

南方水稻机插秧技术的最新研究进展与发展建议^①

高立均, 张巫军, 段秀建,
李经勇, 唐永群, 张先锋, 姚 雄

重庆市农业科学院 重庆再生稻研究中心, 重庆 401329

摘要: 概述了我国南方水稻机插秧技术的发展现状, 从生长发育特点、高产源库特征、壮秧培育、基本苗调节以及氮肥运筹等方面综述了最新研究进展. 建议充分认识水稻机插秧技术的重要性和紧迫性, 在水稻主产区重点示范推广以钵苗摆栽、毯苗机插为核心的机插秧技术. 结合南方特别是西部水稻多元化种植区的生产实际, 开展机插水稻对气候变化的响应机制及技术途径、籼型及籼粳型杂交稻在机插条件下的养分高效利用技术、基于传统宽窄行栽培技术、三角形强化栽培技术以及中稻—再生稻栽培技术参数的插秧机装备研制以及稻田复种轮作特别是全程机械化生产条件下的土壤保育、病虫草害生态工程防控技术.

关键词: 南方; 水稻; 机插秧; 研究进展

中图分类号: S223

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2017)06-0059-06

水稻是中国最主要的粮食作物之一, 其种植面积约占全国粮食种植面积的 30% 左右, 实现水稻机械化生产是提高劳动生产率、节本增效和增加农民收入的重要措施^[1]. 至 2012 年底, 全国水稻耕种收综合机械化水平达到 68.82%, 其中机耕水平为 93.29%, 机械种植水平为 31.67%, 机收水平为 73.35%^[2]. 由此说明, 机械种植仍然是水稻全程机械化生产中最薄弱的环节, 是当前影响我国水稻生产现代化的重要因素^[3]. 在全国水稻产区中, 受特殊的丘陵山区地理条件、雨养农业区的高温伏旱气候以及复杂的耕作制度和品种类型等因素制约, 南方地区特别是西南地区的水稻机械化水平远低于北方地区^[4-5]. 当前, 水稻机械化种植方式包括机抛秧、机直播和机插秧 3 种, 而机插秧的通用性较强, 是我国未来水稻种植的主导性技术, 南方地区要加快提高水稻机械化水平, 必须以水稻机插秧技术为主^[6]. 在《全国水稻生产机械化十年发展规划(2006—2015 年)》中, 提出了“2020 年全国基本实现水稻生产全程机械化”的目标, 为了助推这个目标的实现和“十三五”规划的科学制定, 总结和回顾近年来我国南方水稻机插秧技术的最新研究进展, 分析和探讨当前我国南方特别是西部水稻多元化种植区存在的主要问题, 提出了发展的新思路和技术路线建议.

1 水稻机插秧技术的发展现状

21 世纪以来, 随着我国《农业机械化促进法》的公布实施和《农机购置补贴办法》、《农业生产作业用燃油补贴办法》一系列惠农政策的出台, 以及农机、农艺部门的进一步联合攻关, 充分汲取以往水稻栽植机械化的经验教训, 水稻栽植机械化获得了长足的发展. 2013 年底, 全国共有水稻插秧机 60.45 万台, 其中乘

① 收稿日期: 2017-02-23

基金项目: 重庆市科技创新重大专项(cstc2016shms-ztzz80012); 国家公益性行业(农业)科研专项(201303102); 重庆市科技创新一般项目(cstc2015shmszx80003).

作者简介: 高立均(1973-), 男, 重庆渝北人, 硕士, 助理研究员, 主要从事作物栽培与农业技术推广、农业信息化的研究.

通信作者: 姚 雄, 研究员, 博士.

坐式 21.11 万台. 水稻机械种植面积达到 $10\,944\,000\text{ hm}^2$, 其中机插面积为 $10\,263\,000\text{ hm}^2$ ^[7]. 目前, 大面积水稻机械化生产中, 已初步实现了农机、农艺的有机结合, 形成了以毯状秧苗机插为主, 以机械摆秧、机械抛秧和机械直播为辅, 各自农机、农艺技术基本配套的良好发展态势^[8-10]. 近年来, 为了解决毯状秧苗机插植伤重、秧龄弹性短等问题, 众多学者针对抛秧机械化开展了大量的农机、农艺研发工作, 研制出了各类钵苗插秧机并投入试验示范^[11-14], 研发出了钵苗精确机插高产栽培新体系, 将钵育壮秧按固定的行、株距均匀、无植伤的移植到大田, 不仅有效延长了水稻的生育期, 还解决了抛秧水稻抛栽深度不一、群体分布不均、生育安全性差及毯状机插秧龄弹性短、植伤重等技术难题. 研究与示范表明, 钵苗机插较毯苗机插增产 $6.0\%\sim 12.6\%$ ^[15-16], 充分发挥了水稻钵育精密移栽所具有的独特的技术优势, 是 21 世纪我国水稻种植机械化发展的主要方向之一^[17].

2 水稻机插秧技术的研究进展

2.1 机插水稻的生长发育特性

与传统的手插稻相比, 机插稻因插秧机的工作方式和特点, 要求秧苗必须符合特定的技术标准, 如通过秧盘密播的方式, 培育株高适宜的毯状秧块, 使秧苗以群体状态整齐放入插秧机的秧厢, 从而实现送秧和分插. 因此, 由于育秧和栽插方式的改变, 机插稻在生长发育、器官建成上具有明显区别于其他栽培方式的特点. 近年来, 国内学者围绕南方双季稻和两熟制地区的超秧龄秧苗的生长特点开展了较多研究. 结果表明, 机插秧苗的糖代谢对于超秧龄生长反应敏感, 而氮代谢相对稳定. 在超秧龄初期, 秧苗地上部形态尚能适应机插需求, 但地下部的根系较早停止生长, 根系活力迅速下降; 在严重超秧龄期, 苗高迅速增加, 单位苗高干质量大幅下降, 根系生长处于最低维持水平^[18-20]. 在机插稻生育进程方面, 杨波等研究表明, 与手插稻相比, 机插稻苗期缩短 18 d, 各关键生育期均有所推迟, 但成熟期没有明显差别, 全生育期缩短 18 d 左右^[21]. 为了进一步解决南方地区普通机插稻存在的秧龄弹性小、秧苗素质弱、机插植伤重、全生育期缩短等问题, 张洪程等研究了钵苗机插稻的生长发育特点. 结果表明, 与普通毯状小苗相比, 钵育秧苗的素质高, 栽后活棵发苗快, 高峰苗数较小, 成穗率高; 在水稻中后期, 钵苗机插稻的群体生长率和净同化率高于毯状机插稻, 其中, 抽穗至成熟期群体生长率高出 $8.7\%\sim 15.1\%$ ^[15].

2.2 机插水稻的高产源库特征

水稻产量的高低决定于库(单位面积颖花数 $\times$ 粒质量)的大小、源(绿叶面积 $\times$ 净同化率)及流(光合产物向库的运转)的强弱^[22]. 近年来, 有关杂交稻高产源库特征、超高产形成规律等研究较为丰富^[23-24], 但大多数研究是基于常规栽插方式, 少有针对机插方式. 于林惠等研究表明, 机插稻的产量与颖花量极显著相关, 粳稻达到 10.5 t/hm^2 及以上的产量, 每平方米至少需要 45 000 以上的颖花量, 花后干物质积累占籽粒产量的 $70\%\sim 80\%$ ^[25]. 杜永林等对江苏水稻高产田块的调查表明, 机插水稻产量与单穴穗数整齐度呈极显著正相关, 提高单穴穗数整齐度和穗粒数整齐度是江苏大面积均衡增产的有效途径^[26]. 胡雅杰等和谢成林等研究表明, 钵苗机插水稻增产的主要原因是, 在足够穗数的基础上, 显著或极显著增加每穗粒数, 进而提高群体颖花量, 同时保持稳定的结实率和千粒质量. 在有效分蘖临界叶龄期、孕穗后以及成熟期, 钵苗机插水稻的群体叶面积指数和干物质积累量均显著或极显著地高于毯苗机插稻^[27-28]. 陈惠哲等对免耕机插稻的根系生长特性及产量形成研究表明, 与翻耕相比, 免耕机插水稻的根系总量降低, 且 70% 的根系集中在 0~5 cm 的表层; 倒 1 叶至倒 5 叶的叶长和叶宽更短(窄), 叶面积指数更合理, 基部透光性也较好^[29].

2.3 关键技术调控

2.3.1 壮秧培育

培育壮秧是实现机插水稻高产的前提. 近年来, 有关机插壮秧的培育研究主要集中在针对不同类型的水稻品种适宜播种期的确定、育秧基质的改良以及苗期的促控措施等方面. 适宜播种期研究方面, 谢祖琪等针对四川稻麦两熟区的水稻适宜秧龄、播种量的研究表明, 49 d 秧龄结合 55 g/盘播种量条件下, 采用 16 cm 的株距、毯钵一体秧盘和插秧机钢板秧爪结构的水稻产量较高^[30]. 邢志鹏等以不同穗型的粳稻为材料, 在江苏里下河稻麦两熟区开展了分期播种试验, 研究结果表明, 水稻产量随播期推迟显著下降, 适时早播有利于机插稻干物质积累, 形成“前小、中高、后强”的高产水稻群体^[31]. 孙建军等进一步的研究证实

了水稻产量随播种期延迟而下降的结果,并明确提出了河南不同生态区稻麦两熟机插条件下的适宜品种类型及播种期^[32]。育秧基质改良研究方面,黄洪明等研究表明,无机基质、母剂、壮秧剂均有壮苗增产的功能,但以无机基质和母剂的效果更佳,在生产上更具推广应用价值^[33]。方晓英等研究表明,育秧土中添加蚕沙能有效提高毯状秧苗素质,适宜的用量为 30 g/盘^[34]。苗期促控措施研究方面,宋云生等研究了播种量、秧田水分管理及二次化控措施对钵育机插秧苗素质的影响。结果表明,钵育机插秧苗素质随播量的增加而趋劣,早育方式较湿润方式在壮秧培育、秧龄延长等方面有一定的优势,适量、适时的二次化控可显著提高秧苗素质,有效控制苗高,增加秧苗整齐度^[35]。

2.3.2 基本苗调节

基本苗数的确定对于建立合理的机插水稻群体起点、提高中后期的群体质量、实现高产或超高产具有重要的意义。生产实践中,基本苗的调节主要通过机插株距和取秧量的变化来实现。近年来,针对机插基本苗的研究不断增多,且针对不同品种类型提出了相应的基本苗调节措施。吴文革等以矮秆穗数型、中秆穗粒兼顾型和高秆超大穗型等 3 类杂交籼稻为材料,研究了机插适宜行距及株距配置方式。结果表明,中秆穗粒兼顾型和高秆超大穗型宜采用扩行稀植的方式,行距分别为 30 cm 和 33 cm,株距分别为 15 cm 和 15~18 cm;矮秆穗数型应适当缩减行距至 30 cm 以下,株距在 12 cm 左右^[36]。滕飞等研究指出,随着机插取秧量的增大,杂交稻机插质量明显上升,漏秧率显著减小,田间基本苗数及群体茎蘖数均有所增加,产量呈先上升后下降的趋势,机插最适取秧量为 6 档,成穗率高的品种可降至 4 档^[37]。对于每穴的适宜栽插苗数,吴文革等研究认为,机插杂交中籼稻以单穴 2 苗最为适宜,能在中后期提高群体质量,增大群体颖花量从而获得高产^[38]。李刚华等在水稻基本苗计算的研究基础上,进一步获取并验证了机插粳稻的适宜基本苗定量校正系数(a 值)、分蘖缺位叶龄数及分蘖发生率(r),为机插稻精确定量基本苗提供了技术支撑^[39]。此外,近年来,部分学者较系统地研究了钵苗机插密度对不同类型水稻的株型、产量形成及齐穗期群体质量的影响。研究认为,钵苗机插常规粳稻、杂交粳稻、杂交籼稻的适宜穴距可分别为 12 cm,14 cm 和 16 cm^[40];大穗型品种钵苗机插应适当降低密度,不仅可以获得高产,还能提高抗倒伏能力^[41];杂交稻各群体生长指标以中密度(行距 33 cm,穴距 14 cm)最大^[42]。

2.3.3 氮肥运筹

合理的氮肥运筹不仅能大幅度增加水稻产量、改善稻米品质,还对降低水稻生产成本、保护稻田生态环境具有重要的意义。近年来,众多学者针对机插水稻的氮素积累与运转特性、高效施氮技术等作了较多的研究,进一步优化了氮肥管理模式。赵敏等研究发现,在育插秧机械化条件下,水稻植株氮素积累符合 Logistic 曲线增长规律,但不同基因型品种间差异有统计意义,中籼中熟杂交稻的氮素积累、转运和利用较中籼迟熟杂交稻和粳稻更为高效^[43]。魏海燕等研究表明,随施氮量的增加,超级粳稻产量先增加后下降,300 kg/hm²施氮条件可获得 10.33~10.60 t/hm²的最高水稻产量,但经济最佳施氮量为 275.68 kg/hm²,相应的水稻产量为 9.97 t/hm²^[44]。胡剑锋等研究认为,西南地区麦茬长秧龄机插水稻产量随施氮量增加而提高,施氮量为 225 kg/hm²,基肥、分蘖肥和穗肥比例为 4:3:3 时,可使长秧龄机插水稻的高产和高效得到较好的统一^[45]。刘奇华等研究发现,长秧龄机插水稻的氮素吸收利用特性不仅和品种有关,还和孕穗至抽穗期的环境温度变化显著相关,生产上应根据品种特性特别是品种生育期调整穗肥的比例^[46]。

3 主要问题及建议

3.1 充分认识水稻机插秧技术的重要性和紧迫性

我国南方特别是西部水稻多元化种植区的自然地理条件复杂,气候资源丰富,耕作制度多样,在水稻种植方式上存在明显的地域差异^[47],手插、机插、抛栽以及直播等多种种植方式长期并存且相互竞争。目前,重庆的机插稻面积约占全市水稻播种面积的 19%,四川的机插稻面积约占全省水稻播种面积的 17%,贵州和云南的水稻机插秧面积则更低。在诸多水稻生产技术中,手插秧不仅费时费工,还由于劳动生产力的严重缺乏,大面积生产中难以保证高产所需的基本苗,致使产量变化较大。抛秧虽然降低了劳动强度,但由于秧苗在田间大多呈无序分布,难以提高群体质量,产量水平也不稳定。直播虽然近年来在南方多个地区发展迅速,但对稻田土壤平整度和水利设施条件要求较高,且不易控制杂草、鸟害和倒伏等风险,大

面积推广不利于保障国家粮食安全。相比而言,机插秧技术在大幅度降低水稻生产劳动强度、提高生产效率的同时,更能稳定提高水稻的单产和效益,是我国特别是南方地区未来水稻种植的主导性技术。建议地方政府特别是科研院所、农技(机)推广部门充分认识水稻机插秧技术的重要性和紧迫性,加强农田基础设施建设,适当提高插秧机购置补贴,在水稻主产区重点示范推广以钵苗摆栽、毯苗机插为核心的机插秧技术,并因地制宜地探索南方水稻适度规模机械化生产的模式,实现藏粮于地、藏粮于技和藏粮于新型农业经营主体。

3.2 进一步强化水稻机插秧技术的创新性研究

已有的研究在机插秧的生长发育特性、高产源库特征以及机插秧的关键技术调控等方面取得了重要进展。特别是钵苗精确机插高产栽培技术体系的创新实践,更是充分发挥了抛秧稻和机插秧的优势,在全国多地得以迅速推广。然而,从南方特别是西部水稻多元化种植区的机插秧生产现状看,仍然需要开展以下创新性研究。

一是区域降水、高温、伏旱发生的规律与机插水稻的高产生育特性匹配研究。南方特别是西部水稻雨养种植区的降水大多季节性分配不均,水稻生长期面临着较为突出的春旱、伏旱和高温的胁迫,严重影响了水稻的安全齐穗和品质。传统机插秧技术虽然缩短了栽插时长,但由于植伤和中大苗移栽导致了水稻生育期延迟。为了提高机插水稻的单产和品质,应结合当地主体耕作制度和水稻主导品种,研究机插水稻对气候变化的响应机制及技术途径。

二是不同类型水稻品种在机插条件下的养分需求特性研究。目前,西部水稻多元化种植区的水稻品种繁多,涵盖了杂交籼稻、粳稻和常规稻等多种类型。以重庆市为例,2014 年杂交水稻品种的推广面积较 2011 年减少了 0.52 万 hm^2 ,但推广的杂交水稻品种数量较 2011 年增加了 16.83%,高达 243 个^[48]。已有的机插秧技术研究大多以粳稻为材料,得出的养分需求及配置技术也主要适用于单季粳稻生产。因此,应着力研究籼型及籼粳型杂交稻在区域多元化种植制度下的养分高效利用技术。

三是具有区域特色的轻型、高效插秧机及栽插、施肥一体化装备研究。钵苗摆栽机与传统的毯苗插秧机相比,其中一个重要的参数优化则是扩大了行距,更利于南方高温、高湿和寡日照生态条件下的水稻通风透光。然而,对于南方特别是西部水稻多元化种植区而言,经大量的研究和长期的生产实践证实,宽窄行栽培技术、三角形强化栽培技术以及中稻一再生稻栽培技术具有更显著的增产优势,但均由于人工栽插劳动强度大,严重制约了目前在生产中的应用,应着力研发相应的插秧机及栽插、施肥一体化装备。

四是基于南方稻田复种轮作特别是全程机械化生产条件下的稻田生态环境保育研究,在人增地减的现实压力下,要实现藏粮于地,就要保护稻田生态环境。与北方的水稻生产相比,南方的重要区别之一就是具有复杂多样的稻田复种轮作方式,以此提高单位面积稻田的产出和收益。例如稻油、稻麦、稻菜、稻豆、稻药等水旱轮作方式,稻一鸭、稻一渔等立体种养方式,中稻一再生稻、稻冬水(闲)田等方式。然而,在周年全程机械化种植条件下,除了稻油、稻麦生产系统外,其余复种轮作系统下的稻田土壤理化性质、病虫害的变化特征及相适应的土壤保育、病虫害生态工程防控技术却少有研究。

参考文献:

- [1] 徐丽君,杨敏丽,黄玉祥.南方双季稻区水稻机械化生产燃油消耗影响因素分析[J].农业工程学报,2012,28(23): 33—39.
- [2] 曹曙明.中国农业机械化年鉴 2013 [M].北京:中国农业科学技术出版社,2013.
- [3] 张洪程,郭保卫,龚金龙.加快发展水稻丰产栽培机械化,稳步提升我国稻作现代化水平[J].中国稻米,2013,19(1): 3—6.
- [4] 牛 盾.我国农业机械化的新形势和水稻生产机械化问题[J].农业工程学报,2000,16(4): 7—10.
- [5] 张洪程,龚金龙.中国水稻种植机械化高产农艺研究现状及发展探讨[J].中国农业科学,2014,47(7): 1273—1289.
- [6] 臧 英,罗锡文,周志艳.南方水稻种植和收获机械化的发展策略[J].农业机械学报,2008,39(1): 60—63.
- [7] 李卫玲.中国农业机械工业年鉴 2014 [M].北京:机械工业出版社,2014.
- [8] 王海龙,王立臣.水稻栽植机械化区域型实现模式探讨[J].农机化研究,2010(12): 1—5, 22.
- [9] 任丹华,戴冬梅.四川浅丘区杂交水稻机械化插秧生产技术的研究与示范[J].杂交水稻,2014,29(4): 41—43.

- [10] 孙志强,湛小梅,王圆明,等. 重庆稻油轮作机械化生产模式 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(3): 292—295.
- [11] 宋来田,李延华,田金和,等. 齿板式水稻钵秧摆栽机的研究 [J]. 农业工程学报, 2000, 16(2): 72—74.
- [12] 马瑞峻,区颖刚,赵祚喜,等. 水稻钵苗机械手取秧有序移栽机的改进 [J]. 农业工程学报, 2003, 19(1): 113—116.
- [13] 徐洪广,赵 匀,张允慧,等. 水稻钵苗移栽机变性卵形齿轮分秧机构的运动机理分析 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(11): 9—15.
- [14] 俞高红,黄小艳,叶秉良,等. 旋转式水稻钵苗移栽机构的机理分析与参数优化 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(3): 16—22.
- [15] 张洪程,朱聪聪,霍中洋,等. 钵苗机插水稻产量形成优势及主要生理生态特点 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(21): 50—59.
- [16] 周兴根,张洪程,常 勇,等. 淮北地区麦茬钵苗机插水稻的增产优势及其形成特征 [J]. 江苏农业学报, 2015, 31(3): 564—573.
- [17] 宋建农,庄乃生,王立臣,等. 21 世纪我国水稻种植机械化发展方向 [J]. 中国农业大学学报, 2000, 5(2): 30—33.
- [18] 张祖建,王 君,郎有忠,等. 机插稻超秧龄秧苗的生长特点研究 [J]. 作物学报, 2008, 34(2): 297—304.
- [19] 姚 雄,杨文钰,任万军. 育秧方式与播种量对水稻机插长龄秧苗的影响 [J]. 农业工程学报, 2009, 25(6): 152—157.
- [20] 姚 雄,任万军,蓝 平,等. 氮肥与多效唑配合对稻麦两熟区机插水稻秧苗生长的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(6): 1365—1372.
- [21] 杨 波,徐大勇,张洪程. 直播、机插与手栽水稻生长发育、产量及稻米品质比较研究 [J]. 扬州大学学报(农业与生命科学版), 2012, 33(2): 39—44.
- [22] 盛大海,刘元英,李广宇. 水稻源库关系研究进展与应用 [J]. 东北农业大学学报, 2009, 40(5): 117—122.
- [23] 艾治勇,马国辉,青先国. 超级杂交稻生理生态特性及高产稳产栽培调控的研究进展 [J]. 中国水稻科学, 2011, 25(5): 553—560.
- [24] 潘圣刚,黄胜奇,张 帆,等. 超高产栽培杂交中籼稻的生长发育特性 [J]. 作物学报, 2011, 37(3): 537—544.
- [25] 于林惠,李刚华,徐晶晶,等. 基于高产示范方的机插水稻群体特征研究 [J]. 中国水稻科学, 2012, 26(4): 451—456.
- [26] 杜永林,缪学宽,李刚华,等. 江苏机插水稻大面积均衡增产共性特征分析 [J]. 作物学报, 2014, 40(12): 2183—2191.
- [27] 胡雅杰,邢志鹏,龚金龙,等. 钵苗机插水稻群体动态特征及高产形成机制的探讨 [J]. 中国农业科学, 2014, 47(5): 865—879.
- [28] 谢成林,周兴涛,姚 义. 不同机插方式水稻高产群体特征及其产量研究 [J]. 作物杂志, 2014(3): 109—112.
- [29] 陈惠哲,向 镜,徐一成,等. 水稻免耕机插质量、生长特性及产量形成 [J]. 中国水稻科学, 2013, 27(6): 610—616.
- [30] 谢祖琪,熊昌国,姚金霞,等. 水稻机械化栽插对水稻产量的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2013, 35(2): 128—135.
- [31] 邢志鹏,曹伟伟,钱海军,等. 播期对不同类型机插稻产量及光合物质生产特性的影响 [J]. 核农学报, 2015, 29(3): 528—537.
- [32] 孙建军,张洪程,尹海庆,等. 不同生态区播期对机插水稻产量、生育期及温光利用的影响 [J]. 农业工程学报, 2015, 31(6): 113—121.
- [33] 黄洪明,吴美娟,汪 暖,等. 不同基质育秧对水稻机插秧苗素质和产量的影响 [J]. 中国农学通报, 2014, 30(15): 163—167.
- [34] 方晓英,王淑琪,湛 亚,等. 蚕沙对水稻机插盘育秧苗素质的影响 [J]. 作物杂志, 2015(3): 76—78.
- [35] 宋云生,张洪程,戴其根,等. 水稻钵苗机插秧苗素质的调控 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 11—22.
- [36] 吴文革,陈 刚,许有尊,等. 不同类型水稻品种机插适宜行距及株距配置研究 [J]. 中国农机化学报, 2015, 36(2): 41—46.
- [37] 滕 飞,陈惠哲,朱德峰. 不同机插取秧量对杂交稻生长及产量的影响 [J]. 作物杂志, 2015(3): 79—82.
- [38] 吴文革,杨剑波,张健美,等. 穴基本苗对机插杂交中籼稻群体构建及产量的影响 [J]. 安徽农业大学学报, 2014, 41(3): 401—405.
- [39] 李刚华,于林惠,侯朋福,等. 机插水稻适宜基本苗定量参数的获取与验证 [J]. 农业工程学报, 2012, 28(8): 98—104.
- [40] 郭保卫,朱聪聪,朱大伟,等. 钵苗机插密度对不同类型水稻齐穗期株型及冠层微环境的影响 [J]. 生态学杂志, 2015,

34(1): 9—17.

[41] 胡雅杰, 曹伟伟, 钱海军, 等. 钵苗机插密度对不同穗型水稻品种产量、株型和抗倒伏能力的影响 [J]. 作物学报, 2015, 41(5): 743—757.

[42] 朱聪聪, 张洪程, 郭保卫, 等. 钵苗机插密度对不同类型水稻产量及光合物质生产特性的影响 [J]. 作物学报, 2014, 40(1): 122—133.

[43] 赵 敏, 胡剑锋, 钟晓媛, 等. 不同基因型机插稻植株氮素积累运转特性 [J]. 植物营养与肥料学报, 2015, 21(2): 277—287.

[44] 魏海燕, 王亚江, 孟天瑶, 等. 机插超级梗稻产量、品质及氮肥利用率对氮肥的响应 [J]. 应用生态学报, 2014, 25(2): 488—496.

[45] 胡剑锋, 张培培, 赵中操, 等. 麦茬长秧龄条件下氮肥对机插水稻氮素利用效率及产量影响的研究 [J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(6): 1318—1326.

[46] 刘奇华, 吴 修, 陈博聪, 等. 长秧龄机插稻氮素利用特性及其与环境温度的相关性 [J]. 农业工程学报, 2013, 29(22): 23—31.

[47] 李 静. 两种生态条件下栽培密度对水稻根系形态的影响 [J]. 西南大学学报(自然科学版), 2016, 38(9): 12—19.

[48] 姚 雄, 段秀建, 李经勇, 等. 重庆市杂交水稻种子产业现状、问题及发展建议 [J]. 杂交水稻, 2016, 31(3): 1—6.

Latest Research on Machine-Transplanted Rice in Southern China

GAO Li-jun, ZHANG Wu-jun, DUAN Xiu-jian,
LI Jing-yong, TANG Yong-qun, ZHANG Xian-feng, YAO Xiong
Chongqing Academy of Agricultural Sciences, Chongqing Ratooning Rice Research Center, Chongqing 401329, China

Abstract: The development present situation of machine-transplanted rice in china has been summarized, the latest progress reviewed on high-yielding cultivation of machine-transplanted rice in Southern China, such as the characteristics of growth and development, the source-sink characteristics of high-yielding, seedlings cultivation, the adjustment of basic seedlings and nitrogen management. It is suggested that we should fully realize the importance and urgency of machine-transplanted rice, focus on demonstrating mechanically transplanted pot seedlings, carpet seedlings machine plugging in the rice main production region. Combined actual production in southern China, special in the west of China, we should do the following innovative research. First is mechanism of machine-transplanted rice in response to climate change and technical approach; second is the nutrient efficiency technology of machine-transplanted rice, Specially Indica and japonica rice; third is research and development of transplanting machine equipment, which based on the wide-narrow row cultivation technique of rice, triangle-planted system of rice intensification and ratoon rice cultivation technique parameters. At last is the ecological engineering of soil conservation, pest prevention and control technology under paddy field cropping rotation, especially under conditions of mechanization production.

Key words: southern China; rice; machine-transplanted rice; research progress

责任编辑 周仁惠