pattern of overwintering tomatoes from the east-west ridge of solar greenhouse [D]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2018.
- [2] 马晓媛. 日光温室蔬菜生产配套机械化技术应用[J]. 农机科技推广, 2015(10): 39-40.
- [3] Akmal M, Ali M, Putnam D H. Row orientation and plant space in relation to nitrogen fertilizer application response on maize production [J]. International Journal of Agronomy & Plant Production, 2013, 14(5): 373-382.
- [4] 于吉庆, 刘明贵, 张子军. 行向及插秧方式对水稻产量的影响[J]. 北方水稻, 2010, 40(5): 37-39.
Yu Jiqing, Liu Minggui, Zhang Zijun. Effect of row direction and seeding transplanting pattern on yield of rice [J]. North Rice, 2010, 40(5): 37-39.
- [5] 石绍河, 刘宝海, 符强, 等. 不同垄向对玉米增产效果的研究[J]. 黑龙江农业科学, 2011(5): 23-25.
Shi Shaohu, Liu Baohai, Fu Qiang, et al. Research on effect of different direction of ridge in increasing yield of maize [J]. Heilongjiang Agricultural Sciences, 2011(5): 23-25.
- [6] Pandey B P, Basnet K B, Bhatta M R, et al. Effect of row spacing and direction of sowing on yield and yield attributing characters of wheat cultivated in Western Chitwan, Nepal [J]. Agricultural Sciences, 2013, 4(7): 309-316.
- [7] 杨雨松. 滑盖式日光温室番茄东西垄向栽培模式产量形成及影响因素研究[D]. 沈阳: 沈阳农业大学, 2017.
Yang Yusong. Tomato yield formation and influencing factors under east-west cultivation pattern in Slide cover type solar greenhouse [J]. Shenyang: Shenyang Agricultural University, 2017.
- [8] 杨雨松, 郑昕雨, 刘杰, 等. 日光温室基质袋培番茄东西垄向栽培模式研究[J]. 中国蔬菜, 2020(5): 40-47.
Yang Yusong, Zheng Xinyu, Liu Jie, et al. Studies on cultivation mode of east-west ridge for tomato cultivation with bags in sliding-cover solar greenhouse [J]. China Vegetables, 2020(5): 40-47.
- [9] 陈真真. 栽培垄向和株行距对日光温室番茄生长及产量的影响[D]. 泰安: 山东农业大学, 2019.
Chen Zhenzhen. Effects of ridge direction and plant spacing on growth and yield of tomato in solar greenhouse [D]. Tai'an: Shandong Agricultural University, 2019.
- [10] 雷喜红, 李新旭, 王铁臣, 等. 不同种植密度对番茄长势、果实品质及产量的影响[J]. 北方园艺, 2015(7): 30-33.
Lei Xihong, Li Xinxu, Wang Tiechen, et al. Effect of

- planting density on development, fruit quality and yield of tomato [J]. Northern Horticulture, 2015(7): 30-33.
- [11] 宋卫堂, 李晨曦, 孙旭光, 等. 散射膜日光温室中种植垄向对番茄生长和产量的影响[J]. 农业工程学报, 2017, 33(24): 242-248.
Song Weitang, Li Chenxi, Sun Xuguang, et al. Effects of ridge direction on growth and yield of tomato in solar greenhouse with diffuse film [J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 2017, 33(24): 242-248.
- [12] 何娜, 付文卓, 李建设, 等. 不同种植模式、密度与留果穗数对日光温室番茄生长特性、产量及品质影响[J]. 西南农业学报, 2019, 32(5): 1139-1148.
He Na, Fu Wenzhuo, Li Jianshe, et al. Effect of different planting patterns, densities and remaining fruit clusters on characteristics, yield and quality of tomato in solar greenhouse [J]. Southwest China Journal of Agricultural Sciences, 2019, 32(5): 1139-1148.
- [13] Amundson S, Deyton D E, Kopsell D A, et al. Optimizing plant density and production systems to maximize yield of greenhouse-grown 'trust' tomatoes [J]. HortTechnology, 2012, 22(1): 44-48.
- [14] 岳冬, 鲁博, 刘娜, 等. 基于主成分分析法的番茄内在品质评价指标的选择[J]. 上海农业学报, 2017, 33(1): 88-92.
Yue Dong, Lu Bo, Liu Na, et al. Selection of internal quality evaluation index of tomato base on principal component analysis [J]. Acta Agriculturae Shanghai, 2017, 33(1): 88-92.

Experimental study on tomato cultivation mode in solar greenhouse based on integration of agricultural machinery and agronomy

Li Zhiguo, Yan Zishuang, Yang Liguo, Li Chuanyou, Li Zongxu, Liu Xiaoming

(Beijing Agricultural Machinery Experiment Appraisal Popularize Station, Beijing, 100079, China)

Abstract: To solve the problem of low efficiency of mechanized operation and management, the cultivation mode of North-South ridge and wide ridge and narrow furrow is usually adopted in the production of tomatoes in the solar greenhouse. Based on the premise that the mechanized operation can be realized in the east-west ridge, a comparative experiment of tomato cultivation in North-South ridge and East-West ridge was carried out in a solar greenhouse. Among them, there are three kinds of East-West mechanized operation and one kind of North-South manual operation. The test content includes three aspects of tomato plant growth, yield, and quality. The results showed that when the density was about 40 800 plants/hm², the growth of tomato in the North-South ridge was better than the East-West ridge, but the yield and quality had no significant difference. In the East-West ridge, when the planting density is about 36 000~48 000 plants/hm², medium-sized machines can be used for mechanized tillage, soil preparation, transplanting, and other operations. Considering the difference of commodity degree and quality of tomato, the best plant spacing was 35 cm. That is to say, in the solar greenhouse tomato cultivation in Beijing, the East-West mechanized planting mode with large row spacing of 100 cm, small row spacing of 40 cm, and plant spacing of 35 cm are adopted, which can carry out the mechanized operation and achieve high quality and high yield.

Keywords: solar greenhouse; tomato; appropriate machine; cultivation mode; integration of agricultural machinery and agronomy

北京地区日光温室油菜生产全程机械化技术

○北京市农业机械试验鉴定推广站 李治国 闫子双 刘晓明 李宗煦 李 凯

日光温室主要从事秋冬季蔬菜，对于蔬菜市场周年供应，尤其是对冬季蔬菜供应淡季的保障起到了积极作用。据北京市统计年鉴 2020 数据显示，2019 年北京地区蔬菜及食用菌播种面积为 46.8 万亩，产量为 111.5 万吨，产值为 42.4 亿元，其中日光温室蔬菜及食用菌播种面积为 17.4 万亩，占比为 37.2%，产量为 43.1 万吨，占比为 38.7%，产值为 20.5 亿元，占比为 48.3%。

长期以来，日光温室蔬菜生产是劳动密集型产业，以人工作业为主，机械化水平较低。日光温室的建造结构、内部空间布局、种植方式等都以最大限度利用好温度、光照等条件为标准，对方便中型农机具进出作业等宜机化条件考虑不多，造成机械化水平提升缓慢。为逐步解决目前人工作业劳动强度大、作业效率低、作业效果参差不齐，与现代农业发展需求不相适应的问题，做好日光温室叶类菜生产“机器换人”工作，从 2018 年开始，北京市农业机械试验鉴定推广站在京郊昌平、怀柔、密云、大兴、房山等区的典型蔬菜生产园区，陆续开展了日光温室油菜生产全程机械化技术装备的试验示范，通过农机装备选型、农机农艺融合及设施结构宜机化改造等措施，实现了油菜生产全程机械化作业，整体生产效果达到了人工种植的产量和质量水平，初步形成了日光温室油菜生产全程机械化技术装备配套方案。

一、日光温室条件及宜机化改造

此配套方案是以北京地区普通日光温室为基础

制定。日光温室是指标准普通温室，棚室内东西长 60m，南北宽 7.5m，可作业面积为 60×7m，土壤平整，具备良好的水肥浇灌条件，通风降温、补光、除湿、应急性加温等季节性环境控制措施良好，起垄种植。日光温室要进行宜机化改造，留中型农机具进出作业通道。采用的宜机化改造方式主要有两种：一种是在温室一侧前骨架上预留高度不低于 2m、宽度不低于 1.8m 的农机作业通道，对骨架进行截断，在农机作业前可以方便的拆卸下来，供农机进出作业，作业完成后可以用插销快速封闭，恢复原样，保障温室功能不受影响；另一种是在温室一侧墙上开出宽 2m、高 2m 的农机作业通道，需要机具作业时通道门可以开启，供农机进出作业，作业完成后将其关闭密封，保障温室功能不受影响。

二、农艺种植要求

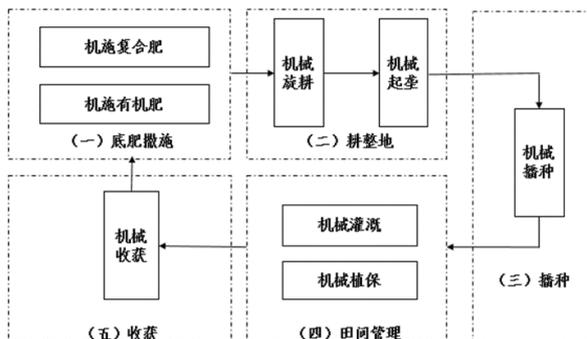
1. 油菜品种。普通油菜，品种纯度高，发芽率一般要求在 90% 以上，后期长势基本均匀一致，成熟度一致性可以达到 85% 以上，能满足机械化一次性采收作业标准要求。

2. 农艺要求。按照油菜生产的农艺环节，划分为：撒施底肥（有机肥或复合肥）、耕整地（旋耕和起垄）、精量直播、田间管理（滴灌浇水和植保打药）、收获 5 个生产环节，以农机农艺融合为基本要求，按照环节配套农机装备。

3. 播种时间。按照种植茬口安排，一年四季（除夏季伏天）均可播种。

4. **作业要求。**起垄宽度 1.2m, 垄中心距 1.5m, 起垄高度 120~150mm, 收获机作业幅宽 1.2m, 轮胎中心距 1.5m, 东西向作业每栋温室起 4 垄。其他不同规格的温室需要在作业前做好规划, 尤其是起垄宽度、数量、作业方向等。

三、技术流程图



四、配套农机装备

1. **底肥撒施。**自走式有机肥撒施机, 幅宽 6m, 肥箱容积为 1.4m³, 有机肥或者复合肥撒施要均匀, 撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定, 该方案中种植油菜时撒施有机肥 2 m³ 左右。一般标准温室的撒肥效率可以达到 30~40min/ 棚, 但与机手操作熟练程度有直接关系, 熟练机手撒肥效率较高, 反之亦然。

2. **旋耕。**大棚王拖拉机 + 普通旋耕机, 旋耕深度要达到 150mm 以上, 以打破常年犁底层为准, 旋耕要不留死角, 每个作业幅宽接垄处要保障都作业到, 作业后土壤细碎松软, 达到后续作业要求。旋耕作业前要做好作业路径规划, 确保农机具从棚室入口进入, 作业完恰好还从入口处出棚室, 不对作业后的土壤扰动太多。

3. **起垄。**自走式旋耕碎土起垄机, 起垄宽度 1.2m, 高度 120~150mm, 标准温室东西向可以起 4 垄, 垄行向要尽量直, 为后续收获等作业预留较好条件。起垄作业前也要做好作业路径规划, 确保起垄机在棚室内作业完成后正好到达入口处, 方便直接出棚室, 不破坏起好的土垄。因农机具掉头要求, 一般两边地头会有约 5~8m 未作业, 待起垄机整个棚室作业完成后, 要进行人工补齐, 提高土地

利用率。

4. **直播。**精量播种机, 作业幅宽 1m。作业前可对垄面进行镇压作业, 确保垄面土壤细碎紧实, 作业时操作人员要走垄沟, 避免对垄面平整度产生影响。油菜机械精量播种作业要求种子形状是圆形或近圆形, 建议采用包衣处理的种子, 株行距一般为 30~40mm×100mm (需视具体品种确定)。在作业前要按照株行距要求, 更换好合适的播种圆盘, 调整好播种机传动链轮配比, 检查各播种单体距离符合要求。每个播种单体内要加入不少于 1.5 倍播种作业面积要求的种子量, 避免出现播种作业中出现缺种现象。一般要进行试作业, 检查土壤中种子的株行距是否符合要求, 是否存在缺种或重复下种的行, 经检查并排除故障后再进行正式生产作业。

5. **田间管理。**采用水肥自动灌溉系统 (自动控制), 使用滴灌进行浇水及追肥, 要求均匀一致, 没有跑冒滴漏现象发生。视病虫害发生情况适时开展植保作业, 打药机宜选用高效、雾化效果好的喷药机。

6. **收获。**叶菜收获机, 电动, 带行走助力, 作业幅宽 1.2m, 作业前要对收获机进行调试, 试作业 3~5m, 使收获机割台贴到垄面作业, 保证收获后的油菜散叶少, 整颗多, 商品性好。收获机作业行走速度不宜过快, 作业过程中机手要与辅助工人配合好, 提高作业质量。

五、注意事项

1) 机具进出日光温室作业时除机手外, 至少要有一名作业人员引导, 防止驾驶人或机具受到伤害。

2) 在日光室内作业前应对机手进行操作培训, 避免作业时在调头等环节发生意外, 造成财产损失等。

3) 农机农艺要相向融合, 考虑农艺要求时要便于机具作业考虑在其中, 降低作业难度、提高作业效率。

4) 每一茬次油菜生产作业完成后, 要及时对各环节农机作业效果进行总结, 不断对全程机械化配套方案进行优化完善, 提高作业效率和质量, 取得良好的经济效益。

doi: 10.19928/j.cnki.1000-6346.2021.5006

北京市设施蔬菜产业现状及其机械化发展对策

设施蔬菜是北京市蔬菜生产的重要形式, 2019年设施蔬菜耕种收综合机械化水平为35.46%, 与产业发展需求不相适应, 已成为产业发展的制约因素之一。本文通过梳理京郊设施蔬菜产业机械化发展现状, 分析存在的问题及原因, 从设施结构宜机化、生产机械化、装备智能化、服务社会化四个方面提出对策建议。

李治国¹ 王尚君² 窦硕³ 李宗煦¹ 闫子双¹ 李传友¹ 刘晓明¹ 赵景文¹

(¹北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京 100079; ²北京市昌平区农业机械化技术推广站, 北京 102200; ³北京市密云区农机化技术推广服务站, 北京 101500)

设施蔬菜是北京都市农业中的重要组成部分, 在“大城市小农业”“大京郊小城区”的背景下, 设施蔬菜产业结构不断优化, 生产水平不断提升。然而, 随着社会经济的发展, 人工成本越来越高, 劳动力供给越来越紧张, 尤其在后疫情时代, 发展设施蔬菜产业机械化技术装备已成为迫切任务之一。虽然北京市多年来非常重视机械化工作, 设施蔬菜机械化水平处于逐年增长中, 但离农业农村部2020年提出的“到2025年设施种植机械化水平总体达到50%以上”还有很大差距。为此, 笔者通过梳理北京市设施蔬菜产业机械化发展现状, 分析原因, 并提出对策建议, 以期为蔬菜产业发展和机械化水平提升提供参考和支撑。

1 设施蔬菜产业发展现状

北京设施农业以设施蔬菜占比最大, 近年来设施面积、产量和产值呈下降趋势。据北京市农业机械化统计年报数据显示(图1), 2019年

北京设施农业面积为13 392.12 hm², 比2013年的24 308.91 hm²下降了44.91%; 其中日光温室、塑料大棚面积分别降至6 742.33、6 017.02 hm², 比2013年分别下降57.45%和22.35%; 连栋温室基本维持在700 hm²左右。

据北京市统计年鉴数据(图2、3), 2019年设施蔬菜(含食用菌)总产量为79.08万t, 总产值为30.05亿元, 分别比2013年下降了31.40%、24.99%; 其中温室蔬菜产量、产值分别下降了42.51%、30.89%; 中小棚蔬菜产量、产值分别下降了59.91%、46.71%; 大棚产量、产值整体变化不明显。

京郊设施农业生产面积逐年降低, 产量和产值均呈下降趋势。分析原因: ①成本投入越来越大。设施蔬菜属于劳动密集型产业, 生产季节需要大量劳动力, 而当前随着劳动力供给越来越紧张, 劳动力成本逐年上涨, 已经占到其生产总成本的一半以上(宋卫堂和李明, 2020), 人工、物资等生产成本投入越来越大, 制约了设施蔬菜产业发展; ②设施结构的限制。设施内部空间宜机化条件较差, 机器换人工作推进缓慢, 机械化程度低, 一定程度上限制了其发展。③受蔬菜价格波动的影响,

李治国, 男, 高级工程师, 主要从事蔬菜机械化研究, E-mail: li.zhiguo@126.com

收稿日期: 2021-01-29; 接受日期: 2021-04-19

基金项目: 北京市农业农村局科技项目(20180128、20190123)



图1 2013—2019年设施农业面积

数据来源于北京市农业机械化统计年报。

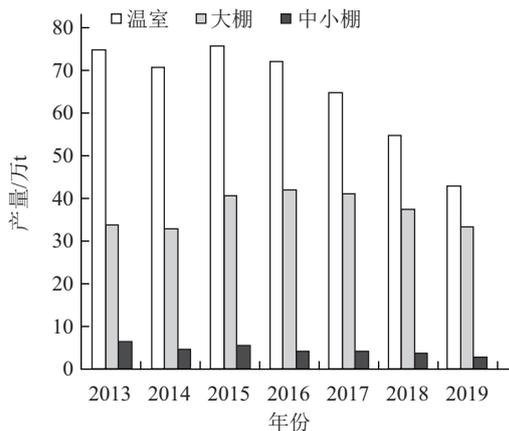


图2 2013—2019年设施蔬菜(含食用菌)产量

数据来源于北京市统计年鉴, 下图同。

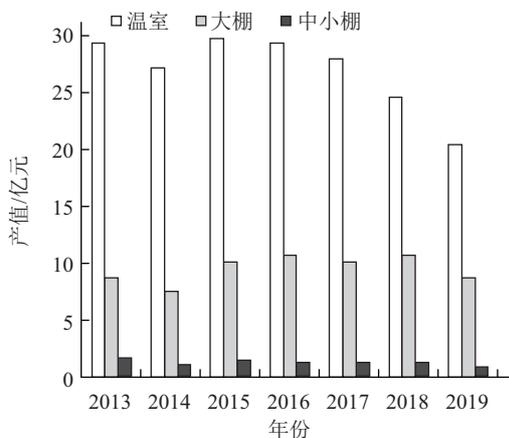


图3 2013—2019年设施蔬菜(含食用菌)产值

设施蔬菜收益不确定性很大, 且成本投入高, 整体效益较低。

2 设施蔬菜机械化现状

据北京市农业机械化统计年报数据显示,

设施农业机械化水平 2014—2019 年呈缓慢增长趋势, 2014 年设施农业机械化水平为 31.35%, 2019 年为 35.46%, 年均增长 0.82 百分点, 但从 2017 年开始, 已经落后于全国同期平均水平 33.12%, 且差距越来越大。按照机械化作业耕、种、管、收四大环节, 结合 2014—2019 年统计年报数据, 分析如下。

① 耕地环节。如图 4 所示, 2014—2019 年设施农业耕整地机械化水平一直处于增长趋势, 2019 年达 94.14%, 基本实现了机械化作业, 但普遍存在作业质量较差的问题, 比如小型微耕机作业 1 遍很难达到耕深要求, 实际操作中都需要作业 2 遍, 后期需要对存量机具进行提档升级, 同时要新增性能优良的设施专用耕整地机具。目前主要应用的机具种类有微耕机、旋耕机、深耕机、开沟机、起垄机等。

② 种植环节。2014—2019 年设施农业种植环节机械化水平较低, 且增长缓慢, 2019 年仅为 1.24%。主要应用的机具种类有精量播种机、秧苗移栽机等, 但是数量较少, 且因机具调整难度大、专业机手少、人机配合度低等问题, 作业质量有待进一步提升。

③ 管理环节。在设施施肥灌溉方面, 2014—2019 年机械化水平总体呈下降趋势, 2014 年为 64.33%, 2019 年为 44.19%; 应用的主要机具种类为水肥一体化设备等, 但流量控制精度不高、自动化控制不便捷, 导致施肥灌溉作业质量普遍偏低。在设施环境调控方面, 2014—2019 年机械化水平处于逐年上升阶段, 2019 年为 38.10%, 比 2014 年增长 14.26 百分点, 后期上升空间较大; 应用的主要机具种类有卷帘机、开窗机、卷膜器、增温降温装置等, 但普遍需要人工手动操作, 随意性较大, 不能达到精准调控, 自动化程度较低, 以电为能源的增温降温设备普遍能耗较高。

④ 收获环节。2014—2019 年设施农业采运环节机械化水平增长较缓慢, 2014 年为 1.26%, 2019 年为 2.68%。应用的主要机具种类为设施内有轨或无轨运输车, 专业化、自动化程度较低, 并且普遍只有单一运输功能, 复式多功能作业平台是发展方向, 设施叶菜收获机有极个别园区在试用, 割台仿形功能较弱、收获效果参差不齐。

京郊设施农业机械化水平呈现逐年上升的趋势,但增长幅度较缓。分析原因,一是得益于国家及北京市对农业机械化工作的重视,以及购机补贴等政策的支持,使得设施农业生产中相对容易实现机械化作业的耕整地和田间管理的施肥灌溉、环境调控等环节机械化水平得到提升,带动综合机械化整体水平上升;二是设施农业种植、采运环节机械化基本处于起步阶段,成为机械化水平综合提升的短板,而且随着其他环节机械化水平的不断提升,短板效应会越来越明显;三是设施蔬菜产业机械化发展还存在设施结构宜机化条件不足、农机农艺融合不深、适用农机装备缺乏等问题,且现阶段发展设施农业机械化技术装备,往往都是与某类蔬菜品种、单一作业环节配套的农机装备,不利于推进全程机械化技术装备的配套应用。

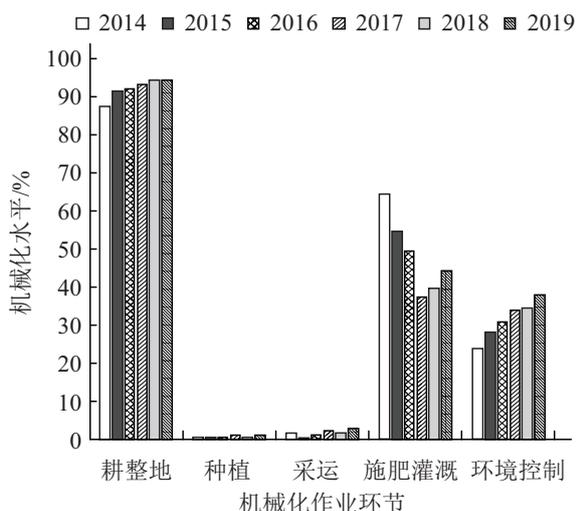


图4 设施农业各环节机械化水平

3 设施蔬菜产业机械化发展存在的问题

3.1 设施宜机化条件不足

目前,京郊现有设施农业以日光温室、塑料大棚为主,建造年代多为2008—2012年间,约占70%,当时建造标准主要考虑采光、保温、通风等,便于机械化作业的宜机化条件基本没有涉及到。老旧日光温室仅耳房有供作业人员和农用物资进出的普通门,而且为了避免室内外温差造成空气直接对流,影响室内靠门作物生长,耳房入户门和棚室门是90°直角设计,不利于普通中小型农机具进入棚室;一般钢骨架靠近南侧的前底角设置较低,高度大多在1 m以下,农机具在棚室内作业时很难耕到

棚边,造成不必要的空间浪费;棚内采用南北向做畦或起垄,耕作长度6~7 m,导致农机具作业时掉头难度增大。老旧塑料大棚为保温,两端门框一般也只留有仅供人员和物资进出的普通门,农机作业装备进出费时费力;两侧钢骨架底角高度往往也在1 m以下,农机作业不能到棚边。该设施空间结构、出入口、内部通道和种植布局、垄向垄宽等都成为机械化作业的制约因素。

3.2 农机农艺融合不深

设施蔬菜生产过程中,基本还是以人工劳动密集型作业为主,各蔬菜品种采用的株行距、种植密度、垄向垄宽等农艺条件都是以实现产量、品质最佳为前提,考虑农机装备作业需求及便利性的基本很少,这就为选机用机抬升了门槛;受农机结构大小、设计要求、功能实现等多方面客观因素制约,现阶段主要是以解决设施农业生产“有机可用”的问题,而从生产设计上就严格做到农机农艺融合的还不多,造成蔬菜农机装备存在地域空间、设施结构、农艺要求等诸多方面的不适应,深层次问题还是农机农艺融合不深、不透。

3.3 适宜农机装备缺乏

设施蔬菜生产应用水平较高的耕整地环节,借助于大田作业机械较多,缺乏专用农机装备,现在大多使用田园管理机来完成设施内耕整地作业,但是普遍存在耕作深度不够、多次作业等费时费力的问题,多年形成的板结层打不破,影响到种植蔬菜的品质和产量;起垄环节作业机具多为田园管理机加装起垄装置作业,因动力有限而取土量少,垄形、垄高达不到农艺要求,造成后续田间管理及收获环节作业效果较差;种植、采运环节机械化作业基本处于空白,更无适宜农机装备。施肥灌溉和环境调控环节虽然有一部分农机装备在发挥作用,但是关于喷灌喷头、水质过滤、药液雾化等方面还存在很多问题,装备作业过程中的跑冒滴漏现象时有发生,不仅浪费水、肥、药、电等资源,造成不必要的污染,而且会因作业质量没有达到要求而使蔬菜品质、产量受到影响,降低经济效益。

3.4 社会化农机服务欠缺

据调研统计,设施蔬菜生产多以散户、小农户为主,约占80%以上,一般每户种植棚室3~5个,规模小、种植品种多,不利于发挥农机集中快速作

业的优势,需求少、难度高造成设施蔬菜社会化农机作业服务少。近几年,北京市农业机械试验鉴定推广站在京郊扶持发展了以规模设施蔬菜生产园区为主体的蔬菜生产农机作业服务队,目前在京郊9个区共有26家服务组织,可开展设施蔬菜生产的旋耕、起垄、移栽、播种、植保等作业服务,年均作业面积近2 000 hm²(3万亩)。但由于单次作业面积普遍较小,农机具作业收取的服务费往往不够来回的运费,大大限制了作业服务范围扩大和能力提升。从服务全市设施蔬菜生产作业量来看,社会化农机服务组织的数量缺口仍较大。

4 设施蔬菜产业机械化发展对策

4.1 促进设施结构宜机化

加强设施结构与建造标准的制修订,明确满足农机作业条件的空间结构、出入口、内部通道尺度等内容,一般要求棚室长度不小于60 m,跨度不小于8 m,出入口高不小于2 m,宽不小于1.8 m,作物行间作业通道宽度不小于0.8 m,在分类研究的基础上,形成设施宜机化改建造技术规范。新建设施要严格按照宜机化标准建设,老旧设施要依照农机通行和室内作业条件,加快出入口、骨架、耳房、缓冲间、室内通道等宜机化改造,优化种植空间布局,创新宜机化种植模式,满足设备安装运转、机械通行作业需求。建议以规模化设施生产园区为主,开展设施结构宜机化改建造试点示范,以财政资金投入为主,每年每个区建设1~2个设施宜机化改建造整体示范园区,以点带面促进京郊设施园区逐步完成宜机化改建造,提升宜机化生产水平。

4.2 推进设施生产机械化

加大设施生产装备科技创新投入力度,产学研推用协同攻关,突破精量播种、高效移栽和辅助采运等环节技术装备短板。播种方面,要进一步提升播种机具的可靠性和耐用性,提升作业质量;移栽方面,要实现高密度移栽要求,进一步扩大株行距适用范围,向自动化、无人化方向发展;收获方面,要加大收获机械切割刀具入土深度的研发力度,形成带根、不带根收获机系列,同时要推动果实采摘机械进入实际作业应用。加快提升环境调控、植保作业等环节机械化水平,推广普及土地整理、灌溉

施肥技术装备。推动电动运输、水肥一体化设备以及多功能作业平台等与温室结构集成配套。示范推广“东西向长垄”“窄垄宽沟”等宜机化种植技术模式,推进各环节机具装备的协同配套,积极构建符合京郊特点的设施生产全程机械化技术体系,促使良种、良法、良地、良机配套,为机械化生产创造良好条件。

4.3 提升设施装备智能化

充分利用在京农业科研院所等机构的智能化装备成果,加快环境智能调控、水肥一体化,信息监测和自动控制等技术装备的融合应用,减少用工数量、降低生产成本,提升设施装备智能化水平。打造高标准、智能化设施蔬菜数字化农机示范基地,集成展示全程精准作业、智能控制技术装备,在高效设施农业设计、建造全过程中,将智能化技术装备融入其中,实现自主决策、精细管控、高效运维的全自动植物工厂蔬菜生产模式。建议借助国家建设第三代农机示范园区契机,重点打造一批体现首都科技成果的设施智能无人作业园区,引领京津冀乃至全国适宜地区设施蔬菜生产向机械化、智能化、无人化方向发展。

4.4 发展作业服务社会化

以全市现有26家蔬菜生产农机作业服务组织为基础,充分利用大数据平台,挖掘作业类型、作业半径、收费标准等精细化、差别化管理方式,提炼总结农机作业运营模式等经验,制定蔬菜生产农机专业化服务组织建设规范指引,加大蔬菜生产农机专业化服务组织建设力度;力争将全市规模化、标准化蔬菜生产园区和有意愿建设蔬菜农机专业化服务组织的其他服务组织纳入其中,从购机补贴、作业补贴、技能培训等方面进行政策资金扶持,提升社会化服务水平;鼓励、扶持蔬菜生产农机专业化服务组织开展棚室建造、维护保养、农机作业、机具租赁、作业托管和加工销售等一体式社会化服务,形成设施蔬菜生产“全程机械化+综合农事服务”新模式。

参考文献

宋卫堂,李明.2020.以“农艺-农机-设施”深度融合推动设施园艺高效发展.农业工程技术,40(1):44-47.

日光温室番茄生产关键环节机械化技术试验

◎北京市农业机械试验鉴定推广站 李治国 李宗煦 闫子双 刘晓明 李凯

番茄作为北京市重要的大宗蔬菜之一，其设施生产面积占到北京市所有蔬菜设施生产面积的60%以上，因其喜温喜光的生长特性，北方地区秋冬季节番茄栽培多采用传统的土墙式日光温室种植。日光温室是北方地区秋冬季蔬菜的主要生产方式之一，但受结构空间限制，目前日光温室内蔬菜生产主要以人工作业为主，劳动强度大，作业效率低，严重制约了设施蔬菜的生产。受制于设施瓜果类蔬菜采摘机械化技术尚未成熟的现状，本着“由易到难，逐步推进”的原则，为实现日光温室果菜（番茄）生产关键环节机械化，在开展前期试验示范的基础上，形成了日光温室番茄生产关键环节机械化技术装备配套方案。

一、日光温室条件

此配套方案是以北京地区传统日光温室为基础制定，日光温室是指标准温室，棚室内东西长60m以上，南北宽7.5m以上，可作业面积为60×7m以上，种植区域土壤平整，能够实现机械化垄上移栽，日光温室南向无遮挡，棚间距适宜，能够在北方地区冬季低太阳直射角的情况下保证充足的光照，同时应具备适宜的水肥灌溉条件。日光温室要在原基础上进行宜机化改造，为中小型农机具进出温室留出作业通道。目前传统日光温室的改造方式主要有两种，一种是在不改变墙体结构的基础上将温

室一侧的前屋面拱架进行截断，前屋面上的横梁可适当上移，留出高2m、宽1.8m左右的机具进出通道；另一种是对日光温室的一侧墙体进行改造，将墙体开出一个约高2m、宽2m的作业通道，开口部分使用彩钢夹芯板制作便于开闭的门，门上应挂一条保温棉被，以保证在非机械作业期间日光温室的保温性能。

二、农艺种植要求

1. 番茄品种 普罗旺斯、原味1号等普通番茄均可。

2. 农艺要求 采用小高畦栽培，畦面宽50~60cm，高10~15cm。一般采用一垄双行，大小行种植，小行距40cm，大行距1~1.1m，株距35cm，穴盘苗，亩株数2000~3000株（视具体栽培条件确定）。农艺环节包括底肥撒施（有机肥、复合肥），旋耕起垄，覆膜铺管，机械移栽，田间管理，残秧处理等。

3. 移栽时间 春季（3~4月）、秋季（9~10月）。

4. 种植要求 采用东西向长垄种植，垄距1.4~1.5m。

三、技术流程图

如图1所示。

四、技术装备配套

1. 底肥撒施 配套履带自走式撒肥机，用于设

施内有机肥和颗粒肥的撒施。撒肥机肥箱容积约 1.4m^3 ，作业幅宽 $3\sim 6\text{m}$ 。

技术要求：撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定，番茄一般亩施底肥 $3\text{t}\sim 4\text{t}$ 。撒肥机行走速度均匀，保证有机肥或复合肥撒施均匀。

2. 旋耕 采用大棚王拖拉机+普通旋耕机进行旋耕作业。耕作深度要能够打破传统微耕机作业留下的犁底层，将地表土翻到下层，充分将有害物质灭活，增加土壤肥力，改善土壤板结，利于储水保墒，达到增产增收的目的。

技术要求：旋耕深度 $\geq 15\text{cm}$ ，耕深稳定性 $\geq 85\%$ ，碎土率 $\geq 80\%$ 。旋耕要不留死角，每个作业幅宽接垄处要保障都作业到，作业后土壤细碎松软，达到后续作业要求。

3. 起垄 采用 35 马力大棚王拖拉机配套起垄机完成起垄作业。建议起垄机采用液压升降，便于控制垄型，起垄高度、宽度可调，更好满足番茄种植农艺要求。

技术要求：建议畦面宽 $50\sim 60\text{cm}$ ，垄沟 $80\sim 90\text{cm}$ 。农机装备选择不仅要考虑机具本身尺寸，还应根据蔬菜品种及其种植行距等农艺要求，确定合适的起垄垄距，同时要注意作业的垄型尺寸、垄距设计与移栽机械的参数相适应。正式作业前，应根据作业温室形状和大小、跨度，规划合理的垄体分布和作业路线，减少空驶行程。可通过划线、地头放置垄体中心线标志、动力设备上加装北斗导航自动驾驶系统等方式，提高作业垄体直线度，保持垄距的一致性。起垄作业后垄形应完整，垄沟回土、浮土少，垄体土壤上层细碎紧实，下层粗大松散。

4. 覆膜铺管 可采用起垄覆膜铺管一体机完成，配合使用大棚王拖拉机作为动力牵引，可一次性完成起垄、覆膜、铺滴灌管作业环节，省时省力。

技术要求：起垄作业可按照上述作业要求完成。地膜的选择应较垄宽两端富余 $20\sim 30\text{cm}$ ，以防止作业过程中压膜土未压实造成的不能连续覆膜作业。滴灌管可采用“一垄单管”或“一垄双管”的形式，具体视灌溉条件选择。在覆膜铺管的过程中首先应将垄端的地膜及滴灌管固定，防止前行过程

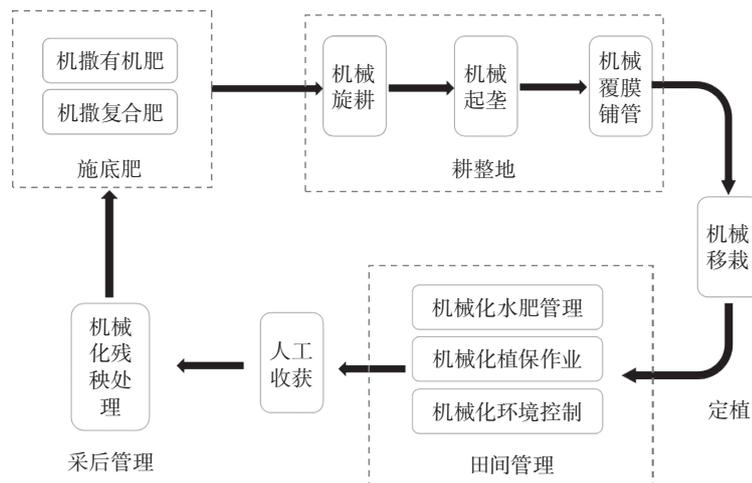


图1 日光温室番茄机械化生产技术流程图

中地膜及滴灌管“随行”。

5. 移栽 采用自走式移栽机完成蔬菜移栽作业。因番茄苗棵较大，为防止伤苗，使用吊杯式移栽机，鸭嘴式栽植部件。

技术要求：栽植合格率 $\geq 90\%$ ，漏栽率 $\leq 5\%$ ，株距合格率 $\geq 90\%$ 。移栽秧苗高度在 $10\sim 20\text{cm}$ 左右，展幅不宜过大。

6. 田间管理 水肥自动灌溉系统(自动控制)，使用滴灌进行浇水及追肥。植保配套相应规格的植保打药机，满足机具行走及植保打药作业要求。日光温室可配套使用环境调控设备，以应对恶劣天气对番茄生长的影响，主要有温室加温设备和补光设备。

技术要求：水肥一体化自动灌溉系统保证灌溉均匀一致。植保可选用价格较低的动力喷雾机或遥控自走式植保打药机，打药机均能喷洒均匀，雾化效果较好，施液量的误差率 $\leq 10\%$ ，常规量喷雾的药液附着率 $\geq 33\%$ (内吸剂除外)，作物机械损伤率 $\leq 1\%$ 。温室加温设备可采用时下较为先进的空气源热泵系统，可极大地节省能源消耗，或采用热风炉临时提升温室内温度，此时需注意避免热空气直吹番茄秧苗，防止烫伤植株。补光设备选用常规的 $40\text{W}\sim 60\text{W}$ 的节能补光灯，按照每栋标准温室安装 30 盏的标准进行安装，使用 220V 电源供电，要注意接线头的绝缘密闭，防止漏电伤人事故发生。

7. 收获 目前日光温室番茄的收获虽未能实现机械化采收，但在收获环节可配套使用温室轨道

运输车实现果实采收后的省力化运输。

技术要求：轨道运输车采用滑轨式轨道运输车，靠温室北墙地面安装两根滑轨，应固定牢固，载质量 $\geq 200\text{kg}$ ，电力驱动，可手动或者遥控控制，不可载人或超重载物。

8. 残秧处理 针对果菜藤蔓废弃物较多、堆放难的问题，采用可移动式电动藤蔓类植物专用粉碎机进行粉碎，粉碎后可还田发酵或者与畜禽粪污混合发酵后，再还田利用。

技术要求：干、湿藤蔓、菜梆、菜叶均能处理，粉碎物粒径：3~8mm，粉碎效率： $\geq 500\text{kg/h}$ 。

五、典型机具参数

1. 履带自走式撒肥机

最大装载容积： 1.4m^3

施肥幅宽：3~6m

施肥效率：0~ $1.14\text{m}^3/\text{min}$

前进速度：0~ 4.2km/h

2. 旋耕机：

配套动力：354D 大棚王拖拉机

耕幅：1.4m

耕深：0.15~0.25m

3. 旋耕起垄一体机

配套动力：354D 大棚王拖拉机

垄高：0.15m

垄顶宽：0.5~0.7m

垄底宽：0.6~0.8m。

4. 起垄覆膜铺管一体机

配套动力：354 及以上大棚王拖拉机

垄高：0.15~0.2m

垄宽：0.6m

覆膜宽度：0.8~1.5m 可调

滴灌管：两个铺管通道

5. 两行吊杯式移栽机

配套动力：354 及以上大棚王拖拉机

行距：0.30m、0.40m、0.50m 可调

株距：0.30m、0.32m、0.35m、0.40m、0.43m、

0.48m、0.50m、0.54m、0.60m 9 档可调

栽植深度：30~90mm

栽植效率：2700~3600 株/h。

内车轮距：845~1045mm 可调，外车轮距：1150~1350mm 可调

6. 变量喷药机

药箱容积：45L

喷药压力泵流量：2.1L

喷药压力：最大 0.70Mpa，电子变量调节

7. 遥控自走式植保打药机

药箱容积：200L

配套动力：48V 充电电池

整机宽度：0.5~0.6m

喷雾杆高度：1.8m

8. 补光灯

功率：40~60W

电源：家用 220V 电压

电流：0.2~0.5A

9. 轨道运输车

形式：滑轨式轨道运输车

最大载重：不小于 200kg

运输距离：视温室长度而定

10. 残秧处理机

配套动力：7.5kw 电机

切刀数量：2 片

锤刀数量：36 片

粉碎物粒径：3~8mm

适用对象：蔬菜藤蔓等

粉碎效率：不小于 500kg/h

六、注意事项

1) 机具进出日光温室作业时除机手外，至少要有一名作业人员引导，防止驾驶人受到伤害或损坏机具；

2) 在温室内作业前应对机手进行操作培训，避免作业时在调头等环节发生意外，造成财产等损失，保证良好的耕作环境；

3) 农机农艺要相向融合，考虑农艺要求时要便于机具作业考虑在其中，降低作业难度、提高作业效率，同时选用农机作业也应满足作物生长的正常条件。

塑料大棚小白菜生产全程机械化技术方案初探

闫子双 赵景文 刘晓明 李凯 李宗煦 李治国*

(北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京 100079)

塑料大棚小白菜生产全程机械化技术包括撒施底肥、耕整地、播种、田间管理、收获等5个生产环节7个技术节点, 可显著提高小白菜生产各环节的作业效率, 减少用工量, 收获效率是人工收获的40倍。

塑料大棚是设施农业生产的重要形式, 可以实现蔬菜春提前和秋延后种植, 保障蔬菜周年供应, 是实现农业提质增效、农民增产增收的重要途径。然而受大棚建造结构及农机具尺寸等因素的影响, 目前北京郊区塑料大棚蔬菜生产仍以人工作业为主, 机械化程度较低, 主要是从某个农艺环节出发, 配套单一农机具, 不同环节作业技术不统一、不连贯, 难以实现蔬菜全程机械化生产。目前北京市塑料大棚面积占设施农业面积的35%左右, 约为0.8万 hm^2 (12万亩)。种植品种以果菜类和叶菜类为主, 叶菜类种植面积占栽培总面积的55%左右, 其中小白菜(油菜)的种植面积相对较大, 在0.3万~0.4万 hm^2 (5万~6万亩)(刘晓明等, 2019)。随着农业劳动力的减少和劳动力价格上升, 生产者对于实现机械化的需求日趋迫切。为此, 笔者结合小白菜种植农艺环节、农艺要求、塑料大棚的特点以及目前的机械设备情况, 通过技术

试验总结出塑料大棚小白菜生产全程机械化技术, 以为推进塑料大棚蔬菜生产全程机械化提供技术参考。

1 塑料大棚小白菜种植农艺环节及要求

塑料大棚小白菜生产过程主要包括底肥撒施、耕整地、播种、田间管理、收获5个生产环节, 可以分为7个技术节点(表1)。

2 塑料大棚结构改造技术

传统塑料大棚的两端封闭, 中间只留有人员进出通道, 不便于现有农机具进出作业。为方便机械化作业, 在保持大棚原有结构, 不破坏其强度, 且不过多增加结构成本的前提下, 对大棚两端进行结构改造。

2.1 适用棚型 为实现小白菜生产全程机械化, 选用适宜机械化作业的钢骨架塑料大棚(无立柱或立柱较少, 彩色图版1), 基本参数: 棚脊高 ≥ 3.2 m, 棚肩高 ≥ 1.5 m, 棚跨度 ≥ 8 m, 棚长 ≥ 60 m。

2.2 大棚两端宜机化棚门改造技术 将大棚两端封闭的固定结构改造成中间两扇推拉门、推拉门两侧各一个整体可拆卸的活动扇。中间两扇推拉门宽1.5~2.0 m, 高度不低于2 m, 用于日常工作人员及物资进出。推拉门通过横梁上的滑槽、滚轮和滚轮轴连接, 可沿滑槽移动, 实现开关门; 两侧可拆卸的活动扇采用快速插接安装。在作物倒茬和农机作业季节, 可将中间两扇推拉门和两侧两个活动扇同时卸下(彩色图版2), 便于机械进出和循环作业, 农机作业完成后再重新安装进行棚室的正常生产管理。

大棚两端宜机化改造技术保证了蔬菜生产时大棚两端可以方便快捷地开启和封闭, 机械能够顺利

闫子双, 女, 高级工程师, 主要从事蔬菜机械化研究, 电话: 010-59198694, E-mail: zishuang586@126.com

*通讯作者: 李治国, 男, 高级工程师, 主要从事蔬菜机械化研究, E-mail: li.zhiguo@126.com

收稿日期: 2020-04-08; 接受日期: 2020-08-10

基金项目: 北京市农业局农村局财政预算项目(PXM2018_036231_000029)

表1 塑料大棚小白菜生产全程机械化农艺农机配套方案

生产环节	技术节点	农艺要求	配套机具	主要参数
底肥撒施	有机肥撒施	每 667 m ² 撒施 1~2 t	MSX650M 型履带自走式撒肥机	施肥幅宽 1.2~2.5 m, 效率 0~1.14 m ³ ·min ⁻¹
耕整地	旋耕	旋耕深度 ≥ 15 cm	354D 拖拉机 + 1GQN-140 型旋耕机	耕宽 140 cm, 耕深 15 cm 以上
	起垄	垄高 10~15 cm	YTLM120 起垄覆膜机	起垄宽度 0.6~1.2 m 可调, 垄高 12~20 cm
播种	播种	行距 10 cm, 株距 4~6 cm, 播深 0.5~1.0 cm, 每穴播 1~2 粒	2BS-JT10 精密蔬菜播种机	播种 1~10 行可调; 行距 9~90 cm 可调; 株距 5~51 cm 可调; 可每穴播 1 粒或多粒
田间管理	灌溉	每隔 15 d (天) 浇水 1 次, 每次要浇足	微喷带	每组 5 个出水孔, 折径 32 mm, 壁厚 0.2~0.3 mm, 承压 0.3~0.4 kg, 喷幅 1.5~2.0 m
	植保	针对病虫害施药	3BW-45 型温室变量喷药机	肥箱容积 45 L, 喷药压力泵流量 2.1 L, 喷药压力最大 0.70 MPa
收获	收获	破损率低	RJP1200 型叶菜收获机	收获宽度 1.2 m, 效率 0.08 hm ² ·h ⁻¹

进出, 实现旋耕、起垄、种植、收获等关键环节的机械化作业, 降低劳动强度, 提高生产效率和综合机械化水平, 同时保持了大棚原有的抗风载能力。

2.3 大棚顶风口控制技术 针对夏季生产大棚中上层温度较高的问题, 在大棚的顶部中央每隔 8~10 m 设置 1 个天窗 (彩色图版 3), 根据大棚的整体情况每棚设置 8~10 个不等。天窗纵向长 1 m, 横向宽 0.7 m, 由内向外打开, 棚内手动控制, 开启度 0°~90° 可调 (闫子双等, 2020)。天窗在保持大棚顶部原有结构、不破坏其强度, 且不过多增加结构重量和成本的前提下增设, 能够便捷地开启和关闭, 关闭后密封性良好。改造后打开天窗可以迅速降低棚内中上层的温度, 利于作物生长 (刘晓明等, 2020)。

3 塑料大棚小白菜生产全程机械化技术

3.1 有机肥撒施 大棚小白菜一般每 667 m² 需底肥 1~2 t。传统人工撒施劳动强度大、作业效率低。机械撒施可配套吉峰农机连锁股份有限公司由日本引进的 MSX650M 型履带自走式撒肥机 (彩色图版 4)。该机械最大装载容积 0.72 m³, 施肥效率 0~1.14 m³·min⁻¹, 加上装载肥料过程, 30 min (分) 即可完成 2 t 的撒施作业, 是人工撒施效率的 50 倍以上, 且适用性强, 面肥和颗粒肥均可撒施。施肥幅宽 1.2~2.5 m, 施肥均匀。目前北京郊区小白菜种植底肥多采用生物有机肥料, 如北京丰泰足安生物科技有限公司生产的有机肥料, 总养分 ≥ 5.0%, 有机质 ≥ 45%, 水分 ≤ 30%, 撒施效果良好。

3.2 旋耕 旋耕可以疏松土壤, 为种子发芽和作物生长创造良好的条件。小白菜播种前可采用江苏悦

达智能农业装备有限公司生产的 354D 拖拉机 + 中国一拖集团有限公司等企业生产的 1GQN-140 型旋耕机进行旋耕作业 (彩色图版 5), 工作效率 1 500 m²·h⁻¹, 是传统微耕机的 8 倍左右。该配套机具耕宽 140 cm, 耕深可达 15~25 cm, 满足了旋耕深度 ≥ 15 cm 的农艺要求。耕作深度能够打破传统微耕机作业留下的犁底层, 将地表土壤翻到下层, 增加土壤肥力, 改善土壤板结, 利于储水保墒, 达到增产增收的目的。

3.3 起垄 在小白菜机械化生产过程中, 机械化收获的难度最大, 且目前相对成熟的叶菜收获机均为国外进口, 收获幅宽不可调节。为实现小白菜全程机械化生产, 需根据具体收获要求进行倒推, 设计适合的垄型尺寸, 配套相应的起垄设备。设备选择要考虑机具本身尺寸、配套动力, 应根据蔬菜品种及其种植行距等农艺要求确定合适的起垄垄距, 同时要注意作业的垄型尺寸, 垄距设计要与后期收获机械的参数相适应。正式作业前, 应根据作业大棚的形状、大小、跨度, 合理规划垄体分布和作业路线, 减少空驶行程。可通过划线、地头放置垄体中心线标志、动力设备上加装北斗导航自动驾驶系统等方式提高作业垄体直线度, 保持垄距的一致性。起垄作业后垄形应完整, 垄沟回土、浮土少, 垄体土壤上层细碎紧实, 下层粗大松散。

为充分利用耕地, 根据播种机幅宽和叶菜收获机幅宽, 垄顶宽设置为 1.2 m。可采用无锡悦田农业机械科技有限公司生产的 YTLM120 型起垄覆膜机进行起垄作业 (彩色图版 6), 其由 YT10-A 管理机提供动力, 配套起垄、整形部件, 起垄宽

度 0.6~1.2 m 可调。经调试,起垄后垄顶平均宽为 115 cm,垄底宽 130 cm,垄高 17 cm,可满足后期播种及收获需求,作业效率为 $863.42 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$,是人工作业效率的 15 倍左右。以大棚宽度 10 m 为例,可以如图 1 设置垄体分布。为方便人员操作,大棚两侧各留出 0.5 m 的空间。根据机具尺寸垄距设置为 1.5 m,共起垄 6 行。由于大棚两端进行了结构改造,机具可以直接进出作业,为便于机具掉头,作业路线设置如图 2 所示。

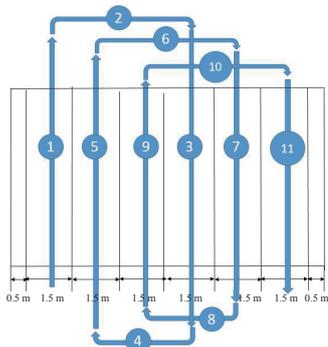


图 1 大棚垄体设计

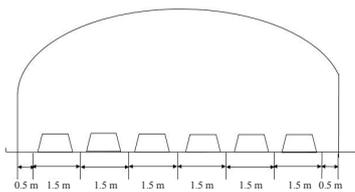


图 2 作业路线设计

3.4 小白菜精量直播 大棚小白菜对播种时间要求不严格,北方地区春、夏、秋三季均可种植。春末、夏季种植选择耐高温、抗病、产量高的品种,如夏帝、夏妃,生育期 30 d(天)左右。秋季种植选择耐寒、抗病、抽薹迟的品种,如京冠 1 号、绿锦 2 号、冬美冠等,生育期 50~60 d(天)。小白菜人工撒播平均每 667 m^2 用种量 300 g,一般要求行距 10 cm,株距 4~6 cm,播深 0.5~1.0 cm,每穴播种 1~2 粒。结合上述要求,配套上海康博实业有限公司生产的 2BS-JT10 精密蔬菜播种机(彩色图版 7),机具宽 102 cm。播种时根据种植农艺要求调节机具,播种 10 行,行距 10 cm,株距 5 cm。每 667 m^2 播种量 150 g 左右,比人工撒播节约用种 50%,作业效率 $0.2 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$,比人工作业效率提高 20 倍以上。

3.5 田间管理

3.5.1 水分管理 小白菜播种后需要浇 1 次水,可

在每条垄的中间铺设 1 条微喷带(山东雨润节水灌溉设备有限公司生产),共铺设 6 条,从大棚中间取水。微喷带具体参数:每组 5 个出水孔,折径 32 mm,壁厚 0.2~0.3 mm,承压 0.3~0.4 kg,喷幅 1.5~2.0 m。之后每隔 10~15 d(天)浇 1 次水,每次要浇足。由于生长周期短,从播种到采收一般不需要进行除草作业。

3.5.2 病虫害防治 塑料大棚小白菜病虫害主要有黑斑病和蚜虫。黑斑病可用 70% 代森锰锌可湿性粉剂 400~450 倍液,或 58% 甲霜灵·锰锌可湿性粉剂 500 倍液,或 75% 百菌清可湿性粉剂 500~600 倍液喷雾防治,每隔 10 d(天)防治 1 次,连续防治 2~3 次。蚜虫可用 20% 氰戊菊酯(速灭杀丁)乳油 2 000~3 000 倍液,或 2.5% 溴氰菊酯乳油 2 000 倍液喷雾防治,一般每隔 5~7 d(天)防治 1 次,根据虫害情况连续防治 2~3 次。病虫害防治配套相应规格的植保打药机,可选用北京农业智能装备技术研究中心生产的 3BW-45 型温室变量喷药机,肥箱容积 45 L,喷药压力泵流量 2.1 L,喷药压力最大 0.70 MPa,电子变量调节,可满足喷药需求。

3.6 小白菜收获 配套选用小型电动式叶菜收获机进行小白菜收获作业。可选用吉峰农机连锁股份有限公司从法国引进的 RJP1200 型叶菜收获机(彩色图版 8),采用 48 V 直流电机作为动力设备,充 1 次电可作业 6 h(小时),收获宽度 1.2 m,效率 $0.08 \text{ hm}^2 \cdot \text{h}^{-1}$,是人工收获效率的 40 倍左右。该机具对垄面的平整性要求较高,在垄面平整度较好的情况下,小白菜收获破损率可以控制在 10% 以内。但该机具价格较高,不适合一家一户购买小面积作业使用。

4 塑料大棚蔬菜全程机械化生产发展建议

塑料大棚小白菜生产全程机械化技术能够提高各环节作业效率,节约人工成本,在当前农业生产雇工难、用工贵问题突显的情况下具有明显的社会效益。但是,目前塑料大棚小白菜全程机械化生产还处在探索阶段,各类机具的配套性还不够完善,购买设备的成本也较高,不建议一家一户购买使用。下一步将在北方地区各类小型叶菜上逐步开展试验,考察该技术的适用性,并通过进一步示范推广扩大该技术的应用面积,增加设备利用率,减少

蔬菜极端灾害性天气应对措施及案例分析

刘远平¹ 张尚卿^{1*} 孙祥瑞² 邱垫平² 韩晓清¹

(¹唐山市农业科学研究院, 河北唐山 063000; ²河北省农林科学院植物保护研究所, 河北保定 071000)

低温冻害、雨涝、冰雹等极端灾害天气影响蔬菜生产。棚室增温、叶面喷施氨基酸+腐殖酸等措施可有效缓解作物冻害; 采用土壤深松、深翻技术, 棚膜深埋弯曲压膜等措施可有效减轻作物涝害; 提前架设防雷网, 雹灾后根据不同受灾情况采取相应措施, 可最大程度地降低灾害损失。

蔬菜产业是脱贫攻坚、农民增收的支柱产业之一。但蔬菜生产过程受气候因素影响较大, 如突发性暴雨、洪涝、大风、冰雹以及持续连阴雨、低温冷害等极端灾害天气, 造成蔬菜作物瞬间折损、浸泡甚至绝收毁种。基于各种极端灾害天气的不同特

刘远平, 男, 高级经济师, 主要从事蔬菜生产技术研究

* 通讯作者: 张尚卿, 男, 助理研究员, 主要从事蔬菜绿色生产技术研究, E-mail: zhangshangqing85@163.com

收稿日期: 2020-08-18; 接受日期: 2020-09-10

基金项目: 河北省蔬菜产业体系病虫害绿色防控岗项目 (HBCT2018030207), 河北省重点研发计划项目 (19226514D)

单位面积使用成本。

为进一步提高塑料大棚蔬菜生产的机械化水平, 提出以下建议。① 在建造塑料大棚时, 除考虑采光、通风等农艺方面的要求外, 还需要始终把适宜机械化作业的要求作为重要考虑指标。在大棚建造过程中应充分考虑农机具进出棚室, 在棚室内作业、掉头等空间要求, 为后续蔬菜生产实现机械化打好基础。② 为实现蔬菜生产全程机械化, 需采用逆向思维, 以蔬菜生产流程最后环节, 也是目前最难实现机械化作业的收获环节为基点, 确定倒推集成前期需要的技术装备, 充分考虑设备的幅

点, 笔者归纳总结了近两年在生产一线对极端灾害性天气的应对措施及成功经验, 以期为蔬菜生产提供参考。

1 骤然降温、霜冻天气大棚及露地蔬菜的应对措施

1.1 预防措施 根据天气预报, 在降温或晚霜到来前, 冷棚及露地蔬菜如未定植, 可将蔬菜幼苗集中增温管理, 推迟 1~2 d (天) 定植。对已经定植到棚室的果菜类和叶菜类作物, 可采取如下预防措施: ① 暂缓浇水施肥。浇水会降低土壤温度, 再遇上气温骤降, 会使土壤“寒上加寒”。② 早春阶段有条件的可以夜间在棚室四周临时架设 1.2 m 高的草帘, 棚内架设二膜、三膜或地膜保温 (膜厚 0.03~0.04 mm); 经测试, 每增加 1 层薄膜, 棚室可增温 1~2 °C, 亦能在作物抵御不同程度的冻害、寒害或冷害时起到关键作用。③ 如果气温骤降至 0 °C 以下, 需提前在棚内点燃增温块, 可快速提高棚内温度 3~5 °C, 且能保持 2~4 h (小时)。增温块一般在凌晨 3:00 夜温开始下降时点燃, 根据增温需求每 667 m² 点燃 3~5 块。④ 叶面喷施氨基酸+

宽、作业性能指标、作业要求等, 统筹设计前后机具配套方案, 农机农艺融合实现蔬菜生产全程机械化。

参考文献

- 刘晓明, 李治国, 闫子双, 李凯. 2019. 塑料大棚油菜全程机械化解决方案. 农机科技推广, (4): 39, 42.
- 刘晓明, 李治国, 闫子双, 李凯, 王立成, 陈玉梅. 2020. 塑料大棚果菜生产机械化解决方案. 农机科技推广, (5): 45, 49.
- 闫子双, 赵景文, 刘晓明, 李凯, 李宗煦, 李治国. 2020. 塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术指导意见. 农业工程技术, 40 (7): 49-51.

塑料大棚小白菜生产全程机械化 技术方案初探



▲ 图1 改造前的大棚



▲ 图2 改造后的大棚



▲ 图3 大棚顶部设置天窗



▲ 图4 MSX650M型履带自走式撒肥机



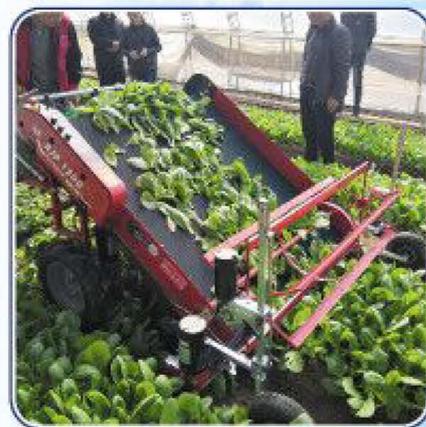
▲ 图5 旋耕作业



▲ 图6 起垄作业



▲ 图7 2BS-JT10精密蔬菜播种机



▲ 图8 RJP1200型叶菜收获机

(文见本期第96页)

(闫子双 摄 版权所有, 不得转载)

塑料大棚果菜生产关键环节 机械化技术指导意见*

闫子双, 赵景文, 刘晓明, 李凯, 李宗煦, 李治国¹ (北京市农业机械试验鉴定推广站, 北京 100079)

春季气温回暖, 正值春茬塑料大棚蔬菜生产的关键阶段, 为扎实做好塑料大棚蔬菜生产机械化技术服务工作, 切实提高北京市蔬菜生产机械化水平, 特提出塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术指导意见, 供大家参考。

适用棚型

适宜机械化作业的钢骨架塑料大棚(无立柱或立柱较少), 基本参数为跨度 8~14 m, 高度 3.2~3.5 m, 长度 60 m 以上, 肩高 1.5 m 以上。

塑料大棚结构改造技术

塑料大棚两端宜机化改造技术

原塑料大棚两端面只有一端中间设置 1 扇工作门, 不便于现有农机具进出作业。为此, 将大棚两端改为中间两扇推拉门, 在推拉门两侧各有 1 个可拆卸活动门的结构。(图 1), 推拉门洞宽度为 1.5~2 m, 高度不低于 2 m; 两侧可拆卸的活动门采用快速插接安装方式, 方便拆装。推拉门通过横

梁上的滑槽、滚轮和滚轮轴连接, 沿滑槽移动来实现开关门。

推拉门便于日常管理人员进出作业, 在作物倒茬和农机作业季节, 可将中间两扇推拉门和两侧两个活动门同时卸下, 便于机械进出和循环作业。农机作业完成后安装上推拉门和快速插接的活动门, 进行棚室的正常生产管理。通过大棚两端面的“宜机化”改造, 满足了塑料大棚蔬菜生产旋耕、起垄、种植、收获等关键环节的机械化作业要求, 降低了劳动强度, 提高了生产效率和综合机械化水平。改造需在保持塑料大棚原有结构、不破坏其强度, 且不过多增加结构成本的前提下进行, 并保证蔬菜生产时塑料大棚两端可方便快捷地开启和封闭, 机械能够顺利进出, 同时

还要保持塑料大棚原有的抗风载能力。

塑料大棚顶风口控制技术

针对塑料大棚种植夏季温度较高, 在塑料大棚两侧下方开侧风口的方法不能有效调节中上层温度的问题, 在塑料大



a. 改造前



b. 改造后

图 1 塑料大棚宜机化改造



图2 塑料大棚顶部设置天窗

棚顶部设置天窗,实现对塑料大棚中上层温度的有效调节。要求在塑料大棚的顶部中央每隔8~10 m设置一个天窗,根据塑料大棚的整体情况每个棚设置8~10个不等。天窗的设计尺寸纵向长1 m,横向宽0.7 m。需要开启式时可手动由内向外开,开启度0~90°可调。需注意要保证天窗能够便捷地开启和关闭,关闭时密封(图2)。

塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术

塑料大棚果菜种植主要以番茄、黄瓜、茄子、辣椒等品种为主,机械化作业环节基本相同,现以生产周期长、作业环节明确的番茄为例,来介绍塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术。目前塑料大棚番茄一般采用小高畦栽培,畦面宽60~70 cm,高10~15 cm。大小行种植,小行距40 cm,大行距110~120 cm,株距30 cm,种植密度为2500~3000株/667 m²,其生产过程包括有机肥撒施、旋耕、起垄(做畦)、铺膜移栽、植保打药、秸秆处理等6个环节。

有机肥撒施技术

配套履带自走式撒肥机(轮式、牵引式)用于设施内有机肥(面肥和颗粒肥)的撒施(图3)。撒肥量按照农艺种植要求及种植作物品种视情况确定,番茄一般施底肥2~4 t/667 m²。有机肥或者复合肥撒施要均匀。需要注意作业时,与操作机器无关人员应该远离机器,撒肥区域内不应有旁观者,撒肥装置转动时严禁操作者进入机器。可采用2FJV-5.5履带式撒肥机,发动机采用14 kW汽油机,无级变速,肥箱容积1.4 m³,液压转向,撒肥幅宽为3~6 m,机械撒肥

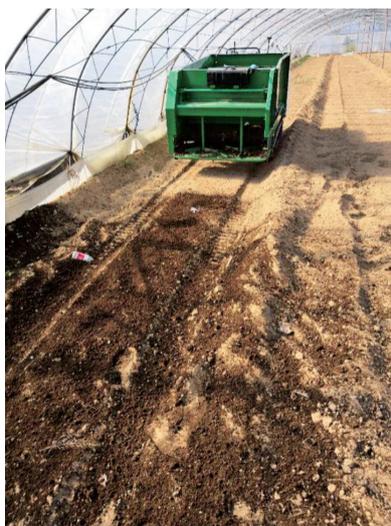


图3 有机肥撒施作业



图4 旋耕作业

生产率0.53~0.67 hm²/h左右。

旋耕技术

采用“大棚王”拖拉机+普通旋耕机进行旋耕作业(图4)。可采用1GQN-130型旋耕机,耕宽130 cm,耕深15~25 cm,耕作深度要能够打破犁底层,将地表土翻到下层,充分将有害物质灭活,增加土壤肥力,改善土壤板结,利于储水保墒,达到增产增收的目的。要求旋耕深度≥15 cm,耕深稳定性≥85%,碎土率≥80%。旋耕要不留死角,每个作业幅宽接垄处要保证作业到位,作业后土壤细碎松软,达到后续作业要求。

在机具进出塑料大棚作业时除机手外,至少要有一名作业人员引导,防止机具、人员受到意外伤害。作业时,严禁机具先入土后接合动力输出轴,或急剧下降机具,以防损坏拖拉机或机具的传动件。作业速度应根据土壤条件合理选定,并应避免中途停机和变速行驶,以保证作业质量。机具在地头转弯、倒车或转移过地埂时,应将机具提起,减速行驶。设施内作业时,应做好通风,机具外侧的旋耕刀等部件避免碰到塑料大棚骨架、棚膜等。

起垄(作畦)技术

采用35马力“大棚王”拖拉机配套起垄机完成起垄作业(图5)。可采用1QEL起垄机,起垄机采用液压升降,便于控制垄型,起垄高度、宽度可调,更好地满足番茄种植农艺要求。



图5 起垄作业

可实现垄顶宽 60~70 cm, 垄底宽 80~90 cm, 垄距 1.5~1.7 m。所作业的垄型尺寸、垄距设计与移栽机械的参数相适应。正式作业前, 应根据作业大棚形状和大小、大棚跨度, 规划合理的垄体分布和作业路线, 减少空驶行程。可通过划线、地头放置垄体中心线标志、预设作业轨迹等方式, 来提高作业垄体直线度, 保持垄距的一致性。起垄作业后垄形应完整, 垄沟回土、浮土少, 垄体土壤上层细碎紧实, 下层粗大松散, 为后续移栽等作业预留较好条件。

在设备使用前, 应认真检查刀具、罩板及防护罩是否安装到位。作业时周围人员务必远离。作业机上勿载人载物。作业过程中应保持匀速直线行驶, 避免中途停机和变速行驶。进行机器调整及清除杂物时, 务必切断 PTO 引擎和停止拖拉机。

铺膜移栽技术

采用 35 马力“大棚王”拖拉机配套 2ZB-2 铺膜移栽机完成蔬菜铺膜移栽作业(图 6)。栽植行数 2 行, 行距 40 cm, 株

距 30~50 cm, 生产效率 $\geq 1\sim 2$ 667 m²/h, 栽植合格率 $\geq 90\%$, 株距合格率 $\geq 90\%$ 。一次性完成铺滴管带、铺膜、移栽等多项作业。移栽秧苗高度在 15 cm 左右。需注意在移栽机运行过程中, 操作者不得上、下移栽机。移栽机在运行或与地接触时, 严禁倒退。在移栽机处于运输或掉头状态时, 应将移栽机悬挂起, 操作者不得乘坐在移栽机上。

植保打药技术

配套相应规格的植保打药机, 满足机具行走及植保打药作业要求。针对吊培番茄, 可选用 3BW-45 型温室变量喷药机, 肥箱容积 45 L, 蓄电池参数 12 V/7Ah, 喷药压力泵流量 2.1 L, 喷药压力为最大 0.7 MPa 电子变量调节。应选用高效、低毒、低残留的农药并采用合理施药方法。施液量的误差率 $\leq 10\%$, 常规量喷雾的药液的附着率 $\geq 33\%$ (内吸剂除外), 作物机械损伤率 $\leq 1\%$ 。需要注意, 机具不得发生药剂泄漏。喷药时行走速度要匀速, 防止重喷漏喷, 做到均匀喷洒。进行植保作业时注意安全操作, 防止可能产



图6 移栽作业

生的危险。

秸秆处理技术

针对果菜藤蔓废弃物较多、堆放难的问题, 可采用可移动式电动藤蔓类植物专用粉碎机进行粉碎(图 7), 粉碎后可还田发酵或者与畜禽粪污混合发酵后, 再还田利用。建议采用 BTCFS460Y-D 型残秧处理机, 干、湿藤蔓、菜梆、菜叶均能处理, 粉碎物粒径: 3~8 mm, 粉碎效率不小于 500 kg/h。

作业前需要仔细检查待粉碎的秸秆, 防止混入铁器、石块等杂物。粉碎过程中, 喂料口堵塞时, 不能用手或铁棒帮助喂入。作业时如发生异常声响, 应立即停机检查, 禁止在机器运转时排除故障。

有关农机农艺融合发展的建议

重视设施“宜机化”建造

在新建造塑料大棚或日光温室时, 除了考虑保温、采光、通风、降温等农艺技术方面的要求外, 一定要把便利农机具进出作业的因素考虑在内, 在建造的过程中始终把适宜机械化作业的要求作为重要指



图7 蔬菜残秧处理作业

(下转第 54 页)

的原因可能是在降低室内温度的同时，减少了室内土壤水分的蒸发。

高温季节采用遮阳网也能起到降低光照强度的作用，本研究表明外屋面喷淋系统能更好地起到降低室内光照强度的效果，可以避免强光照造成的作物日灼病。喷淋系统开启后，喷淋水在外屋面形成一层薄薄的水雾，能阻止太阳光照直接进入温室，同时配套的遮阳网能在一段时间内吸收喷淋水形成降温水幕，这也是喷淋系统能降低日光温室室内温度的原因。

本研究表明外屋面加装喷淋降温系统在降低日光温室室内温度和光照强度以及保持相对稳定而合适的相对湿度方面具有可行性，但在大面积应用前有一些问题仍需进一步研究：①喷淋系统合适的开启时间和持续时间；②遮阳网长期干湿交替对遮阳网本身和日光温室棚膜性能的影响；③在降温的同时如何更好地节水，提高水分利用率；④喷淋降温对作物生长发育和品质等的影响。这些研究将为外屋面喷淋降温系统的大面积推广提供更为全面的理论依据与参考。

参考文献

[1] 张璐瑶, 黄翔. 降温技术在农业温室中的应用探讨 [J]. 农业研究与应用, 2013(5):37-41.

[2] 王婷, 高俊明, 周莹, 等. 全封闭日光温室降温技术的研究 [J]. 农机化研究, 2018, 40(3):264-268.

[3] 万正林, 罗庆熙. 农业设施夏季降温方法概述 [J]. 四川农业科技, 2007(7):13-14.

[4] 吴丹. 温室大棚调温设施与装备 [J]. 农业科技与装备, 2012(8):42-43.

[5] 周长吉. 大面积连栋温室夏季降温的新途径—外遮阳网上喷水降温 [J]. 农业工程技术(温室园艺), 2004, 24(5):26-29.

[6] 万正林, 李立志, 邓俭英, 等. 基于 Venlo 型温室夏季降温新途径试验初报 [J]. 南方农业学报, 2011, 42(4):426-428.

[7] 王瑄, 迟道才, 王铁良, 等. 日光温室夏季降温措施的试验研究初报 [J]. 农业工程学报, 2001, 17(5):95-98.

[8] 袁丁, 秦占军, 武占会, 等. 日光温室遮阳与喷雾降温对越夏快菜生长及品质的影响 [J]. 中国蔬菜, 2019(7):62-66.

[9] 张福曼. 设施园艺学 [M]. 北京: 中国农业大学出版社, 2011.

*** 项目支持:** 甘肃省陇原青年创新创业人才项目《武威市设施蔬菜化肥农药减施增效技术研究示范推广》、甘肃省青年科技基金计划(18JR3RH426); 甘肃省现代农业科技支撑体系区域创新中心重点科技项目(2019GAAS47)。

作者简介: 于海利, 博士, 高级农艺师, 主要从事设施瓜菜病虫害防治技术研究与推广工作。E-mail: yhl860310@163.com。

[引用信息] 于海利, 苏俊平, 张仲保, 等. 日光温室外屋面喷淋系统降温效果探究 [J]. 农业工程技术, 2020, 40(07):52-54.

(上接第 51 页)

标要求, 为后续蔬菜生产管理打好基础。同时, 对现有老旧塑料大棚或日光温室进行“宜机化”改造, 使其适应蔬菜生产关键环节机械化作业要求, 同时把“宜机化”改造纳入到生产计划中, 按照充分利用政策资源和量力而行的原则, 统筹做好改造工作, 逐步实现蔬菜生产全程机械化作业的目标。

农机农艺要相向融合

从农机作业角度出发, 要考虑作业时的农艺要求, 例如: 垄形、株行距、亩株数等。从农艺栽培角度出发, 要尽量使农艺要求能符合机具的作业要求, 例如穴盘苗大小、收获时成熟度一致

性等, 只有农机与农艺互相融合, 蔬菜生产的全程机械化之路才会越走越宽。

*** 项目支持:** 北京市农业农村局项目“2018年塑料大棚蔬菜生产关键环节机械化技术试验研究”(PXM2018_036231_000029)。

作者简介: 闫子双(1981-), 女, 高级工程师, 研究方向: 蔬菜机械化。

**** 通信作者:** 李治国(1978-), 男, 高级工程师, 研究方向: 蔬菜机械化。E-mail: li.zhiguo@126.com。

[引用信息] 闫子双, 赵景文, 刘晓明, 等. 塑料大棚果菜生产关键环节机械化技术指导意见 [J]. 农业工程技术, 2020, 40(07):49-51.