

设施小白菜全程机械化生产技术及效益分析

李玉玲, 卢绪梁, 黄忠阳, 赵俊杰, 尹德兴, 李 英

(南京市蔬菜科学研究所 南京 210042)

摘要: 设施小白菜生产用工成本逐年上升, 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要求、塑料大棚特点及目前机械设备情况, 通过技术试验总结出设施小白菜全程机械化生产模式, 该模式包括机械施肥、标准化整地与起垄(深翻、旋耕、起垄)、精量播种、水肥一体化灌溉、植保、机械化采收 6 个生产环节 8 个技术节点, 可显著提升各环节作业效率, 减少用工量。为进一步明确机械化作业成本、效率及效益优势, 以南京地区生产实际为例, 对不同种植方式进行比较分析, 从农机推广角度提出未来小白菜生产的发展方向, 以期为推进设施小白菜全程机械化生产提供技术支撑及效益参考。

关键词: 小白菜; 机械化; 作业成本; 效益

中图分类号: S634.3 **文献标志码:** C **文章编号:** 1673-2871(2022)12-109-04

叶菜类蔬菜的周年均衡供应, 是反映城市居民生活质量的标杆, 而小白菜作为大众喜食蔬菜, 在叶菜消费中占有重要地位, 也是人体所需营养、维生素、纤维素的主要来源之一。随着我国农村人口老龄化的加剧, 造成农村劳动力短缺, 致使小白菜生产中的成本不断攀升, “用工难”“用工贵”问题日益突出, 迫切需要加快推进小白菜生产的全程机械化^[1]。受大棚建造结构及农机具尺寸等因素的影响, 目前设施小白菜生产仍以人工作业为主, 机械化程度较低, 主要原因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, 种植粗放, 难以实现全程机械化生产^[2]。针对这些问题, 结合小白菜种植环节、农艺要求、设施大棚的特点及目前蔬菜机械化生产装备实际情况, 通过技术试验总结出设施小白菜全程机械化生产技术, 并在南京市蔬菜科学研究所横溪基地、南京市靓绿农副产品开发有限公司、南京市溧水区华成蔬菜专业合作社、南京普朗克科贸有限公司重点示范区展示推广, 形成可复制推广的小白菜农机农艺融合生产规范, 达到企业规模化生产和农户田间高效管理的目的。此外, 以南京市蔬菜科学研究所 2019—2022 年试验基地生产实际及南京市机械化应用示范基地调研结果为参考, 对小白菜生产机械化应用与人工作业成本及收益进行对比分析, 进一步明确机械化生产综合成本、生产效率及其经济效益优

势, 为小白菜全程机械化应用与推广提供理论依据与参考。

1 设施小白菜全程机械化生产技术

1.1 品种选择

因全程机械化生产, 特别是机械化采收环节对小白菜品种的特殊要求, 在实践与应用过程中需选用优质、抗病、长下胚轴或长基部节间的小白菜品种。春秋季节可选用抗性好的华王系列品种; 夏季可选用金品夏冠, 该品种具有耐热、口感清脆、亚硝酸盐含量低、基部节间长等优势^[3]。

1.2 设施选择及宜机化改造技术

优先选用连栋塑料大棚, 总长度 40~60 m, 大门尺寸 2 m(宽)×2 m(高)。或对 8332 单体塑料大棚进行宜机化改造, 将大棚两端封闭的固定结构改造成中间两扇推拉门, 推拉门宽 1.5~2.0 m, 高度不低于 2.0 m, 推拉门两侧各一个整体可拆卸的活动扇, 便于机械进出和生产作业。

1.3 固定道生产技术

包括机械施肥、标准化整地与起垄(深翻、旋耕、起垄)、精量播种、水肥一体化灌溉、植保、机械化采收 6 个环节 8 个技术节点, 即在 8 m 跨度设施内设置 5 个 1.1 m 宽的畦面, 采用 1.5 m 等轮距拖拉机、1.5 m 起垄机、1.1 m 播种机、1.2 m 割幅收获机^[4]等全程机械化配置方案, 形成固定的生产畦面

收稿日期: 2022-09-13; 修回日期: 2022-10-28

基金项目: 江苏现代农业(蔬菜)产业技术体系南京推广示范基地(JATS[2022]009); 南京地区叶菜产业技术体系研究(2022-3-02)

作者简介: 李玉玲, 女, 农艺师, 主要从事叶菜栽培技术研究, 15261416856。E-mail: 2436613905@qq.com

通信作者: 李 英, 女, 高级农艺师, 主要从事蔬菜栽培技术研究。E-mail: exceleee@163.com

(图1),提高小白菜生产作业效率。



图1 固定道生产效果图

1.3.1 机械撒施基肥 为保证小白菜的正常生长,在耕整地前使用拖拉机配套撒肥机施足底肥,667 m²按照商品有机肥[(N+P₂O₅+K₂O)含量(w,后同)]≥5%,有机质含量≥45%)300~500 kg,硫酸钾型复合肥(氮、磷、钾质量比为25:10:16)10~15 kg均匀施用。

1.3.2 标准化整地与起垄(深翻、旋耕、起垄) 种植基地每年进行1~2次深耕作业,深度30 cm以上。为满足后期小白菜机械化采收时垄形平整的要求,需多次旋耕细化土壤(图2),耕深15~20 cm。8 m跨度可做5垄畦面(图3),可使用前后轮距均为1.5 m的液压拖拉机,配套镇压起垄机作业,确保垄体完整,垄沟回土、浮土少,垄面平均宽度1.1 m,平均高度15 cm,沟宽30 cm,满足后期播种及收获需求。

1.3.3 精量播种 设施小白菜机械化生产播种时间集中于春、夏、秋三季。采用精量化直播技术(图4),使用播种宽度为1.1~1.2 m的手扶式或悬挂式播种机作业,播种、覆土、压实一次性完成,播种深度1~2 cm,667 m²用种量1.0~1.5 kg。



图2 旋耕起垄



图3 标准化垄体图



图4 精量播种

1.3.4 水肥一体化灌溉 小白菜播种后及时喷水,由于底肥施用充足,且小白菜生长速度快,夏季生产可只补充水分,一般采用顶喷灌的方式。早春及深秋栽培可视生长情况补充肥料1次,选用叶菜专用水溶肥,每667 m²约施用2 kg(或根据具体肥料用量施用)。采收前3~5 d不再进行灌水、施肥,以降低田间湿度,减少病害发生。

1.3.5 植保 为防治机械化生产过程中的虫害,主要采用防虫网、诱捕器+诱芯、黄板、臭氧发生机等绿色防控技术减少黄曲条跳甲、菜青虫、小菜蛾等害虫的危害。一般可在大棚四周裙边加盖白色或灰色防虫网,在低于植株顶部5 cm处悬挂黄板,配合杀虫灯减轻害虫危害;使用多功能植保机时,可将臭氧浓度(ψ)设置为15%,每天工作2~3 h减少病虫害的发生。同时,根据病虫害发生情况,可配施农药,使用自走式喷雾机喷洒药液。

1.3.6 机械化采收 小白菜收割机采收分为近地面铲切和地下拔取两种方式,目前手扶式地上切割收获机应用较为广泛。播后18~24 d(夏秋季18~22 d,春季20~24 d),植株5~7片叶,平均高度12~

15 cm, 茎高(最低叶片离地)1.5~3.0 cm 时,使用叶菜收获机采收(图 5),作业幅宽 1.2 m。



图 5 机械化采收

2 设施小白菜全程机械化作业与人工作业效益分析

2.1 小白菜不同种植方式人工成本比较

成本及效益分析以 2019—2022 年小白菜机械化应用示范基地调研结果为参考。调研基地选取南京规模化生产、机具齐全的设施蔬菜种植基地,包括南京市蔬菜科学研究所横溪基地、南京市靓绿农副产品开发有限公司、南京市溧水区华成蔬菜专业合作社、南京普朗克科贸有限公司,示范面积分别为 1334 m²、10 672 m²、16 008 m²、10 000 m²;调研机型主要包括:黄海金马 YCX504D 拖拉机、昊田 604G 轮式拖拉机、黄海金马 1GKN-150 旋耕机、上海达汇 1GLZQ-110 悬挂式起垄机、山东天盛 2FZGB-1.5SL 撒肥机、上海达汇 2BS-16 电动播种机、康博 2BS-JT10 精密播种机、丰来自走式植保机、富来威 4UM-120 叶菜收获机等。以全年种植 8 茬、播后平均 20 d 采收的 5~7 片叶小棵菜为例,进行全程机械化作业与人工作业对比分析。人工工资以本地区实际日工资为标准,农务工 160 元·d⁻¹,农机手 400 元·d⁻¹(农机手主要用于施肥、整地起垄、植保环节),每天工作时间为 8 h。

表 1 是不同种植方式人工成本汇总。从用工成本构成来看,人工作业采收成本最高,占总人工成本的 50.52%,且无论是哪种种植方式收获环节作业效率在所有生产环节中均最低,说明收获依然是小白菜生产中最为费工、费时的作业环节;在机械化作业中播种环节效率最高,用工成本最低,占人工总成本的 3.17%,这与机械应用调研中播种机应用较为广泛的结果相吻合^[5]。从表中可知全程机械

表 1 小白菜不同种植方式人工成本比较

| 生产环节 | 人工作业 | | 机械化作业 | |
|------|---|---------------------------|---|---------------------------|
| | 作业效率/(m ² ·h ⁻¹) | 人工成本/(元·hm ²) | 作业效率/(m ² ·h ⁻¹) | 人工成本/(元·hm ²) |
| 施肥 | 83.38 | 2 400 | 667.00 | 750 |
| 整地起垄 | 66.70 | 3 000 | 444.89 | 1125 |
| 播种 | 166.75 | 1 200 | 1334.00 | 150 |
| 灌溉 | 333.34 | 7 200 | | |
| 植保 | 667.00 | 300 | 333.50 | 1500 |
| 采收 | 13.89 | 14 400 | 166.75 | 1200 |
| 合计 | 7.02 | 28 500 | 30.32 | 4725 |

注:机械化作业中可实现自动灌溉,因而人工成本可忽略。

化总作业效率是人工作业的 4.32 倍,可节约 76.83% 的劳动时间,大大提升了生产效率,特别是播种和收获环节,机械化生产率分别是人工作业的 8 倍和 11.9 倍。植保环节,机械化作业没有表现出优势,这可能是由于目前应用较多的自走式喷杆喷雾机,受限于大棚开间的长度,喷雾机转向时喷杆需先折叠再展开,当棚体长度较短时,重复折叠和展开增加了作业时间。从人工成本上看,1 hm² 人工作业消耗的人工成本为 28 500 元,是机械化作业的 6.03 倍,机械的应用在提高作业效率的同时,大大节省了人工支出。

2.2 小白菜不同种植方式综合成本与效益比较

综合成本与收益比较以 1 hm² 为单位进行计算。机械化作业能耗成本包括燃油费、耗电费,机用柴油以 8.2 元·L⁻¹、机用汽油以 8.5 元·L⁻¹、电价按照农用电 0.51 元·kWh⁻¹ 进行折算,一茬作业电费 105 元,柴油 300 元,汽油 150 元,共 555 元;机具折旧成本按照销售价格 6 年折旧,每年 200 d 作业,平均全套机具价格 30 万元,一茬折旧成本 4215 元·hm²;设施成本按照 270 000 元计算,10 年折旧,一茬折旧成本 3375 元·hm²;地租按每年 12 000 元计算,一茬地租成本 1500 元·hm²;用种量 27 kg·hm²,种子价格 250 元·kg⁻¹,种子成本 6750 元·hm²;肥料(有机肥、无机肥)成本 7500 元·hm²;农药成本 750 元·hm²。小白菜产量按 15 000 kg·hm²,价格 4 元·kg⁻¹ 计算,产值 60 000 元·hm²。

表 2 是小白菜不同种植方式综合成本与收益汇总。人工种植中,人工成本 28 500 元,占总成本的 58.91%,远高于其他成本;机械化种植中,机具及设施折旧成本占总成本的 25.84%,在机械应用总成本中占比最高,这与当前叶菜生产机具价格及设施大棚造价成本较高有关。对于蔬菜种植户而言,机具购买及折旧属固定成本,地租、用种、用肥、能耗

等随市场波动较难自主调节,除此之外的变动成本,即人工支出占 16.09%,这项成本与机手技能、人机配合、土壤条件、地块大小密切相关。因而,进一步提高机械化应用效率、降低生产成本,可以从保持机械良好运转状况、加强机手技能培训、提高驾驶操作和相互配合的熟练性入手,推进专业化、规模化生产,充分发挥机械化最佳效益。从表 2 中可以看出,全程机械化作业综合收益为 30 630 元·hm²,是人工作业收益的 2.63 倍,从施肥到收获 1 hm² 比人工作业节省成本 19 005 元,经济优势明显;从社会和生态效益看,机械化作业的高效率能有效解放和替代劳动力,对二三产业发展具有促进作用,综合效益有目共睹。

表 2 小白菜不同种植方式综合成本与收益比较

| 种植方式 | (元·hm ²) | | | | | |
|-------|----------------------|------|--------|--------|--------|--------|
| | 人工成本 | 能耗成本 | 机具折旧成本 | 其他成本 | 综合成本 | 综合收益 |
| 人工作业 | 28 500 | | | 19 875 | 48 375 | 11 625 |
| 机械化作业 | 4 725 | 555 | 4 215 | 19 875 | 29 370 | 30 630 |

3 小白菜全程机械化生产的发展思考

3.1 加强政策扶持

小白菜全程机械化生产面临国内机具起步晚、进口机型售价高、全套机具配套购买农户购机成本大的问题。可考虑以财政项目带动,积极争取各级财政资金支持,采取装备购置补助、作业补助等多种扶持方式,减少经营主体及种植大户购机及作业成本,调动机具应用积极性,全面提升小白菜机械化发展水平。

3.2 加快引进和研发适用设施装备

加速研发推广国产机型。目前用于小白菜生产的国外机具主要是以日韩为代表的小型叶菜机械,价格偏高。可对引进机具进行消化吸收再创新,如根据起垄机、播种机各种机型所需动力,与国

产拖拉机进行动力配套,并对机具进行国产化改进设计。此外,针对目前收获过程机械损伤及采后收集问题,可挖掘机械收获自动化、智能化技术,开发低损伤、有序收获机械。需对收获机、植保机等进行自主研发,突破中小型设施整机转向与转移难点。

3.3 强化农机、农艺融合

农机、农具、农艺等匹配度是决定机械化作业效率的关键因素。一方面,引进和培育能够满足本地机械化作业需求的优质、抗病小白菜品种,实现品种选择、种植模式、栽培技术与机械装备的配套发展。另一方面,加快宜机化建设改造。以连栋钢架大棚、8332 大棚等为主进行宜机化改造,做到设施与机具配套、机具与农艺配套,提高农机适用性,充分发挥设施机械化生产优势。

3.4 发展社会化服务体系

一是加快培育人才队伍。加大懂农艺、会农机的高素质“新农人”人才的培养力度,根据叶菜生产的农时适时开展农机技术培训和小白菜种植、管理、品种选择培训。二是培育社会化服务组织。通过农机装备统一使用、统一维护、统一管理,为蔬菜合作社和种植户提供高效、标准化的叶菜生产机械化作业服务,降低综合成本,增加农户收益,实现小白菜生产施肥、耕整地、播种、植保、收获、整理包装一条龙机械化作业。

参考文献

- [1] 黄丹枫. 叶菜类蔬菜生产机械化发展对策研究[J]. 长江蔬菜, 2012(10): 1-6.
- [2] 闫子双,赵景文,刘晓明,等. 塑料大棚小白菜生产全程机械化技术方案初探[J]. 中国蔬菜,2020(10): 96-99.
- [3] 李玉玲,卢绪梁,柏广利,等. 南京夏季栽培小白菜品种比较试验[J]. 上海农业科技,2022(3): 84-86.
- [4] 陈永生,管春松,杨雅婷,等. 绿叶蔬菜固定道机械化作业模式探讨[J]. 农业工程技术,2022(10): 24-27.
- [5] 李英,赵俊杰,李玉玲,等. 南京市蔬菜产业发展状况调研及思考[J]. 长江蔬菜,2022(12): 19-22.