

林国冰,王 龙,李 静,等.油菜毯苗机械化移栽技术研究进展[J].江苏农业科学,2023,51(18):20-27.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.003

油菜毯苗机械化移栽技术研究进展

林国冰,王 龙,李 静,钱 晨,李亦扬,郑经东,尤晶晶,左青松

(扬州大学/江苏省作物栽培生理重点实验室/江苏省粮食作物现代产业技术协同创新中心,江苏扬州 225009)

摘要:油菜是我国种植面积最大的油料作物,其在种植的所有油料作物中占有重要地位。近年来,我国油菜年产量不断提高,油菜产业发展进入快车道,但是在实际生产过程中依然存在着矛盾与问题,油菜毯苗机械化移栽是专门用于解决茬口矛盾和劳动力成本问题的一种新型油菜种植方式。本文综述了近年来相关学者在油菜毯苗培育及机械化移栽方面的技术研究进展,提出了一些促进油菜毯苗技术发展的建议和倡议,主要包含 3 个方面:毯苗的培育,通过确定适宜播期、播种密度、进行种子处理和养分运筹的方式来培育优质毯苗;毯苗的机械化移栽,精进毯苗移栽机的研制,以及了解毯苗机械移栽相关要点;毯苗的栽后研究,确定恰当的移栽密度和供应适宜的肥料以保证栽后毯苗的正常生长。本文提倡的相关措施致力于促进我国油料产业的蓬勃发展,加快农业现代化转型的进程,以期新型油菜生产模式的发展提供参考。

关键词:油菜毯苗;播种密度;机械化移栽;高产栽培;播期;氮素

中图分类号:S565.404 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0020-08

油菜是一种十分重要的油料作物,在我国油料作物种植面积中居于主导地位^[1]。由于我国的地理位置差异,我国油菜的种植区域划分,可以以秦岭淮河为线,分为南方冬油菜区和北方春油菜区^[2]。冬油菜的种植面积和产量约占我国的 90% 左右,且冬油菜的种植面积主要集中在长江流域。2010 年,世界油菜种植面积就已突破 3 000 万 hm^2 ^[3],近些年,保持着稳中有升的趋势。我国目前的油菜种植面积大约在 670 万 ~ 680 万 hm^2 ,年产油菜籽在 1 300 万 ~ 1 400 万 t,占全国植物油总量的 1/3 以上。同时,归功于栽培技术的进步,我国油菜籽单位面积产量呈现逐年上升的态势。

2010 年,扬州大学农学院油菜团队和农业农村部南京农业机械化研究所共同研究出油菜毯苗机械化移栽技术^[4],很好地解决了油菜生产过程中的一系列问题。这项技术一方面节约了人工育苗移

栽的人工作业成本,提高了移栽效率;另一方面,解决了油菜生产过程中的茬口问题。同时还具有机械化高^[5]、成本低等优点,培育的毯苗具有良好的素质。毯苗的机械化移栽^[6]可以大大提高田间种植的效率。优质的毯苗不仅能够提高田间的单位面积产量,还能缩短大田生长周期,提高复种的指数。本文主要综述在毯苗相关技术研究进展的基础上,提出进一步促进油菜毯苗育苗和高产栽培的建议,为油菜毯苗的后续发展提供参考。

1 油菜面积、产量以及种植方式现状

我国是世界种植油菜的主要国家之一,年种植面积约为 1 500 万 hm^2 ,占世界油菜种植面积的 23%。我国菜籽油的产量更是占据了一半以上的国内油料市场。冬油菜种植面积巨大,主产区位于长江中下游。当地农户主要通过直播和育苗移栽 2 种方式来进行种植生产。

冬油菜的直播过程中常常面临茬口矛盾,前茬作物收获时期推迟,严重影响油菜的生育周期,造成减产。另外,由于长江中下游在秋季时常遇到季节性干旱,不利于油菜种子的萌发,冬季还会遭遇季节性冷害,此时油菜生长量小,抗逆性差,突遇冷害极易造成死苗,影响产量。

相比直播油菜,人工育苗移栽可以有效缓解茬口问题对油菜生产过程的影响,人工移栽可以保证

收稿日期:2022-12-05

基金项目:国家重点研发计划(编号:2018YFD1000900);江苏省高等学校基础科学(自然科学)重大项目(编号:21KJA210003);江苏省现代农业发展专项(编号:YN2022-29);江苏省扬州市现代农业项目(编号:YZ2022055)。

作者简介:林国冰(2000—)男,福建福州人,硕士研究生,从事油菜栽培生理研究。E-mail:lgbl832659540@163.com。

通信作者:左青松,博士,副教授,主要从事油菜栽培生理研究。

E-mail:qsuo@yzu.edu.cn。

小苗的质量,且育苗移栽可以缩短油菜在大田的生育周期。但这些工作均由人工完成,增加了油菜种植对劳动力的需求量,直接增加了生产成本,在农村劳动力人口短缺的今天,这一矛盾逐渐加深。因此,油菜毯苗相关技术的研发推广实属必要。

根据国家统计局关于《2010—2019 年我国油菜籽播种面积、产量及单位面积产量》的数据报告,2010 年我国油菜的种植面积最大,达到 731 万 hm^2 ,2010—2015 年油菜的种植面积基本在 700 万 hm^2 以上。2015 年 6 月,我国取消油菜籽临时收储政策后,国内油菜的种植面积明显下降。但从 2016 年开始,我国油菜种植的整体规模虽不及 5 年前的水平,但仍维持在 650 万 hm^2 左右。虽然油菜种植面积处在不同程度波动变化中,油菜单位面积产量却呈现稳步上升的趋势。根据报告中播种面积和年产量的数据,2015—2016 年,在种植面积显著下降的情况下影响了油菜的年产量,但是由于栽培技术的不断进步,从 2016 年开始,在种植面积基本不变的情况下,油菜年产量持续增加,其产量与 4 年前种植 718 万 hm^2 收获的产量水平相当。至今油菜种植产业^[7]仍有巨大的发展潜力。2022 年中央一号文件提出:“大力实施大豆和油料产能提升工程”,“长江流域开发冬闲田^[8]扩种油菜”。专家组调研发现,长江约有 1 亿亩(1 $\text{hm}^2 = 15$ 亩)以上的冬闲田^[9],其中半数以上可以用来种植油菜。在我国如此重视油料供给安全的背景下,油菜仍是当今最重要的油料作物^[10],应加大对油菜的研究和生产。

2 油菜毯苗培育技术

菜籽油是我国食用植物油的重要组成部分,其产量高,营养价值^[11]丰富。随着科学技术的发展,以及前人在油菜栽培方面的研究,油菜毯苗机械化移栽是现如今一个新型的油菜生产种植方式^[12]。实现这项技术有 1 个关键前提,就是培育优质的毯苗。种子处理、养分运筹、播种密度、适宜播期是影响油菜毯苗质量^[13]的重要因素。

2.1 适宜播期

播期的不同改变了油菜毯苗生长过程中的光照、温度、水分等因子。从而对毯苗机械化移栽产生影响。由于毯苗育苗地区经纬度的不同,导致各个地区光照、均温、降水量均不一致。

在种植区域跨度较大的长江流域,播期存在明显差异。但是,播期的不同对油菜毯苗机械化移栽

后植株的最终产量也有一定的影响。播期过早,会造成秧盘内植株的徒长,加剧种内竞争,由于秧盘是一个有限的空间,极易造成弱苗、死苗的情况发生。播期过晚,则会导致油菜生育周期的缩短,后期产量减少。

张宇等的研究中,通过对品种宁杂 1818 设置 5 个播期(9 月 5 日、9 月 15 日、9 月 25 日、10 月 5 日和 10 月 15 日),分析各个播期油菜毯苗的生长情况,确认最适宜的区间,试验中发现,9 月 15 日和 9 月 25 日播期下的秧苗出苗快,且存苗数、绿叶数、叶面积较高,综合性状符合机械化移栽的要求,研究中还发现,有效积温与油菜毯苗生长进程存在着紧密的联系,通过 Logistic 拟合曲线推断油菜毯苗从播种到出苗需要的有效积温为 99.5 $^{\circ}\text{C}$,毯苗每生长 1 张叶片需要的有效积温为 117.1 $^{\circ}\text{C}$ 。对有效积温的研究,可以探究不同种植地区的具体光热情况,以确定适宜的播期^[14]。李照杰等认为,直播油菜播期过晚会导致油菜的生长期缩短,油菜的单位面积角果数和千粒质量下降,带来油菜产量的下降。另外,晚播还明显抑制了侧根的生长和主根的体积,导致根系干物质量下降^[15]。刘阿康等的研究中也类似的结论,随着播期推迟,小麦叶龄、分蘖数、单茎干鲜质量、株高、穗粒数呈先升高后下降的趋势,最终导致产量下降。这与油菜毯苗生长进程中所遇到的情况类似,随着播期推迟,油菜毯苗存苗数、绿叶数、秧盘群体叶面积和充实度呈先增加后降低的趋势,因为毯苗播期过早,秧苗获得了良好的光、温、热,造成植株徒长,加剧了竞争,而播期过晚会造成光热资源不足,秧苗无法充足生长,导致植株矮小、长势不佳、生物量小等情况^[16]。

概括来说,油菜毯苗育苗过程中,需要适宜的播期来保证秧苗的生长处在一个合适的区间。毯苗生长所需要的有效积温是一个重要的参考因素,需要根据各地区种植的具体光热条件,确定适宜的播期。油菜毯苗适宜的播期,还可以减轻前茬作物收获的影响,有效地解决了茬口矛盾。

2.2 播种密度

油菜毯苗的一大特点就是密度高,大约是 4 000 株/ m^2 ,然而密度过大会造成植株生长空间小,加剧植株生长竞争的程度,从而导致苗情恶化。秧苗的质量和数量下降,将会大大影响到后期移栽的成功率,也会对后期产量有直接的影响。

毯苗在秧盘中的生长空间有限,一般育秧采用

水稻标准育秧盘,长 58 cm,宽 28 cm。相关研究表明,随着播种密度的增加,秧盘中油菜毯苗的存苗数增加,但是在高密度的生长环境下,单株秧苗生长空间狭小,容易造成死苗,因此,随着播种密度的增加,秧盘中的存苗率是逐渐下降的。

存苗数影响后期毯苗机械化移栽的空穴率,无论秧盘中的苗数过多或过少,都会导致机栽时的难度提高,不利于保证田间的种植密度,最终导致产量下降。水稻机插秧的育秧技术是相对成熟的,在殷发国等的研究中,如果密度过大,秧苗间的透光透气性差,苗高纤长,整体秧苗的素质不高,难以保证水稻秧苗的机械化移栽质量^[17]。张含笑等的研究中也类似的结论,通过设置 5 个水平的播种密度,在 20、30、40 d 时取样考苗,随着播种密度的增加,存苗数上升,秧苗的叶片数、形态特征、干物质积累量处于适宜的状态。当播种密度大于 800 粒/盘之后,秧苗的叶片数、绿叶数减少,苗高变长,地上部和地下部干质量减少,且根冠比和秧苗充实度下降,应当将每个秧盘内的播种密度控制在 800 粒以内,以育出高质量、高素质的毯苗^[18]。Zuo 等的研究中也发现,高播种密度增加了油菜毯苗的株高,但是叶面积、根颈直径、生物积累量、根冠比下降,这些负面效应都会影响机械化移栽后的活棵率^[19]。其研究还发现,密度水平为 638、696 粒/盘的秧苗在机械化移栽后的存活率都在 95% 以上。因此,这 2 个密度水平均满足机械化移栽的要求。638 粒/盘的秧苗在某些性状上优于 696 粒/盘,但是幼苗的质量没有显著差异,考虑到经济、生产方面的相关因素,采取 696 粒/盘的规格更加合适^[19]。

综合前人的研究,油菜毯苗的播种密度应当保持在一个适当的范围内。虽然随着播种密度的增加,存苗数随之升高,但是过高的播种密度,会造成秧盘内个体苗情不佳,难以形成高素质壮苗,细软纤长的毯苗会给机械化移栽造成困难^[20]。与此同时,生长不良、质量差的秧苗移栽后的成活率也大大降低,最终导致产量下降。因此,在考虑到秧盘内良好的生长环境的情况下结合经济效益,确定合适密度,才能达到最佳的效果。

2.3 种子处理

相关研究以甘蓝型双低油菜品种宁杂 1818 为例^[21],在采用长 58 cm、宽 28 cm 的水稻标准育秧盘进行油菜毯苗育苗时,发现苗期秧盘密度过高会使得根颈和缩颈段迅速伸长形成瘦弱的细苗,瘦弱纤

长的细苗在密度较大的秧盘生长环境中极易受到损伤,最终导致死苗。

通过探究发现,烯效唑浸种处理可以有效防止在高密度的情况下,油菜根颈和缩颈段的迅速伸长^[22]。因此,烯效唑浸种是种子处理过程中的关键步骤,是培育高质量油菜毯苗的核心措施^[23]。

在刘芬等的研究中,该试验以水稻大田种植为例,设置 3 个处理,分别为烯效唑浸种、多效唑喷雾拌种、2 次叶面喷施多效唑。3 个处理进行比较试验发现,晚稻品种 H 优 2518 和岳优 9113 在烯效唑浸种处理下苗高、叶龄、成秧率、百株鲜质量均相对较大,能显著提高机插的质量。烯效唑浸种能促进或者抑制油菜生命过程中的某个环节,起到使油菜形成壮苗、矮化株高、提高抗逆性和产量的作用^[24]。高建芹等研究表明,当浸种浓度大于 30 mg/L 或浸种时间超过 2 h,对油菜种子的萌发影响较大且还会抑制根系的生长,在该试验中,推荐使用 15 ~ 20 mg/L 烯效唑浸种 1 ~ 2 h,此时油菜的发芽率、苗高、叶片数都处在一个最佳的状态^[25]。Zuo 等关于烯效唑的研究中发现,随着烯效唑施用量的增加,秧苗的株高显著下降,但是根颈直径增加。当烯效唑含量达到 1.0 mg/盘时,秧苗的地下部质量明显增加,而烯效唑含量达到 1.5 mg/盘时,秧苗的叶面积根系干质量明显增加。1.0、1.5 mg/盘处理下油菜毯苗生长的相关性状显著优于其他处理。因此,烯效唑含量在 1.0 ~ 1.5 mg/盘有助于提高油菜毯苗的品质,使其更加适宜机械化移栽^[26]。

综上,烯效唑浸种所选取的最适浓度存在一定的差异,应当根据当地生长环境和育秧目标等进行综合考察和试验,在保证油菜毯苗育秧效果良好的情况下,确定最适的烯效唑浓度。

2.4 养分运筹

油菜毯苗的育秧要求是根系交错盘结成毯状,机械移栽后,返青活棵快,死苗数少。但是秧盘内的生长空间有限,光照条件不佳,秧盘中的个体对于空间、养分、光照的竞争激烈。最终导致秧苗个体生长量小,难以形成优质的油菜毯苗。

毯苗地上部和根系的生长发育与育苗基质的成分有着紧密的联系。适宜基质的配比^[27],有利于毯苗的根系生长、相互盘结,极大地改善了毯苗在有限生长环境下的竞争状态。

油菜是喜硫作物^[28],秧盘中硫元素的含量对油菜的营养生长有重大的影响,缺硫时植株生长受到

障碍,叶片会褪色或者黄化,茎秆细弱。在油菜育苗时增施硫素,能使最终产量提高 15% ~ 20%,增加含油量 0.8% ~ 1.5%,还可以让油菜提早 1 周左右成熟,且成熟度与未施用硫肥一致。提前 1 周时间成熟,能够有效缓解茬口矛盾。张庆利等研究表明,不同氮素施入土壤后的淋失率有显著差异,硫酸铵的淋失量相较于硝酸钾和尿素明显减小,选择施用硫酸铵进行基质改良,是因为硫酸铵稳定性好,不易淋湿,能够有效地被植株所吸收,并且淋失量小对地下水质的污染也较小^[29]。韩自强等以江淮地区麦茬稻田为研究对象发现,在秸秆还田下不同施肥处理对稻田 N_2O 和 CH_4 排放会产生影响,以硫酸铵代替尿素处理能够提高水稻的产量,并且硫酸铵的施用显著降低了 CH_4 的排放,降低了综合温室效应^[30]。通过冯倩楠等在油菜毯苗基质改良中关于硫酸铵施用量的研究发现,基质中硫酸铵的最佳用量范围为 4.37 ~ 4.62 g/盘,在这个条件下培育的油菜毯苗,苗高、叶面积、总叶片数、绿叶数、根颈直径、干物质积累量与空白对照相比都有明显的增加,在施用 4.37 ~ 4.62 g 范围内的硫酸铵后,每盘秧苗的存苗数均处在 700 株以上,在播种后 30 d(毯苗 6 叶期)为机械化移栽的适宜期,此时秧苗的各项指标均满足机械化移栽的要求,适合移栽^[27]。

施用硫酸铵能够提高作物产量。综合前人研究,硫酸的施用量应当控制在 1 个适宜的范围^[31],这样毯苗的苗情表现良好,指标合格,适宜后期的机械化移栽。因此,基质改良是油菜毯苗育苗过程中的重要措施之一。

3 油菜毯苗移栽技术

培育出优质毯苗后需要同机械化移栽相互配合才能最终实现油菜生产的轻简化、规模化、专业化。机械化移栽的优劣会对油菜毯苗在田间的活棵数和活棵率产生影响,进而影响油菜单位面积产量。研制普适性较广的毯苗移栽机械、了解毯苗机械化移栽相关要点是提高油菜毯苗机械化移栽成功率 2 个重要方法。

3.1 毯苗机械研制

油菜毯苗移栽机械的研制是在水稻秧苗移栽机的基础上,基于油菜毯苗的特点,进行不断改进和完善,最终研制成功的。油菜是直根系作物,而水稻属于须根系作物,两者在本质上存在区别。因此,在机械化移栽过程中应保护毯苗的根系受到的

伤害尽可能小。这对于毯苗移栽机械工作的流畅性有着十分高的要求。以南京农业机械化研究所研制的 2ZY-6 型毯苗移栽机为例,该机器的栽植频率达到 300 次/(min·行),极大提高了毯苗机械化移栽的移栽效率。相比传统的人工直播和人工育苗移栽方式,毯苗的机械移栽机实际作业效率可达 5 ~ 8 亩/h,是人工移栽的 60 倍;同时,油菜进行毯苗移栽比同期迟直播的产量提高 35% 以上,满足油菜大田生产对于产量的要求。该毯苗移栽机械的研制让油菜毯苗机械化移栽技术可以顺利地应用于大田生产,为我国油菜提高单产提供了有利的技术保障^[32]。毯苗移栽机械的研制需继续精进,使其在毯苗移栽工作中具备广适性,能够在移栽苗情不同的毯苗时保证移栽效率和移栽质量。

3.2 毯苗机械化移栽

油菜毯苗的机械化移栽过程需要多环节的相互配合^[33]。毯苗机械化移栽需要对大田进行耕整,毯苗从秧盘移栽到大田中时较为脆弱,对大田耕整的质量有要求,例如需要将前茬作物的秸秆离田或粉碎均匀抛撒。最新的毯苗移栽机是一款集开沟、移栽、覆土一体的机械,使用油菜专用的载秧台。首先,毯苗在进行机械移栽前需要对缺水的秧盘进行补水,秧盘缺水将严重影响栽插后油菜毯苗的活棵数和活棵率。另外,缺水的秧盘在进行搬运和摆放至载秧台的过程中毯苗容易发生撕裂,毯苗的成毯效果不佳。但如果供应的水分过多,对于毯苗移栽也有不利的影响,过多的水分供应会造成毯苗在载秧台底部发生堆叠,从而影响取苗器的正常取苗栽插。该情况的发生往往存在于栽插进行到一半时,此时取苗器如果无法正常取苗,将对这一列毯苗的栽插造成严重的影响。因此,控制秧盘水分的供应是毯苗机械化移栽的关键步骤;其次,在移栽过程中要保证农机行驶的速度不宜过快,这样可以确保毯苗栽插的间距处于适宜的范围内,也能保证田间的基本苗数足够;最后,需要做好毯苗机械化移栽后的管理,浇好定根水,在天气干旱时,需要补浇 1 ~ 2 次的水。

综上,油菜毯苗机械移栽技术的应用,需要毯苗移栽机的高效配合。因此,对于毯苗移栽机械的研制是不能停滞的,需要以提高机械的广适性和移栽效率为目标。此外,在毯苗移栽过程中,也有诸多环节需要注意,各个环节的默契配合是实现这项技术的关键。

4 油菜毯苗栽后研究

油菜毯苗移栽相关技术的应用过程中,与其配套的栽培措施是保证毯苗能够实现高产的关键。传统栽培技术^[34]在油菜毯苗的种植过程中,需要根据毯苗的综合性状及特点进行改进。油菜毯苗的移栽密度、肥料的调控是实现高产栽培的重要举措。如何协调各方因素,在保证油菜毯苗正常生长的情况下,配套使用相关栽培技术实现高产,是这项技术所要达到的最终目的,高产栽培研究是油菜毯苗进一步向外推广的重点。

4.1 移栽密度对油菜毯苗生长和产量的影响

油菜毯苗采取机械化移栽方式,该项技术满足油菜毯苗生产过程中自动化、轻简化、成本低等要求。

前人通过研究密度对油菜产量的影响,发现适当的密植能够提高油菜群体的干物质积累量^[35]。但是陈新军等研究发现,过大的密度会造成油菜单株的有效角果数减少,油菜茎秆细长,生物量小,抗倒伏能力差^[36]。油菜群体叶面积指数、光能利用率会随着种植密度的增大而增大,适宜的种植密度下,协调好群体与个体之间的关系,有助于油菜实现高产。

曹金华等通过对油菜毯苗移栽后在蕾薹期、初花期、成熟期的不同处理进行取样分析,发现移栽密度在 22.75 万~28.39 万株/hm² 的处理下油菜毯苗产量明显高于其他处理,干物质的积累量是一个十分重要的参考指标,而油菜的单株产量与 3 个重要时期(蕾薹期、初花期、成熟期)的干物质积累量呈现出正相关关系^[37]。试验中采用 1 穴 2 株的移栽方式,在与对照组的对比中发现,移栽密度为 22.5 万株/hm² 1 穴 2 株的处理与对照组无显著差异。因此,1 穴 2 株的移栽方式既保证了移栽的密度,又可以节约成本,对于油菜的后期产量也不会产生负面影响。另外,油菜干物质的积累量是产量形成的基础,尤其是蕾薹期-初花期是影响最终产量的关键时期。在刘晓伟等的研究中也具有相类似的结论,蕾薹期-初花期是油菜由营养生长转向生殖生长的时期,如何协调好这二者之间的矛盾,有助于干物质质量的积累,提高产量^[38]。左青松等从碳氮转运的角度,进一步解释了油菜毯苗初花期体内碳氮转运的情况,前期的氮素供应有利于油菜生长的发育,为后期的碳素积累打好基础,促进增产。

该试验表明,油菜毯苗在适宜的密度下移栽也可获得高产(目标产量 3 750 kg/hm²)。由于进行机械化移栽的农机对毯苗的机插规格有明确的要求,因此,实现毯苗高产,不但要对育苗的要求进行改进,还应当对农业机械的规格进行更新,以适应生产上的需求^[39]。

综上,移栽密度对于油菜毯苗后期产量的影响,可以通过田间试验设置不同密度处理,再根据干物质的积累量来进一步分析,尤其是蕾薹期-初花期是影响油菜后期产量的关键时期。相关研究表明,适宜的移栽密度能够使得油菜毯苗获得高产,同时机械化移栽也节约了劳动力成本,缓解了农村劳动力短缺的问题。

4.2 肥料施用对油菜毯苗生长和产量的影响

氮肥的施用是农业生产过程中十分重要的步骤,农作物对于氮肥的需要与其后期的产量有着十分密切的联系。通过对氮素施用的研究,发现氮肥已然成为影响农作物生长发育和产量^[40-41]形成的重要限制因素。据不完全统计,我国的氮肥产量近几年稳定在 3 600 t 左右,现如今我国的氮肥产量已经基本满足农业生产的需要。我国土壤的氮素含量受到土壤类型、水热条件、有机质含量、质地和耕作措施等多方面因素的影响^[42]。我国土壤除少部分的类型,如黑土、草甸土、沼泽土等,一般土壤的含氮量基本在 2.0 g/kg 以下。现如今根据我国各地区实行的耕作制度,对于耕地的利用周期日趋频繁。合理的施氮措施,在我国农业的可持续发展中有着至关重要的地位。通过诸多研究发现,不同的农作物生长过程中,氮素的施用对于生长周期中的各个时期都有着特殊的生理表现,包括幼苗期促进叶片的生长或是抽薹期促进物质的转运等。油菜毯苗移栽后主要的研究也集中在基肥、薹肥的施用,施氮量及植株体内碳氮的转运。因此,肥料的施用对于油菜毯苗高产栽培研究具有重要意义。

4.2.1 基肥对毯苗根系形态建成及叶片生长的影响 根据研究表明,植物吸收无机氮主要以硝态氮和铵态氮^[43]为主,不同的植物对不同氮素形态的吸收具有选择性。土壤中的氮素不足以支持油菜苗期生长过程中的营养需要。因此,需要早施、勤施苗肥,施用的肥料以氮肥为主。利用冬前短暂的较高的气温,促进油菜毯苗的生长,达到壮苗过冬。这一措施为未来油菜的高产、稳产、优质打下了基础。

何梦迪等通过研究发现,干旱处理下,在小麦苗期增施氮肥可以改变小麦品种的根形态建成,使其更有利于水氮的吸收,根系活力得到了明显的提高,此过程可以增强小麦在苗期的同化能力和新陈代谢能力^[44-45]。根系通过一系列的生理生态变化,增施氮肥最终达到了提高抗旱性的目的。植株强壮的根系是维持其生长的重要基础,根系通过对土壤中肥水的吸收进行正常的生长发育。在研究中,增施氮肥可以缩短小麦苗期根系的总根长、表面积、总根体积、根尖数和分支数,但是根系直径也显著增加,在逆境条件下,这样的根系形态建成更有利于植株在保证自身营养的基础上,进一步生长发育。通过对小麦苗期根系形态建成的研究,油菜毯苗移栽后在苗期也有相类似的特点,油菜是直根系双子叶植物,长江流域地区种植的冬油菜一般在9月中旬播种^[46],对于直播和育苗移栽油菜来说,适宜的播期对于油菜后期产量有着十分重要的作用^[47]。但是由于茬口矛盾,在实际的大田生产过程中,没有办法准确确定每年的播期。因此,毯苗在苗期施用氮肥就起着至关重要的作用^[48],适宜的施氮量,可以使得油菜根系的直径增粗,地上部绿叶数增多,叶片增厚,形成壮苗以越冬,减少田间的死苗率,确保了田间的基本苗数,这是后期油菜产量的基础保证。

在油菜毯苗发育过程中,苗期的叶片生长尤为重要。由于长江流域一带大田生长过程中,往往采用的轮作方式是水稻—油菜轮作模式^[49]。这种水田与旱田的交替耕作模式,能够使得土壤发生物理、化学和生物方面的变化,这种变化让土壤中的养分循环和供给发生转变^[50],从而对生长其中的作物产生影响。通过研究发现,在水田中,土壤中的氮素主要以铵态氮的形式存在,而在旱田中主要以硝态氮^[51]的形式存在,正是由于我国土壤耕作的特殊性,才使得土壤中氮素的存在形式^[52]发生变化。这种氮素形式的转化,有利于毯苗移栽后对氮素的吸收,促进植株的生长。

4.2.2 薹肥对毯苗成熟期产量的影响 油菜干物质积累是油菜成熟期产量的基础,相关研究表明,油菜干物质积累量的增加与油菜籽粒产量的增加呈正相关。因此,在保证油菜毯苗移栽后生长基础良好的情况下,干物质积累量的增加,更容易使得油菜获得高产。根据前人的相关研究,发现薹期是油菜营养生长和生殖生长的关键时期。同时,薹

期也是根茎叶生长较为旺盛的时期,油菜的基础生长量快速增加,为成熟期的高产打好基础。对于毯苗来说,薹肥的施用量和施用时期非常关键,其最终会对干物质的积累量造成影响。

施氮量对农作物干物质积累量的影响在其他作物的研究中也有关。杨益花等研究发现,施氮量的增加与水稻总颖花数呈正相关关系,而水稻的最终产量与总颖花数有着密切的联系^[53]。在宋明丹等的研究中可以看到施氮量与冬小麦的干物质积累量也有着密切的关系^[54]。氮素的供应对小麦光合产物的形成有直接的影响,受到生长环境的限制,土壤中的供肥量有限,增施氮肥对于小麦增产有着积极的作用。再者是玉米的生产过程中,李佳等发现增施氮肥对春玉米产量的影响更为显著,与不施氮的处理相比,最高可增产30%以上,干物质积累量呈现“S”形的生长曲线^[55]。

油菜毯苗的生长过程中也有上述几种作物类似的规律,吴正贵等在油菜毯苗研究中发现,2个品种宁杂1818和苏油4号,随着薹肥施用时期的推迟和薹肥施用量的增加,植株干物质的积累量呈现出上升的趋势^[56]。可见,薹肥的施用时期和施用量,对于油菜的后期产量有显著的影响。其中,氮肥的施用对角果壳干物质质量影响较大,2个品种的主茎角果壳干物质质量在高氮处理下平均比低氮处理高出11.73%。杨光等在研究薹肥对毯苗移栽油菜株高和产量的影响过程中,也发现其主要影响角果数和每角粒数,进而对产量有积极的效果,重视薹肥的施用,对促进油菜毯苗实现高产有着十分重要的作用^[57]。

5 结论与展望

已有的研究表明,种子处理、养分运筹、播种密度、适宜播期都对油菜毯苗育苗及机械移栽过程起到关键作用。另外,还需根据当地生态环境、光照、温度、水分等条件选择适宜的品种进行移栽。种子处理缓解了高密度秧盘中毯苗出苗生长所面临的困境,建议使用烯效唑浸种处理以增加发芽率,保证秧盘基本苗数。基质改良在油菜毯苗育苗过程中与种子处理相得益彰,二者相互配合对产量起到明显的增益效果,但是在硫酸铵的施用中也存在着秧盘苗情的不同,最后导致育秧的质量有所差异。应当开展深入的考察研究,确定合适的施用量,以达到最佳效果。再者,播种密度过密过疏、播种时

期的推迟,都会对油菜的生长造成影响。播种密度过大,会造成单株油菜干物质质量小,生长量小,产量减少。播种密度过小,油菜单株生长量虽大,但是基本苗数不足,不适合应用于生产。若是播期太晚,毯苗在秧盘中的生长状态已经不适宜机械移栽,会造成不必要的经济损失。另外,光、温、水等因素,也会影响晚播油菜毯苗的生育进程,缩短毯苗的生育时期,最终导致减产,建议根据试验确认播种时期,保证产量。

油菜毯苗的移栽时间应选择在 6 叶期,在保证秧盘内毯苗生长良好的情况下,配套推广使用机械化移栽技术^[58],这能最大程度保证移栽后存活。后续的田间管理也是一个重要的环节,水稻秧苗在移栽后有一个返青的时期^[59],这段时间是移栽水稻是否存活的关键时期,同理油菜毯苗移栽后生长环境改变,对植株生长存在一定影响,栽后活棵率是保证田间最终产量的基础。

应当构建油菜毯苗培育及配套栽培技术一体化生产过程,将高效的栽培技术和新型油菜种植模式相结合,形成一种新型的、具有特色的油菜生产产业链。油菜毯苗相关配套技术的发展,能够有效避免油菜种植过程中所面临的茬口矛盾、劳动力矛盾等问题,减少种植过程中的成本投入,使得油菜生产效益显著提高,保证油料市场的长期稳定。

我国油料产业正处在欣欣向荣的发展阶段,油菜种植的高产量、高品质对于我国油料产业的发展起着至关重要的推动作用^[60-61]。油菜高产研究不仅是为了满足百姓日常生活的需要,也是国家油料安全的重要保证。油菜毯苗技术,能够缓解我国农村劳动力人口流失问题,对于我国农业现代化发展有着重要意义^[62]。另外,在油菜品种选育、田间栽培措施等方面仍需进一步研究。培育高品质、高产量油菜是这个技术乃至这个行业未来发展的前景^[63]。

我国农业未来发展的出路在于机械化、工厂化,我们应当秉持着谦卑的态度吸收国内成功经验,深入油菜毯苗机械化移栽技术的研究和相关配套机械的研发,建立毯苗综合示范产业园区,积极推广这项技术相较于传统种植的优势。油菜毯苗的研究和生产齐头并进,积极做好理论联系实践的工作。同时完善毯苗各项指标^[64],以期为之后的大面积推广提供指导和参考。

参考文献:

[1]刘成,黄杰,冷博峰,等.我国油菜产业现状、发展困境及建

- 议[J]. 中国农业大学学报,2017,22(12):203-210.
- [2]殷艳,廖星,余波,等.我国油菜生产区域布局演变和成因分析[J]. 中国油料作物学报,2010,32(1):147-151.
- [3]甘国渝,邹家龙,陈曦,等.中国油菜生产格局与施肥研究现状[J]. 湖北农业科学,2022,61(1):5-11.
- [4]王云华,黄奇,陆群康,等.油菜毯状苗机械化移栽技术研究[J]. 农业机械,2021(10):85-87.
- [5]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.
- [6]黄少华,吴华兵,刘恒斌,等.油菜毯苗机插技术优势及育苗技术[J]. 现代农业科技,2017(1):38-39.
- [7]冷博峰,李先容,陈雪婷,等.2008—2019 年中国油菜生产性状变化趋势[J]. 中国油料作物学报,2021,43(2):171-185.
- [8]王积军,熊延坤,周广生.南方冬闲田发展油菜生产的建议[J]. 中国农技推广,2014,30(5):6-8.
- [9]江兵,赵继献,戴祥来,等.贵州冬闲田油菜大面积种植栽培技术[J]. 耕作与栽培,2022,42(2):108-111,140.
- [10]熊秋芳,文静,李兴华,等.中国油菜科技创新与产业发展[J]. 中国农业科技导报,2014,16(3):14-22.
- [11]Barth C A. Nutritional value of rapeseed oil and its high oleic/low linolenic variety - a call for differentiation[J]. European Journal of Lipid Science and Technology,2009,111(10):953-956.
- [12]谢国强,沈少华,周庆囡,等.赣北地区油菜毯状苗育苗机械移栽技术试验[J]. 农机科技推广,2021(8):52-55.
- [13]周志强.油菜毯状苗机械化育苗、移栽试验推广[J]. 农业装备技术,2021,47(1):26-28.
- [14]张宇,张含笑,冷锁虎,等.油菜毯状苗适宜播期研究[J]. 中国油料作物学报,2020,42(2):210-215.
- [15]李照杰,蔡晓惠,吴伟.不同播期对油菜产量及根系电容值的影响[J]. 西北农业学报,2021,30(9):1321-1330.
- [16]刘阿康,王德梅,王艳杰,等.苗期调控对晚播小麦产量及氮素利用的影响[J]. 作物杂志,2021(2):116-123.
- [17]殷发国,董根生,李清,等.水稻软(硬)质型盘机插育秧试验研究[J]. 现代农业科技,2005(3):39-40.
- [18]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.
- [19]Zuo Q S, You J J, Wang L, et al. A balanced sowing density improves quality of rapeseed blanket seedling[J]. Agronomy,2022,12(7):1539.
- [20]应小军,陆军良,周红海.油菜播种密度试验初探[J]. 现代农村科技,2017(1):68-69.
- [21]高建芹,顾圣林,陈松,等.沿海旱作地区杂交油菜宁杂 1818 高产高效配套栽培技术研究[J]. 江苏农业科学,2017,45(21):55-60.
- [22]朱志武,刘雪基,陈震,等.烯效唑对油菜植株及产量性状的影响[J]. 江苏农业科学,2013,41(5):77-78.
- [23]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.
- [24]刘芬,屈成,王鑫,等.不同调控技术对晚稻机插秧苗苗生长及产量的影响[J]. 中国农学通报,2017,33(23):113-

- 118.
- [25] 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.
- [26] Zuo Q S, Wang L, Zheng J D, et al. Effects of uniconazole rate on agronomic traits and physiological indexes of rapeseed blanket seedling[J]. Oil Crop Science, 2020, 5(4): 198–204.
- [27] 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.
- [28] 秦梅, 韩燕, 孙小凤, 等. 硫营养对春油菜幼苗生长及生理生化指标的影响[J]. 青海大学学报, 2019, 37(2): 36–41.
- [29] 张庆利, 张民, 田维彬. 包膜控释和常用氮肥氮素淋溶特征及其对土水质量的影响[J]. 土壤与环境, 2001, 10(2): 98–103.
- [30] 韩自强, 宋贺, 夏炎, 等. 秸秆还田下生物炭和硫酸铵对稻田 N_2O 和 CH_4 排放的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2019, 47(2): 135–143.
- [31] 王锐, 郑卫东, 梁琍, 等. 硫素对不同品种油菜产量性状及其利用率的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(20): 118–121.
- [32] 农业农村部南京农业机械化研究所成果转化处. 农业农村部南京农业机械化研究所 推介成果: 油菜毯状苗机械高效移栽技术装备[J]. 中国农机化学报, 2021, 42(1): 2.
- [33] 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.
- [34] 杨士芬. 油菜高产栽培技术与病虫害防治对策[J]. 智慧农业导刊, 2022, 2(15): 62–64.
- [35] 蒋守华, 刘葛山. 不同密度、施氮量对油菜淮油 18 号产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(12): 83–85.
- [36] 陈新军, 戚存扣, 张洁夫, 等. 不同栽培密度对苏优 5 号油菜农艺性状及产量的影响[J]. 江苏农业科学, 2005, 33(3): 39–40.
- [37] 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.
- [38] 刘晓伟, 鲁剑巍, 李小坤, 等. 直播冬油菜干物质积累及氮磷钾养分的吸收利用[J]. 中国农业科学, 2011, 44(23): 4823–4832.
- [39] 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.
- [40] 田丽华. 氮对作物生长发育的影响及其施肥方法[J]. 河北农业科技, 2008(15): 40.
- [41] 崔佩佩, 丁玉川, 焦晓燕, 等. 氮肥对作物的影响研究进展[J]. 山西农业科学, 2017, 45(4): 663–668.
- [42] 朱兆良. 中国土壤氮素研究[J]. 土壤学报, 2008, 45(5): 778–783.
- [43] Daisuke H. The effects of ammonium nitrogen and nitrate nitrogen on alfalfa (*Medicago sativa* L.) early growth and nitrogen absorption[J]. Grassland Science, 2000, 45(4): 404–410.
- [44] 何梦迪, 钟宣伯, 周启政, 等. 氮肥缓解苗期干旱对小麦根系形态建成及生理特性的影响[J]. 核农学报, 2019, 33(11): 2246–2253.
- [45] 张帆, 周加森, 马阳, 等. 水氮调控对冬小麦光合特性和产量的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2021(1): 70–74.
- [46] 钱武, 戴成满, 郑成斌, 等. 甘蓝型冬油菜不同播种期对含油量和产量的影响[J]. 南方农业, 2018, 12(8): 23–24.
- [47] 吴平, 刘宁, 邹乐萍, 等. 甘蓝型春性油菜青杂 7 号在冬油菜区的不同播期试验研究[J]. 江苏农业科学, 2013, 41(7): 84–85.
- [48] 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.
- [49] 张立成, 杨敬林, 肖卫华, 等. 水稻—油菜轮作不同施肥对油菜苗期生长的影响[J]. 土壤与作物, 2017, 6(4): 251–255.
- [50] Sadowska U, Domagała – Świątkiewicz I, Żabiński A. Biochar and its effects on plant – soil macronutrient cycling during a three – year field trial on sandy soil with peppermint (*Mentha piperita* L.). Part I: Yield and macro element content in soil and plant biomass[J]. Agronomy, 2020, 10(12): 1950.
- [51] Zhang Z S, Cao C G, Cai M L, et al. Crop yield, P uptake and soil organic phosphorus fractions in response to short – term tillage and fertilization under a rape – rice rotation in central China [J]. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 2013, 13(4): 871–882.
- [52] Li H, Zhang Y. Abnormal ratio of nitrate to ammonium nitrogen fertilizers in China[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2020, 68(3): 701–702.
- [53] 杨益花, 许乃霞, 苏祖芳. 不同施氮量对水稻品种植株氮素吸收利用的影响[J]. 江苏农业科学, 2010, 38(2): 71–74.
- [54] 宋明丹, 李正鹏, 冯浩. 不同水氮水平冬小麦干物质积累特征及产量效应[J]. 农业工程学报, 2016, 32(2): 119–126.
- [55] 李佳, 曹国军, 耿玉辉, 等. 不同供氮水平对春玉米干物质积累及氮素吸收利用的影响[J]. 中国农学通报, 2014, 30(27): 208–212.
- [56] 吴正贵, 李苗苗, 吴玉珍, 等. 基肥对毯状苗移栽油菜成熟期干物质积累的影响[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(18): 81–85.
- [57] 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.
- [58] 蒋兰, 吴崇友, 汤庆, 等. 油菜毯状苗形态特征及物理机械特性[J]. 江苏农业学报, 2019, 35(2): 248–254.
- [59] 段俊卿, 刘淑君. 水稻秧苗带土移栽[J]. 河南农业科学, 1987, 16(5): 38.
- [60] 殷艳, 尹亮, 张学昆, 等. 我国油菜产业高质量发展现状和对策[J]. 中国农业科技导报, 2021, 23(8): 1–7.
- [61] 孙华, 余意雯, 黄萌, 等. 我国油料作物生产概况和空间集聚特征分析[J]. 江苏农业科学, 2022, 50(23): 67–74.
- [62] 赵丹丹, 万冰彬, 陶应虎. 我国农业发展历程分析: 基于要素禀赋视角[J]. 江苏农业科学, 2020, 48(17): 313–321.
- [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] 熊秋芳, 文静, 沈金雄. 依托科技创新推进我国油菜产业发展[J]. 农业经济问题, 2013, 34(1): 86–91.