

播种方式和栽插密度对毯苗机插水稻南粳 9108 产量及光合物质生产的影响

朱明 邢志鹏 吴培 钱海军 曹伟伟 胡雅杰 郭保卫 魏海燕 许轲 霍中洋 戴其根
张洪程*

(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国家重点实验室培育点, 江苏 扬州 225009; * 通讯作者)

摘 要:以南粳 9108 为试验材料, 在印刷播种和常规播种方式下, 探讨不同栽插密度对毯苗机插水稻产量及其光合物质生产特征的影响。结果表明, 与常规播种相比, 印刷播种方式下水稻增产 1.9%~6.3%, 差异显著; 长生育期、大群体颖花量和高干物质积累量是印刷播种方式水稻增产的重要途径; 适当降低栽插密度可使印刷播种方式毯苗机插水稻获得高产, 行株距 30.0 cm×13.0 cm 是印刷播种方式水稻获得高产的较优配置。

关键词:水稻; 印刷播种; 毯苗机插; 栽插密度; 生育期; 产量

中图分类号:S511.048 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-8082(2017)06-0084-04

毯苗机插是水稻高效机械化种植模式之一, 其主要采用高性能插秧机将适龄标准壮秧有序的栽植入大田, 具有省秧池、省工、作业效率高等优点。我国从 20 世纪 80 年代开始研究机插技术, 经历了几十年的探索与创新, 构建了毯状苗机插稳定高产栽培技术体系。毯苗机插水稻推广面积逐年扩大, 江苏省 2014 年机插稻推广面积达 160 万 hm^2 。但是, 与传统手栽相比, 毯苗机插在大面积生产过程中存在以下技术性难题: (1) 播种密度大, 秧苗小而素质不高; (2) 不能匀播, 导致机插漏秧率高, 增加了补秧劳动力; (3) 秧龄弹性小, 农忙季节易超秧龄。针对上述难题, 淮安市农科所研发了印刷式播种技术, 有效降低了常规水稻播种量, 解决了匀播问题, 同时, 提前了适宜播期, 使适宜机插秧龄延长至 30 d, 利于培育壮秧, 实现高产^[1-2]。前人关于印刷播种方式下水稻的增产优势及高产形成机制尚缺乏科学的分析, 配套印刷式播种方式毯苗机插稻适宜的栽插密度更缺乏系统的比较研究。为此, 本研究以常规超级稻南粳 9108 为试验材料, 在印刷播种和常规播种方式下, 探讨不同栽插密度对毯苗机插水稻产量及其光合物质生产特征的影响, 以期揭示印刷播种方式毯苗机插水稻高产形成特征, 探索印刷播种方式水稻获取高产的最佳行株距配置, 为印刷播种方式的推广应用提供理论参考和数据支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点及供试材料

试验于 2015-2016 年在扬州大学农学院校外试验基地(江苏省兴化市钓鱼镇)进行。该地位于江淮之间, 江苏里下河腹部, 属北亚热带湿润气候区, 年平均温度 15℃左右, 年日照时数 2 305 h 左右, 年降水量 1 024 mm 左右, 无霜期 227 d。土壤地力中等, 为黏泥土, 质地黏性。0~20 cm 土层含有机质 26.8 g/kg、全氮 1.9 g/kg、速效磷 13.6 mg/kg、速效钾 156.6 mg/kg。试验地前茬为小麦, 两年平均产量 6.6 t/ hm^2 。

供试水稻品种为常规超级稻南粳 9108。

1.2 试验设计

试验采用裂区设计, 以播种方式为主区, 栽插密度为副区。常规播种方式于 5 月 31 日播种, 每盘播种量为 120 g, 早育壮秧, 秧龄 20 d, 6 月 20 日移栽, 栽插行距为 30 cm, 每丛 4 苗。印刷式播种采用特制印刷播种机, 于 5 月 21 日播种, 每盘播种量为 95 g, 早育壮秧, 6 月 20 日移栽, 栽插行距为 30 cm, 每丛 4 苗。详细栽植株距、密度和基本苗数见表 1。小区面积 25 m^2 , 3 次重复, 总计面积为 750 m^2 , 主区间做埂隔离, 保证单独灌溉。

肥料运筹: 每 667 m^2 施纯 N 18 kg, 基肥: 穗肥=6:4。基肥用尿素(含 N 45.9%)11.8 kg/667 m^2 ; 分蘖肥用尿素 11.8 kg/667 m^2 , 在移栽后 1 个叶龄施; 穗肥分 2 次等量施用, 促花肥用尿素 7.8 kg/667 m^2 , 于倒 4 叶期

收稿日期: 2017-07-22

表 1 水稻栽插株距、密度和基本苗

编号	株距(cm)	密度(万/667m ²)	基本苗数(万/667m ²)
A1	10.5	2.12	8.48
A2	11.7	1.90	7.60
A3	13.0	1.71	6.84
A4	14.8	1.50	6.00
A5	17.0	1.31	5.24

表 2 播种方式和栽插密度对水稻产量及其构成的影响

播种方式	株距	有效穗数 (10 ⁴ /hm ²)	每穗粒数 (粒)	群体颖花量 (10 ⁴ /hm ²)	结实率 (%)	千粒重 (g)	2015 实产 (t/hm ²)	2016 实产 (t/hm ²)
印刷	A1	382.18 a	124.4 c	47 543.81 b	92.64 a	26.29 a	10.61 d	10.76 c
	A2	371.91 b	127.9 b	47 566.46 b	93.55 a	26.62 a	10.84 b	10.99 b
	A3	367.58 b	130.5 a	47 969.65 a	93.42 a	26.37 a	11.19 a	11.34 a
	A4	356.26 c	123.5 c	43 998.06 c	94.12 a	26.43 a	10.76 b	10.93 b
	A5	348.81 d	121.1 d	42 240.76 d	93.56 a	26.41 a	10.45 c	10.59 d
常规	A1	372.35 a	116.8 d	43 490.57 b	92.36 a	26.24 a	10.36 b	10.56 c
	A2	365.19 b	122.4 a	44 700.29 a	93.45 a	26.52 a	10.59 a	10.77 a
	A3	363.86 b	121.78 b	44 281.46 b	93.23 a	26.28 a	10.41 b	10.67 b
	A4	353.13 c	119.8 c	42 304.97 c	92.26 a	26.35 a	10.24 c	10.45 d
	A5	344.63 d	117.8 c	36 128.18 d	93.16 a	26.25 a	9.91 d	10.06 e

同列数据后不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

施用,保花肥用尿素 7.8 kg/667 m²,于倒 2 叶期施用。每 667 m²施 P₂O₅ 9 kg、K₂O 18 kg,磷肥全部作基肥,钾肥 50%作基施、50%作促花肥施用。水分及病虫害防治按照高产栽培要求统一实施。

1.3 测定项目与方法

根据水稻生育进程,记载各处理拔节、抽穗和成熟时的准确日期以及茎蘖动态。成熟期各小区按平均成穗数取 5 丛,105℃下杀青 30 min,80℃下烘至恒质量,测定干物质量。在收获前各小区连续调查 5 行,计算每丛穗数;各小区按平均穗数取 10 丛装进塑料窗纱口袋内,风干后脱粒、去杂(不去空瘪粒),求出 10 丛的总粒数,进而求得每穗粒数;用水漂法去除空瘪粒,求取结实率;以 1 000 粒实粒样本(干种子)称重,重复 3 次(误差不超过 0.05 g),求取千粒重。成熟期每小区连续选割 5 行(除去边行),每行 5 m,测定籽粒含水量,去除杂质,以 14.5%含水量折算实产。

1.4 数据处理

采用 Microsoft Excel 2003 软件进行数据录入和整理,运用 DPS 7.05 软件进行数据统计分析。由于 2 年数据基本一致,本文主要采用 2015 数据进行分析。

2 结果与分析

2.1 产量及其构成

由表 2 可以看出,在印刷式播种条件下 5 个密度梯度下的平均产量明显高于常规播种条件下的平均产

量,相对而言,印刷式播种方式较常规播种方式具有增产优势,平均增产 4.6%。在印刷式播种条件下,随着株距的增加,水稻产量呈先增后减的趋势。常规播种条件下水稻产量变化趋势与印刷式播种处理基本一致。

从产量构成因素来看,印刷式播种处理和常规播种处理的群体颖花量随着株距的增加呈现先增加后减少的趋势。进一步分析发现,印刷式播种与常规方式相比,有效穗数之间的差异不显著,但平均每穗粒数增加 4.8%,随着株距的增加,印刷式播种处理的千粒重和结实率均高于常规播种处理,但差异不明显。

说明与常规播种相比,印刷式播种不但解决了秧龄弹性小的问题,而且具有增产优势。在印刷式播种条件下,A3 处理产量较高,而常规播种条件下 A2 处理产量较高。从表 2 可以看出,2 种播种方式在上述株行距的配置下,每穗粒数、千粒重和结实率都得到了相应的提高。

2.2 生育期

从表 3 可以看出,在印刷式播种条件下,南粳 9108 的全生育期为 155 d,比常规播种处理的延长了 9 d。进一步分析发现,印刷式播种比常规播种的生育期明显延长,这主要是由于播种至抽穗阶段的天数明显增加所致,而抽穗至成熟阶段时间长短差异则相对较小。这与印刷式播种主要通过培育壮秧,提高秧苗素质,从而达到延长秧龄的作用有关,也满足了大田生产的需要。

2.3 叶面积指数

表 3 播种方式对水稻生育期的影响

播种方式	拔节期 (月-日)	抽穗期 (月-日)	成熟期 (月-日)	播种-拔节期 (d)	拔节-抽穗 (d)	抽穗-成熟 (d)	全生育期 (d)
印刷	08-01	09-04	10-23	72	34	49	155
常规	08-07	09-09	10-26	60	30	47	146

表 4 播种方式和栽插密度对水稻关键生育期叶面积指数的影响

播种方式	处理	拔节期	抽穗期	成熟期
印刷	A1	4.52 a	7.27 bc	3.34 b
	A2	4.48 ab	7.44 b	3.52 a
	A3	4.35 abc	7.93 a	3.83 a
	A4	4.21 cd	7.32 bc	3.43 bc
	A5	4.13 d	7.15 c	3.36 c
常规	A1	4.45 ab	7.21 b	3.31 bc
	A2	4.32 bc	7.43 a	3.51 a
	A3	4.22 cd	7.32 ab	3.42 b
	A4	4.18 cd	7.27 ab	3.36 bc
	A5	4.06 d	7.23 b	3.28 c

表 5 不同播种方式及密度下的茎蘖数和成穗率

播种方式	处理	拔节期 (万/hm ²)	抽穗期 (万/hm ²)	成熟期 (万/hm ²)	成穗率 (%)
印刷	A1	489.75 a	429.31 a	384.75 a	78.56
	A2	468.75 ab	401.42 b	372.32 b	79.24
	A3	461.41 ab	397.95 b	370.05 b	80.21
	A4	457.81 b	384.75 c	358.65 c	78.34
	A5	453.15 b	373.05 d	351.15 d	77.49
常规	A1	479.72 a	417.30 a	374.85 a	78.14
	A2	465.75 ab	400.05 ab	367.65 b	78.93
	A3	464.55 ab	379.82 bc	366.30 b	78.85
	A4	454.65 ab	371.43 bc	355.51 c	78.19
	A5	446.74 b	365.12 c	346.95 d	77.72

从表 4 可以看出,印刷式播种处理的叶面积指数在拔节期随着株距的增加呈减少的趋势;在抽穗期和成熟期呈先增加后减少的趋势,在 A3 时达到最大。常规播种方式的叶面积指数在拔节期随着株距的增加也呈减少的趋势;在抽穗期和成熟期呈先增加后减少的趋势,在 A2 时达到最大。通过对比可以发现,印刷式播种处理在各个密度梯度下的叶面积指数基本上均高于常规播种方式。

2.4 茎蘖数和成穗率

从表 5 可见,与常规播种处理相比,印刷式播种处理各生育期的单位面积茎蘖数均较多,拔节抽穗后的茎蘖数动态变化比较平稳,最终的有效穗数多,成穗率也相对较高。在印刷式播种条件下,A3 处理的成穗率最高。

2.5 干物质积累及其比例

由表 6 可知,印刷式播种处理干物质积累量高于常规播种处理,随着株距的增加,干物质积累量呈先增

后减的趋势,且处理间差异显著。从各个生育阶段来看,印刷式播种在 A3 处理下总干物质积累量最高,常规播种在 A2 处理下总干物质积累量最高。在播种-拔节阶段,印刷式播种处理的干物质积累比例总体来说高于常规播种处理;拔节-抽穗阶段,印刷式播种的干物质积累比例总体上低于常规播种处理;抽穗后,印刷式播种处理的干物质积累比例多数仍然低于常规播种处理。

3 讨论

3.1 不同播种方式及密度下水稻产量的差异

本研究结果表明,同一密度梯度下,印刷式播种处理的产量显著高于常规播种处理,产量增幅为 1.9%~6.3%,增产的主要原因是“穗大粒多”。

印刷式播种及常规播种处理随着栽插密度的降低,水稻产量呈先增后减的趋势^[9]。说明 2 种播种方式都适宜采用中密度进行栽插。印刷式播种在 A3 时取得

表 6 不同处理水稻各阶段干物质积累及其比例

播种方式	处理	播种-拔节		拔节-抽穗		抽穗-成熟	
		积累量(kg/667 m ²)	占比(%)	积累量(kg/667 m ²)	占比(%)	积累量(kg/667 m ²)	占比(%)
印刷	A1	262.72 c	22.14	463.76 d	39.08	460.12 d	38.78
	A2	278.21 a	22.47	478.43 b	38.64	481.43 b	38.89
	A3	283.42 a	22.48	489.67 a	38.85	487.43 a	38.67
	A4	269.89 b	22.43	467.78 c	38.88	465.45 c	37.79
	A5	252.13 d	21.65	457.54 e	39.30	454.67 e	39.05
常规	A1	259.64 b	22.21	456.75 d	39.12	453.54 e	38.81
	A2	276.53 a	22.42	482.13 a	39.23	476.87 a	38.42
	A3	263.21 b	21.91	471.43 b	39.24	466.56 b	38.84
	A4	247.56 c	21.11	464.32 c	39.60	460.67 c	39.29
	A5	237.48 d	20.88	451.15 d	39.67	448.45 d	39.43

了较高产量,常规播种在 A2 时取得了较高产量。

3.2 不同播种方式及密度下水稻产量构成因素的差异

水稻产量主要是由单位面积穗数、每穗粒数、结实率和千粒重这 4 个因素构成。要想获得高产,关键在于提高群体颖花量。本研究结果表明,随着栽插密度的降低,不同播种方式水稻的有效穗数呈降低趋势,每穗粒数呈先增后减的趋势,千粒重和结实率无明显变化规律^[4]。印刷式播种和常规播种群体颖花量都呈先增后减的趋势,印刷式播种在株距 13.0 cm 的条件下最高,常规播种在株距 11.7 cm 的条件下最高。在同一密度下,印刷式播种处理的每穗粒数和有效穗数明显高于常规播种处理,产量增幅明显。说明印刷式播种有利于发挥大穗的优势,从而使水稻获得高产^[5-6]。

4 结论

印刷式播种较常规播种平均产量增产 4.6%。在相同株行距的情况下,印刷式播种处理的每穗粒数和群体颖花量明显高于常规播种处理,说明印刷式播种的

群体结构好于常规播种,光合物质生产能力强。通过不同的行株距配置,印刷式播种和常规播种的产量都呈现先增加后减少的趋势,印刷式播种处理的最高产量出现在株距为 13.0 cm 时。在 30.0 cm×13.0 cm 的行株距配置下,水稻群体结构实现了最优化,增大了群体颖花量,充分发挥了水稻单株的生产能力,从而取得了较高的产量。

参考文献

[1] 钟平,陈川,庄春,等. 杂交稻机插秧印刷播种技术的应用[J]. 浙江农业科学,2012(4):453-455.

[2] 朱德峰,陈惠哲. 水稻机插秧发展与粮食安全[J]. 中国稻米,2009(6):4-7.

[3] 李世峰,刘蓉蓉,吴九林. 不同播量与移栽密度对机插水稻产量形成的影响[J]. 作物杂志,2008(1):71-74.

[4] 吴雪源,王依明. 不同机插密度对水稻产量的影响试验简报[J]. 上海农业科技,2012(3):47-50.

[5] 叶厚专,李艳大,沈显华,等. 不同机插行距对水稻产量的影响[J]. 中国农机化,2012(4):59-62.

[6] 李杰,张洪程,常勇,等. 不同种植方式水稻高产栽培条件下的光合物质生产特征研究[J]. 作物学报,2011,37(7):1 235-1 248.

Effects of Sowing Method and Planting Density on Yield and Photosynthetic Production of Carpet Seedling Machine Transplanting Rice

ZHU Ming, XING Zhipeng, WU Pei, QIAN Haijun, CAO Weiwei, HU Yajie, GUO Baowei, WEI Haiyan, XU Ke, HUO Zhongyang, DAI Qigen, ZHANG Hongcheng*

(Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze River Valley, Ministry of Agriculture / Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology of Jiangsu Province/Yangzhou University, Yangzhou, Jiangsu 225009, China; *Corresponding author)

Abstract: The effects of different sowing method and planting density on the yield and photosynthetic production of machine transplanting rice were studied, using Nangeng 9108 as material. The results showed that, compared with conventional sowing method, the yield of printing-sowing method was increased by 1.9%~6.3% significantly, which depended on the long growth period, great amount of spikelets in population and higher accumulation of dry matter. The suitable low planting density was easier to acquire higher yield under printing-sowing method with machine transplanting, and the best plant spacing was 30.0 cm ×13.0 cm.

Key words: rice; printing-sowing; carpet seedling machine transplanting; planting density; growth period; yield