

# 我国水稻机插育秧发展现状

周晚来<sup>1,2</sup> 王朝云<sup>1</sup> 易永健<sup>1</sup> 谭志坚<sup>1</sup> 汪洪鹰<sup>1</sup> 杨媛茹<sup>1</sup> 余旺<sup>1</sup> 易镇邪<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup> 中国农业科学院麻类研究所, 长沙 410205; <sup>2</sup> 湖南农业大学农学院/南方粮油作物协同创新中心, 长沙 410128; \* 通讯作者: yizhenxie@126.com)

**摘要:** 种植机械化是我国水稻生产全程机械化的关键, 机械栽插是我国水稻种植机械化的主推技术, 育秧是其中的关键环节。与手工插秧相比, 机械插秧从群体和个体的角度对秧苗素质提出了更高要求, 大大提高了育秧难度, 这也是制约我国机械插秧推广应用的主要技术原因。本文基于对大量基层农技人员相关报道的梳理, 在总结我国水稻机插秧推广应用中出现问题的基础上, 分析了机插育秧与手插育秧的区别, 及影响水稻机插秧苗群体和个体素质的几个主要因素, 提出了机插育秧技术的研发方向。

**关键词:** 水稻; 种植机械化; 机插秧; 育秧

**中图分类号:** S511.048 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2018)05-0011-05

种植机械化是我国水稻生产全程机械化的关键。随着水稻种植机械化的发展, 机械栽插逐步被确立为我国水稻种植机械化的主推技术, 成为我国水稻种植机械化发展的主要方向<sup>[1-4]</sup>。育秧是水稻机插秧技术的重要环节, “秧好一半谷”, 这句谚语形象地说出了培育壮秧的重要性, 水稻种植技术一直在发展, 而培育壮秧这一基本原则始终未变。

## 1 我国水稻机插育秧技术的发展

我国从 1953 年就开始有组织地研究插秧机, 最初是模仿人工移栽大苗的工艺流程设计水稻插秧机, 采用传统水田育秧、大苗洗根移栽模式, 因存在诸多问题、效果较差而自然终止。1979 年, 我国引进日本工厂化育秧和秧苗带土机插成套技术与设备, 自此开始了秧苗带土机插时代<sup>[5-7]</sup>。目前, 我国的水稻机插育秧技术不断趋于完善, 毯状盘育秧技术逐渐成为主流, 与此同时, 针对机插育秧中的特定问题进行的改进与创新层出不穷, 如目前水稻机插多采用毯状秧苗, 而钵形秧苗主要在抛秧上应用, 后者具有移栽伤苗少、返青快等优点, 但无法在现有插秧机上应用, 针对这一问题, 中国水稻研究所研发出钵形毯状秧盘, 培育了具有上毯下钵的秧苗, 按块定量取秧机插, 可提高插秧机取秧的精确度, 实现钵苗机插, 具有秧苗素质好、伤秧伤根少、增产效果好等诸多优点<sup>[8-12]</sup>; 再如针对水稻毯状盘育秧实践中普遍存在的根系盘结差、难起秧、易散秧问题, 中国农业科学院麻类研究所研制出了一种麻育秧膜产品, 垫铺于水稻机插育秧盘底面, 具有良好的盘根、保水保肥、透气增氧作用, 可在育秧土底层创造一层适合于水稻根系生长发育的“水-肥-气”平衡环境, 促进秧

苗根系盘结、显著提高秧苗素质、提高机插质量, 增产效果显著<sup>[13-20]</sup>。

## 2 机械插秧对秧苗素质提出了更高要求

机械插秧在节省劳动力、提高生产效率和产量上优势明显, 在国家政策层面上, 农业部在 2006 年即出台了《全国水稻生产机械化十年发展规划(2006-2015 年)》, 大力推广应用机械插秧。尽管如此, 在中国知网中搜索主题中并含“机插”与“问题”的文章, 并将其依年份排列, 如图 1 所示, 在 2006 年我国大力推广应用机械插秧后, 讨论分析机械插秧中存在问题的文章爆发式地出现在我国各种学术期刊上, 并持续增加。由此可以一窥水稻机械插秧技术在我国的应用并非一帆风顺, 而是伴随着各种问题, 多个地区出现了推而不广的难题<sup>[21-22]</sup>。从各时期、各地区基层农技推广人员反馈的信息看来, 制约机械插秧推广应用的原因是多方面的, 在技术层面上, 机插育秧技术要求高, 农户所育秧苗不能满足机插要求导致机插成本提高、效率降低、增产不明显是最关键的原因<sup>[23-32]</sup>。可以说, 推进水稻生产全程机械化发展关键在机插, 难点在育秧。

与手工插秧相比, 机械插秧在减轻劳力负担, 提高生产效率的同时, 也带来了两个新的问题: 一是漏插, 机插育秧中出现的缺苗、秧苗不整齐、秧块缺边掉角都会导致插秧机漏插。由于现有主流插秧机采取的是中

收稿日期: 2018-06-20

**基金项目:** 中国农业科学院科技创新工程 (ASTIP-IBFC07); 国家自然科学基金青年基金项目(31701372); 中国农业科学院基本科研业务费专项(1610242016015)

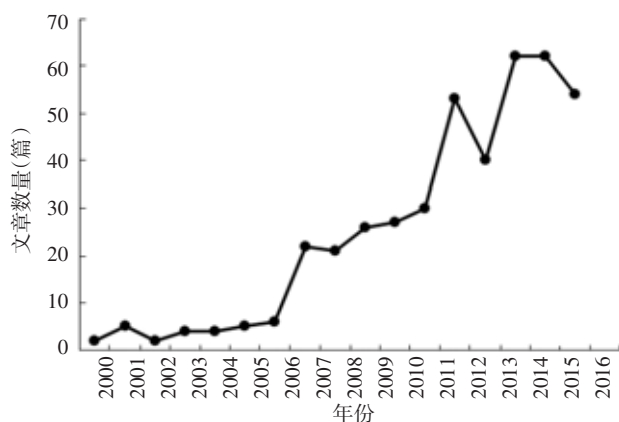


图1 分析讨论我国水稻机械插秧问题的文章发表趋势(检索时间:2018年1月)

小苗移栽、定苗定穴的数量化栽培方式,因而控制好漏插率是发挥机插水稻群体调控能力,形成高光效群体的重要环节。根据 GB/T 6243-2017《水稻插秧机试验方法》,合格水稻插秧机的漏插率应低于 5%,伤秧率低于 4%,然而在生产实践中,机插秧漏插率常常高达 6%~8%,甚至更高,严重影响机插质量<sup>[33-35]</sup>。二是分蘖推迟,目前普遍实行的是中小苗带土移栽,由于秧龄小、秧苗弱,不仅秧田不带分蘖,而且栽后基部分蘖芽的发育也在秧田期受到抑制,小苗移栽后要经过 1~2 个叶龄长出大田根系、稻株体内营养状况良好后,才能发生分蘖。此外,秧苗移栽后会有一定程度的植伤,产生植伤后植株生长速率先降低再恢复,群体茎蘖数也会有一定程度的增长停滞或下降过程,植伤越严重,恢复期越长。尽管带土机插对秧苗根系的伤害没有人工拔苗洗根移栽损伤大,但因栽植机械作业过程中有一定的伤秧,尤其是秧苗从苗床到铺放至机器秧箱上这一运输过程中秧毯卷筒、叠压造成的茎折伤,会显著延长返青期,推迟生育进程,降低低位分蘖发生<sup>[36-39]</sup>,从而影响稻谷产量,也限制了水稻生产中品种选择的余地。上述问题影响了农民应用机械插秧的积极性,限制了该技术的推广应用。

在传统的手工插秧中,壮秧往往只是意味着秧苗个体壮实,而机械插秧带来的上述问题分别从群体和个体的角度对秧苗素质提出了更高的要求,除了个体健壮,还要求群体均衡。首先,在机插移栽植伤导致的生育期延迟无法避免或者不可控制的情况下,提高秧苗个体素质,培育壮秧显然是促进其机插后早生快发、赶上生育期的关键手段。因此,在秧苗个体素质上,机插秧苗必须更加壮实,具备早生快发的物质基础,在形态上表现为叶挺色绿、节短秆壮、根多色白等;其次,为减少漏插,机插秧苗必须具备良好的群体素质,即秧苗

群体整齐、均匀,做到“一板苗无高低,一把苗无粗细”,株高适宜,苗数充足,根系盘结牢固,盘根带土厚度 2.0~2.5 cm,厚薄一致,提起不散,形如毯状<sup>[40]</sup>。

### 3 影响机插秧苗素质的因素

#### 3.1 育秧土

根据来源、质地等的不同,常用的育秧土有泥浆、营养土、育秧基质,此处育秧基质是指采用自然资源、农业废弃物等加工制得的无土栽培基质,虽然不属于严格定义的土壤范围,但作为土壤替代物,也被列入育秧土范围。泥浆就地取材,制备简单,技术要求低,容易为农民掌握,但含水高、质量大、粘稠的特性决定了其难以用于工厂化播种生产线;营养土可用于工厂化播种生产线,但存在制备相对麻烦,技术要求高、破坏土壤耕层、土源不足等问题。由此,水稻育秧基质逐渐成为研究热点。前人研制出了以粉碎秸秆、蔗渣、粉煤灰、草炭、生物炭、木屑、椰壳、沼渣、菌渣、谷壳、水葫芦、蛭石、珍珠岩等为原料的育秧基质<sup>[41-53]</sup>。不同育秧土对秧苗素质的影响主要体现在其水肥特性及通气性的差异上。相比而言,泥浆取自本田,最接近秧苗的原始生长环境,因而技术要求低、安全性最高,然而制备良好的营养土养分充足、水分可控性好、透气性好,更有利于培育壮秧。理论上,只要调配得当,可以使得育秧基质在水分、养分和透气性上充分满足水稻机插育秧的要求,简化育秧流程,降低育秧难度,但目前商业化育秧基质的品质良莠不齐。

除了自身物理化学特性,育秧土的使用方法也会影响机插秧苗素质,其中最关键的是育秧土的厚度。作为养分的载体,营养土的厚度直接决定了其养分供给量,如营养土薄,则随秧龄的增加,营养土中养分易较快消耗,不能满足秧苗生长的需求,秧苗表现出早衰;育秧土过薄导致秧块蓄水量少,容易干旱缺水,在机插时,偏薄的秧块放置在插秧机上时容易受自身重力压迫起拱,影响机插。增大育秧土厚度可以避免上述问题,但育秧土过厚,会增加用土量,还会导致移栽起秧时秧块带土较多使得秧块沉重,容易破裂。因此,应根据秧龄、播种量、施肥量等情况来确定营养土厚度,从而达到既能壮秧,又能满足机插要求的目的。吴为民<sup>[54]</sup>研究指出,软盘育秧秧苗根系宜在厚度为 2.0~2.5 cm 的土层中交织生长,根系盘结可形成毯状秧板,不松散。殷发国等<sup>[55]</sup>也指出,育秧土厚度超过 2.5 cm 会导致漏穴率明显增加。在水稻机插育秧的生产实践中,一般将营养土厚度控制在 2.0~2.5 cm 之间<sup>[56-57]</sup>。

#### 3.2 播种量

播种量既可影响机插秧苗群体素质,也会影响机插秧苗个体素质。一般而言,随着播种量的增加,秧苗成毯性提高,但秧苗处于密生环境中,通风透光性差,随着秧苗的生长,秧苗素质迅速下降,直接影响了栽后在田间的生长发育,还会导致适合机插的秧龄弹性小,成苗率下降,而在低播种量条件下,虽然秧苗素质较好,但成毯性差,起秧难,散秧问题严重<sup>[58-60]</sup>。关于最佳播种量,目前尚无统一说法。张卫星等<sup>[41]</sup>以超级杂交稻内2优6号为材料,基于秧苗素质(苗高、叶挺高、叶面积、干质量、重高比、根冠比等)的试验结果认为,较低播量(300~400 g/m<sup>2</sup>,相当于九寸盘49~65 g/盘)能培育出素质较高且适于机插的秧苗。李泽华等<sup>[61]</sup>从栽插质量和满足栽插的农艺要求角度评价,认为对杂交稻天优998而言,毯状秧盘的最佳播种量范围为65~80 g/盘。方书亮等<sup>[62]</sup>以淮稻11号和甬优2640为材料,研究了播种量对秧苗素质和大田栽插质量的影响,发现常规粳稻在120~130 g/盘、杂交粳稻在80~90 g/盘的播种量(干种)下,所育秧苗素质较好,不仅秧苗成毯效果佳,且大田的移栽质量更高。景启坚等<sup>[63]</sup>研究指出,对于常规粳稻6217而言,其适宜的芽谷播量范围为120~150 g/盘,这与金军等<sup>[64]</sup>以武运粳23号为试验材料得到的播种量为150~180 g/盘时更有利于培育健壮的机插秧苗结论相接近。可见,不同研究者探讨机插秧适宜播种量时所依据的评价指标不尽一致,结论也存在差异。由于机插水稻产量既受秧苗群体素质影响,又受秧苗个体素质影响,因此,合理的机插秧苗素质评价应该从这两方面展开,并以最终产量作为导向指标,根据设计大田基本苗数及种子发芽率、千粒重、成苗率和秧龄等确定播种量<sup>[20]</sup>,在保证机插质量的前提下,适当降低播种量,有利于发挥机插稻的高产潜力<sup>[41, 65-66]</sup>。

### 3.3 水分

根据秧苗期水分管理原则的不同,机插育秧方式可分为水育秧、湿润育秧和旱育秧。水育秧是传统的育秧方式,其栽插前的生长速度不易控制,容易形成超高弱苗,目前已基本被湿润育秧和旱育秧所取代。旱育秧条件下,水稻秧苗的形态、组织结构和生理特性均产生一系列的适应性变化,表现为旱育秧苗粗壮,根系发达,叶片叶绿素含量高,光合能力强,养分积累量高<sup>[67-68]</sup>。此外,旱育秧中对土壤水分控制的同时也调控了秧苗根际土壤pH值、电导率和温度,改善了土壤生态环境,增强了根际土壤中与营养转化循环相关的优势菌群的数量比例,进而有利于健壮秧苗的形成<sup>[69]</sup>。相比水育秧,旱育秧苗机插后具有明显的优势,表现为发根力强,成活率高,缓苗期短,分蘖起步早<sup>[70-72]</sup>。关于旱育秧

早生快发的原因,一方面,旱育环境影响了秧苗根系的分化,限制了根的发生,增加了潜伏根的数量<sup>[73]</sup>;另一方面,旱育秧细胞质浓度提高,营养物质积累多,植株处于“高能”状态,而移栽后土壤水分环境得到改善,根据“激发效应”的原理,那些潜伏的根原基便迅速伸长形成新根,形成了发根的“爆发力”,使得植株能够从土壤中迅速获得养分和水分,促进扎根立苗,从而大大缩短返青期,促进了低位分蘖的发生<sup>[68]</sup>。尽管旱育秧在秧苗素质上优势明显,然而除了水分管理上的差异,旱育秧还需要采取一些相应的措施,如育秧土的选择、培肥、调酸等来确保育秧的正常进行<sup>[74-75]</sup>,这又进一步增加了旱育秧的技术难度,限制了其应用区域。在实际生产中,要因因地制宜地选用这两种育秧方式,一般在稻田土壤粘重的地区适宜湿润育秧,而在土壤肥沃的沙壤或中壤土地区适宜旱育秧。

### 3.4 秧龄

秧龄除了会影响机插秧苗群体素质,也会影响机插秧苗个体素质。密播是机插稻育秧的一大特点,水稻秧苗期,胚乳中的储藏物质在逐渐减少,从1叶1心期的“氮断奶期”到3叶期末的“糖断奶期”,秧苗个体经历着从异养到自养的剧变,秧苗群体通风透光性迅速变差,秧苗素质迅速下降,容易形成高脚弱苗,然而秧龄过小时,根系尚未盘结牢固,起秧时容易散碎,同时,由于株高不够,栽插后容易被淹没秧心,秧苗返青活棵受到抑制,甚至会出现死苗。根据机插时秧龄的大小,我国水稻机插秧技术经历了从大中苗洗苗机插到中小苗带土机插的转变。

一般认为,小苗机插的秧龄以15~25 d为宜<sup>[54, 56-57, 76]</sup>。生产实践中,水稻机插秧的超秧龄现象普遍存在,因而采取措施延长适栽期具有重要意义。秧龄对机插秧的影响与播种量密切相关,两者在一定程度上可以配合调控,即在高播量条件下适当提前机插,而在低播量条件下适当延迟机插,从而兼顾秧块群体根系盘结与秧苗个体素质<sup>[77]</sup>。此外,控水旱育是提高机插秧苗素质、扩大秧龄弹性的重要技术措施。大量研究表明,旱育秧可增加机插秧的秧龄弹性,延长适栽期,如一般常规水育秧机插秧龄以18~20 d为宜,而机插旱育秧的适栽秧龄可放宽至25 d<sup>[78]</sup>。于忠云等<sup>[79]</sup>也指出,机插稻塑盘覆膜旱育秧秧龄可以比水育秧秧龄延长10 d左右。

## 4 结语

“要机器插秧,就必须为机器育好秧。”这是插秧机推广的成功经验总结。在技术层面上,从育秧模式改



进、育秧基质研制、育秧理论探索方面,我国的农业科研和农技推广工作者开展了大量的工作,取得了丰富的成果,然而,难以育出满足机插要求的秧苗依然是普遍存在于我国水稻机插育秧实践中的问题。科研中有技术成果并不代表农民有技术可用,若技术操作复杂,难以掌握,则难以推广应用。改进水稻机插育秧技术,使之能够培育出根系盘结好的高素质秧苗,且简单易行、让农民容易掌握,依然是促进我国机械插秧推广应用的关键。为实现上述目标,应秉持育秧技术简化与标准化的基本理念,在商品育秧基质、高质量播种器械、苗期调控等技术上加大研发力度。

### 参考文献

- [1] 金千瑜. 我国水稻生产机械化栽培现状与发展趋势 [J]. 农业展望, 2008, 4(10): 40-43.
- [2] 白人朴. 关于水稻生产机械化技术路线选择的几个问题[J]. 中国农机化学报, 2011(1): 15-18.
- [3] 张文毅, 袁钊和, 吴崇友, 等. 水稻种植机械化进程分析研究——水稻种植机械化由快速向高速发展的进程[J]. 中国农机化学报, 2011(1): 19-22.
- [4] 马旭, 李泽华, 梁仲维, 等. 我国水稻栽植机械化研究现状与发展趋势[J]. 现代农业装备, 2014(1): 30-36.
- [5] 程三六, 朱德文, 陈永生, 等. 我国水稻机插育苗技术现状与发展[J]. 科技创新导报, 2007(34): 247-248.
- [6] 林齐宽. 推进插秧机械化的措施和建议 [J]. 现代农业装备, 2009(7): 61-63.
- [7] 吴青香, 曾勇军, 程慧煌, 等. 双季稻机插技术在江西的应用现状、存在问题及推广对策[J]. 中国稻米, 2017, 23(4): 157-159.
- [8] 陈惠哲, 朱德峰, 徐一成. 水稻钵形毯状秧苗机插技术及应用效果[J]. 中国稻米, 2009, 15(3): 5-7.
- [9] 王铁忠, 陈惠哲, 朱德峰, 等. 连作早稻钵形毯状秧苗机插技术应用效果及品种比较[J]. 中国稻米, 2010, 16(3): 44-46.
- [10] 陈少杰, 蒋琪, 朱德峰, 等. 连作晚稻钵形毯苗精量稀播机插技术研究[J]. 中国稻米, 2017, 23(6): 53-56.
- [11] 朱明, 邢志鹏, 吴培, 等. 播种方式和栽插密度对毯苗插水稻南粳 9108 产量及光合物质生产的影响[J]. 中国稻米, 2017, 23(6): 84-87.
- [12] 喻巨荣. 早稻机插钵形毯状秧盘育秧研究与示范[J]. 上海农业科技, 2013(3): 54-54.
- [13] 王朝云, 易永健, 周晚来, 等. 麻基膜水稻机插育秧研究初报[J]. 中国麻业科学, 2013, 35(1): 19-21.
- [14] 王朝云, 易永健, 周晚来, 等. 秧盘垫铺麻育秧膜对水稻机插秧苗根系发育及产量的影响 [J]. 中国农机化学报, 2013, 34(6): 84-88.
- [15] 熊常财, 李景柱, 汪红武, 等. 早稻可降解麻地膜育秧机插技术试验与示范[J]. 湖北农业科学, 2013, 52(13): 2994-2996.
- [16] 曾国安, 李跃武, 肖华云, 等. 麻育秧膜水稻机插育秧技术示范总结[J]. 中国麻业科学, 2013, 35(2): 107-109.
- [17] 张连海. 富锦市麻育秧膜水稻机插育秧技术总结[J]. 农业开发与装备, 2015(2): 90.
- [18] 黄超. 东港地区麻育苗膜水稻机插秧育秧试验总结[J]. 农业开发与装备, 2016(1): 75-76.
- [19] 周晚来, 王朝云, 易永健, 等. 秧盘垫铺麻纤维膜与育秧肥底部撒施对水稻机插秧苗素质的影响 [J]. 华北农学报, 2016, 31(1): 191-197.
- [20] 周晚来, 易永健, 汪洪鹰, 等. 麻育秧膜与播种量对机插水稻秧苗素质和产量的影响[J]. 中国稻米, 2017, 23(5): 58-62.
- [21] 汪友祥, 王洪明. 湖南机插秧推而不广的原因分析及对策建议 [J]. 农业机械, 2012(7): 103-104.
- [22] 樊日文. 忻城县水稻机插秧为何一冷再冷 [J]. 农机科技推广, 2016(6): 34-35.
- [23] 张宗春, 何兴武. 机插秧在实际生产中存在问题及对策[J]. 安徽农学通报, 2010, 16(24): 125-126.
- [24] 庄春, 陈川, 钟平, 等. 机插育秧存在的主要问题及解决办法[J]. 现代农村科技, 2010(3): 5-6.
- [25] 张文毅, 袁钊和, 朱成强, 等. 当前机插秧发展中的问题分析及对策[J]. 中国农机化学报, 2012(4): 12-13.
- [26] 董学成. 水稻育插秧机械化推广中的难点 [J]. 云南农业, 2012(8): 38-39.
- [27] 陈志斌, 陈洪礼. 机插秧推广缓慢的原因及发展对策[J]. 现代农业科技, 2012(6): 119-120.
- [28] 韩春洪, 于福安. 天津市水稻机插秧现状、存在问题及改进措施 [J]. 农业工程, 2012, 2(9): 11-13.
- [29] 解平, 杨东平, 陈可伟, 等. 宜兴市机插秧存在的问题和对策[J]. 上海农业科技, 2012(1): 47.
- [30] 孙光天, 孙光辉. 苏北地区水稻机插育秧技术存在的问题及对策 [J]. 现代农业科技, 2013(2): 55-55.
- [31] 庞文凤. 吉水县水稻机械化插秧技术推广存在问题及建议[J]. 农机使用与维修, 2015(12): 24-25.
- [32] 仲凤翔, 何永垠, 吴和生, 等. 江苏沿海地区水稻机插秧常见问题和对策[J]. 科学种养, 2017(9): 14-16.
- [33] 潘竹生, 张庆华. 插秧机漏插率高的成因浅析与对策分析[J]. 农业装备技术, 2012(6): 46-47.
- [34] 张结刚, 张美良, 王璠, 等. 双季稻机插育秧床土选择试验[J]. 农业工程学报, 2016, 32(1): 167-173.
- [35] 吴太生. 降低机插秧漏插率的措施 [J]. 现代农业科技, 2008(5): 168-168.
- [36] 王洪明, 汪友祥. 水稻机插秧伤秧的真正原因分析及对策研究 [J]. 农业机械, 2012(28): 112-113.
- [37] 张坤, 吕伟生, 段里成, 等. 机插对晚稻栽后秧苗生长和生育期的影响[J]. 作物杂志, 2016(5): 112-118.
- [38] 凌励. 机插水稻分蘖发生特点及配套高产栽培技术改进的研究 [J]. 江苏农业科学, 2005(3): 14-19.
- [39] 韩正光, 韩国华, 于秀梅, 等. 机插水稻分蘖发生特点及其成穗规律研究[J]. 上海农业科技, 2003(5): 24-25.
- [40] 查军民, 黄英, 李忠芹, 等. 杂交水稻制种母本机插育秧技术[J]. 农技服务, 2015, 32(11): 38-39.
- [41] 张卫星, 朱德峰, 林贤青, 等. 不同播量及育秧基质对机插水稻秧苗素质的影响 [J]. 扬州大学学报: 农业与生命科学版, 2007, 28(1): 45-48.
- [42] 周青, 陈新红, 王纪忠, 等. 不同基质对水稻机插秧苗素质的影响 [J]. 安徽农业科学, 2010, 38(17): 8889-8891.
- [43] 鲁耀雄, 崔新卫, 罗赫荣, 等. 有机废弃物作育秧基质对水稻秧苗素质的影响[J]. 南方农业学报, 2012, 43(11): 1703-1707.

- [44] 李睿,张悦,张睿,等.不同育秧基质对水稻秧苗素质的影响[J]. 辽宁农业科学, 2013(6):8-11.
- [45] 梁启全,王智华.寒地水稻工厂化育苗基质研究初报[J]. 黑龙江农业科学,2013(7):23-26.
- [46] 付为国,汤涓涓,尹淇淋,等.不同基质育秧对机插秧秧苗素质的影响[J]. 江苏农业科学, 2014,42(5):83-85.
- [47] 姚义,尹航,谢成林,等.机插水稻不同育秧基质应用效果初探[J]. 中国稻米,2016,22(2):68-71.
- [48] 宋鹏慧,方玉凤,王晓燕,等.不同有机物料育秧基质对水稻秧苗生长及养分积累的影响[J]. 中国土壤与肥料,2015(2):98-102.
- [49] 刘斌,韩亚男,袁旭峰,等.木耳菌糠的5种前处理对水稻育苗基质性质及秧苗生长的影响[J]. 中国农业科学,2016,49(16):3 098-3 107.
- [50] 林育炯,张均华,胡继杰,等.不同类型基质对机插水稻秧苗生理特征及产量的影响[J]. 农业工程学报,2016,32(8):18-26.
- [51] 雷武生,戴金平,蔡善亚,等.育秧基质对机插水稻秧苗素质和产量的影响[J]. 湖北农业科学,2016,55(23):6 033-6 035.
- [52] 郑丹,王铁,赵春霞,等.利用高温发酵菌糠研制水稻育秧基质[J]. 中国农业大学学报,2016,21(10):23-29.
- [53] 孙海天,汪春,李海亮,等.利用农业废弃物制备水稻育秧基质工艺的优化[J]. 农机化研究,2018,40(5):230-235.
- [54] 吴为民.水稻机插育秧技术[J]. 福建农机,2006(3):142-143.
- [55] 殷发国,董根生,李清,等.水稻软(硬)质塑盘机插育秧试验研究[J]. 现代农业科技, 2005(3):39-40.
- [56] 于林惠.机插水稻育秧技术[J]. 农机科技推广,2006(2):37-41.
- [57] 张洪.水稻机插秧育秧技术[J]. 现代农业装备,2004(10):52-54.
- [58] 沈建辉,邵文娟,张祖建,等.水稻机插中苗双膜育秧落谷密度对苗质和产量影响的研究[J]. 作物学报,2004,30(9):906-911.
- [59] 于林惠,丁艳锋,薛艳凤,等.水稻机插秧田间育秧秧苗素质影响因素研究[J]. 农业工程学报,2006,22(3):73-77.
- [60] 滕飞,陈惠哲,朱德峰,等.播种量对水稻机插秧苗成毯性及素质的影响[J]. 江西农业大学学报,2015,37(3):398-403.
- [61] 李泽华,马旭,谢俊峰,等.双季稻区杂交水稻机插秧低播量精密育秧试验[J]. 农业工程学报,2014,30(6):17-26.
- [62] 方书亮,张军,李必忠,等.不同播种量对机插梗稻秧苗素质及大田栽培效果的影响[J]. 中国稻米,2016,22(3):81-84.
- [63] 景启坚,薛艳凤,钱照才,等.不同播量对机插秧苗素质的影响[J]. 江苏农机化,2003, 95(2):13-14.
- [64] 金军,赖清云,李伟海,等.水稻基质育秧不同播种量对秧苗素质和产量的影响[J]. 中国稻米,2014,20(6):59-61.
- [65] 何文洪,陈惠哲,朱德峰,等.不同播种量对水稻机插秧苗素质及产量的影响[J]. 中国稻米,2008,14(3):60-62.
- [66] 商庆银,杨秀霞,吕伟生,等.不同播种量对机插晚稻生长发育和产量的影响[J]. 江苏农业科学,2015,43(10):63-65.
- [67] 卢向阳,彭丽莎,唐湘如,等.早稻早育秧形态、组织结构和生理特性[J]. 作物学报,1997,23(3):360-369.
- [68] 王维,杨建昌,朱庆森.控水条件下水稻早育秧苗的形态生理特征[J]. 扬州大学学报:农业与生命科学版,2001,22(1):16-20.
- [69] 张志兴,林芸青,戴沛良,等.水稻早育秧的根际生态学特性分析[J]. 中国生态农业学报,2015,23(12):1 552-1 561.
- [70] 田秀英,石孝均.早育秧对水稻生长发育的影响[J]. 西南大学学报:自然科学版,2000, 22(4):304-306.
- [71] 丁艳锋,王强盛,王绍华,等.水稻早育秧苗与湿润秧苗根系生理活性的比较研究[J]. 南京农业大学学报,2001,24(3):1-5.
- [72] 陈川,张山泉,庄春,等.水稻机插早育秧与水稻秧苗素质的比较研究[J]. 江苏农业科学,2003,31(6):27-29.
- [73] 赵言文,丁艳锋,黄丕生,等.水稻苗床土壤水分与秧苗根系建成的关系[J]. 江苏农业学报,1998(3):141-144.
- [74] 黄永林,段德芳,谭文丽.水稻机械化栽插早育秧技术[J]. 农技服务,2007,24(9):5.
- [75] 朱福礼, 黄体祥.水稻机插秧软盘早育秧技术[J]. 农技服务, 2008,25(2):54.
- [76] 林金树.水稻机插的育秧技术[J]. 福建农机,2005(3):89-91.
- [77] 沈建辉,邵文娟,张祖建,等.苗床落谷密度、施肥量和秧龄对机插秧苗质及大田产量的影响[J]. 作物学报,2006,32(3):402-409.
- [78] 周宇,车艳波.机插水稻早育秧特点及育苗技术[J]. 上海农业科技,2005(6):51-51.
- [79] 于忠云,洪芳,蔡连贵,等.机插水稻塑盘覆膜早育秧技术[J]. 中国稻米,2007,13(1):54-55.

## Development Status of Rice Seedling Raising Technology for Mechanical Transplanting in China

ZHOU Wanlai<sup>1,2</sup>, WANG Chaoyun<sup>1</sup>, YI Yongjian<sup>1</sup>, TAN Zhijian<sup>1</sup>, WANG Hongying<sup>1</sup>, YANG Yuanru<sup>1</sup>, YU Wang<sup>1</sup>, YI Zhenxie<sup>2\*</sup>

(<sup>1</sup> Institute of Bast Fiber Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410205, China; <sup>2</sup> College of Agronomy, Hunan Agricultural University/South Regional Collaborative Innovation Center for Grain and Oil Crops, Changsha 410128, China; \*Corresponding author: yizhenxie@126.com)

**Abstract:** Planting mechanization is the key to the mechanization of rice production. Mechanical transplanting is the main productive technology of rice planting mechanization in China, and seedling raising is the key. Compared with manual transplanting, mechanical transplanting raises higher requirements for seedling quality in respect of both population and individual, which greatly increases the difficulty of seedling raising, which is also the main technical reason restricting the popularization and application of mechanical transplanting in China. This paper collated lots of reports from grass-roots agricultural scientific workers, summarized the problems emerged in the popularization and application of mechanical transplanting in China, analyzed the difference between the seedling raising for manual transplanting and for mechanical transplanting, expounded several main factors affecting the population and individual quality of rice seedling for mechanical transplanting, proposed the research and development direction of the technology of seedling raising for mechanical transplanting.

**Key words:** rice; planting mechanization; mechanical transplanting; seedling raising