

精量穴直播早稻的产量形成特性

唐湘如¹, 罗锡文^{2,3}, 黎国喜¹, 王在满^{2,3}, 郑天翔¹, 陈伟通^{2,3}, 舒时富¹

(1. 华南农业大学农学院, 广州 510642; 2. 华南农业大学工程学院, 广州 510642;
3. 华南农业大学南方农业机械与装备关键技术省部共建教育部重点实验室, 广州 510642)

摘 要: 研究了在两种种植密度下, 精量穴直播种植方式与人工撒播、人工抛秧和机械插秧种植方式的产量对比, 以研究精量穴直播早稻的产量形成特性。结果表明: 两种密度的精量穴直播的实际产量比人工撒播和机械插秧的实际产量分别增产 24%~28%和 8.2%~11.6%, 精量穴直播的实际产量比人工抛秧的实际产量稍有增加; 精量穴直播较人工撒播、人工抛秧和机械插秧的有效穗数分别增加 0.9%~7.0%、3.5%~9.7%和 7.4%~13.9%, 收获指数分别增加 22.7%~37.2%、17.2%~26.6%和 0.8%~12.7%, 精量穴直播结实率较人工撒播的增加 8.6~8.73 个百分点, 精量穴直播较人工撒播和机械插秧的单穗质量分别增加 17.84~18.76 g 和 2.15~3.07 g, 精量穴直播较人工撒播和机械插秧的群体穗质量分别增加 1.225~1.430 t/hm² 和 0.447~0.628 t/hm²。

关键词: 农业机械, 收获指数, 精量穴直播, 早稻, 产量

doi: 10.3969/j.issn.1002-6819.2009.07.015

中图分类号: S233.71;S511

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2009)-7-0084-04

唐湘如, 罗锡文, 黎国喜, 等. 精量穴直播早稻的产量形成特性[J]. 农业工程学报, 2009, 25(7): 84—87.

Tang Xiangru, Luo Xiwen, Li Guoxi, et al. Yield formation characteristics of precision hill-drop drilling early rice[J]. Transactions of the CSAE, 2009, 25(7): 84—87. (in Chinese with English abstract)

0 引 言

随着高效除草剂技术的成熟以及劳动力成本的升高, 许多国家都改变了传统的水稻移栽种植方式, 逐步采用省工、节本的直播方法。在美国和澳大利亚, 水稻生产已全部采用机械直播, 美国采用大型的激光平地机械进行土地平整, 应用高效除草剂, 为水稻直播技术的推广提供了有力的支持^[1-2]。人工撒播和机械条播不同程度地存在稻苗根系分布浅, 易形成根倒; 分蘖性强, 中后期群体大, 通风透光条件差, 易造成基部 1~2 节间拉长, 细嫩, 灌浆后期会出现茎倒现象。因此, 减少播种量、控制基本苗是预防倒伏的有效措施^[3]。罗锡文等针对当前直播水稻的倒伏和全苗问题, 成功研制出水稻精量穴直播机^[4-5]。该水稻精量穴直播机可同步进行开沟、起垄和播种, 垄面上的播种小沟增加了水稻根系的入土深度, 较好地解决了一般直播稻播种在泥面上而根系入土较浅容易倒伏的问题; 每穴可调控播种量为 2~6 粒, 行距可选, 穴距可调, 可控制水稻高产栽培的播种量和基本苗数^[6]。本文通过对比水稻精量穴直播、人工撒播、人工抛秧和机械插秧 4 种植方式, 研究精量穴直播早稻的产量形成特性, 旨在为水稻精量穴直播推广应用提供

理论依据。

1 试 验

1.1 材料与机具

试验品种为优质超级杂交水稻培杂泰丰。精量穴直播机为华南农业大学研制的水稻精量穴直播机, 插秧机为井关 2ZK-6 乘坐式高速插秧机。

1.2 设计与实施

试验于 2007 年春季在广州市华南农业大学试验农场进行。试验处理为: 精量穴直播密度为 30 cm×15 cm (精量穴直播 30)、精量穴直播密度为 25 cm×18 cm (精量穴直播 25)、人工撒播、人工抛秧和机械插秧 5 个处理 (表 1)。试验采用单因素随机区组设计, 小区面积为 120 m², 3 次重复。5 个处理的总施肥量相同, 化除治虫、管水按照各自的农艺要求管理。干物质与产量按照湖南农学院主编《作物栽培学实验指导》中方法测定^[7]。

表 1 试验处理

Table 1 Experimental treatments

处 理	实施内容
精量穴直播 30	精量穴直播密度为 30 cm×15 cm, 3 月 16 日播种, 播种量 15 kg/hm ²
精量穴直播 25	精量穴直播密度为 25 cm×18 cm, 3 月 16 日播种, 播种量 15 kg/hm ²
人工撒播	人工撒播, 3 月 16 日播种, 播种量 15 kg/hm ²
人工抛秧	3 月 16 日播种, 塑料软盘湿润育秧, 播种量每盘 25 g, 4 月 10 日人工抛栽每公顷大田 600 盘
机械插秧	3 月 16 日播种, 塑料硬盘湿润育秧, 播种量芽谷每盘 150 g, 4 月 10 日机械移栽, 密度为 30 cm×15 cm

收稿日期: 2008-10-09 修订日期: 2009-05-18

基金项目: 国家“863”计划项目 (2006AA10A307); 广东省农业攻关项目 (2004B20101007)。

作者简介: 唐湘如 (1964—), 男, 湖南宁乡人, 博士, 教授, 博士生导师。

广州 华南农业大学农学院, 510642. Email: tangxr@scau.edu.cn

罗锡文, 中国农业工程学会会员 (E041200118S)

1.3 数据处理

采用 SAS 6.12 统计软件中 ANOVA 程序进行方差分析, LSD 检验法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 产量与产量构成因素

4 种植方式的产量与产量构成因素结果(表 2)表明, 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的实际产量较人工撒播的实际产量分别增产 28%和 24%; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的实际产量较机械插秧的实际产量分别增产 11.6%和 8.2%, 这与 Sharma^[8]和 Kunnika 等^[9]报道的机械条播产量显著高于机械插秧的结果相似; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的实际产量较人工抛秧的实际产量无显著差异, 仅精量穴直播 30 的实际产量比人工抛秧的稍有增加; 精量穴直播 30 的有效穗数较人工撒播、人工抛秧和机械插秧的有效穗数分别增加 7%、9.7%和 13.9%; 精量穴直播 25 的有效穗数较机械插秧的有效穗数的增加幅度为 7.4%; 精量穴直播 25 的有效穗数较人工撒播和人工抛秧的有效穗数有所增加但未达到显著水平; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的每穗总粒数较人工撒播、人工抛秧和机械插秧的每穗总粒数无显著差异, 前两者的每穗总粒数仅比人工撒播的稍有增加; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的结实率较人工撒播的结实率的增加幅度分别为 8.73 和 8.6 个百分点; 精量穴直播 25 的结实率较人工抛秧和机械插秧的结实率无显著差异; 千粒重变化趋势与每穗总粒数的基本一致, 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的千粒重较人工撒播、人工抛秧和机械插秧的千粒重无显著差异。

表 2 4 种植方式的产量与产量构成因素

Table 2 Yields and its components of four planting pattens

种植方式	实际产量 /t·hm ⁻²	有效穗数 /×10 ⁴ ·hm ⁻²	每穗 总粒数	结实率 /%	千粒重 /g
精量穴直播 30	6.670 a	280.65 a	160.92 a	71.88 a	21.45 a
精量穴直播 25	6.462 a	264.60 b	165.52 a	71.75 a	21.36 a
人工撒播	5.211 c	262.20 b	156.62 a	63.15 b	20.91 a
人工抛秧	6.462 a	255.75 bc	163.37 a	71.56 a	21.76 a
机械插秧	5.975 b	246.30 c	161.72 a	71.83 a	21.65 a

注: P<0.05。

2.2 个体生物产量

精量穴直播早稻的个体生物产量的结果(表 3)表明: 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的单茈总质量较人工撒播的单茈总质量显著增加, 与机械插秧的单茈总质量无显著差异, 但精量穴直播 30 的单茈总质量较人工抛秧的单茈总质量显著减少; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的单茈叶质量与人工撒播和机械插秧的单茈叶质量无显著差异, 但比人工抛秧的单茈叶质量显著减少; 单茈茎质量变化趋势与单茈叶质量的基本一致, 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的单茈茎质量与人工撒播和机械插秧的

单茈茎质量无显著差异, 但精量穴直播 30 的单茈茎质量比人工抛秧的单茈茎质量显著减少; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的单茈穗质量较人工撒播的单茈穗质量显著增加, 与人工抛秧和机械插秧的单茈穗质量无显著差异。

表 3 精量穴直播早稻的个体生物产量

Table 3 Individual biological yield of precision hill-drop

direct-seeding early rice g

种植方式	单茈总质量	单茈叶质量	单茈茎质量	单茈穗质量
精量穴直播 30	50.12 b	6.67 b	14.04 b	29.42 a
精量穴直播 25	54.67 ab	8.47 b	17.71 ab	28.50 a
人工撒播	27.67 c	5.07 b	11.94 b	10.66 b
人工抛秧	64.94 a	12.25 a	24.20 a	28.50 a
机械插秧	50.53 b	8.30 b	15.88 b	26.35 a

2.3 群体生物产量

精量穴直播早稻的群体生物产量结果(表 4)表明, 精量穴直播 25 的群体总质量与人工撒播、人工抛秧和机械插秧的群体总质量无显著差异, 同样, 精量穴直播 30 的群体总质量与人工撒播和机械插秧的群体总质量无显著差异, 但精量穴直播 30 的群体总质量较人工抛秧的群体总质量显著减少; 群体叶质量变化趋势与群体总质量的基本一致, 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的群体叶质量与人工撒播和机械插秧的群体叶质量无显著差异, 但比人工抛秧的群体叶质量显著减少; 精量穴直播 25 的群体茎质量与人工撒播、人工抛秧和机械插秧的群体茎质量无显著差异, 同样, 精量穴直播 30 的群体茎质量与机械插秧的群体茎质量亦无显著差异, 但精量穴直播 30 的群体茎质量较人工撒播和人工抛秧的群体茎质量显著减少; 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的群体穗质量较人工撒播的群体穗质量显著增加, 与人工抛秧和机械插秧的群体穗质量无显著差异。

表 4 精量穴直播早稻的群体生物产量

Table 4 Population biological yield of precisionhill-drop

direct-seeding early rice t·hm⁻²

种植方式	总干质量	叶质量	茎质量	穗质量
精量穴直播 30	11.138 b	1.481 b	3.120 c	6.537 a
精量穴直播 25	12.148 ab	1.882 b	3.934 abc	6.332 a
人工撒播	12.034 ab	2.057 ab	4.871 ab	5.107 b
人工抛秧	14.429 a	2.721 a	5.376 a	6.332 a
机械插秧	11.229 b	1.844 b	3.529 bc	5.855 ab

2.4 收获指数

水稻收获指数是指谷粒质量与地上部生物学产量的比值, 表明由生物产量形成稻谷产量效的高低。精量穴直播早稻的收获指数结果(图 1)表明, 精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的收获指数均较人工撒播的收获指数显著增加, 同样, 精量穴直播 30 的收获指数较人工抛秧的收获指数显著增加, 而精量穴直播 30 和精量穴直播 25 的收获指数均与机械插秧的收获指数无显著差异。

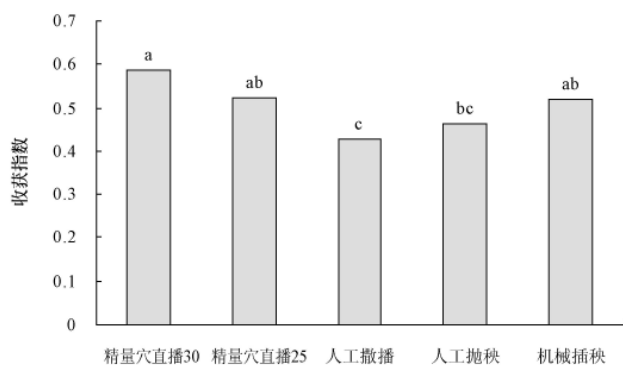


图1 精量穴直播早稻的收获指数

Fig.1 Harvest index of precision hill-drop drilling early rice

3 讨论

1) 水稻精量穴直播可定量控制每穴播种粒数, 行距可选、穴距可调, 可实现水稻高产栽培定量播种和基本苗^[6], 最终表现在实际产量比人工撒播和机械插秧的实际产量显著增加, 比人工抛秧的实际产量稍有增加。先进的、适用的水稻精确定量栽培是水稻栽培科学技术发展的方向, 是水稻科学栽培的创新发展^[10]。因此, 水稻精量穴直播机及配套栽培技术可以在水稻生产上大力推广应用。

2) 精量穴直播早稻的高产形成特点表现为: 第一, 有效穗多, 与机械插秧比较, 精量穴直播没有植伤, 有利于低位分蘖发生, 可增加2~3个低位分蘖成穗; 与人工撒播和人工抛秧比较, 精量穴直播具有有序成行成穴特点, 中后期水稻群体通风透光好, 有利于减少分蘖死亡, 增加分蘖成穗。第二, 结实率高, 这与精量穴直播较人工撒播、人工抛秧和机械插秧的单穗质量和群体穗质量大及收获指数高有关, 因为精量穴直播的通透性好、稻草量少, 即其茎、叶等营养器官将积累的干物质尽可能多的转移到籽粒中去, 从而使增加的生物产量中茎、叶等干物质质量增加的较少, 而籽粒增加的较多^[11], 此外, 水稻的收获指数与结实率呈显著正相关^[12,13]。

3) 因人工撒播和人工抛秧受农民的熟练程度和习惯影响, 机械插秧受育秧质量和插秧质量影响, 本次试验对比所得结果还需要进一步进行试验验证。

4 结论

1) 两种密度的精量穴直播的实际产量比人工撒播和机械插秧的实际产量分别增产24%~28%和8.2%~11.6%, 精量穴直播的实际产量比人工抛秧的实际产量稍有增加; 与人工撒播、人工抛秧和机械插秧比较, 精量穴直播的有效穗数多、结实率高。

2) 与人工撒播比较, 两种密度的精量穴直播的单穗总质量和单穗穗质量显著增加, 且单穗叶质量和单穗茎质量亦有所提高; 精量穴直播的单穗总质量、单穗叶质量、单穗茎质量和单穗穗质量与机械插秧的相差不大, 较人工抛秧的降低。

3) 与人工撒播、人工抛秧和机械插秧比较, 精量穴直播的群体穗质量大、收获指数高, 而群体总质量、群

体叶质量和群体茎质量均没有增加。

参考文献

- [1] 王洋, 张祖立, 张亚双, 等. 国内外水稻直播种植发展概况[J]. 农机化研究, 2007, (1): 48—50.
Wang Yang, Zhang Zuli, Zhang Yashuang, et al. Research and progress of rice direct sowing at home and abroad[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2007, (1): 48—50. (in Chinese with English abstract)
- [2] Rao A N, Johnson D E, Sivaprasad B, et al. Weed management in direct-seeded rice[J]. Advances in Agronomy, 2007, 93: 153—255.
- [3] 宋光锋, 罗来君, 杨松. 直播水稻个群体关系的分析[J]. 大麦与谷类科学, 2007, (3): 23—25.
- [4] 罗锡文, 刘涛, 蒋恩臣, 等. 水稻精量穴直播排种轮的设计与试验[J]. 农业工程学报, 2007, 23(3): 108—112.
Luo Xiwen, Liu Tao, Jiang Enchen, et al. Design and experiment of hill sowing wheel of precision rice direct-seeder[J]. Transactions of the CSAE, 2007, 23(3): 108—112. (in Chinese with English abstract)
- [5] 罗锡文, 欧洲, 蒋恩臣, 等. 抛掷成穴式水稻精量直播排种器试验[J]. 农业机械学报, 2005, 36(9): 37—40.
Luo Xiwen, Ou Zhou, Jiang Enchen, et al. Experimental research on precision rice direct-seeder with hill sowing[J]. Transactions of The Chinese Society of Agricultural Machinery, 2005, 36(9): 37—40. (in Chinese with English abstract)
- [6] 李小山. 机械直播技术获重大突破[J]. 现代农业装备, 2008, (7): 32.
- [7] 湖南农学院. 作物栽培学实验指导[M]. 北京: 农业出版社, 1988.
- [8] Sharma A R. Direct seeding and transplanting for rice production under flood-prone lowland conditions[J]. Field Crops Research, 1995, 44(2/3): 129—137.
- [9] Kunnika N, Shu F, Kesorn N. Growth of rice cultivars by direct seeding and transplanting under upland and lowland conditions[J]. Field Crops Research, 1996, 48(2/3): 115—123.
- [10] 凌启鸿, 张洪程, 丁艳锋, 等. 水稻高产精确定量栽培[J]. 北方水稻, 2007, (2): 1—9.
Ling Qihong, Zhang Hongcheng, Ding Yanfeng, et al. Precise and Quantitative Cultivation for High Yield in Rice[J]. North Rice, 2007, (2): 1—9. (in Chinese with English abstract)
- [11] 魏树和, 陈温福, 徐正进, 等. 水稻收获指数研究的回顾与展望[J]. 垦殖与稻作, 2001, (增刊1): 1—3.
- [12] 何秀英, 陈钊明, 廖耀平, 等. 水稻收获指数遗传及其与主要农艺性状的相关研究[J]. 作物学报, 2006, 32(6): 911—916.
He Xiuying, Chen Zhaoming, Liao Yaoping, et al. Heredity of rice harvest index and correlations between HI and main agronomic characters[J]. Acta Agronomica Sinica, 2006, 32(6): 911—916. (in Chinese with English abstract)
- [13] Satoshi H, Akihiko K, Junko Y, 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(1): 1—21.

Yield formation characteristics of precision hill-drop drilling early rice

Tang Xiangru¹, Luo Xiwen^{2,3}, Li Guoxi¹, Wang Zaiman^{2,3}, Zheng Tianxiang¹, Chen Weitong^{2,3}, Shu Shifu¹

(1. College of Agriculture, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2. College of Engineering, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

3. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment(South China Agricultural University)

Ministry of Education, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Yield formation characteristics of the early rice planted with precision hill-drop drilling machine were studied by comparing the yields of two-density precision hill-drop drilling with manual broadcasting, manual seedling broadcasting and mechanized transplanting. The results showed that compared with manual broadcasting and mechanized transplanting, the yields of precision hill-drop drilling with two densities increased significantly by 24%–28% and 8.2%–11.6%, respectively, and increased slightly compared with manual seedling broadcasting. The effective panicle number increased by 0.9%–7.0%, 3.5%–9.7%, 7.4%–13.9%, and the harvest index increased by 22.7%–37.2%, 17.2%–26.6%, 0.8%–12.7% respectively, compared with manual broadcasting, manual seeding broadcasting and mechanized transplanting. The seed setting rate increased 8.6–8.73 percentage point compared with manual broadcasting. The panicle weight per hill increased 17.84–18.76 g, 2.15–3.07 g, respectively. The panicle weight per hectare increased 1.225–1.430 t, 0.447–0.628 t, respectively, compared with manual broadcasting and mechanized transplanting.

Key words: agricultural machinery, harvest index, precision hill-drop drilling, early rice, yield