

王泽宇, 冷锁虎, 张宇, 等. 油菜毯状苗育苗移栽技术研究进展[J]. 江苏农业学报, 2023, 39(5): 1247-1255.
doi: 10.3969/j.issn.1000-4440.2023.05.018

油菜毯状苗育苗移栽技术研究进展

王泽宇, 冷锁虎, 张宇, 周祥宇, 龚陈虎, 左青松, 杨光

(扬州大学农学院/江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009)

摘要: 随着中国长江中下游水稻-油菜轮作茬口矛盾的日益突出和油菜种植面积的逐年减少, 油菜育苗移栽相对直播更能适应生产情况, 但在育苗和移栽机械上还存在很多问题。油菜毯状苗育苗移栽技术攻克了育苗技术和移栽机械的难题, 在示范区应用效果显著, 并在多地大面积推广。本文对油菜毯状苗的配套育苗技术和旱地移栽技术进行了综述, 同时结合相关研究进展, 讨论了毯状苗移栽的油菜在研究和生产中存在的问题, 并对油菜毯状苗的育苗移栽技术和研究方向进行了展望。

关键词: 油菜毯状苗; 育苗技术; 旱地移栽技术; 研究进展

中图分类号: S565.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4440(2023)05-1247-09

Research progress on seedling transplanting technology of rapeseed blanket-like seedlings

WANG Ze-yu, LENG Suo-hu, ZHANG Yu, ZHOU Xiang-yu, GONG Chen-hu, ZUO Qing-song, YANG Guang

(College of Agronomy, Yangzhou University/Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou 225009, China)

Abstract: With the increasing of prominent contradiction in rice-rapeseed rotation in the middle and lower reaches of the Yangtze River in China and the decrease of rapeseed planting area year by year, rapeseed seedling transplanting is more suitable for production situation than direct seeding, but there are still many problems in seedling breeding and transplanting machinery. The rapeseed blanket-like seedling transplanting technology has overcome the problems of seedling technology and transplanting machinery, and has showed significant effect in the demonstration area, and has been widely promoted in many places. In this paper, the supporting seedling breeding technology and dryland transplanting technology of rapeseed blanket-like seedlings were reviewed, and the problems in the research and production of blanket-like seedling transplanting rapeseed were discussed in combination with the relevant research progress, and the seedling transplanting technology and research direction of rapeseed blanket-like seedlings were prospected.

Key words: rapeseed blanket-like seedlings; seedling technology; dryland transplanting techniques; research progress

收稿日期: 2022-12-26

基金项目: 江苏省重点研发计划项目 (BE2020317)

作者简介: 王泽宇 (1999-), 男, 江苏镇江人, 硕士研究生, 研究方向为油菜栽培生理。 (E-mail) 18252746756@163.com

通讯作者: 冷锁虎, (E-mail) oilseed@yzu.edu.cn

稳定、扩大油料作物种植面积是保障中国油料供给安全的重要途径, 而油菜是中国重要的油料作物之一。长江中下游是冬油菜主产区, 同时也是水稻重要产区, 通常进行稻油轮作。若前茬水稻收获较早, 则留给油菜的种植时间充裕, 一般

进行直播;若前茬水稻收获较迟,则会错过油菜的适宜播种时间,此时直播会影响产量,因此多采用育苗移栽。油菜直播有利于实现机械化播种,在配套管理措施下产量较高。长江中下游地区种植的水稻茬口较迟,等收割结束时已错过直播油菜的播种期,此时直播极易减产,因此油菜种植多采用移栽的种植方式。油菜移栽能充分利用温光资源、缓和茬口矛盾,确保粮油兼收^[1-2]。人工移栽虽然成本低,移栽质量高,但是劳动力投入多,效率低下;而传统的机械移栽虽然在一定程度上提高了移栽效率,但是配套机械只能半自动,还需要人工喂苗等,且常规培育的油菜苗规格不一,排列杂乱,很难在保证移栽质量达标的同时提高效率。油菜毯状苗育苗移栽技术可以满足移栽机械全自动化的要求。使用油菜毯状苗育苗技术,可以在水稻标准秧盘内成功地培育出密度高、成毯性好、矮壮的油菜苗;与之匹配的油菜毯状苗移栽机械则实现了自动供苗和高速分插。油菜毯状苗育苗移栽技术实现了农艺与农机的高效结合,与传统育苗移栽技术相比优势明显,茬口适应性和气候适应性更强,自动化程度更高,机械收获适应性更好,技术应用投入更少^[3]。研发团队多年来一直在长江中下游地区多地示范推广并不断总结生产经验,优化、完善相关育苗及移栽技术。

1 油菜毯状苗育苗技术

油菜毯状苗育苗技术是在水稻旱地育秧的模式基础上,通过改良基质、种子化控、播量设置以及调整播种期等一系列技术手段,实现在水稻秧盘中培育出高质量、适宜机械移栽的油菜毯状苗。理想的毯状苗要求株型矮壮,根系发达能盘结成毯,苗龄适中,没有病虫害^[4]。

1.1 育苗基质

基质是秧苗生长的介质,是育苗技术的关键环节之一。基质可以根据不同植物的需求供应足够的水分和养分,最大程度满足其对水肥的需求,提供稳定协调的水肥条件,目前在生产上被广泛应用^[5-6]。不同植物的种子萌发和生长特性都不一样,而同一植物的不同生长阶段也会在透气性和水养供应等方面有不同的需求^[7]。赵鹏^[7]的试验结果表明,当育苗基质的配比不同时,玉米、花生等作物的种子萌发和生长也会有明显不同,且萌发期和生长期的适宜

基质配比也不相同。柯瑗^[8]的研究结果表明,基质土和大田土体积比8:2为最佳基质配比,此时水稻秧苗生长较快,且多为壮苗。尹福强等^[9]的研究结果表明,按50%河沙、30%锯木灰、20%煤渣配比混合3种基质进行育苗,烟草幼苗根系更发达,素质更优。油菜育苗的周期相对较长,基质中养分的组成和含量可能显著影响油菜毯状苗的质量。

在基质中施入适量的养分能改善植株的营养状况,提高存苗率和秧苗素质。刘宗立等^[10]的研究结果表明,在基质中加入适量的肥料能明显提高幼苗的质量,但肥料用量过多会影响植物出苗率和幼苗生长速度。张婷宇等^[11]的研究结果表明,油菜毯状苗基质育苗时,在常规蔬菜育苗基质中掺入过筛细土,使其与基质体积比为3:7时育成的油菜毯状苗更符合壮苗标准。周祥宇等^[12]的研究结果表明,在每盘蔬菜育苗基质中施用磷酸氢二铵量为6 g时,油菜毯状苗的成苗质量更高。刘雪慧等^[13]的研究结果表明,在基质中拌入烯效唑质量浓度为33.7 $\mu\text{g/L}$ 时,对油菜毯状苗壮苗的促进作用最为明显,且育出的苗适宜机械移栽。冯倩楠等^[14]的研究结果表明,在每盘基质中拌入硫酸铵量为4.37~4.62 g时,油菜毯状苗苗高适宜,每盘存苗数稳定,各项指标都能满足机械移栽要求。刘雪慧^[15]的研究结果表明,在1 L基质中拌入0.6 g磷酸氢二铵、1.0~1.5 g硫酸铵时,油菜毯状苗存苗数最稳定,且苗体形态指标适宜,个体素质与群体质量都好。油菜作为一种旱地作物,在进行基质育苗时所选用的基质成分与蔬菜基质类似,主要成分为草炭、椰糠、蘑菇渣、蛭石等。在实际生产中,使用常规蔬菜基质或水稻育苗基质进行油菜毯状苗育苗时养分含量不足,可在基质中拌入硫酸铵0.8 g/L、5%烯效唑0.5 mg/L、磷酸氢二铵0.3 g/L来促进毯状苗生长。目前已经有油菜毯状苗专用基质,可直接使用专用基质进行育苗。适宜油菜毯状苗育苗的基质含水量为40%左右,pH值为6.3左右,总孔隙度为60%以上,容重为0.4~0.6 g/cm^3 ,有机质含量为30%~35%,电导率为1.5 mS/cm,总养分($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5+\text{K}_2\text{O}$)含量为3.2%。

1.2 种子化控

油菜毯状苗进行机械化移栽的前提是育成的苗符合机栽的壮苗标准,而种子化控能为培育毯状苗壮苗奠定重要基础。种子化控,实际上就是通过化

学手段对种子进行调控,人为干预种子的新陈代谢,调节种子的萌发时间、发芽率和发芽势,控制作物的生长发育,达到构建高产群体的目的。生长调节剂可以促进或抑制植物生长发育过程中的某些环节,使其向人类预期的结果发展。烯效唑是一种高活性的生长调节剂,可以控制营养生长,抑制细胞伸长,缩短节间,矮化植株,防止“高脚苗”、“弯颈苗”的出现^[16],此外还能促进侧根生长,有利于油菜毯状苗根系盘结成毯。油菜植株含水量多,易受冻害,而烯效唑处理后的油菜越冬时受冻害程度明显降低^[17],菌核病的发病率和发病程度相对也较低^[18]。

高建芹等^[19]以宁杂 31 号为供试材料进行室外盆钵试验,研究表明,使用质量浓度为 15~20 mg/L 的烯效唑浸种 1~2 h,可以培育出株型矮壮、叶龄合适的油菜毯状苗,实现工厂化生产。王俊等^[20]以宁杂 1818 和扬油 9 号为供试材料进行试验,结果表明,将 2.0~2.5 ml 的种子处理剂溶液(种子处理剂组分:5%烯效唑 5 g/L,七水硫酸亚铁 142 mg/L,硫酸镁 294 mg/L,硼酸 0.6 mg/L,硫酸锌 0.6 mg/L,硫酸锰 0.6 mg/L,溶剂为水)拌入 100 g 油菜种子进行处理能显著提高出苗率和存苗率。黄少华等^[21]的研究结果表明,使用质量浓度为 50 mg/L 多效唑和烯效唑浸种 4 h 后,油菜苗的缩茎段和叶柄伸长段生长被明显抑制,有利于油菜苗移栽前的叶片生长。刘雪慧^[15]的研究结果表明,用 3 ml 质量浓度为 50 mg/L 的烯效唑对 100 g 油菜种子进行拌种处理能明显抑制油菜的根茎段伸长,防止“高脚苗”的形成,提高毯状苗的成苗率,为壮苗培育奠定基础。油菜籽属于薄皮种子,烯效唑浸种会导致种子吸收过多烯效唑,不利于萌发后的地上部生长。结合目前油菜毯状苗的育苗现状和实际生产情况,应尽量选用株型矮壮、根系发达且发芽率在 85% 以上的油菜品种,在育苗前可以采用 5% 烯效唑 5 g+水 1 kg 对 30~50 kg 油菜种子进行拌种处理。

1.3 播种密度

作物进行移栽的前提是育苗质量达到标准,而油菜毯状苗进行高效机械移栽的育苗要求是根系盘结成毯。油菜和水稻根系不一样,是直根系作物,因此育苗时在促进侧根生长的前提下,需要增加播种密度才能成毯。秧苗生长在固定大小的育秧盘内,生长空间受限,高密度会加剧油菜群体中的个体间竞争,抑制个体生长,进而影响群体,

造成恶性循环^[22]。毯状苗育苗密度大时,群体数增加,成毯性好,但易出现秧苗个体质量差、苗体细长、高脚苗、烂苗、死苗等问题;育苗密度小时,虽然减缓了个体间的养分竞争,但存苗数会相对降低,根系不易盘结成毯,机械移栽时易造成空穴,移栽密度降低,产量也会随之降低。因此只有确定合适的播种密度,才能在保证油菜毯状苗群体生长发育的同时尽量减少个体间的恶性竞争,使其在移栽前能更加高效地利用光热资源^[23],以达到机械移栽要求的壮苗标准。

张含笑等^[4]的研究结果表明,播种密度在 800 粒/盘时,能培育出合适的油菜毯状苗壮苗。朱庆洋等^[24]根据实际生产的移栽需求,对毯状苗的播种密度与存苗数进行回归分析,结果表明,播种量为 700~750 粒/盘时理论存苗数最多。刘雪慧^[15]的试验结果表明,在生产上选择 650~680 粒/盘的密度进行播种时,死苗数最少,且毯状苗个体素质最强。黄少华等^[25]认为在生产上 1 张秧盘播 400 穴,每穴播 2~3 粒种子较为合适。在实际育苗中,油菜毯状苗要兼顾幼苗个体素质和群体成毯性,在保证出苗率达到标准的前提下,播种量可以控制在 660~800 粒/盘,根据移栽需求和油菜品种特性来控制播种密度,确保后期毯状苗密度达到 500~600 株/盘。

1.4 播种期

播种期是影响油菜生长发育的重要因素之一,与油菜产量的形成有很大关联。播种期影响油菜生长是通过不同的日照时数和积温条件起作用的,而播种期的不同会影响到油菜生长期所需的光照和积温,最终影响油菜产量^[26]。播种期过晚,会造成出苗慢、存苗率低、苗体质量差、生育期缩短等问题,会造成移栽期过晚,出现“田等苗”的现象,导致越冬前幼苗生长不足;播种期过早,则会导致育苗时间过长,毯状苗生长后期受秧盘空间影响而加剧苗株竞争,存苗率降低,秧苗素质变差。因此只有确定合理的播种日期,适期播种,才能充分利用冬前积温高、日照充足等有利的光温生态条件,满足油菜生长发育的环境需求,获得足够的营养生长时间,充分发挥油菜毯状苗的增产潜力。

熊洁等^[27]的研究结果表明,育苗移栽的油菜在 9 月 20 日播种时,产量最高。谢国强等^[28]也进一步证实了这一结果。张宇等^[29]的研究结果表明,9 月 15 日~9 月 25 日播种的油菜农艺性状表现最佳,

符合毯状苗机械移栽要求。王云华等^[30]认为,在 9 月下旬至 10 月上旬播种时,育出的毯状苗适合机械移栽。张含笑^[31]的试验结果表明,播种期在 9 月 18 日-9 月 25 日最合适,要达到高产栽培的目的,则最迟要在 9 月底前播种。播种期的选择需要根据当地实际生产情况和历年积温数据动态安排,以做到适期播种,使油菜在生育期能充分利用光温条件,保证油菜毯状苗的稳产、高产。长江中下游地区油菜品种一般以甘蓝型杂交品种和白菜型普通品种为主,而毯状苗育苗对品种并没有特定要求。油菜生长的起始温度为 3℃ 左右,毯状苗从播种到出苗所需的有效积温在 100℃ 左右,在出苗后每生长 1 张完整叶片则需要 117℃ 左右的有效积温,而合格的油菜毯状苗一般移栽前叶龄为 5~8 叶,可以据此在保证叶龄达标的情况下,结合各地的历史积温数据推算出从播种到移栽所需的天数,确定最适播种期。综合考虑移栽前毯状苗的生长状况,最适播种期为 9 月中下旬。

1.5 肥料运筹

肥料施用能保证作物的稳产和高产,一直是作物栽培领域的重要研究方向之一。一般来说,油菜相比于禾谷类作物,对营养元素的需求量更多^[32],氮肥、磷肥、钾肥的施用都能明显提高油菜的产量^[33],其中氮肥效果最为显著,施用充足的氮肥可以显著促进油菜的植株生长和角果数增多,进而提高产量^[34]。油菜毯状苗在秧盘中育苗,生长前期的生长空间和营养供给有限,幼苗的营养吸收能力较弱,不利于形成壮苗。因此油菜毯状苗育苗期间需要适当的氮肥运筹来促进生长发育,度过生长关键时期。

现有的育苗期间补肥方式通常有直播撒施和叶面喷施 2 种。油菜毯状苗育苗时密度相对较大,苗也较弱,需肥量与大田相比更高。油菜苗叶片较大,直播撒施难以控制肥量和均匀度,肥料落不到基质上,不易被根部吸收,施肥量过少则毯状苗吸收不到足够养分,施肥量过多则大部分撒在叶片上,易造成烧苗,因此油菜毯状苗育苗时采用将肥料按比例溶于水后叶面喷施的方法。黄少华等^[25]认为应在出苗期 1 盘追施 0.5 g 尿素,一叶一心时 1 盘施尿素 1.0 g,之后根据毯状苗生长发育情况灵活调整肥料施用量。张婷宇^[35]以宁杂 118 为供试材料,研究了起身肥对由毯状苗移栽的油菜生长及产量的影

响,结果表明,移栽前 1 盘油菜苗在叶面喷施 1.5 g 氮肥能显著改善油菜各种农艺性状,提升氮素积累量和籽粒品质及产量。王云华等^[30]也认为 1 盘油菜毯状苗移栽前适宜喷施 1.0~2.0 g 的氮肥。根据油菜毯状苗育苗的实际情况,一般 5~7 d 补 1 次氮肥,尿素溶液含量控制在 0.5%~0.8%,具体根据毯状苗叶片颜色适时喷肥。为了提高油菜毯状苗的生长量以达到壮苗标准,促进栽后生长,可以在一叶一心时 1 盘油菜毯状苗追施尿素 1.0 g,移栽前 1 d 喷施氮肥 1.5 g。

1.6 育苗标准

油菜毯状苗育苗的最终目的是为了实现高效率的机械移栽,而毯状苗育苗的特殊方式与传统油菜育苗方式相差较大,移栽前成苗密度大,个体较小,因此对育成幼苗的素质要求更为严格。油菜毯状苗育苗变大苗为小苗,是油菜轻简化高效栽培的体现,但是小苗相对更容易受到生长规律和外界环境的影响,若生长过高,则会形成高脚苗,易倒伏且易死苗;苗龄过大或过小,都会影响移栽后的生长和后期的产量;若根系不够发达,则会导致毯状苗不能成毯,不适合机械移栽。因此只有培育出合适的毯状苗壮苗,才能保证栽前的生长和栽后的返青活棵,最终提高产量。

育苗的壮苗标准随作物和育苗方式的不同相应变化。刘春义^[36]认为水稻机插秧用苗应整齐一致,群体质量均衡,个体间差异小,无病虫害,根系发达,盘结牢固,单株白根多。黎武生等^[37]认为油菜常规人工育苗的壮苗应根颈粗短,株型矮壮,主根粗,细根多,无病虫害。王建平等^[38]认为育苗移栽的油菜移栽前应达到苗龄 30~40 d,苗高 20~23 cm,绿叶 6~7 张。赵敏等^[39]认为油菜毯状苗应按照“高密度、盘根成毯、矮壮健”的标准来培育,苗龄 3.5~4.0 叶,苗高 8~10 cm。油菜毯状苗的机械高效栽插基础在于育苗的成功,育成壮苗则能显著提高成活率和产量。经过不断的研究和实践,油菜毯状苗的育苗标准更为细化,育成的壮苗应做到群体分布均一,存苗率高,秧盘空格率低于 10%;株型矮壮,茎秆直立,颜色发紫,株高为 8~12 cm,缩茎段不伸长,根颈粗短,颈部直径 1.8 mm 以上,根颈长 1.6~1.8 cm;根系发达,细根、白根多,秧盘内根系盘结成毯,双手托起而不会断裂,根冠比 0.11 以上;苗龄适中,在 30 d 以上,移栽前叶龄 5~8 叶,绿叶数 3.0~4.5 张,

叶片颜色浓绿,长宽比在 1.2 以下;个体健壮,无病虫害危害。

2 油菜毯状苗移栽技术

油菜毯状苗机械化移栽技术是利用改进后的乘坐式水稻高速插秧机实现油菜毯状苗移栽作业的一项轻简高效的移栽技术。

2.1 移栽机械发展历程

中国从 20 世纪 60 年代开始研发改造油菜移栽机械,一般通过改造其他作物移栽机械来进行油菜移栽。1980 年以来,中国先后开发了钳夹式、输送带式、吊篮式、导苗管式、挠性圆盘式等类型的移栽机具^[40-45]。2006 年,江苏省曾经引进日本蔬菜穴盘苗自动移栽机,改进后用来进行油菜移栽^[46];2007 年,2ZY-2 型油菜移栽机研制成功^[47];2008 年,2ZQ-4 型油菜移栽机开发成功并产品化^[48];2013 年,2ZY-4 型油菜移栽机研制成功^[49](图 1)。传统油菜移栽机械主要为半自动型,结构简单,还需要人工喂苗,效率较低,伤苗率高,且没有配套的育苗技术,农机与农艺结合不足。

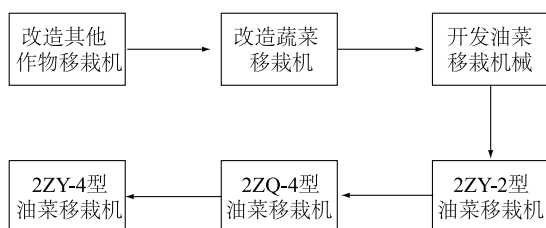


图 1 传统油菜移栽机发展历程

Fig.1 Development process of traditional rapeseed transplanting machine

2013 年,农业农村部南京农业机械化研究所对水稻插秧机的改装取得成功,研发出一种油菜专用移栽机^[50];在 2020 年又创制成功了 2ZY-6 型油菜毯状苗自走式移栽机和 2ZLY-6 型牵引式油菜移栽联合作业机^[51];2021 年,该所创制出 2ZGK-6 型联合移栽机,实现了耕地、整地和油菜移栽一体化,能够在耕地、整地时同步进行移栽^[52](图 2)。新型油菜移栽机械在相关技术的支撑下多为全自动移栽机,有配套的油菜育苗方法,能供给适合机械移栽的油菜毯状苗,相较于传统的油菜移栽机更为省时省工,切块栽插、覆土镇压等功能更为齐全,移栽效率大大提高。

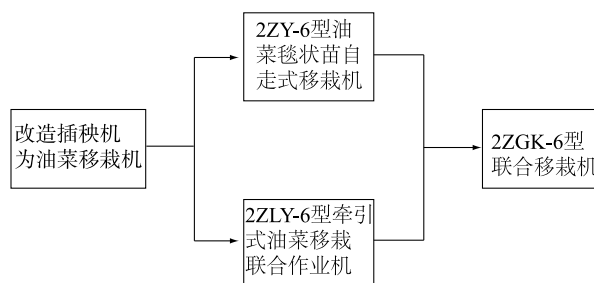


图 2 油菜毯状苗移栽机发展历程

Fig.2 Development process of rapeseed blanket-like seedling transplanting machine

2.2 技术手段创新

移栽的过程就是苗、田、机三者的协调,协调好了才能保证移栽质量。油菜毯状苗移栽机械自研发成功以来进行了大量参数和相关装置的优化和改进(表 1)。汤庆等^[53]针对油菜毯状苗的小苗特性,在小苗油菜移栽机的基础上,将镇压和覆土做在 1 个装置上,设计了 V 形覆土镇压装置,减小了移栽机的整体空间尺寸,能够满足不同土壤特性的需要,减小地势不平的影响。王苏飞^[54]对油菜毯状苗移栽机样机进行了原理研究和优化改进,确定了切块栽植部分最优机具结构参数和机器最优作业条件,并且设计和改进了液压驱动系统。何少明等^[55]研制了 1 种曲柄摇杆分插式拔苗装置,能够实现自动送苗和分苗,四行移栽同步喂苗、取苗,从而提高分苗效率,降低劳动强度。吴俊等^[56]根据插秧机底盘空间的位置设计了 1 种驱动型波纹圆盘切茬开沟,V 形轮(单轮有倾角)覆土镇压一体化部件,在进行毯状苗移栽时能够同步完成开沟和覆土镇压,使插秧机底盘的水旱两用成为了可能。吴崇友等^[57]借鉴水稻插秧机切块栽插的原理,增设了开沟、覆土镇压的功能,形成了 1 种基本适应稻茬田和旱地且能在稻板田移栽的油菜毯状苗移栽机,能够一次性完成取苗—送苗—栽苗的操作,且能连续动作,切土推送,实现覆土(合缝)固苗,提高移栽效率的同时还能降低作业成本。蒋兰^[58]针对实际生产中存在非正常油菜苗的情况,设计了 1 种提高立苗率的辅助机械结构,可以通过调整机器移栽时秧苗的运动姿态来做到稳苗立苗,为油菜毯状苗移栽机的性能提升提供了一个方向。刘杰^[59]设计了 1 种油菜毯状苗挖穴取苗一体化移栽机械结构,可以完成取苗、送

苗、挖穴和投苗整套动作,在保证毯状苗移栽质量的基础上,实现一个机构完成挖穴和移栽的目的。对移栽机械技术的改进优化和创新都是为了尽可能的降低成本和提高移栽效率及质量,尽可能的省时省

工,使油菜移栽机更具有适应性和通用性,应用更广泛,能够做到一机多用,在简单改装后就能用于其他作物的机械化移栽。

表 1 油菜毯状苗移栽机械技术创新

Table 1 Technology innovation of transplanting machinery for rapeseed blanket-like seedlings

技术/设计	创新功能	参考文献
油菜毯状苗高速移栽机覆土镇压装置	集镇压和覆土于 1 个机械结构,设计了 V 形覆土镇压装置	[53]
油菜毯状苗移栽机作业参数优化	切块栽植参数优化;确定最优作业条件;设计液压驱动系统	[54]
曲柄摇杆分插式拨苗装置	自动送苗;自动分苗;四行移栽同步喂苗、取苗	[55]
驱动型波纹圆盘切茬开沟,V 形轮(单轮有倾角)覆土镇压一体化部件	一次性完成油菜毯状苗移栽过程中的开沟、覆土镇压功能	[56]
分插机构参数和轨迹优化;波纹盘主动开沟技术;覆土镇压技术;移箱与送进系统改进	取苗、送苗、栽苗 1 次完成,连续动作;基本适应稻茬田和旱地;切土推送,实现覆土(合缝)固苗	[57]
辅助立苗机械结构	调整移栽时秧苗运动姿态,稳苗、立苗	[58]
油菜毯状苗挖穴取苗一体化移栽机械结构	1 套机构完成取苗、输送、挖穴和投苗动作;1 个机构完成挖穴和栽植作业	[59]

2.3 对移栽田块的要求

移栽田块的准备情况直接影响到机械化移栽的质量。油菜毯状苗移栽时苗体较小,机械移栽取苗时在一定程度上会损伤根系,因此对移栽田块的要求比直播和传统移栽更高,更精细。在整地时需要清理杂草、杂物和过量残茬,避免影响移栽机械的正常作业;平整田块地表,防止有坑遇雨积水,造成栽后烂根死苗。前茬作物收获后,若土壤墒情适宜,要及时耕地,将田间残留的杂草和残茬翻入土中;在施用基肥后再次旋耕,翻入基肥的同时磨细泥块。移栽前 2~3 d 要做好埂坎,要求埂坎表面平整,泥块软硬适度,上疏松下紧实,以免在进行机械移栽时机器高低起伏甚至陷入土中,栽得过深,影响油菜的栽后生长^[60]。耕翻整地后,移栽田块的地表应基本平整,没有多余杂草杂物和残茬,土壤要保持 15%~30% 的含水率。整地后要求开畦沟,一般沟宽 30.0 cm,畦面宽 1.8 m 左右。

2.4 移栽时期和密度

移栽期的不同会影响油菜栽后生长期的光温条件,进而影响生育期内的干物质积累,最终造成减产。油菜毯状苗苗体较小,秧苗素质相对常规移栽育苗较差,过早移栽会导致苗龄不足,根系不够发达,不利于栽后活棵;过迟移栽则会导致栽后各生育期缩短,越冬前的积温不足,难以形成越冬壮苗,最

终导致产量降低^[61]。吴玉珍等^[60]的研究结果表明,江苏苏州的油菜毯状苗在 10 月中下旬进行移栽都较为适宜,但宜早不宜迟。冯云艳^[62]的研究结果表明,油菜毯状苗在江苏扬州于 10 月 21 日~11 月 5 日进行移栽比较合适,其中 10 月 27 日移栽产量最高,在 11 月 13 日前移栽都能确保高产。熊元清^[63]认为,油菜毯状苗在安徽马鞍山的适宜移栽时间为 10 月上旬至 11 月上旬。长江中下游地区冬前积温较高,且水稻收割较迟,因此毯状苗移栽时期可以适当推迟而不影响冬前生长,如在江苏、安徽等长江下游地区,毯状苗在 10 月中下旬移栽都较为适宜,最迟可推迟到 11 月上旬移栽;江西、湖北等长江中游地区的双季晚稻一般在 10 月中下旬收割,因此油菜移栽时间也在 10 月中下旬^[64],油菜毯状苗的移栽时间也应与常规移栽时间大体相同。油菜毯状苗的移栽期一般由播种时期、苗情和田块准备情况共同决定,需要综合考虑播种时期和茬口问题,为了保证油菜毯状苗的增产稳产潜力,在条件允许的情况下应当适期早栽。

油菜品种和土壤、气候条件等的不同对移栽密度的要求也不同,而适宜的移栽密度能更好地发挥油菜毯状苗增产稳产的潜力。移栽密度过大,虽然个体数量增加,但是株间竞争加剧,反而会影响群体的生长发育,不能实现产量提高;移栽密度过小,个

体生长状况好,能充分利用光能,但个体基数少,也会影响最终产量。张建栋等^[65]的研究结果表明,移栽密度对群体总角果数有显著影响,随着移栽密度的增加群体总角果数呈先增加后减少的趋势,产量趋势与其相同。因此适当密植有利于增加油菜的角果数从而提高产量。吴玉珍等^[60]的研究结果表明,苏州的油菜毯状苗在机械移栽时的适宜栽插密度为 $1 \text{ hm}^2 \ 2.4 \times 10^5$ 株。冯云艳^[62]的研究结果表明,油菜毯状苗在扬州的适宜移栽密度为 $1 \text{ hm}^2 \ 2.3 \times 10^5 \sim 2.8 \times 10^5$ 株,其中最适密度为 $1 \text{ hm}^2 \ 2.6 \times 10^5$ 株。左青松等^[66]的研究结果表明,在确保油菜高产栽培的条件下,每穴 1 株和每穴 2 株的最终产量差异不显著,曹金华等^[67]的研究结果也证明了这一点。熊元清^[63]认为毯状苗在安徽移栽时应确保 $1 \text{ hm}^2 \ 1.2 \times 10^5 \sim 3.6 \times 10^5$ 株的基本苗存活才能保证高产。因此,生产上移栽油菜需适当密植,移栽总体密度较为统一,可根据育苗时的播种密度、移栽田块情况和移栽机械等灵活选择每穴 1 株或每穴 2 株,移栽密度保持在 $1 \text{ hm}^2 \ 1.2 \times 10^5$ 穴左右。

3 存在问题及展望

3.1 问题

毯状苗在进行人工播种育苗时会出现覆土过多、浇水不够等技术不到位的问题,目前已有对应的播种流水线机械,可以通过调试机器解决,但对于各地气候和茬口的适应性还没有很好的解决方法。

现有的油菜毯状苗移栽机机械操作技术性强,品种较为单一,对不同土壤的适应性不够好,虽然移栽机械一直被改进和优化,但是大多只是针对样机的小规模试验,没有在实际生产上应用并大规模推广,要应用于生产仍然需要较长时间的检验和配套化研究。

油菜毯状苗移栽时苗体较小,移栽损伤根系,栽后抗逆能力差,成苗慢,需要严格的栽后管理措施,目前大多数的研究都集中在化控技术和提高产量及品质上,尚没有太多对栽后活棵影响因素的相关研究及针对不同土地和环境条件的体系化的移栽后管理方案。

油菜毯状苗的育苗与移栽都区别于传统移栽,各生育时期的施肥量和施肥时间也可能不一样。杨光等^[68]的研究结果表明,在实际生产中增施基肥,推迟基肥施用时期,能显著提高产量。目前对毯状

苗移栽的油菜各时期的施肥量和施用时期对最终产量和品质影响的相关研究较少。

3.2 展望

在育苗时,可以考虑育成钵体毯状苗,提高油菜盘根成毯的概率和成苗质量,有利于后期移栽机械的切块栽插,降低伤苗率。

移栽机械可以向适应更多田块土壤的方向发展,降低机具操作的专业性,提高栽插效率的同时尽可能降低操作难度和机械制造成本。

在农机与农艺相配套的背景下,要进一步完善对油菜毯状苗育苗以及移栽后活棵影响因素的研究,为制定更具有推广性和适应性的苗期与栽后管理方案提供理论和技术支撑。

可以制定更为全面精确的肥料运筹方案,研究油菜毯状苗各生长时期的最佳施肥配比,提高油菜产量和籽粒品质。

参考文献:

- [1] 刘俊红. 不同种植模式对油菜资源利用率及产量的影响[J]. 辽宁农业科学, 2021, 322(6): 38-41.
- [2] 袁金展, 马 霓, 张春雷, 等. 移栽与直播对油菜根系建成及籽粒产量的影响[J]. 中国油料作物学报, 2014, 36(2): 189-197.
- [3] 冯倩南. 油菜毯状苗育苗基质优化研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [4] 张含笑, 林 参, 左青松, 等. 种植密度和施肥量对油菜毯状苗生长的影响[J]. 作物学报, 2019, 45(11): 1691-1698.
- [5] 蒲胜海, 冯广平, 李 磐, 等. 无土栽培基质理化性状测定方法及其应用研究[J]. 新疆农业科学, 2012, 49(2): 267-272.
- [6] 王玉红, 丛福祥. 无土栽培技术在花卉园艺中的应用优势探析[J]. 科技创新与应用, 2013(28): 126.
- [7] 赵 鹏. 三种比例配比的基质对不同作物育苗效果的研究[J]. 农业工程技术, 2019, 39(1): 37-41.
- [8] 柯 媛. 不同基质及配比对机插水稻秧苗素质的影响[D]. 扬州: 扬州大学, 2018.
- [9] 尹福强, 张文友, 赵云飞, 等. 不同基质配比对烤烟烟苗生长发育的影响[J]. 广东农业科学, 2012, 39(17): 60-62.
- [10] 刘宗立, 宋小南, 李武高, 等. 不同肥料配比对番茄穴盘基质育苗的影响[J]. 安徽农学通报, 2006, 12(11): 108.
- [11] 张婷宇, 朱庆洋, 冷锁虎, 等. 油菜毯状育苗的基质改良 I 常规育苗基质细土添加比例[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 175-182.
- [12] 周祥宇, 冯倩楠, 冷锁虎, 等. 油菜毯状育苗的基质改良 II 合理配施磷酸氢二铵[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 183-187.
- [13] 刘雪慧, 冯倩楠, 冷锁虎, 等. 油菜毯状育苗的基质改良 III 烯效唑拌施适宜浓度[J]. 中国油料作物学报, 2020, 42(2): 188-

- 193.
- [14] 冯倩楠,刘雪慧,冷锁虎,等.油菜毯状育苗基质改良Ⅳ 硫酸铵施用量[J].中国油料作物学报,2020,42(2):194-200.
- [15] 刘雪慧.基肥用量和密度对油菜毯状苗素质的影响[D].扬州:扬州大学,2021.
- [16] 吴永成,倪勇,张川,等.烯效唑施用方式对高密度直播油菜农艺性状和产量的影响[J].作物研究,2014,28(4):354-357.
- [17] 徐正华,张晓红,陈秀斌,等.不同栽培措施对油菜抗寒性的影响[J].华中农业大学学报,2012,31(6):661-667.
- [18] 于群英,陈世勇,熊冠庭.烯效唑培育油菜壮苗及其增产效应[J].农药,1998(2):43-44,37.
- [19] 高建芹,浦惠明,龙卫华,等.烯效唑浸种和育苗密度对油菜毯状苗质量和植株性状的影响[J].中国农学通报,2017,33(6):48-58.
- [20] 王俊,朱庆洋,冷锁虎,等.种子处理剂不同用量拌种对油菜毯状苗生长的影响[J].中国油料作物学报,2020,42(2):201-209.
- [21] 黄少华,王增春,刘胜环.不同植物生长调节剂浸种对油菜壮苗的效果比较[J].江苏农业科学,2006,34(3):49-51.
- [22] 叶剑,孙万仓,武军艳,等.群体密度对冬油菜产量和经济性状的影响[J].西北农业学报,2008,17(3):171-175.
- [23] 王锐.油菜群体冠层结构特性及光能利用率的研究[D].武汉:华中农业大学,2015.
- [24] 朱庆洋,周祥宇,冷锁虎,等.播种量对油菜毯状苗生长的影响[J].中国油料作物学报,2020,42(2):216-222.
- [25] 黄少华,吴华兵,刘恒斌,等.油菜机插毯状苗育苗技术[J].农村新技术,2018(8):8-9.
- [26] 廖桂平,官春云,肖芬.湘油13号高产栽培综合农艺措施优化分析[J].湖南农业大学学报,2000,26(2):79-83.
- [27] 熊洁,丁戈,戴熙燕,等.播种期和苗龄对简易育苗移栽油菜生长发育和产量的影响[J].江西农业学报,2016,28(9):14-17.
- [28] 谢国强,沈少华,周庆幄,等.赣北地区油菜毯状育苗机械移栽技术试验[J].农机科技推广,2021(8):52-55.
- [29] 张宇,张含笑,冷锁虎,等.油菜毯状苗适宜播种期研究[J].中国油料作物学报,2020,42(2):210-215.
- [30] 王云华,黄奇,陆群康,等.油菜毯状苗移栽机械化技术研究[J].农机科技推广,2021(7):54-56.
- [31] 张含笑.油菜毯状苗壮苗促控措施及其效应研究[D].扬州:扬州大学,2017.
- [32] 曹洞锐,王妍茏,王帅兵,等.不同氮肥与假单胞菌配施对复垦土壤油菜产量和氮肥利用的影响[J].应用与环境生物学报,2022,28(2):346-351.
- [33] WANG Y Z, TIAN C, ZHOU X, et al. Responses of seed yield and economic benefit of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) to different npk ratio and dose[J].Agricultural Science & Technology, 2015, 16(11):2361-2366.
- [34] 李瑞海.不同配方叶面肥对作物生长的影响[D].南京:南京农业大学,2008.
- [35] 张婷宇.起身肥对毯状苗移栽油菜生长及产量的影响[D].扬州:扬州大学,2022.
- [36] 刘春义.机械化插秧及水稻盘育苗技术要点[J].农机质量与监督,2022(8):32,41.
- [37] 黎武生,方敏,汪洋.优质油菜育苗与移栽技术[J].安徽农学通报,2009,15(18):92-93.
- [38] 王建平,朱家成,张书芬,等.双低优质油菜育苗移栽技术[J].河南农业科学,2004,33(10):87-88.
- [39] 赵敏,卢青,张耘祎.油菜毯状苗机械化移栽技术及应用[J].江苏农机化,2016(4):18-20.
- [40] 高正路.2ZY-2型油菜移栽机的设计[J].江苏农机与农艺,2001(1):6-7.
- [41] 袁文胜,吴崇友.我国油菜移栽机械的现状和发展趋势分析[J].中国农机化,2007(6):61-63.
- [42] 于晓旭,赵匀,陈宝成,等.移栽机械发展现状与展望[J].农业机械学报,2014,45(8):44-53.
- [43] 王君玲,高玉芝,李成华.蔬菜移栽生产机械化现状与发展方向[J].农机化研究,2004(2):42-43.
- [44] 韩豹,马守义,申建英,等.2Z-6型作物秧苗移栽机的研制[J].现代化农业,1998(7):31-33.
- [45] 顾世康,封俊,曾爱军,等.导苗管式栽植机的试验研究(Ⅲ)导苗管式栽植机的改进设计与试验[J].农业工程学报,1998,14(3):123-128.
- [46] 吴崇友,夏晓东,袁文胜,等.我国油菜生产机械化技术的发展历程[J].农业开发与装备,2009(10):3-6.
- [47] 2ZY-2型油菜(棉花)移栽机[J].新疆农机化,2008(2):11.
- [48] 兴农.2ZQ-4型油菜移栽机[J].农业装备技术,2008(5):26.
- [49] 孙松林,肖名涛,李军政,等.2ZY-4型油菜移栽机[Z].湖南农业大学,2013.
- [50] 吴崇友,袁文胜,金诚谦,等.一种油菜专用移栽机:CN202857291U[P].2013-04-10.
- [51] 油菜毯状苗机械高效移栽技术装备[Z].农业农村部南京农业机械化研究所,2020.
- [52] “机械替人”成本节省一半[J].农家致富,2022(3):21.
- [53] 汤庆,吴崇友,袁文胜,等.油菜毯状苗高速移栽机覆土镇压装置结构设计[J].中国农机化学报,2016,37(3):20-22,33.
- [54] 王苏飞.油菜毯状苗切块插秧机理研究与参数优化[D].北京:中国农业科学院,2016.
- [55] 何少明,孙松林,肖名涛,等.油菜毯状苗移栽机拨苗装置的设计与试验[J].中国农学通报,2016,32(14):187-193.
- [56] 吴俊,汤庆,袁文胜,等.油菜毯状苗移栽机开沟镇压部件设计与参数优化[J].农业工程学报,2016,32(21):46-53.
- [57] 吴崇友,吴俊,张敏,等.油菜毯状苗机械移栽技术研究[J].中国农机化学报,2016,37(12):6-10.
- [58] 蒋兰.油菜毯状苗机械移栽立苗机理研究与机构优化[D].合肥:安徽农业大学,2019.
- [59] 刘杰.油菜毯状苗挖穴取苗一体化移栽机构优化设计与试验研究[D].杭州:浙江理工大学,2020.
- [60] 吴玉珍,张建明,谢巧泉,等.苏州市油菜毯状苗机械化生产技术初探[J].安徽农业科学,2015,43(30):74-77.

- [61] 刘建霞,郑华斌,孔午圆,等. 移栽时期与栽培方式对油菜干物质积累的影响[J].作物研究,2015,29(2):132-136.
- [62] 冯云艳. 毯状苗移栽油菜高效配套技术研究[D].扬州:扬州大学,2017.
- [63] 熊元清. 油菜毯状育苗移栽技术及效益分析[J].农机科技推广,2018(12):40-42.
- [64] 刘建霞. 栽培方式与移栽期对稻油垄栽油菜生态因子及生长发育的影响[D].长沙:湖南农业大学,2015.
- [65] 张建栋,黄 萌,孙 华,等. 移栽密度对双低油菜新品种苏油8号产量与品质的影响[J].安徽农业科学,2019,47(10):41-43,46.
- [66] 左青松,刘 浩,蒯 婕,等. 氮肥和密度对毯状苗移栽油菜碳氮积累、运转和利用效率的影响[J].中国农业科学,2016,49(18):3522-3531.
- [67] 曹金华,冯云艳,冷锁虎,等. 油菜毯状苗适宜移栽密度研究[J].中国油料作物学报,2020,42(2):223-229.
- [68] 杨 光,冷锁虎,左青松,等. 基肥施用时期和施氮量对毯状苗移栽油菜株高和产量的影响[J].中国农学通报,2017,33(4):30-37.

(责任编辑:陈海霞)