

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.
doi:10.3969/j.issn.1000-4440.2015.03.016

淮北地区麦茬钵苗机插水稻的增产优势及其形成特征

周兴根¹, 张洪程², 常 勇¹, 孙克新¹, 黄忠勤¹, 丁震乾¹, 王 波¹

(1. 江苏徐淮地区徐州农业科学研究所, 江苏 徐州 221131; 2. 扬州大学农业部长江流域稻作技术创新中心/江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009)

摘要: 为探讨钵苗机插技术在淮北稻区的适应性, 本研究在淮北地区麦-稻两熟制条件下, 以杂交粳稻(2640、1640)和常规粳稻(连梗7号、徐稻3号)为材料, 设置钵苗机插、毯苗机插和直播3种植方式, 通过随机区组试验对水稻产量及其构成因素、秧苗素质、光合物质生产、生育期、温光利用等方面进行分析。结果显示, 杂交粳稻和常规粳稻的产量均表现为钵苗机插>毯苗机插>直播, 且三者间均达到极显著差异, 而杂交粳稻在钵苗机插条件下的增产优势更为明显。成熟期光合物质生产表现为钵苗机插>毯苗机插>直播, 且三者间达到了极显著差异。相比较钵苗机插水稻, 毯苗机插水稻和直播水稻各生育期延长, 成熟期分别推迟1~2 d和3~5 d; 杂交粳稻和常规粳稻的全生育期积温和光照时数均表现出钵苗机插>毯苗机插>直播。表明钵苗机插稻向前扩张了生育期, 增加了对温光资源的利用, 熟期相对较早, 更利于高产, 具有更好的适应性。

关键词: 麦茬水稻; 钵苗机插; 产量; 光合物质生产

中图分类号: S511.2⁺2 文献标识码: A 文章编号: 1000-4440(2015)03-0564-10

Yield advantages of machine-transplanted potted seedling of rice following wheat in Huaibei area

ZHOU Xing-gen¹, ZHANG Hong-cheng², CHANG Yong¹, SUN Ke-xin¹, HUANG Zhong-qin¹, DING Zhen-qian¹, WANG Bo¹

(1. Xuzhou Institute of Agricultural Sciences of the Xuhuai District of Jiangsu Province, Xuzhou 221131, China; 2. Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze Rive Valley, Ministry of Agriculture, Yangzhou University/Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province, Yangzhou 225009, China)

Abstract: To explore the adaptability of potted seedling machine transplanting in Huaibei area, a randomized block experiment was conducted on *japonica* hybrid rice 2640 and 1640 and *japonica* conventional rice Xudao 3 and Lianjing 7 in a wheat-rice cropping systems to analyse the yield, yield components, seedling quality, photosynthetic production, growth period and utilization of temperature and illumination. Three kinds of cultivation modes, the potted seedling machine transplanting, blanket seedlings machine transplanting and direct seeding were applied. The yields of both rice materials were showed as machine transplanting>blanket seedlings machine transplanting>direct seeding, and the differences were extremely significant. Machine transplanted potted hybrid rice seedling exhibited highlight yield advantage. The rice performed the highest photosynthetic production at maturity in the mode of potted seedling machine transplanting, followed by

blanket seedlings machine transplanting and direct seeding. Compared with potted seedling machine transplanting, the growth periods of blanket seedlings machine transplanting and direct seeding were longer, the maturity being delayed by 1-2 d and 3-5 d, respectively. The accumulated temperature and illumination hours of

收稿日期: 2014-09-24

基金项目: 江苏省科技成果转化专项基金项目(BA2014074)

作者简介: 周兴根(1961-), 男, 江苏吴县人, 学士, 副研究员, 研究方向为耕作栽培。(Tel)0516-82189221; (E-mail) zlh-888@163.com

通讯作者: 张洪程, (E-mail) hc Zhang@yzu.edu.cn

both rice were the highest in the mode of potted seedling machine transplanting, followed by blanket seedlings machine transplanting and direct seeding. These results indicated that potted seedling machine transplanting may be more conducive to high yield even super high yield by improving the utilization of temperature and illumination benefited from the extension of growth period and early maturity.

Key words: rice following wheat; potted seedling machine transplanting; yield; photosynthetic production

随着农村经济的发展和产业结构的调整,水稻种植方式已由单一的传统手栽为主发展为手栽、抛秧、机插、直播等多种方式并存的新局面。特别是近几年来,大量农村青壮年劳动人口进入城市,农村劳动力大幅度减少,且严重老龄化、妇女化,使得能够减少劳动力用量与减轻劳动强度的简化水稻种植成为现代稻作普遍关注的焦点和社会发展的迫切需求。国内外学者就水稻不同种植方式进行了大量的研究^[1-12],主要集中在手栽、抛秧、钵苗机插和直播。然而,手栽稻虽然产量高、稳定性好、抗逆防灾优势明显,但这种种植方式费时费工,劳动生产率^[13-14];钵苗机插稻虽然可以克服手栽稻的不足,具有省工、高效等优点^[15-16],但是其对秧龄控制严格,易形成超龄弱秧,且植伤重,全生育期短^[17];无序抛秧也存在群体质量差,进而无法充分利用温光^[18-19];直播的风险性更大,生育期过度推迟、穗期低温影响结实,稳产性差等^[20-21],尤其是江苏淮北地区麦稻两熟制全年热量十分紧张,麦茬直播稻产量不高不稳定性较为突出,同时由于直播稻过度推迟成熟,严重阻碍了后作小麦的适期播种,增加了小麦优质高产的难度^[22]。因此,寻找更加适应中国发展的新型机械化栽培方式与技术,成为中国稻麦等大宗作物生产上必须解决的重大问题。水稻钵苗机插,通过采用水稻钵苗插秧机将钵育壮秧按照一定的行距和株距均匀地、无植伤地移植于大田,是实现钵育壮秧机械化精确定量栽植的重要途径之一。经日本及中国黑龙江垦区的实践,已在局部地区初步证实了它的生产优势。仙北谷康立足于日本北海道地区,研究得出钵苗机插秧苗素质好、产量高^[23];邴延忠等研究结果表明,钵苗机插可比普通机插稻增产5%^[24];孙德超等通过试验得出钵苗机插植伤轻,可增产10%^[25]。由于受设备条件及应用地域的限制,中国对水稻钵苗机插技术的研究应用还局限于黑龙江垦区等少数地区,而在全国大多数水稻主产区,还处于空白。本研究针对上述江苏淮北地区存在的突出问题,探索麦茬水稻钵苗机插技术在

该地区的生产力,并阐明其形成特点,为钵苗机插在该地区的推广应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

1.1.1 试验地点 试验于2012年在连云港市东海县平明镇进行。前茬为小麦,土质为砂姜黑土,试验移栽大田0~20 cm土层内土壤有机质17.86 g/kg,全氮0.92 g/kg,速效磷31.6 mg/kg,速效钾43.8 mg/kg。

1.1.2 试验品种 杂交粳稻:2640、1640;常规粳稻:连粳7号、徐稻3号。

1.1.3 试验播栽期 钵苗机插稻于2012年5月23日播种;钵苗机插稻于2012年6月2日播种;直播稻于2012年6月17日播种。钵苗机插、钵苗机插秧同日栽插。

1.1.4 育秧标准与栽插规格 钵苗机插移栽叶龄为5.3,栽插行株距33 cm×12 cm,常规粳稻每穴3苗,杂交粳稻每穴2苗,基本苗分别为1 hm² 7.65×10⁵株和5.10×10⁵株;钵苗机插移栽叶龄为3.1,栽插行株距30.0 cm×13.3 cm,常规粳稻每穴3苗,杂交粳稻每穴2苗,基本苗分别为1 hm² 7.65×10⁵株和5.10×10⁵株;直播采用穴播,行株距30.0 cm×11.1 cm,出苗后通过匀苗定苗,常规粳稻每穴3苗,杂交粳稻每穴2本苗,基本苗分别为1 hm² 9.00×10⁵株和6.00×10⁵株。水稻栽培规格与密度均按最佳优化指标实施。

1.1.5 小区设置与田间管理 试验采取裂区设计,种植方式为主区,品种为裂区。不同种植方式间用塑料薄膜包埂隔离,保证可以进行单独肥水管理。小区面积25 m²,重复3次。

总施纯氮量300 kg/hm²,对于基肥:分蘖肥:穗肥之比,钵苗机插为3:2:5,分蘖肥于移栽后7 d一次性施用,穗肥于倒四叶期和倒二叶期分2次施用;钵苗机插为2:4:4,分蘖肥于栽后7 d和15 d分2次施用,穗肥于倒四叶期和倒三叶期分2次施用;直播为2:4:4,分蘖肥于3叶1心期施用,穗肥

在叶龄余数3.5~3.0和1.5~1.0时分2次施用。氮:磷:钾比例为1.0:0.5:0.5,磷肥一次性基施,钾肥分别于耕翻前、拔节期等量施入。

水分管理及病虫害防治等相关的栽培措施均按照各自的高产栽培要求实施。

1.2 测定项目与方法

1.2.1 秧苗素质 在移栽前一天,即2012年6月16日,钵苗机插秧、毯苗机插秧各取秧苗30株,测定苗高、绿叶数、叶长、叶宽、百株干质量以及发根力。

1.2.2 关键生育时期 记录关键生育时期的日期。

1.2.3 产量及其构成因子 每小区普查40穴计算有效穗数,取5穴测量每穗粒数、结实率、千粒质量。成熟期各小区实收,脱粒、晒干、扬净、计实际产量。

1.2.4 干物质和叶面积 分别于拔节期、孕穗期、抽穗期、成熟期,按每小区茎蘖数的平均数取代表性植株5穴,分叶、茎、鞘、穗4部分(拔节期仅分为叶和茎鞘),105℃下杀青30min,80℃下烘干至恒质量,测定各部分干质量,并采用比重法测定叶面积。

1.2.5 气象资料获取 生育期间逐日气温和日照时数等当年气象资料取自试验点所在地市(县)气象站。

1.3 数据分析方法

使用 Microsoft Excel 2003 录入和作图,用 DPS

进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同栽培方式对水稻产量及其构成因素的影响

由表1可知,无论是杂交粳稻还是常规粳稻产量上均表现出钵苗机插>毯苗机插>直播,且处理间均达到极显著差异。杂交粳稻钵苗机插实际产量比毯苗机插、直播分别高出10.2%和23.4%,常规粳稻钵苗机插产量比毯苗机插、直播分别高出5.6%和19.3%。在钵苗机插、毯苗机插和直播3种不同的栽培方式下,杂交粳稻的产量比常规粳稻分别高8.6%、4.1%和3.7%。由此可以得出,无论是杂交粳稻还是常规粳稻钵苗机插比毯苗机插和直播的产量优势均较为明显。而在不同的栽培方式下,杂交粳稻在钵苗机插条件下的增产优势更为明显。

对产量构成因素分析可知(表1),1hm²穗数无论是杂交粳稻还是常规粳稻都表现出钵苗机插<毯苗机插<直播,且处理间均达到极显著差异;在同一种栽培方式下,杂交粳稻1hm²穗数均极显著低于常规粳稻。每穗粒数表现出与单位面积穗数相反的趋势。结实率和千粒质量在不同栽培方式之间表现出与每穗粒数同样的趋势,而在同一种栽培方式下杂交粳稻与常规粳稻表现出与每穗粒数相反的趋势。

表1 不同栽培方式对水稻产量及其构成因素的影响

Table 1 Effect of different cultivation modes on yield and yield components of rice

品种	栽培方式	1 hm ² 穗数 (×10 ⁴)	每穗粒数	结实率 (%)	千粒质量 (g)	理论产量 (t/hm ²)	实际产量 (t/hm ²)
2640	钵苗机插	223.5Cc	225.1Aa	92.5a	26.5a	12.33	12.04Aa
	毯苗机插	259.5Bb	183.8Bb	91.3a	25.9b	11.28	10.96Bb
	直播	288.0Aa	153.2Cc	90.5a	25.2b	10.06	9.73Cc
1640	钵苗机插	246.0Cc	213.6Aa	92.6a	26.3a	12.80	12.35Aa
	毯苗机插	286.5Bb	171.2Bb	91.4a	25.8b	11.57	11.18Bb
	直播	319.5Aa	142.7Cc	90.1a	25.2b	10.35	10.03Cc
连粳7号	钵苗机插	297.0Cc	150.7Aa	94.8a	27.6a	11.71	11.43Aa
	毯苗机插	319.5Bb	141.2Bb	93.5a	26.3b	11.09	10.74Bb
	直播	336.0Aa	122.4Cc	92.2a	26.1b	9.90	9.53Cc
徐稻3号	钵苗机插	324.0Cc	135.3Aa	94.9a	27.2a	11.32	11.03Aa
	毯苗机插	352.5Bb	121.7Bb	93.4a	26.8b	10.74	10.52Bb
	直播	372.0Aa	105.5Cc	92.6a	26.4b	9.59	9.30Cc

竖栏数值后不同大、小写字母表示同品种不同处理间差异达0.05和0.01显著水平。

2.2 不同栽培方式对水稻秧苗素质的影响

毯苗机插秧苗是在标准化秧盘的密生生态条件下培育的小苗,秧龄短,不能培育带蘖壮秧,控制了秧苗的正常生长,而钵苗机插秧秧龄长,可培育带蘖壮秧。秧苗素质包括移栽叶龄、秧苗高和苗粗、秧苗单株绿叶数、发根力和百株秧苗干质量。

毯苗机插与钵苗机插的秧苗素质间差异很大(表2)。由表2可知,毯苗机插秧苗15 d秧龄,叶龄3.0~3.2,钵苗机插秧苗25 d秧龄,叶龄5.1~5.3,毯苗机插秧叶龄要极显著小于钵苗机插秧叶

龄,而同一育秧方式下常规粳稻和杂交粳稻间差异不显著。钵苗机插秧苗的苗高极显著高于毯苗机插秧苗高,且同一育秧方式下杂交粳稻的苗高也极显著高于常规粳稻。毯苗机插秧苗的苗粗杂交粳稻和常规粳稻之间没有表现出差异性,而钵苗机插秧苗的苗粗与苗高表现出相似的规律。单株带蘖数和单株绿叶数表现出与叶龄同样的规律。钵苗机插秧单株发根力极显著多于毯苗机插秧,在同一育秧方式下杂交粳稻发根力显著多于常规粳稻。100株干质量表现出与苗高同样的规律。

表2 不同栽培方式对水稻秧苗素质的影响

Table 2 Effect of different cultivation modes on rice seedling quality

品种	栽培方式	叶龄	苗高 (cm)	苗粗 (mm)	单株带蘖数	单株绿叶数	单株发根力	100株干质量 (g)
2640	钵苗机插	5.3	24.9	3.4	0.4	5.4	3.2	9.3
	毯苗机插	3.2	14.7	1.8	0	3.2	2.4	3.2
1640	钵苗机插	5.2	23.7	3.2	0.5	5.3	3.1	9.5
	毯苗机插	3.2	14.5	1.8	0	3.1	2.3	3.1
连梗7号	钵苗机插	5.2	22.3	3.0	0.4	5.2	2.9	8.1
	毯苗机插	3.2	13.2	1.7	0	3.0	2.1	2.0
徐稻3号	钵苗机插	5.1	21.4	2.8	0.3	5.1	2.6	7.9
	毯苗机插	3.0	12.4	1.6	0	2.8	1.8	1.8

2.3 不同栽培方式对水稻群体叶面积指数的影响

水稻籽粒灌浆物质来源于叶片的光合物质和抽穗前茎鞘贮存物质,其中叶片的光合物质是主要来源。可见,合理的叶面积动态是水稻高产获得的重要保证。由表3可知,在各生育期叶面积指数均表现出钵苗机插>毯苗机插>直播的趋势,而在水稻拔节期,不同栽培方式水稻的叶面积指数没有明显差异;拔节以后,叶面积指数钵苗机插稻显著高于毯苗机插稻,毯苗机插稻又显著高于直播稻,不同种植方式都在孕穗期达到最大值,之后开始下降,同一品种不同栽培方式间钵苗机插稻叶面积指数下降最慢,毯苗机插稻次之,直播稻下降最快,到成熟期叶面积指数钵苗机插稻>机插稻>直播稻,说明钵苗机插稻后期具有较高的叶面积指数,有利于提高结实率和千粒质量。同一栽培方式条件下,成熟期叶面积指

数杂交粳稻>常规粳稻,说明杂交粳稻比常规粳稻更容易高产。

2.4 不同栽培方式对水稻主要生育期单茎干质量和群体干质量的影响

由表4可知,不同种栽培方式水稻主要生育期单茎干质量和群体干质量存在明显差异。从单茎干质量的变化看,拔节期、孕穗期、抽穗期和成熟期所有水稻品种都是钵苗机插稻>毯苗机插稻>直播稻,且不同栽培方式间的差异均达到极显著水平。从群体干质量的变化看,拔节期不同栽培方式间差异均没达到显著水平;孕穗期以后,所有品种都是钵苗机插稻>毯苗机插稻>直播稻,不同栽培方式间的差异均达到极显著水平。同一栽培方式条件下,成熟期单茎干质量和群体干质量杂交粳稻>常规粳稻,说明杂交粳稻的高产优势更加明显。

表 3 不同栽培方式对水稻叶面积指数的影响

Table 3 Effect of different cultivation modes on rice leaf area index

品种	栽培方式	拔节期	孕穗期	抽穗期	成熟期
2640	钵苗机插	4.53a	8.61Aa	8.13Aa	4.12Aa
	毯苗机插	4.48a	8.34Bb	7.91Bb	3.93Bb
	直播	4.41a	8.15Cc	7.69Cc	3.74Cc
1640	钵苗机插	4.45a	8.52Aa	8.08Aa	4.28Aa
	毯苗机插	4.43a	8.24Bb	7.75Bb	3.96Bb
	直播	4.39a	8.02Cc	7.54Cc	3.79Cc
连梗 7 号	钵苗机插	3.92a	8.15Aa	7.81Aa	3.93Aa
	毯苗机插	3.84a	7.86Bb	7.57Bb	3.74Bb
	直播	3.89a	7.63Cc	7.34Cc	3.51Cc
徐稻 3 号	钵苗机插	3.99a	8.07Aa	7.76Aa	3.91Aa
	毯苗机插	3.94a	7.72Bb	7.55Bb	3.69Bb
	直播	3.93a	7.39Cc	7.21Cc	3.43Cc

竖栏数值后不同大、小写字母表示同品种不同处理间差异达 0.05 和 0.01 显著水平。

表 4 不同栽培方式对水稻主要生育期单茎干质量和群体干质量的影响

Table 4 Effect of different cultivation modes on rice dry matter weight of individual stem and population at each growth stage

品种	栽培方式	拔节期		孕穗期		抽穗期		成熟期	
		单茎干质量 (g)	群体干质量 (t/hm ²)						
2640	钵苗机插	1.39Aa	4.21a	3.41Aa	10.05Aa	3.98Aa	11.26Aa	6.55Aa	18.53Aa
	毯苗机插	1.22Bb	4.17a	3.17Bb	9.86Bb	3.67Bb	10.87Bb	5.90Bb	17.48Bb
	直播	1.15Cc	4.19a	3.05Cc	9.62Cc	3.45Cc	10.51Cc	5.31Cc	16.20Cc
1640	钵苗机插	1.31Aa	4.18a	3.23Aa	9.90Aa	3.86Aa	11.47Aa	6.32Aa	18.81Aa
	毯苗机插	1.16Bb	4.07a	3.10Bb	9.77Bb	3.63Bb	10.97Bb	5.85Bb	17.69Bb
	直播	1.08Cc	4.12a	2.98Cc	9.65Cc	3.39Cc	10.63Cc	5.24Cc	16.47Cc
连梗 7 号	钵苗机插	1.07Aa	3.84a	3.17Aa	9.78Aa	3.74Aa	11.14Aa	6.16Aa	18.32Aa
	毯苗机插	0.98Bb	3.78a	2.91Bb	9.51Bb	3.40Bb	10.61Bb	5.51Bb	17.14Bb
	直播	0.87Cc	3.79a	2.63Cc	9.33Cc	3.00Cc	10.13Cc	4.65Cc	15.68Cc
徐稻 3 号	钵苗机插	0.98Aa	3.87a	2.71Aa	9.64Aa	3.27Aa	11.12Aa	5.41Aa	18.38Aa
	毯苗机插	0.94Bb	3.84a	2.49Bb	9.44Bb	2.98Bb	10.68Bb	4.77Bb	17.09Bb
	直播	0.82Cc	3.84a	2.29Cc	9.19Cc	2.68Cc	10.23Cc	4.13Cc	15.73Cc

竖栏数值后不同大、小写字母表示同品种不同处理间差异达 0.05 和 0.01 显著水平。

2.5 不同栽培方式对水稻主要生育阶段群体干物质积累量及其比例的影响

不同栽培方式水稻群体干物质阶段积累量存在明显差异(表 5)。播种期至拔节期,不同种植方式

间群体干物质积累量基本相当,杂交粳稻和常规粳稻平均分别为 4.19 t/hm²、4.12 t/hm²、4.16 t/hm²和 3.86 t/hm²、3.81 t/hm²、3.82 t/hm²,但此阶段的干物质积累量占成熟期总干物质积累量的比例均表

现为钵苗机插稻<机插稻<直播稻;拔节期至抽穗期,不同栽培方式间群体干物质积累量存在极显著差异,都表现为钵苗机插稻>毯苗机插稻>直播稻,杂交粳稻钵苗机插较毯苗机插和直播平均高5.44%和11.68%,常规粳稻钵苗机插较毯苗机插和直播平均高6.43%和14.29%,此阶段的干物质积累量占总干物质积累量的比例不同种植方式间差异不大;抽穗期至成熟期,不同种植方式间干物质积

累量亦存在极显著差异,都表现为钵苗机插稻>毯苗机插稻>直播稻,且此阶段是不同栽培方式间物质积累量差异最大的时期,杂交粳稻钵苗机插较毯苗机插和直播平均高9.60%和26.69%,常规粳稻钵苗机插较毯苗机插和直播平均高11.59%和30.56%;此阶段的干物质积累量占总干物质积累量的比例均表现为手栽稻>机插稻>直播稻。

表5 不同栽培方式对水稻主要生育阶段群体干物质积累量及其比例的影响

Table 5 Effect of different cultivation modes on rice dry matter accumulation and its percentage at each growth stage

品种	栽培方式	播种期-拔节期		拔节期-抽穗期		抽穗期-成熟期	
		干物质积累量 (t/hm ²)	比例 (%)	干物质积累量 (t/hm ²)	比例 (%)	干物质积累量 (t/hm ²)	比例 (%)
2640	钵苗机插	4.21a	22.72	7.05Aa	38.05	7.27Aa	39.23
	毯苗机插	4.17a	23.86	6.70Bb	38.33	6.61Bb	37.81
	直播	4.19a	25.86	6.32Cc	39.01	5.69Cc	35.12
1640	钵苗机插	4.18a	22.22	7.29Aa	38.76	7.34Aa	39.02
	毯苗机插	4.07a	23.01	6.90Bb	39.01	6.72Bb	37.99
	直播	4.12a	25.02	6.51Cc	39.53	5.84Cc	35.46
连粳7号	钵苗机插	3.84a	20.96	7.30Aa	39.85	7.18Aa	39.19
	毯苗机插	3.78a	22.05	6.83Bb	39.85	6.53Bb	38.10
	直播	3.79a	24.17	6.34Cc	40.43	5.55Cc	35.40
徐稻3号	钵苗机插	3.87a	21.06	7.25Aa	39.45	7.26Aa	39.50
	毯苗机插	3.84a	22.47	6.84Bb	40.02	6.41Bb	37.51
	直播	3.84a	24.41	6.39Cc	40.62	5.50Cc	34.97

竖栏数值后不同大、小写字母表示同品种不同处理间差异达0.05和0.01显著水平。比例:干物质积累量占成熟期总干物质积累量的比例。

2.6 不同栽培方式对水稻生育期的影响

根据前茬小麦的收获时间与生产上的常规秧龄确定播期,以保证同时期移栽。钵苗机插秧于2012年5月23日播种,毯苗机插秧于2012年6月2日播种,不同栽培方式2012年6月17日同日移栽。由表6可知,毯苗机插秧苗期比钵苗机插秧缩短10d,直播不存在苗期。与钵苗机插相比,毯苗机插和直播各关键生育期均有所推迟,但成熟期仅分别推迟1~2d和3~5d,全生育期分别缩短8~10d和20~22d,不同品种间无论是常规粳稻还是杂交粳稻均表现出同样的规律。

进一步分析表7可知,毯苗机插与直播相比于钵苗机插全生育期的缩短,主要表现在营养生长期(播种期-拔节期),杂交粳稻毯苗机插比钵苗机插少

5.0d,直播比钵苗机插少12.0d,分别占总缩短天数的62.5%和58.5%,常规粳稻毯苗机插比钵苗机插少6.0d,直播比钵苗机插少16d,分别占总缩短天数的63.2%和74.4%;拔节期-抽穗期,杂交粳稻毯苗机插比钵苗机插少2.0d,直播比钵苗机插少4.0d,分别占总缩短天数的25.0%和19.5%,常规粳稻毯苗机插比钵苗机插少1.5d,直播比钵苗机插少2.5d,分别占总缩短天数的15.8%和11.6%;抽穗至成熟,杂交粳稻毯苗机插比钵苗机插少1.0d,直播比钵苗机插少4.5d,分别占总缩短天数的12.5%和22.0%,常规粳稻毯苗机插比钵苗机插少2.0d,直播比钵苗机插少3.0d,分别占总缩短天数的21.1%和14.0%。所以,毯苗机插和直播全生育期的缩短主要是因为播种至拔节这个阶段天数大大减少。

表 6 不同栽培方式对水稻生育期的影响

Table 6 Effect of different cultivation modes on rice growth periods

品种	栽培方式	秧龄(d)	播种期 (年-月-日)	移栽期 (年-月-日)	拔节期 (年-月-日)	抽穗期 (年-月-日)	成熟期 (年-月-日)	本田生育期 (d)	全生育期 (d)
2640	钵苗机插	25	2012-05-23	2012-06-17	2012-07-24	2012-08-23	2012-10-23	128	153
	毯苗机插	15	2012-06-02	2012-06-17	2012-07-29	2012-08-26	2012-10-25	130	145
	直播	0	2012-06-17	2012-06-17	2012-08-06	2012-09-01	2012-10-28	133	133
1640	钵苗机插	25	2012-05-23	2012-06-17	2012-07-25	2012-08-25	2012-10-24	129	154
	毯苗机插	15	2012-06-02	2012-06-17	2012-07-30	2012-08-28	2012-10-26	131	146
	直播	0	2012-06-17	2012-06-17	2012-08-07	2012-09-03	2012-10-28	133	133
连梗 7 号	钵苗机插	25	2012-05-23	2012-06-17	2012-08-01	2012-08-30	2012-10-26	131	156
	毯苗机插	15	2012-06-02	2012-06-17	2012-08-05	2012-09-02	2012-10-27	132	147
	直播	0	2012-06-17	2012-06-17	2012-08-10	2012-09-06	2012-10-29	134	134
徐稻 3 号	钵苗机插	25	2012-05-23	2012-06-17	2012-08-03	2012-09-02	2012-10-27	132	157
	毯苗机插	15	2012-06-02	2012-06-17	2012-08-07	2012-09-04	2012-10-27	132	147
	直播	0	2012-06-17	2012-06-17	2012-08-12	2012-09-08	2012-10-31	136	136

表 7 不同栽培方式对水稻主要生育阶段天数的影响

Table 7 Effect of different cultivation modes on the duration of growth stages of rice

品种	栽培方式	播种期-拔节期(d)	拔节期-抽穗期(d)	抽穗期-收获期(d)
2640	钵苗机插	62	30	61
	毯苗机插	57	28	60
	直播	50	26	57
1640	钵苗机插	63	31	60
	毯苗机插	58	29	59
	直播	51	27	55
连梗 7 号	钵苗机插	70	29	57
	毯苗机插	64	28	55
	直播	54	27	53
徐稻 3 号	钵苗机插	72	30	55
	毯苗机插	66	28	53
	直播	56	27	53

2.7 不同栽培方式对水稻生育期间积温和光照时数的影响

由表 8 分析可知,钵苗机插、毯苗机插与直

播由于生育进程不同,对温光资源的利用表现出较大的差异。无论是杂交粳稻还是常规粳稻全生育期积温和光照时数均表现出直播<毯苗机插<钵苗机插,且不同栽培方式之间的差异都达到极显著水平。相比较于钵苗机插,杂交粳稻毯苗机插全生育期积温和光照时数平均分别低 5.1% 和 8.3%,常规粳稻分别低 5.5% 和 9.9%;杂交粳稻直播较钵苗机插平均分别低 14.3% 和 20.9%,常规粳稻平均分别低 14.4% 和 21.4%。全生育期积温和光照时数的差异主要源于水稻拔节之前营养生长期和抽穗到成熟生殖生长期对温光资源利用效率的高低明显不同,不同栽培方式间差异都达到极显著水平,而拔节至抽穗期不同栽培方式水稻对温光资源的利用基本相当,并无明显的差异。

以钵苗机插对各生育阶段积温和光照时数的利用率为 100% 计算,对不同栽培方式水稻生育期间积温和光照时数的利用率进行了分析。由表 9 可知,与钵苗机插相比,毯苗机插和直播都未能充分利用当地水稻生长季的有效温光资源,毯苗机插对全生育期积温和光照时数的利用率分别为 94.4% ~ 94.9% 和 90.1% ~ 91.8%,直播只有 85.4% ~ 85.9% 和 78.0% ~ 79.3%。

表 8 不同栽培方式对水稻生育期间积温和光照时数的影响

Table 8 Effect of different cultivation modes on accumulated temperature and illumination hours of rice during growth

品种	栽培方式	播种期-拔节期		拔节期-抽穗期		抽穗期-成熟期		全生育期	
		积温 ($^{\circ}\text{C}$)	光照时数 (h)						
2640	钵苗机插	1 530.8	340.0	785.2	130.2	1 219.8	306.1	3 535.8	776.3
	毯苗机插	1 459.0	290.6	935.5	158.7	962.5	262.0	3 357.0	711.3
	直播	1 312.5	217.2	874.9	147.9	846.6	250.4	3 034.0	615.5
1640	钵苗机插	1 558.7	343.3	805.6	146.8	1 184.4	290.2	3 548.7	780.3
	毯苗机插	1 488.1	292.5	930.5	161.5	948.3	262.3	3 366.9	716.3
	直播	1 339.6	223.1	869.8	142.7	824.6	249.7	3 034.0	615.5
连粳 7 号	钵苗机插	1 745.2	387.9	751.9	111.3	1 071.6	295.5	3 568.7	794.7
	毯苗机插	1 644.2	315.9	797.9	138.9	937.6	261.5	3 379.7	716.3
	直播	1 424.1	248.5	763.3	116.6	860.3	254.5	3 047.7	619.6
徐稻 3 号	钵苗机插	1 794.8	388.3	777.8	129.0	1 008.9	277.4	3 581.5	794.7
	毯苗机插	1 697.9	323.9	787.4	135.7	894.4	256.7	3 379.7	716.3
	直播	1 477.3	252.4	754.6	113.4	843.7	263.8	3 075.6	629.6

表 9 不同栽培方式对水稻生育期间积温和光照时数的利用率

Table 9 Utilization efficiency of accumulated temperature and illumination hours of rice affected by cultivation modes during growth

品种	栽培方式	播种期-拔节期		拔节期-抽穗期		抽穗期-成熟期		全生育期	
		积温利用率 (%)	光照时数 利用率 (%)						
2640	钵苗机插	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	毯苗机插	95.3	85.5	119.1	121.9	78.9	85.6	94.9	91.6
	直播	85.7	63.9	111.4	113.6	69.4	81.8	85.8	79.3
1640	钵苗机插	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	毯苗机插	95.5	85.2	115.5	110.0	80.1	90.4	94.9	91.8
	直播	85.9	65.0	108.0	97.2	69.6	86.0	85.5	78.9
连粳 7 号	钵苗机插	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	毯苗机插	94.2	81.4	106.1	124.8	87.5	88.5	94.7	90.1
	直播	81.6	64.1	101.5	104.8	80.3	86.1	85.4	78.0
徐稻 3 号	钵苗机插	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
	毯苗机插	94.6	83.4	101.2	105.2	88.7	92.5	94.4	90.1
	直播	82.3	65.0	97.0	87.9	83.6	95.1	85.9	79.2

3 讨论

3.1 钵苗机插水稻增产机理

钵苗机插秧龄 25 d, 5 叶 1 心移栽, 毯苗机插秧龄 15 d, 3 叶 1 心移栽。与毯苗机插相比, 钵苗机插播种量少^[26], 所以在密生生态条件下培育的毯苗机

插秧苗与在钵盘条件下培育的中苗壮秧的秧苗素质差异很大。钵苗机插秧苗的苗粗、绿叶数、发根力、100 株干质量均显著优于毯苗机插秧苗。毯苗机插秧龄较小, 容易形成超龄弱秧, 且机械移栽时植伤较重, 全生育期缩短, 导致水稻不能够充分利用温光资源, 直接影响了水稻的群体生产潜力。而钵苗机插

秧龄弹性大,可比毯苗机插秧龄长 10 d 左右,能够很好的克服由于超秧龄造成的秧苗素质下降的问题,同时充分利用了温光资源为将来高产奠定了良好的基础。钵苗机插秧苗为中苗壮秧,移栽时具有伤秧和伤根少、漏插率低、插植均匀等特点,且具有返青快、低节位有效分蘖多、成熟时穗型整齐、成熟度好(生长期相对延长)等生物学优势,增产效果明显^[27]。

研究结果表明,在正常抽穗成熟的条件下,水稻品种产量水平一般随生育期的延长呈增加的趋势^[28]。生育期作为水稻品种的遗传属性,主要由自身的感温性、感光性、基本营养生长性决定^[29],也受播栽期^[30-31]、种植方式^[6,8]及生态环境条件^[32-35]等因素的影响。不同种植方式水稻,播栽期不同,所处的温光等环境条件各异,且各种种植方式水稻又有自身的生长发育特征,因此其生育期长短及生育进程呈规律性变化。本研究结果表明,与钵苗机插相比,毯苗机插和直播各生育进程均有延迟,全生育期缩短。所以,从产量随生育期延长增加来看,不同种植方式水稻由于生育期长短不同,其产量水平是存在差异的。杂交粳稻钵苗机插产量比毯苗机插、直播分别高出 10.2% 和 23.4%,常规粳稻钵苗机插产量比毯苗机插、直播分别高出 5.6% 和 19.3%。在钵苗机插、毯苗机插和直播 3 种不同的栽培方式下,杂交粳稻的产量比常规粳稻分别高 8.6%、4.1% 和 3.7%。

毯苗机插水稻和直播稻由于根系分布浅,生产中存在着如果灌浆结实期遭遇台风暴雨等不利气象状况,植株倒伏风险大,稳产性差的问题;特别是直播稻,还存在着秧苗全苗匀苗技术难度大、杂草杂稻为害严重等诸多弊端,而且在苏北还可能因品种生育期长或播种太迟,抽穗期偏迟,导致开花授精及灌浆结实温度偏低,不能正常成熟或虽能成熟但结实率和千粒质量明显下降,产量较钵苗机插水稻大大降低,严重制约水稻品种产量潜力的发挥,并对下茬作物产生不利影响。而钵苗机插水稻就可以较好的规避上述风险。

3.2 钵苗机插水稻栽培的适应性及高产技术途径

水稻钵苗机插是采用塑盘育成钵苗、机械钵栽的新型栽培方式,是水稻生产实现机械化的重要途径,更是水稻轻简栽培的重要选择。水稻钵苗机插具有以下优势:①秧龄长,有利于培育壮苗。钵苗秧

龄长达 30 d 左右,有利于培育带蘖壮秧。解决了毯式育秧秧龄短(15~20) d、弹性小(2~3) d、苗龄难掌控的矛盾。②干质量大,充实度高。在寒地表现出抗逆能力强。③减轻让茬压力。钵盘育苗适宜秧龄达 30 d 以上,可减轻小麦迟熟让茬的压力。④钵苗机插无植伤,有利于活棵早发,有利于成熟度的提高。⑤大幅度降低用种量,培育了壮苗,为水稻高产优质群体的建立打好了基础。⑥大大减少了田间机插漏苗率,摆脱了繁重的补苗劳动和高额的补苗费用,不会因为补苗而延误农时,造成减产。

钵苗机插高产栽培技术的关键在于培育标准化壮秧,壮秧是育秧的核心,是早发、足穗、壮秆大穗的基础,高产栽培的第一个环节。钵育秧苗与毯状秧苗相比,虽然有上述优点,但是钵育秧苗在操作技术上要求比较严格。由于秧盘隔断秧苗大部分根系,根系不能扎入苗床土中,由此增加了育苗过程中的水分管理难度。特别是育苗后期,若遇到高温干燥天气,很容易造成秧苗缺水干旱,甚至晒死秧苗。另外,相比之下,播种操作难度较大。在移栽阶段也要注意秧钵入土深度,把好移栽关。水稻插秧过深会影响水稻分蘖;插秧过浅,特别是秧苗根扎不进土中也会增加浮根影响水稻正常生育,甚至导致倒伏。因此,大田的平整度就决定了移栽质量的好坏,所以钵苗机插对整地的要求也较高。

参考文献:

- [1] HAYASHI S, KAMOSHITA A, YAMAGISHI J, et al. Genotypic differences in grain yield of transplanted and direct-seeded rainfed lowland rice (*Oryza sativa* L.) in northeastern Thailand [J]. *Field Crops Research*, 2007, 102: 9-21.
- [2] CHEN S, CAI S G, CHEN X, et al. Genotypic differences in growth and physiological responses to transplanting and direct seeding cultivation in rice [J]. *Rice Science*, 2009, 16(2): 143-150.
- [3] SAN-OH Y, MANO Y, OOKAWA T, et al. Comparison of dry matter production and associated characteristics between direct-sown and transplanted rice plants in a submerged paddy field and relationships to planting patterns [J]. *Field Crops Research*, 2004, 87: 43-58.
- [4] NAKLANG K, FUKAI S, NATHABUT K. Growth of rice cultivars by direct seeding and transplanting under upland and lowland conditions [J]. *Field Crops Research*, 1996, 48: 115-123.
- [5] RASHID M H, ALAM M M, HOSSAIN KHAN M A, et al. Productivity and resource use of direct-(drum)-seeded and transplanted rice in puddled soils in rice-rice and rice-wheat ecosystems

- [J]. *Field Crops Research*, 2009, 113: 274-281.
- [6] 马殿荣,陈温福,王庆祥,等. 水稻乳苗抛栽与其他栽培方式的比较研究[J]. *沈阳农业大学学报*, 2003, 34(5): 336-339.
- [7] 何瑞银,罗汉亚,李玉同,等. 水稻不同种植方式的比较试验与评价[J]. *农业工程学报*, 2008, 24(1): 167-171.
- [8] 程建平,罗锡文,樊启洲,等. 不同种植方式对水稻生育特性和产量的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2010, 29(1): 1-5.
- [9] 罗锡文,谢方平,区颖刚,等. 水稻生产不同栽植方式的比较试验[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(1): 136-139.
- [10] 金 军,薛艳凤,于林惠,等. 水稻不同种植方式群体质量差异比较[J]. *中国稻米*, 2006(6): 31-33.
- [11] 池志忠,姜心禄,郑家国. 不同种植方式对水稻产量的影响及其经济效益比较[J]. *作物杂志*, 2008(2): 73-75.
- [12] 程建平,吴建平,王友根,等. 机插对籼型杂交水稻生育特性和产量的影响[J]. *中国农机化*, 2009(6): 45-48.
- [13] 王铁忠,贾仁叨,林贤青. 甬优6号连作晚稻机插产量表现及其栽培技术探讨[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(5): 157-160.
- [14] 张锦萍,钟 平,陈 川,等. 杂交稻机插秧现状及关键技术研究进展[J]. *现代农业科技*, 2011(3): 50-52.
- [15] 韩 双,任文涛,李 广. 辽宁省水稻栽植机械化现状及发展趋势分析[J]. *农机化研究*, 2008(1): 229-231.
- [16] 黄重亮,邹香元. 水稻机插生产与栽培技术特点研究[J]. *现代农业装备*, 2011(1/2): 102-104.
- [17] 章 文. 浅谈加快水稻机插秧技术推广[J]. *安徽农学通报*, 2011, 17(24): 53, 104.
- [18] 朱自均. 试论水稻抛秧配套技术存在的问题与发展趋势[J]. *作物杂志*, 2000(3): 7-9.
- [19] 周 易. 水稻的抛秧种植技术[J]. *应用科技*, 1998(10): 20.
- [20] 杜永林. 直播稻风险大于优势(上)[J]. *农家致富*, 2008(6): 32.
- [21] 卢百关,秦德荣,樊继伟,等. 江苏省直播稻生产现状、趋势及存在问题探讨[J]. *中国稻米*, 2009(2): 45-47.
- [22] 姚 义,谢成林,周兴涛,等. 苏中地区秸秆还田直播稻10 500 kg/hm² 生育指标及生产技术规程[J]. *江苏农业科学*, 2014, 42(9): 73-75.
- [23] 仙北谷康. 大規模稲作農家の展開過程に関する研究[J]. *農業経営研究*, 1989(15): 29-43.
- [24] 邴延忠,陈宗凯. 水稻钵苗移栽机械化技术研发与应用[J]. *农机科技推广*, 2011(4): 52-53.
- [25] 孙德超,李晓东,姜阿利. 水稻钵育秧苗机插技术特点及其优势[J]. *农业机械*, 2010(20): 69.
- [26] 陈凤林,张维金,秦开霞,等. 水稻钵盘育秧超稀摆栽高产栽培技术试验分析[J]. *现代农业*, 2010(6): 37-39.
- [27] 徐 凯,王 骏. 毯状钵苗插秧机现状及标准的适用性探讨[J]. *农机质量与监督*, 2012(5): 27-28.
- [28] 汪本福. 粳稻不同生育期类型品种产量形成特性与品质特征研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2006.
- [29] 邹应斌. 水稻品种生育期的研究——1. 水稻品种生育期变化类型及其特点[J]. *湖南农学院学报*, 1983(3): 1-11.
- [30] 李秀芬,贾 燕,黄元才,等. 播栽期对水稻产量和产量构成因素及生育期的影响[J]. *生态学杂志*, 2004, 23(5): 98-100.
- [31] 黄雅丽,陈 刚,陈 楠,等. 播期和密度对麦茬中粳稻皖稻68生育期和产量形成的影响[J]. *中国农学通报*, 2009, 25(15): 95-99.
- [32] 杨建建. 湖南省杂交水稻气候生态适应性研究——II. 杂交水稻的生育期变化规律及其与气象生态条件的关系[J]. *湖南农学院学报*, 1990, 16(4): 315-324.
- [33] 魏金连,潘晓华. 夜间温度升高对早稻生长发育及产量的影响[J]. *江西农业大学学报*, 2008, 30(3): 427-432.
- [34] 杨联松,孙 明,张培江,等. 温度、光照对80优121生育期及产量因素的影响[J]. *安徽农业科学*, 1998, 26(1): 10-11, 14.
- [35] 卢开阳,元生朝,张自国. 光照长度对不同类型光敏核不育水稻生育期的影响[J]. *华中农业大学学报*, 1990, 9(2): 112-115.

(责任编辑:袁 伟)