

江苏省地方标准

《适宜全自动移栽的甘蓝育苗技术规程》

编 制 说 明

一、目的意义

甘蓝是一种重要的叶菜类蔬菜，年栽培面积超过 90 万 hm^2 ，在全国蔬菜周年供应和出口创汇中占有重要地位。江苏省是主产区之一，年栽培面积约为 5 万 hm^2 。由于甘蓝生产具有显著的劳动密集型特征，在人口老龄化不断加剧的背景下，农业劳动力持续短缺，用工成本快速上升，传统高度依赖人工的生产方式已难以适应甘蓝产业规模化、稳定化发展的要求，推进甘蓝生产机械化已成为必然选择。当前甘蓝生产中耕整地和起畦等环节已基本实现机械化，但移栽等关键环节仍以人工为主，其中移栽用工量约占总用工量的 30%，其作业效率和质量直接影响甘蓝的成活率和最终产量。因此，发展适应甘蓝生产特点的全自动机械移栽技术，是推进甘蓝生产机械化的关键途径，但该技术模式对甘蓝育苗质量提出了更高要求。

随着栽培技术的不断进步和种植模式的持续优化，甘蓝育苗方式已由传统苗床育苗逐步转变为穴盘基质育苗。该育苗方式通过实现基质与土壤的有效隔离，显著降低了土传病害发生风险，同时有利于根系发育，缩短定植后的缓苗时间，提高幼苗成活率。在生产实践中，甘蓝育苗主体主要包括农民专业合作社、家庭农场和专业育苗公司。其中，部分专业育苗公司已实现精量播种、育苗环境智能调控和病虫害统防统治，采用工厂化流水线作业模式，年育苗能力可达千万株规模，可为上万亩生产基地提供种苗服务，如宁夏隆德县育苗中心。相比之下，多数育苗主体仍以连栋大棚或塑料大棚育苗为主，普遍采用机械播种与人工补苗相结合的半机械化方式，具有投入成本较低、操作相对简便等特点。在实际生产中，普遍采用的“6 叶 1 心”常规壮苗标准，难以在整齐度、株型一致性和取苗稳定性等方面满足全自动机械移栽的技术需求。

前期机械移栽田间评价结果表明，适宜全自动机械移栽的甘蓝壮苗应具备苗龄 4 叶 1 心~5 叶 1 心、植株大小均匀、株型直立紧凑、根系发达并形成完整根坨、且无病虫害等形态特征。在此基础上，围绕机械移栽对幼苗质量的要求，系统开展了连栋大棚和塑料大棚条件下甘蓝育苗的轻简化与规范化研究，明确了与之相配套的穴盘类型、基质配方及管

理技术标准。目前，我国甘蓝生产已全面采用育苗移栽方式，种植密度一般为 3500 株/667 m²~4500 株/667 m²。据此测算，全国年需甘蓝幼苗量约为 472.5 亿株~607.5 亿株，其中江苏省年需苗量约为 26.25 亿株~33.75 亿株。鉴于甘蓝育苗移栽面积大、用苗需求量大，制定并推广适宜全自动机械移栽的甘蓝育苗技术规程，不仅有助于提高自动取苗成功率和移栽质量，而且能够有效缓解甘蓝生产中劳动强度大、用工紧张、效率偏低和成本偏高等突出问题，对推动甘蓝产业机械化、规模化和高质量发展具有重要的现实意义。

二、任务来源

2025 年 11 月 14 日，江苏省市场监督管理局发布《关于下达 2025 年度江苏省地方标准制修订计划的通知》（苏市监标〔2025〕185 号），下达 2025 年度 191 项地方标准制（修）订项目，其中 150 号《适宜全自动移栽的甘蓝育苗技术规程》标准编制的任务，由江苏省农业科学院、江苏省农业技术推广总站、江苏丘陵地区镇江农业科学研究所、淮安市农业技术推广中心、江苏益禾农业科技有限公司共同负责起草制定。

三、编制过程

1、制定标准编制草案

在标准的起草阶段，标准起草组查询相关标准情况，并讨论制定了标准编制草案，明确任务分工和工作进度计划。

2、制定标准编制征求意见稿

系统查阅了相关的技术资料，对收集的资料进行全面分析、比较，结合标准起草组承担的各类国家和省级项目在甘蓝机械化移栽、农机农艺融合等方面的研究成果，按 GB/T1.1—2020《标准化工作导则 第 1 部分：标准化文件的结构和起草规则》的要求，起草完成了征求意见稿。

四、主要内容技术指标确立

本标准确定的原则是切合实际、措施具体、操作简便、科学规范、技术先进、逻辑严谨和文字简明。主要技术指标来源于标准起草人员的工作积累以及国内外文献，并经提炼论证，具有科学性、实用性和指导性。同时，对本标准中涉及的关键技术进行了田间试验验证，明确了该技术在提高自动取苗成功率和移栽质量方面的效果。

1、品种选择

为满足甘蓝机械化移栽作业对秧苗整齐度和一致性的要求，穴盘育苗所用种子应具备

较高且稳定的发芽率。用于机械化移栽的甘蓝种子，其发芽率应符合国家现行种子质量标准的相关规定，并应保证在穴盘条件下出苗迅速、出苗整齐、幼苗生长一致。发芽率偏低或出苗不整齐易造成缺穴、弱苗和苗龄差异过大，不利于机械夹持和同步移栽，进而影响移栽质量。因此，机械化移栽配套的穴盘育苗宜选用发芽率高、活力强、纯度和净度达标的商品化甘蓝种子，以确保育苗质量和机械化移栽作业的顺利实施。国家标准《GB 16715.4—2010 瓜菜作物种子 第4部分：甘蓝类》对结球甘蓝（甘蓝）杂交种的纯度、净度、发芽率和水分作出了明确规定，其中发芽率要求不低于80%。然而，在实际集约化生产条件下，为满足机械化移栽对秧苗整齐度和一致性的更高要求，生产上通常选用发芽率更高（如90%以上），且活力更强，甚至经过丸粒化处理的优质种子。团队前期研究表明，发芽率达到92%以上、且播种后第7天发芽势达到90%的甘蓝种子，能够较好地满足机械化移栽作业对秧苗质量的要求。因此结合生产实践，本标准提出：选择适应性好、抗病抗逆性强、优质丰产、适宜机械化作业的品种，种子发芽率为92%以上，播种后第7天发芽势达到90%。

2、育苗穴盘选择

本标准制定的核心目标在于规范甘蓝育苗技术，以确保所育秧苗整齐、根系健壮、便于机械夹持与移栽，从而满足机械化作业的特定要求。为实现该目标，采用穴盘育苗是实现秧苗标准化、适配机械化操作的关键技术措施。根据当前甘蓝类蔬菜机械化移栽的生产实践与研究总结（唐玉新等，2016；王神云等，2020；唐玉英等，2024；张浩然，2024），在兼顾育苗质量与移栽作业效率的前提下，多采用 72 孔或 128 孔育苗穴盘。因此，本标准提出：根据移栽环节机具的要求采用穴盘育苗，可采用 72 孔或 128 孔 PVC 穴盘。

3、适宜甘蓝机械化移栽的育苗基质

穴盘育苗是实现甘蓝机械化移栽的基础和前提条件，而适宜的育苗基质配比则是保证秧苗质量、满足机械化移栽要求的重要因素。前期文献调研发现，不同研究团队在机械化移栽配套的育苗基质配方上存在一定差异。赵景文等（2017）在甘蓝育苗试验中采用草炭、蛭石和珍珠岩作为育苗基质材料，其体积配比为 2：1：1。唐玉英等（2024）提出的育苗基质配方包括泥炭：珍珠岩=3：1（体积比），或泥炭：珍珠岩：蛭石=8：1：1（体积比）。张浩然（2024）在相关研究中使用的育苗基质配方为草炭：珍珠岩：蛭石=3：1：1（体积比）。在此基础上，团队成员以甘蓝品种‘京丰一号’为研究对象，采用 128 穴穴盘，对适宜甘蓝机械化移栽的育苗基质进行了筛选。设置草炭、原料及进口基质按不同比例混合的 7 种基质类型（表 1 和图 1A）。在常规管理条件下，当苗龄达到 4 叶 1 心时，从各基质类型

中随机选取 10 株（3 次重复），测定开展度、植株高、下胚轴长、拉伸力、基质含水量、容重、孔隙度和 EC 值并进行分析。

表1 甘蓝育苗基质类型

基质类型	1	2	3	4	5	6	7
草炭（%）	50	75	25	100	0	30	
原料（%）	50	25	75	0	100	10	鲁青
进口基质（%）	0	0	0	0	0	60	

利用7种类型基质育成的甘蓝幼苗植株健康，但幼苗存在差异（图1B）。如表2所示，7种基质类型幼苗植株大小排序为7>1>2>6>5>3>4，开展度排序为7>2>1>6>3>5>4，最大拉伸力排序为7>5>1=3>6>4>2。2号基质拉伸力最小，为0.91 N，除了4号，与其他几种类型存在显著差异，7号基质拉伸力最大，为1.63 N（图1C）。根据幼苗苗势和拉伸力判断，选用2号基质（草炭75%+原料25%）育成的幼苗最适宜机械移栽，株高小于10 cm，开展度小于6 cm，基质容重约250 kg/m³，孔隙度67.3%，EC值2.11 mS/cm。

表2 不同类型基质穴盘苗指标结果

指标	1	2	3	4	5	6	7
最大拉伸力（N）	1.35	0.91	1.35	1.23	1.39	1.29	1.63
基质+苗高（cm）	12.78	12.61	10.97	10.75	12.15	12.81	16
苗高（cm）	9.48	9.38	7.74	7.32	8.62	9.25	12.24
开展度（cm）	6.09	5.75	5.43	5.16	5.44	5.69	5.92
下胚轴长度（cm）	2.66	2.33	1.89	1.83	1.73	2.15	2.61
基质含水量（%）	47.24	48.34	48.57	55.12	41.22	38.81	35.11

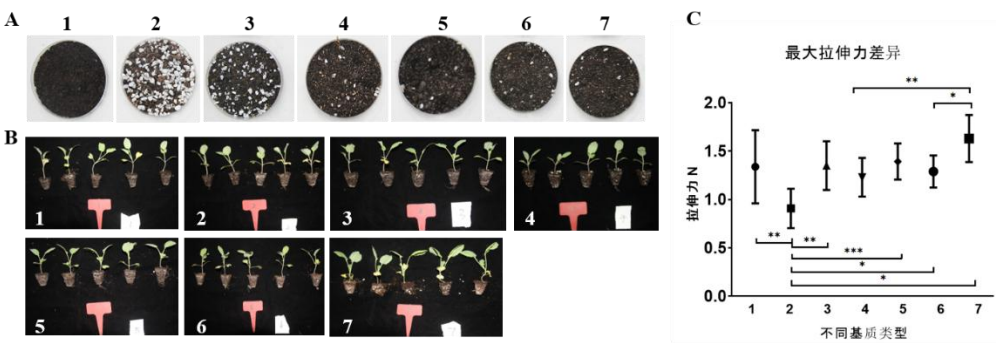


图 1 不同类型基质及甘蓝穴盘苗状态和拉伸力比较

A：不同类型基质幼苗状态；B：不同类型基质；C：拉伸力比较。

在综合分析上述研究成果并结合团队前期试验研究的基础上，充分考虑基质理化性状、育苗操作便利性及机械化移栽适应性等因素，本标准提出：可选用商用叶菜类育苗

基质，或采用基质搅拌机将草炭、珍珠岩和蛭石按 6：1：1 的体积比例进行混配后使用，即按草炭：珍珠岩：蛭石=6：1：1 的比例配置育苗基质。

4、肥水管理

夏季育苗阶段应合理安排浇水时间与水量管理，一般选择在上午进行浇水，避开中午及高温时段，以防止基质温度骤升和秧苗生理胁迫。浇水时间以午前为主，遵循“见干见湿”的原则，确保基质水分供应均衡，避免过湿或积水；在阴雨天气条件下，应适当减少或停止浇水。播种后拱土期，基质应保持持续湿润状态，不宜过干，以利于种子顺利萌发和出土；出苗后至2叶1心阶段，基质含水量宜控制在50%~70%；当苗龄达到2叶1心至4叶1心阶段，应适当控水，将基质含水量控制在40%~60%，以促进根系生长、培育壮苗。采用性能优良、养分配比合理的育苗基质条件下，一般无需额外施肥；如出现叶色淡黄现象，可叶面喷施0.5%尿素进行补充；若植株生长缓慢、表现矮小，则可适量喷施大量元素水溶肥，以促进秧苗健壮生长。

基于多年生产实践，本标准提出：夏季在上午浇水，避免高温时段浇水。浇水时间午前为主，保持见干见湿，阴雨天不宜浇水。拱土期，基质要保持湿润，不宜过干；出苗后直至2叶1心阶段，基质含水量50%~70%；苗龄达到2叶1心~4叶1心时，基质含水量控制在40%~60%。采用性能优良的基质，一般不需要额外施肥。如果叶色淡黄，喷施0.5%尿素，如果植株矮小，喷施大量元素水溶肥。

5、病虫害防控

甘蓝苗期主要的害虫有小菜蛾、蚜虫等，病害有立枯病、猝倒病等，主要病虫害防治方法参照表3，其它病虫害防治方法参照GB/T 23416.4执行，防治药剂应严格按照NY/T 393规定执行。

表3 甘蓝幼苗主要病虫害防治药剂及使用方法

防治对象	农药名称	剂型	稀释倍数	使用方式
猝倒病	722 g/L霜霉威盐酸盐	水剂	750倍~1000倍	喷雾
立枯病	30%噁霉灵	水剂	1500倍~1800倍	喷雾
蚜虫	70%吡虫啉	水分散粒剂	3000倍~3500倍	喷雾
	50%氟啶·啉虫脒	水分散粒剂	3500倍~4000倍	喷雾
	10%氟啶·虫酰胺	水分散粒剂	3000倍~3500倍	喷雾
	50%吡蚜·呋虫胺	水分散粒剂	3500倍~4000倍	喷雾
菜青虫	100 g/L溴虫氟苯双酰胺	悬浮剂	3000倍~3500倍	喷雾
小菜蛾	60 g/L乙基多杀菌素	悬浮剂	1000倍~1500倍	喷雾
	1%甲氨基阿维菌素苯甲酸盐	微乳剂	1000倍~1500倍	喷雾
粉虱	22.4%螺虫乙酯+17%氟吡呋喃酮	悬浮剂	1000倍~1500倍	喷雾
	30%螺虫·呋虫胺	悬浮剂	1000倍~1500倍	喷雾

6、成苗标准

6.1、甘蓝穴盘苗的株型与苗龄

为明确自动移栽机对甘蓝类蔬菜穴盘苗的作业适配要求，选用生产上广泛种植的甘蓝品种‘甜味 55’、青花菜‘耐寒优秀’和花椰菜‘雅美 80 天’开展机械移栽田间评价试验。试验于 2022 年 8—9 月在项目实施核心示范区宜兴市华汇现代农业发展有限公司生产基地进行，选用亚美柯全自动钵苗蔬菜移栽机、洋马 2ZQ-2（PF2R）全自动蔬菜移栽机和润禾 2ZBA-2 型蔬菜穴盘苗自动移栽机开展甘蓝类蔬菜的机械移栽对比试验。供试三种移栽机均为双行作业，青花菜、花椰菜和甘蓝均采用设施穴盘育苗，常规管理，苗龄控制为 4 叶 1 心至 5 叶 1 心，统计面积为 100 m²。结果如表 4 所示，三种移栽机械对青花菜和花椰菜的移栽深度合格率均高于甘蓝，其中洋马 2ZQ-2（PF2R）移栽青花菜和花椰菜的深度合格率分别达 95%和 89.3%，而甘蓝仅为 33.8%；亚美柯全自动钵苗移栽机移栽甘蓝的深度合格率最低，仅 28.1%；润禾 2ZBA-2 型移栽机表现相对最好，但也仅为 65.9%。在立苗率方面，三种机械移栽青花菜和花椰菜的表现同样明显优于甘蓝，前者立苗率达 95.3%~98.3%，而甘蓝仅为 41.7%~72.15%。漏栽率和伤苗率方面，青花菜和花椰菜亦优于甘蓝，其中青花菜和花椰菜漏栽率为 9.0%~24%，甘蓝则高达 27.7%~44.8%；青花菜和花椰菜伤苗率为 0.0%~2.7%，甘蓝则为 2.3%~9.7%，且润禾 2ZBA-2 型移栽机在这两项指标上的表现相对最差（表 4）。综上，青花菜和花椰菜在各移栽指标上均显著优于甘蓝，主要原因在于二者穴盘苗株形直立、株高适中、叶丛紧凑、茎基含水量低（图 2A），更符合自动移栽机对秧苗姿态和力学特性的要求，因而漏栽率和伤苗率较低；而甘蓝穴盘苗易徒长、开展度大、组织脆嫩（图 2B），导致漏栽率和伤苗率显著偏高（表 4）。因此，后续研究应重点加强甘蓝穴盘苗的株型控制及其与移栽机械的适配性研究。

表4 甘蓝田间机械移栽评价结果

作物	调查项目	全自动钵苗蔬菜移栽机（亚美柯）	2ZQ-2（PF2R）全自动蔬菜移栽机（洋马）	2ZBA-2 型蔬菜穴盘苗双行自动移栽机（润禾）	人工移栽
青花菜	移栽深度合格率（%）	85.0	95.0	86.3	100.0
	漏栽率（%）	13.0	24.0	9.0	0.0
	立苗率（%）	98.3	95.3	97.7	100.0
	伤苗率（%）	0.0	2.3	0.3	0.0
花椰	移栽深度合格率（%）	75.0	89.3	80.7	100.0
	漏栽率（%）	16.0	15.3	10.3	0.0
	立苗率（%）	98.0	97.3	97.0	100.0

菜	伤苗率 (%)	1.7	2.7	0.0	0.0
	移栽深度合格率 (%)	28.1	33.8	65.9	100
甘 蓝	漏栽率 (%)	42.3	41.7	27.7	0
	立苗率 (%)	44.8	41.7	72.1	100
	伤苗率 (%)	2.3	5.6	9.7	0



图2 甘蓝、青花菜穴盘苗状态和机械移栽土壤状况
A: 甘蓝; B: 青花菜。

进一步对甘蓝苗的穴盘拉伸力学特性进行分析, 结果表明, 拉伸力大小与基质含水量呈负相关, 与植株高度呈正相关, 与开展度关系不明显, 而植株开展度、下胚轴长度与株高之间呈显著相关性(表5)。试验还表明, 甘蓝苗最佳开展度为4 cm~6 cm, 株高以6 cm~10 cm为宜。拉伸起始时间与下胚轴长度呈正相关: 当下胚轴长度大于3 cm时, 提苗时间显著延长, 最长可达25.09 s, 不仅增加漏栽风险, 也降低作业效率; 下胚轴长度适宜的幼苗, 提苗时间约为5 s; 而下胚轴过短(小于1 cm)或基质含水量过高时, 提苗过程中易造成幼苗损伤率升高(表5, 图3A、B)。

表5 拉伸力与幼苗株型和基质含水量相关性分析

指标	最大拉伸力	总高	苗高	开展度	下胚轴长	基质含水量
最大拉伸力	1.00					
总高	0.51*	1.00				
苗高	0.46	1.00	1.00			
开展度	0.19	0.72*	0.76*	1.00		
下胚轴长度	0.16	0.74*	0.78*	0.93**	1.00	
基质含水量	-0.59*	-0.81**	-0.78*	-0.50*	-0.35	1.00

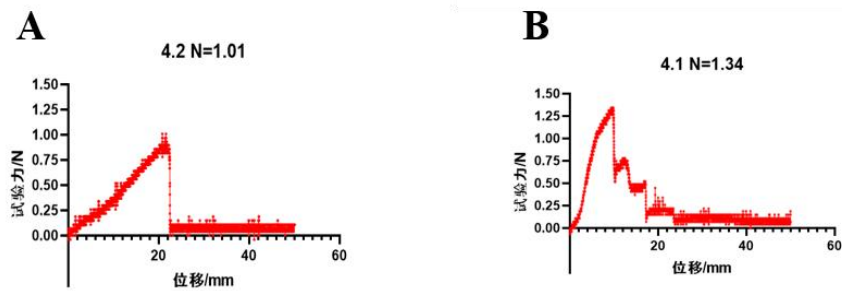


图3 不同下胚轴长度拉伸耗时情况

A: 长下胚轴, B: 短下胚轴。

甘蓝幼苗具有展幅大、叶片厚、侧根发达、易散坨等特点，其茎粗、展幅、株高等形态参数直接影响移栽机械鸭嘴钳的抓取力，进而影响机械移栽投苗率、成活率。目前移栽机对甘蓝苗的适应性有限。例如，鸭嘴式移栽机对秧苗大小具有一定适配范围，秧苗过高时在移栽过程中易发生断苗，且移栽后植株直立性较差，严重影响甘蓝定植后的成活率（山溪等，2023）。此外，苗根长过长或过短时，会出现埋苗或裸苗现象，同样不利于移栽成活。因此，选择适宜的苗龄和苗型是满足机械化移栽要求的关键。丁文忻等（2025）的研究表明，处于5叶1心期的T3处理（苗龄33 d）和T4处理（苗龄30 d）甘蓝苗与移栽机适配性较好，投苗率和移栽成活率均较高。

6.2、甘蓝穴盘苗株型调控技术探索

6.2.1、甘蓝育苗激素处理

优质甘蓝品种的幼苗较脆嫩、下胚轴长、叶片软嫩，为了获得适宜机械栽培的幼苗，开展矮壮素苗期处理的研究。选用具有自主知识产权成熟转化的扁球、牛心和圆球甘蓝品种‘苏甘 27’、‘博春’、‘苏甘 35’开展试验，采用 150 g 的 128 穴穴盘育苗，常规管理。采取两种处理方式，一种基质处理，育苗时把不同浓度的矮壮素均匀拌入基质中，处理浓度设置 3 个梯度，分别为 1.5 mg/L、2.5 mg/L、3.5 mg/L；另一种叶面喷施处理，于第一片真叶露芯期，进行矮壮素的叶面喷施，处理浓度分别为 250 mM、350 mM、450 mM。试验于江苏省农业科学院蔬菜所试验基地进行，采用常规管理，苗龄达到 5 叶 1 心时进行托盘力、苗高、苗+基质高、下胚轴长度、叶展、茎粗、苗重（鲜重）和根重（鲜重）的测定。

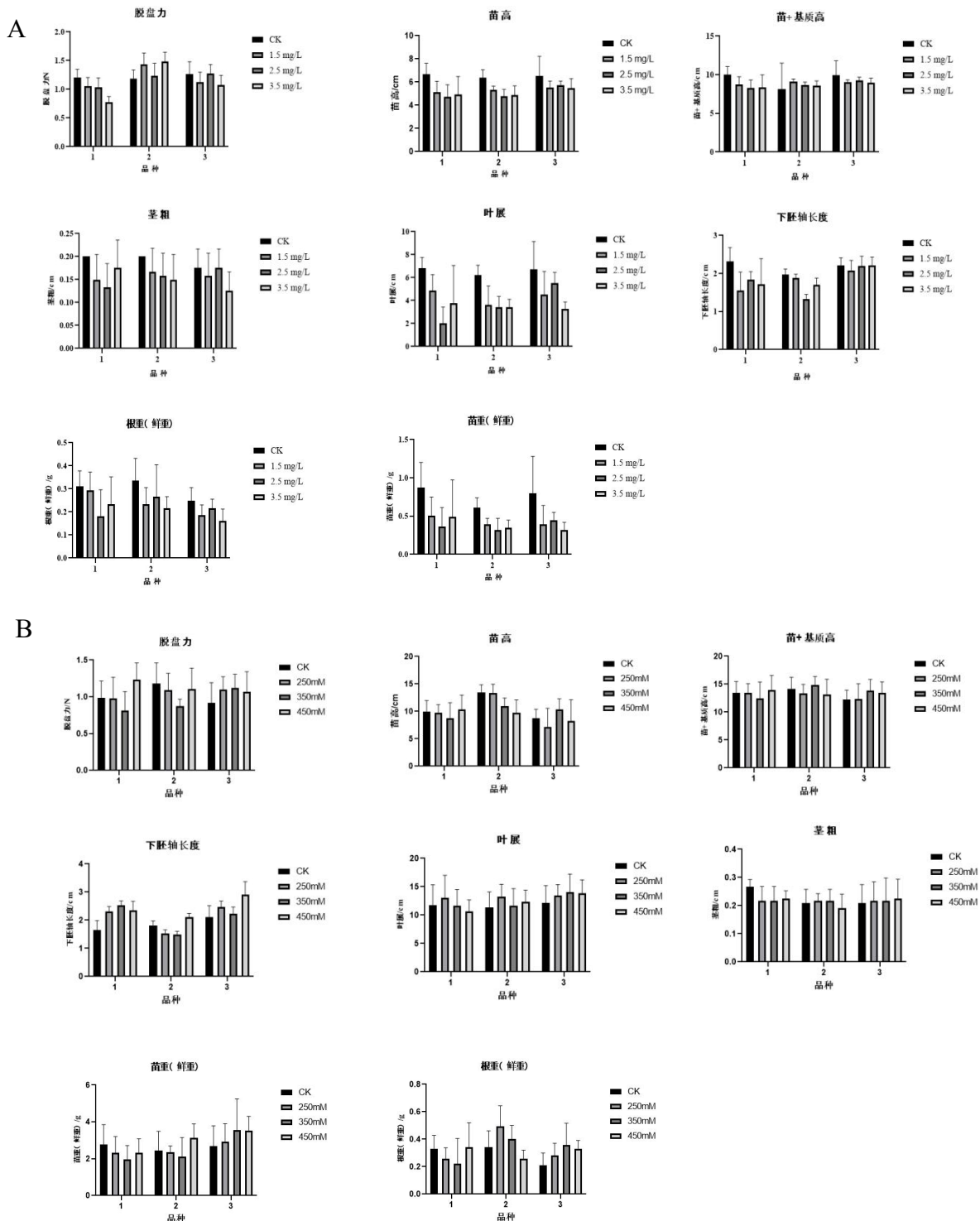


图 4 甘蓝育苗矮壮素处理宜机移栽相关指标

A: 基质处理; B: 叶片处理; CK: 水处理; 1: 苏甘 25; 2: 苏甘 27; 3: 博春。

试验结果表明，甘蓝育苗过程采用矮壮素基质处理和叶片处理对幼苗生长均有一定的影响，而且基质处理效果更加显著（图 4）。基质处理相对均匀，矮壮素浓度为 1.5 和 3.5 mg/L，‘苏甘 35’和‘博春’脱盘力降低；当浓度为 3.5 mg/L 时，‘苏甘 27’下胚轴长度小于 1.5 cm，不易机械移栽，3 个品种开展度均小于 4 cm，不易机械移栽；浓度大于 2.5 mg/L 时，‘苏甘 35’苗高小于 6 cm，‘苏甘 27’矮壮素处理后苗高达不到机械移栽要求，该品种不适宜矮壮素处理（图 4A）。因此，为了提高机械移栽立苗率和成活率，甘

蓝幼苗叶片蜡粉少、幼苗嫩弱的品种，育苗时可采用 1.5 mg/L 矮壮素拌基质处理，基质 EC 值 2.28 mS/cm，可以增加幼苗茎粗、苗重和根重，减小开展度和脱盘力。叶片喷施处理操作方便，但处理效果不显著（图 4B），需调整浓度，继续开展试验。试验结果表明，根据不同品种的幼苗生长速度和育苗季节，选用合适的激素处理浓度和处理方式，可获得适宜机械自动移栽的甘蓝苗。

6.2.2、NaCl 处理

NaCl 处理可以减缓甘蓝幼苗的生长速度，为了获得适宜机械化栽培的幼苗，针对一些甘蓝品种幼苗脆嫩、下胚轴长、叶片软嫩，开展了甘蓝苗期 NaCl 处理研究。试验首先评估了 NaCl 胁迫对甘蓝种子萌发的影响。选用具有自主知识产权成熟转化的 3 个甘蓝品种‘启夏’、‘博春’、‘苏甘 867’进行试验，通过人工模拟盐碱胁迫，研究不同浓度 NaCl 对结球甘蓝种子相对发芽率和胚芽生长量的影响。如图 5 所示，不同浓度 NaCl 胁迫不同程度地抑制甘蓝种子的萌发，而且抑制胚芽的生长，三个品种耐受 NaCl 的极限浓度为 257.58 mmol · L⁻¹。NaCl 处理甘蓝种子萌发会抑制胚芽生长，使其生长缓慢，当浓度达到 50 mmol · L⁻¹时，种子发芽率也降低，因此育苗时如采用 NaCl 处理基质，浓度需小于 50 mmol · L⁻¹，50 mmol · L⁻¹ NaCl 处理基质，基质 EC 值为 2.47 mS/cm。

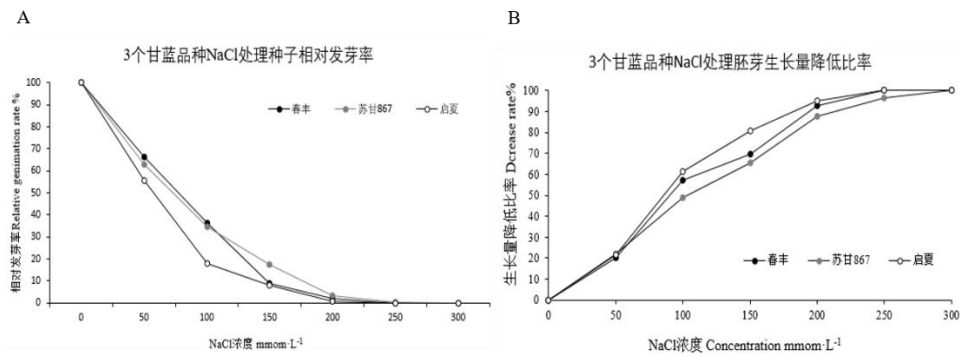


图5 NaCl处理对3个甘蓝品种种子萌发的影响

A: 相对发芽率; B: 生长量降低比率。

选用 3 个甘蓝品种‘启夏’、‘博春’、‘苏甘 867’，在 3 叶 1 心时喷施不同浓度的 NaCl 溶液（0‰、3‰、5‰、8‰、12‰、18‰），每天喷施 1 次，连续喷施 1 周，当幼苗达到 4 叶 1 心时，测定地上部分鲜重。结果表明，3‰、5‰和 8‰均可使幼苗生长减缓，其中 3‰减缓幅度大于 5%（图 6）。综合考虑幼苗健康和生长的均衡，选用 5‰NaCl 处理最佳。

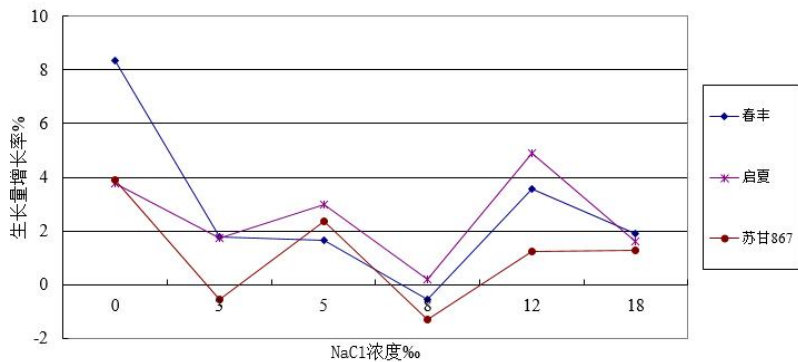


图6 NaCl处理3个甘蓝品种幼苗生长量增长率

6.3、甘蓝穴盘苗成苗标准的确定

围绕适配机械化移栽的甘蓝幼苗株型培育，团队也开展了系统研究。团队前期研究表明，适宜机械移栽的甘蓝秧苗应具备植株健壮、大小一致、苗高7 cm~14 cm、4片~6片真叶、根系发达成坨、无病虫害等特征（王神云等，2020）。在此基础上，团队于2022—2023年进一步开展相关研究，利用优异种质资源配制甘蓝F1杂交种和已育成的具有自主知识产权的品种，进行育苗和田间机械采收试验，同时对其宜机栽培农艺性状进行评价和调查，结合其他园艺性状进行品种选育。共选用11个甘蓝品种，于7月23日—8月20日在宜兴核心示范区进行苗期试验，采用常规管理，在5叶1心期进行开展度、株高、下胚轴长测量、抗霜霉病和猝倒病调查。如表6所示，11个品种中 F22009、F22030、F22031、F22033、F22034、苏甘35、苏甘27共7个品种抗霜霉病和猝倒病，结合下胚轴长度、幼苗开展度和幼苗高度性状，苏甘27穴盘苗幼苗高度达到11.2 cm。田间机械采收试验结果表明，机械采收过程中前端作业器具需将整个植株拔起并经传输装置送入收集筐，因此对甘蓝的单球重和球型提出了明确要求。球型为扁球或牛心型且叶片较薄的品种不适宜后期机械采收，其外叶在作业过程中易受损，产品损耗较大；单球重小于1.0 kg的品种不易被机械抓取，且影响产量，而单球重大于2.0 kg的品种则因植株过大不易拔起。因此，单球重介于1.0kg~2.0 kg之间的品种更适合机械化采收。

表6 甘蓝新品种农艺性状调查结果

编号	幼苗高 (cm)	幼苗 开展度 (cm)	下胚轴 长度 (cm)	苗期 霜霉病	苗期 猝倒病	成株 开展度 (cm)	叶硬 度	球 型	单球重 (kg)
F22008	5.8	5.8	2.1	抗	耐病	57.9	中	圆	1.25
F22009	6.1	6.6	2.2	高抗	抗	60.8	中	圆	1.45
F22030	5.2	5.5	2.0	高抗	高抗	58.6	厚	圆	1.23
F22031	5.4	4.0	1.8	抗	抗	55.9	中	圆	1.12
F22033	5.2	5.2	1.8	高抗	抗	57.3	中	圆	1.42
F22034	6.0	5.2	2.0	抗	抗	56.8	厚	圆	1.21
F22094	7.0	9.1	2.0	耐病	耐病	58.7	中	圆	1.35
苏甘 35	7.0	10.1	2.2	抗	抗	62.3	中	圆	1.56
甜味 55	7.6	9.8	2.6	耐病	耐病	55.8	中	尖	0.75
博春	7.8	11.4	3.1	耐病	感病	60.3	中	尖	0.85
苏甘 27	11.2	11.4	1.5	高抗	高抗	71.2	厚	扁	1.86

注：霜霉病抗性鉴定参考于利等（2013）；猝倒病抗性鉴定参考杨宏（2022）。

通过田间机械移栽试验发现，自动移栽机对甘蓝幼苗质量要求较高。首先，应优先选择抗霜霉病和猝倒病的品种；若使用感病品种，则需在育苗阶段加强管理，严格控制病害发生。其次，叶片过薄、开展度过大或下胚轴过长的品种会降低移栽质量，可通过苗期调控措施（如激素或轻度盐胁迫处理）改善幼苗株型，以满足机械移栽要求。在机械采收方面，圆球型品种更具适宜性，同时要求品种抗病性和耐逆性强、植株直立性好，种植密度需与采收机械相匹配，并保持品种一致性。最终综合田间试验与评价结果，明确了自动移栽机对甘蓝钵苗的基本质量要求：在4片~6片叶龄阶段，秧苗应生长健壮、大小均匀、株形直立，株高6 cm~10 cm，开展度4 cm~6 cm，叶柄较短、叶片肥厚、叶丛紧凑，根坨紧实，无病虫害。

唐玉英等（2024）指出，苗龄约40 d、苗高8 cm~12 cm、5片~6片真叶、叶片肥厚、茎部粗壮且节间短的甘蓝秧苗，更有利于机械移栽作业。行业标准《NY/T 4073—2022 结球甘蓝机械化生产技术规程》提出，适宜机械化生产的秧苗应具备子叶完整、叶色深绿、茎秆粗壮、株型紧凑、生长整齐、根系发达且盘根性好、无病虫害等特征，并明确苗高6 cm~12 cm、真叶数4片~5片、苗冠直径3 cm~6 cm、根冠比0.11~0.30、散坨率小于5%。

结合团队生产实践与文献资料结果，本标准提出：秧苗质量要求苗龄4叶1心~5叶1心，植株大小均匀，株形直立，株高6 cm~10 cm，苗冠直径4 cm~6 cm，根冠比0.11~0.30，叶柄短、叶片肥厚、叶丛紧凑，根系发达成坨、无病虫害，散坨率不超过5%。

7、主要技术指标验证

7.1、适宜机械化移栽的甘蓝穴盘育苗及机械化移栽技术总结

甘蓝育苗基质选育上述研究中的2号基质、穴盘选用适宜机械移栽128穴或者其他机械移栽的配套穴盘，育苗基地铺设防草黑膜，采用高度为1 m的微喷设施，便于管理。苗期管理，播种后10天左右，适当控制水分，促进叶面有蜡粉产生；幼苗到4叶1心时，根据苗情，适当补施叶面肥；到25天~30天，移栽前2天~3天时，适当控制水分，保证基质水分不高于50%，既保证幼苗正常生长，又要让根系及早成坨，达到机械移栽的要求。

移栽田块的土壤含水率和疏松度是提高移栽合格率、立苗率的必要条件，移栽前10天，应确保移栽田块的土壤含水率不高于30%。机械化耕整地及开沟起垄作业，并在移栽前3天使用简易装置喷施除草剂。

可采用新型研制多行自动移栽机进行移栽。可以进行平地移栽，也可以起垄移栽，起垄机起垄，垄宽2 m，4行移栽。移栽后利用滴灌或黑膜下滴灌，移栽后浇足定根水，根

据土壤墒情和天气情况适时进行浇水，移栽后 1 个月左右施用速溶肥料，建立水肥一体化技术体系，根据品种特性及目标产量明确最佳施肥种类，结球初期前以氮肥为主，结球初期后氮、磷、钾平衡施肥，结球中期后不需施肥。

7.2、应用验证

本标准所提出的技术参数于 2023—2024 年在淮安、宜兴、如皋等地开展了点多多批次的应用验证。结果表明，按照本标准培育的甘蓝秧苗在各项质量指标上均表现优良，能够有效支撑甘蓝机械化移栽过程中的高效率作业与低损伤要求。各次验证结果详述如下。

2023 年 9 月，4 行蔬菜穴盘苗自动移栽机在淮安试验基地开展了大田试验，试验场地经过旋耕整平处理，进行平地移栽，移栽速率达到 7800 株/小时，取苗成功率 $\geq 95\%$ ，取苗损伤率 $\leq 2\%$ ，栽植深度 60 mm，栽植深度合格率 $\geq 91\%$ ，整体移栽合格率 $\geq 90\%$ 。

2023 年 10 月，4 行蔬菜穴盘苗自动移栽机在南京设施蔬菜机械化实验基地开展了温室大棚试验，试验场地经过旋耕起垄处理，垄高 250 mm，垄顶宽 1400 mm。移栽速率达到 8200 株/小时，取苗成功率 $\geq 95\%$ ，取苗损伤率 $\leq 2\%$ ，栽植深度 50 mm，栽植深度合格率 $\geq 97\%$ ，整体移栽合格率 $\geq 94\%$ 。

2023 年 11 月，4 行蔬菜穴盘苗自动移栽机在江苏宜兴周铁镇中新村开展了大田试验，试验场地经过旋耕整平处理，进行平地移栽，移栽速率达到 7800 株/小时，栽植深度 60 mm，取苗成功率 $\geq 95\%$ ，取苗损伤率 $\leq 2\%$ ，栽植深度合格率 $\geq 92\%$ ，整体移栽合格率 $\geq 91\%$ 。

2024 年 8 月，4 行蔬菜穴盘苗自动移栽机在江苏如皋开展了大田现场试验，试验场地经过旋耕起垄处理，垄高 250 mm，垄顶宽 1400 mm。移栽速率达到 8000 株/小时，取苗成功率 $\geq 95\%$ ，取苗损伤率 $\leq 2\%$ ，栽植深度 60 mm，栽植深度合格率 $\geq 95\%$ ，整体移栽合格率 $\geq 94\%$ 。

综合以上多地区、多场景的应用试验结果，本标准所规定的技术参数在不同土壤条件、不同栽培模式下均表现出良好的适用性和可行性，能够为甘蓝机械化移栽提供稳定可靠的技术支撑。

（二）预期效果

1、经济效益：显著降低对传统人力的依赖，预计可减少约 15%的人工投入；同时，后续机械化操作使移栽效率提升至原来的两倍，有助于节约生产成本、提高作业规模与产出效益。

2、社会效益：该技术大幅降低了后续生产环节中对劳动力的依赖程度，从而有效缓解因劳动力老龄化及农业从业人口不足所引发的社会难题，为农业可持续发展和乡村振兴提供有力支持。

3、生态效益：该技术能够减少传统农事操作对土壤结构的破坏与污染，降低农药使用量，减轻农业面源污染，从而对改善空气质量与维护土壤健康产生积极影响，整体提升农业生态效益。

五、与现行法律法规和国家标准的关系

本标准涉及内容未违反任何相关的法律法规及强制性标准，其中的部分内容参考、借鉴、引用了有关国家和行业标准，包括：《蔬菜病虫害安全防治技术规范 第4部分：甘蓝类》（GB/T 23416.4）、《绿色食品 产地环境质量》（NY/T 391）、《绿色食品 农药使用准则》（NY/T 393）、《蔬菜集约化育苗场建设标准》（NY/T 2442）、《塑料育苗穴盘》（NY/T 4203）、《NY/T 4073-2022 结球甘蓝机械化生产技术规程》。

六、实施推广建议

1、实施对象

对育苗企业、家庭农场、专业合作社等新型农业经营主体，推荐实施本标准。

2、作为强制性标准或推荐性标准的建议

本标准并不涉及有关国家安全、保护人体健康和人身财产安全、环境质量要求等有关强制性地方标准或强制性条文等的八项要求之一，因此建议作为推荐性标准发布实施。

3、推广实施建议

- （1）建立标准实施示范区，提升标准的影响力。
- （2）加大宣贯力度，提高相关单位执行标准的意识和能力。

七、起草单位、起草人员信息及分工

序号	姓名	单位名称	职务/职称	分工
1	李建斌	江苏省农业科学院	研究员	试验设计和标准起草
2	曾晓萍	江苏省农业技术推广总站	研究员	组织协调和标准起草
3	王神云	江苏省农业科学院	研究员	水分管理研究
4	余方伟	江苏省农业科学院	副研究员	育苗基质筛选和标准起草
5	马金骏	江苏省农业技术推广总站	副研究员	全自动移栽试验
6	张伟	江苏省农业科学院	副研究员	温度管理研究
7	山溪	江苏丘陵地区镇江农业科学研究所	助理研究员	病虫害防控
8	王桂楼	淮安市农业技术推广中心	高级农艺师	标准推广应用

9	李鹏程	江苏益禾农业科技有限公司	助理农艺师	标准推广应用
---	-----	--------------	-------	--------

参考文献

- [1] 丁文忻,李建设,高艳明,等.不同苗龄甘蓝机械化移栽效率比较[J].中国瓜菜,2025,38(11):193-200.
- [2] 山溪,秦文斌,戴忠良.宜机移栽甘蓝品种对比试验[J].蔬菜,2023,(05):69-71.
- [3] 唐玉新,殷晓丹,吴海明,等.无锡地区适合机械化移栽花椰菜穴盘育苗技术规程[J].江苏农业科学,2016,44(12):222-224.
- [4] 唐玉英,施颖红,吴珏,等.上海市露地甘蓝全程机械化栽培技术[J].中国农技推广,2024,40(04):68-69.
- [5] 王神云,曾晓萍,马金骏,等.水果甘蓝甜味 55 的露地机械化规模化栽培技术[J].上海蔬菜,2020,(02):17-18+26.
- [6] 杨宏.宁夏银川地区番茄猝倒病病原菌的鉴定、抗病性鉴定方法的研究及种质资源的抗病性评价[D].宁夏大学,2022.
- [7] 于利,黄建新,王红,等.结球甘蓝霜霉病抗性鉴定与遗传分析[J].华北农学报,2013,28(03):193-198.
- [8] 张浩然.不同菌剂、穴盘、品种、苗龄、给肥方式下甘蓝幼苗对机械化移栽的适配性研究[D].宁夏大学,2024.
- [9] 赵景文,李凯,李治国,等.适合机械化移栽的露地甘蓝穴盘育苗技术规程——以北京地区为例[J].农业工程,2017,7(S1):90-92.