

不同种植方式对水稻生育特性和产量的影响*

程建平¹ 罗锡文² 樊启洲³ 张集文¹ 吴建平¹ 王在满² 臧英²

1. 湖北省农业科学院粮食作物研究所, 武汉 430064;

2. 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;

3. 华中农业大学工程技术学院, 武汉 430070

摘要 采用机械精量穴直播、人工撒播和人工手插种植方式对比,研究了机械精量穴直播条件下水稻的生育特性和产量形成特性。结果表明:机械精量穴直播有利于加快水稻的生长发育进程,缩短水稻的生育期,提高其生物学产量和叶面积指数,降低主茎总叶龄;机械精量穴直播稻的分蘖势较强,分蘖叶位低,分蘖发生和分蘖高峰出现早,单位面积的分蘖总量较大;机械精量穴直播稻每平方米有效穗 263.63,比人工手插和人工撒播分别提高了 24.63% 和 15.25%,机播的实际产量最高,较人工撒播和手插处理分别增产 14.92% 和 4.59%。

关键词 水稻; 精量穴直播; 产量; 生育特性

中图分类号 S 233.71; S 511 **文献标识码** A **文章编号** 1002-2421(2010)01-0001-05

水稻直播,省工省力,一直是美国、澳大利亚、意大利等发达国家采用的主要种植方式^[1,2],日本采用机械直播及侧条施肥技术,比普通直播稻可增产 5%~10%,比普通移栽稻可省工 360~400 h/hm² (每个工按 8 h 计算),增加经济效益 1 285 元/hm²,节省成本 15%~20%,同时可提高肥料利用率^[3,4]。近年来,随着农村劳动力逐渐向二、三产业的转移和国家对农业投入的重视,我国水稻种植机械化水平有了较大的回升和提高,水稻直播机械化技术的研究与推广应用发展迅速。随着高产抗倒伏水稻品种的育成与高效无公害除草剂的成功研制,我国机播面积不断扩大,2006 年机播面积 435.28 km²,占 2006 年机械栽植面积的 16.77%^[5,6]。

罗锡文等^[7,8]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。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、3、4、5 和 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^[9]。本研究针对湖北省机械化直播中特点,通过田间试验比较了机直播、撒播和手插不同栽植方式对水稻生长发育特性与产量的影响,以期为湖北

省发展水稻种植机械化提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 试验材料与机具

籼型杂交水稻组合选用培两优 986。试验用直播机为华南农业大学研制成功的 2BD210 型水稻精量穴直播机。

试验于 2008 年 5~10 月在湖北省农科院试验田进行。试验田土壤有机质 25.82 g/kg, pH 7.57, 碱解氮 102.33 mg/kg, 速效磷 12.19 mg/kg, 速效钾 160.83 mg/kg, 土壤肥力中等。试验田交通方便,灌排条件完善。

1.2 试验设计

试验设机械精量穴直播 (precise rice hill2drop drilling, PRHD, 简称机播)、人工撒播 (manual broadcasting, MB, 简称撒播) 和人工手插 (manual transplanting, MT, 简称手插) 3 个处理。各处理均于 5 月 19 日播种。机播密度为 25 cm @ 18 cm, 芽谷播量 1.61 g/m²。撒播播量与机播播量相同。手插湿润育秧, 6 月 19 日移栽, 密度 13.3 cm @ 28.8 cm。试验采用单因素随机区组设计, 小区面积为 560 m²。3 个处理的总施肥量相同, 全生育期施肥量为纯 N 230.25 kg/hm²、P₂O₅ 75 kg/hm²、K₂O

收稿日期: 200920230; 修回日期: 20090927

* 国家重大科技专项资助项目 (2006BAD02A02)、国家/ 8630 高技术研究计划项目 (2006AA10A307)、粤港关键领域重点突破项目 (2007A020904001) 和国家农业科技成果转化项目 (2007GB2E000235) 资助

程建平, 男, 1968 年生, 博士, 副研究员, 研究方向: 水稻栽培生理生态. E-mail: chjp@hbaas.com

112.5 kg/hm², 分 4 次施入。田间管理同常规大田生产管理。

1.3 测定指标与方法

1) 生育进程和分蘖动态测定。每处理定苗 20 苗, 标记叶片, 记载分蘖叶位; 移栽田间定苗 20 丛, 记载生育进程和分蘖动态, 在抽穗扬花前每 7 d 记载 1 次分蘖动态。

2) 植株地上部分与根干重测定。在分蘖盛期、孕穗期、抽穗扬花期、成熟期每处理取 3 株代表性植株, 将植株地上部分按茎、鞘、叶、穗分开, 于 105 °C 烘箱中杀青 30 min, 在 80 °C 下烘干至恒重, 冷却至室温后称取干重。

3) 叶面积测定。于分蘖盛期测定, 每小区取植株 6 穴, 直接测量叶片的长与宽, 按公式计算叶面积 = 长 × 宽 × 0.75, 并计算叶面积指数(LAI)。

4) 考种。谷粒成熟时, 去边行后, 每小区以 5 点

取样法取样, 每个样点连续取 10 穴, 共 50 穴, 统计每穴有效穗数(对于直播稻, 取 2 m² 统计有效穗数)。根据其平均值取有代表性的植株 10 穴, 测定水稻各经济性状, 包括单株有效穗数、每穗颖花数、结实率、千粒重。同时, 在每小区去除保护行后进行机械实收, 计算实际产量。

1.4 数据处理

采用 DPS 数据处理系统统计软件进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 生育进程

从表 1 可以看出, 机播和撒播的齐穗期比手插早 7 d, 机播和撒播的生育期也比手插少 9 d, 精量穴直播有利于加快水稻的生长发育进程, 缩短水稻的生育期。

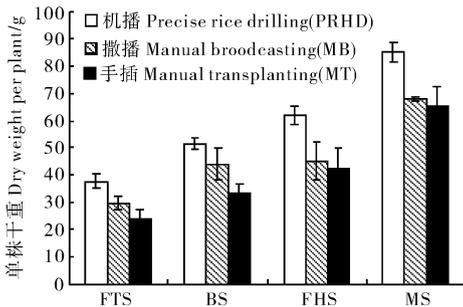
表 1 不同种植方式下培两优 986 生长发育进程

Table 1 The whole growth stage for Peiliangyou 986 under different planting methods

处理 Treatment	播种期(月2日) Sowing stage (Month2 day)	移栽期(月2日) Transplanting stage(Month2 day)	齐穗期(月2日) Full heading stage (Month2 day)	收获期(月2日) Maturity stage (Month2day)	生育期 Days of growth stage/d
机播 PRHD	0219		0817	09226	130
撒播 MB	0219		0817	09226	130
手插 MT	0219	0611	0825	10205	139

2.2 个体生物产量和叶面积指数

3 种植方式在分蘖盛期、孕穗期、抽穗扬花期、成熟期的单株地上部分干重均以机播最大、手插最小(图 1)。在分蘖盛期, 机播、撒播、手插处理叶面积指数分别为 7.00、6.57、5.56, 机播较撒播提高了 6.55%, 较手插提高了 25.90%, 可能是精量穴直播变无序为有序, 改善了个体发育空间; 精量穴直播起垄播种, 改善了水稻生长发育条件。



FTS: 分蘖盛期 Fully tillering stage; BS: 孕穗期 Booting stage; FHS: 抽穗扬花期 Fully heading stage; MS: 成熟期 Maturity stage; 下同 The same as follows.

图 1 不同种植方式下培两优 986 的单株干重

Fig. 1 Dry weight per plant of Peiliangyou 986 at different stage under different planting methods

2.3 叶龄和分蘖动态

从图 2 和表 2 可见, 播种后 45 d 前机播与手插的叶龄进程大体同步, 但播种 49 d 后, 手插的出叶速度加快, 同期相比, 手插的叶龄大于机播的叶龄, 机播进入拔节期后进程放慢。在同一栽培条件下, 机直播稻的主茎总叶龄比手插稻的减少了 1.15 叶。机播稻的分蘖发生期最早, 在播后 25 d 起总茎蘖数即呈直线上升趋势。机播高峰苗期出现在 7 月 12

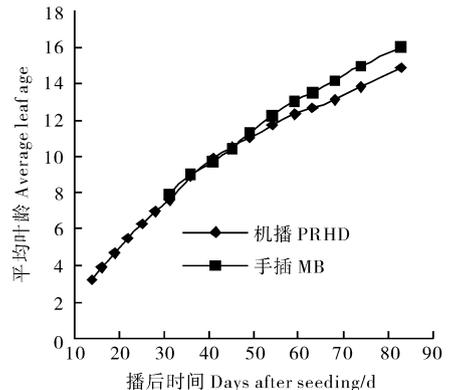


图 2 不同种植方式下培两优 986 的叶龄进程

Fig. 2 Leaf emergence rate of Peiliangyou 986 for different planting methods

日左右,但手插高峰苗期分别出现在 7 月 17 日左右,对生育期而言,人工手插稻的高峰苗出现期偏迟,说明直播的群体增长较快,分蘖势较强。机直播稻分蘖发生早,分蘖高峰出现早,单位面积的分蘖总量也最大;而手插稻分蘖发生迟,总量较少(图 3)。

从表 2 可见,同期相比,机播稻的总分蘖数比手

插高,而且分蘖势较强,低叶位发生的分蘖数和分蘖发生率相对较高。如播后 36 d,机播稻的第 1~5 叶位分蘖数和分蘖发生率分别为 12.52%、93.82%,而手插稻的第 1~5 叶位分蘖数和分蘖发生率分别为 4.4%、84.62%。可见,机播有利水稻低位分蘖早生快发。

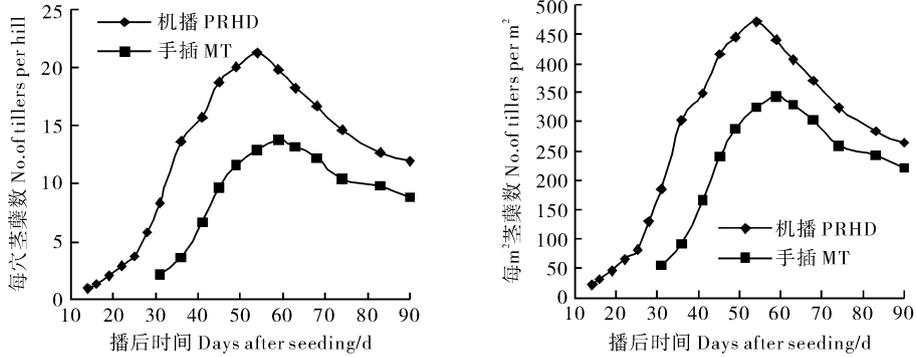


图 3 不同种植方式下培两优 986 的分蘖动态

Fig. 3 Dynamic tendency of No. of tillering for Peiliangyou 986 under different planting methods

表 2 不同种植方式下培两优 986 各叶位的分蘖¹⁾

Table 2 Tillering of leaf position on the stem for Peiliangyou 986 under different planting methods

处理 Treatment	播后时间/d Days after seeding	叶龄 Total leaf age	分蘖总数 Total tillers	各叶位分蘖 Tilling ability of leaf position													
				第 1 叶		第 2 叶		第 3 叶		第 4 叶		第 5 叶		第 6 叶		第 7 叶	
				\bar{N}	\bar{O}	\bar{N}	\bar{O}	\bar{N}	\bar{O}	\bar{N}	\bar{O}	\bar{N}	\bar{O}	\bar{N}	\bar{O}		
机播 PRHD	31	7.62	8.37	2.47	29.55	2.63	31.44	1.53	18.24	1.05	12.58	0.63	7.55	0.05	0.63		
机播 PRHD	36	8.88	13.63	3.63	26.64	4.00	29.35	2.63	19.31	1.53	11.20	1.00	7.34	0.79	5.79		
手插 MT	34	7.91	3.70	0.90	24.32	1.10	29.73	0.95	25.68	0.55	14.86	0.20	5.41				
手插 MT	36	8.97	5.20	1.20	23.08	1.40	26.92	1.05	20.19	0.50	9.62	0.25	4.81	0.65	12.50		

1) \bar{N} : 分蘖数 Tillers; \bar{O} : 分蘖发生率 Tilling ability/%.

2.4 分蘖成穗率

在分蘖特性上,机播稻的分蘖势较强,分蘖叶位低,具有早生快发与有效苗多的特点。从表 3 可见,机播稻每平方米有效穗 263.63,比手插和撒播分别提高了 24.63% 和 15.25%。但机播稻同时伴随有二、三次高位分蘖,易导致分蘖增长快,总苗数过多,群体过大,成穗率一般相对手插有所降低,而显著高于撒播。

表 3 不同种植方式下培两优 986 的有效穗和成穗率

Table 3 No. of panicle and ear forming rate of Peiliangyou 986 for different planting methods

处理 Treatment	每 m ² 有效穗 No. of valid panicles per m ²	每 m ² 最高苗 No. of most panicles per m ²	成穗率/% Valid panicles rate
机播 PRHD	263.63	471.15	55.95
撒播 MB	228.75	489.00	46.78
手插 MT	211.53	343.44	61.59

2.5 产量和收获指数

3 种植方式的产量与产量构成因素结果(表 4)表明:机播的实际产量最高,较人工撒播和手插的

实际产量分别增产 14.92% 和 4.59%;理论产量也以机播的最高,较人工撒播和手插的理论产量分别增产 28.11% 和 20.41%。从产量的构成来看,机播较撒播和手插显著提高了单位面积的有效穗数,且机播在一定程度上较手插提高了结实率和千粒重。尽管机播处理下每穗总粒数和每穗实粒数较手插有所下降,但差异不显著。

机播稻的收获指数结果(表 5)表明,机播较人工撒播的收获指数显著增加,且机播的收获指数较撒播的收获指数差异达到极显著水平,增加 21.00%。

2.6 经济效益

机械化可以大大降低水稻的生产成本,机播较人工手插的生产成本降低 1 455 元/hm²。尽管为防治草害增加了机械直播和撒播的农药植保费,在一定程度上增加了其物质成本,但机械直播和撒播减少了育秧和移栽的环节,而且机播和撒播较手插生育期缩短了 9 d,从而显著降低了育秧成本、田间管

表 4 不同种植方式下培两优 986 的产量及其构成

Table 4 Yield and its components of Peiliangyou 986 for different planting methods

处理 Treatment	每 m ² 有效穗 No. of valid panicles per m ²	每穗粒数 No. of grain per panicle	每穗实粒数 No. of filled grain per panicle	结实率 Seed setting rate/%	千粒重 1 000 grain weight/g	理论产量 Theoretical grain yield/(kg/hm ²)	实际产量 Actual grain/(kg/hm ²)
机播 PRHD	263.63 aA	187.78 abA	153.13 abA	81.51 a	26.54 a	10 709.17 aA	9 114.53
撒播 MB	228.75 bAB	171.89 bA	138.24 bA	80.68 a	26.35 a	8 359.08 bB	7 931.07
手插 MT	211.53 bB	197.69 aA	160.14 aA	80.99 a	26.26 a	8 893.71 bB	8 714.32

表 5 不同种植方式下培两优 986 的收获指数

Table 5 Harvest index of Peiliangyou 986 for different planting methods

处理 Treatment	穗粒重 Dry weight of grain per panicle/g	地上部干重 Dry weight of shoot/g	收获指数 Harvest index
机播 PRHD	49.56 aA	85.23 aA	0.582 aA
撒播 MB	32.66 bB	67.92 bB	0.481 cB
手插 MT	35.19 bB	65.46 bB	0.538 bAB

表 6 不同种植方式下培两优 986 的产值及其效益(按人民币计)¹⁾

Table 6 Cost components and net profit of Peiliangyou 986 for different planting methods(priced by RMB)

元 / hm²

处理 Treatment	物质成本 Matter cost	机械作业成本 Working cost of machine	劳动力成本 Cost of labors force	总成本 Total cost	产值 Output value	效益 Benefit	较手插增效 Adding benefit than MT
机播 PRHD	3 675	1 950	0	5 625	18 229.06	12 604.06	2 450.42
撒播 MB	3 675	1 725	150	5 550	15 862.14	10 312.14	158.50
手插 MT	3 750	1 725	1 800	7 275	17 428.64	10 153.64	

1) 稻谷的价格按收购价每千克 2.00 元计算 The rice is priced by RMB 2.00 yuan per kilogram.

3 讨论

本试验结果表明,精量穴直播有利于加快水稻的生长发育进程、缩短水稻的生育期,同时在同一栽培条件下,机直播稻的主茎总叶龄比手插稻的减少了 1.15 叶。在分蘖特性上,机播稻的分蘖势较强,分蘖叶位低,一般在 1~9 叶位均可发生分蘖,其中强势叶位在 3~6 叶,该叶位段分蘖发生及成穗率达 90%~100%。并伴随有二、三次高位分蘖,易导致分蘖增长快,总苗数过多,群体过大,成穗率一般在 50%~60%。这与景启坚等人^[10]的研究基本一致。因此在大田生产中应最大限度地利用主茎一次分蘖成穗,以形成壮秆大穗,提高群体质量。为此,在适宜基本苗的基础上,根据品种特性和田间苗情控制高峰苗,适时适度搁田,个体发育和群体质量相协调,成穗率可达 75% 以上。

3 种植方式的产量与产量构成因素结果表明,机播的实际产量最高,较人工撒播和手插的实际产量分别增产 14.92% 和 4.59%,这与 Sharma 等、

理成本和劳动力成本。每公顷所消耗的总成本以机直播稻最少,约为手插稻的 77.32% (表 6); 经济效益分析表明,机播比手插每公顷增效 2 450.42 元,节本增效 24.13%; 撒播尽管比手插也显著降低了劳动力成本与总成本,但其产量与产值均下降了 8.99%,导致撒播增效不明显。可见,机械的介入一方面使得生产成本大幅度降低,另一方面在一定程度上使产量有一定的提高,从而为水稻生产带来更大的经济效益。

Kunnika 等报道的结果^{[11][12]}相似。机播在产量上较其他种植方式具有明显的优势,这主要是由于其精量栽培模式,利于田间通风透光和群体个体间的协调生长,利于高质量群体的建成,并进而获得高产稳产。经济效益分析表明,机播比手插每公顷增效 2 450.42 元,这与罗锡文等人的研究结果^{[13][16]}一致。可见,精量穴直播不仅产量水平高,而且种植效益好,实现了高产高效栽培目标。随着高产抗倒伏品种的育成与高效无公害除草剂的成功研制,水稻精量穴直播有着广阔的前景。当然,机械直播的实施受一定条件下的气候与茬口的影响,因此要根据具体情况选择水稻的栽培模式。

本试验采用单因素随机区组设计,小区设置面积较大,在田间取样时尽量采用了多点取样法取样,以减少试验误差。同时,在播期的设计上,手插的播种期与直播的播种期一致,因手插存在有移栽缓苗期,各处理生育进程不一定同步,但尽量按生育进程进行了取样,以提高各处理间的可比性。试验是否宜将手插推迟播种,值得以后进一步研究。

致谢 长江大学农学院方磊同学和华中农业大学植物科技学院柯传勇等同学在本试验中进行了部分数据的调查工作, 在此表示感谢!

参 考 文 献

- [1] 邹应斌, 李克勤, 任泽民. 水稻的直播与免耕直播栽培研究进展[J]. 作物研究, 2003(1): 52258.
- [2] 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): 48250.
- [3] HILL J E, MORTIMER A M, NAMUCO O S, et al. Water and weed management in direct seeded rice: Are we headed in the right direction [C]//PENG S, MARDY B. Rice research for food security and poverty alleviation. Manila: IRRI, 2001: 4912510.
- [4] 王冲, 宋建农, 王继承, 等. 东北地区水稻机械化种植模式[J]. 华中农业大学学报, 2009, 28(4): 502503.
- [5] 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): 3233.
- [6] 王利强, 吴崇友, 高连兴, 等. 我国水稻机械种植现状与发展机直播的研究[J]. 农机化研究, 2006(3): 28230.
- [7] 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): 102112.
- [8] 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): 3240.
- [9] 李小山. 机械直播技术获重大突破[J]. 现代农业装备, 2008(7): 32.
- [10] 景启坚, 薛艳凤. 水稻机插与其它种植方式在产量及分蘖特性上的差异比较[J]. 中国农机化, 2003(4): 1215.
- [11] SHARMA A R. Direct seeding and transplanting for rice production under flood-prone lowland conditions [J]. Field Crops Research, 1995, 44: 129137.
- [12] KUNNIKS 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: 112123.
- [13] 罗锡文, 谢方平, 区颖刚, 等. 水稻生产不同栽培方式的比较试验[J]. 农业工程学报, 2004, 20(1): 132138.
- [14] 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): 162171.
- [15] 池忠志, 姜心禄, 郑家国, 等. 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): 7275.
- [16] 丁涛, 秦玉金. 水稻不同栽培方式对产量效益及生育特性的影响[J]. 安徽农业科学, 2006, 34(14): 33323338.

Influence of Different Planting Methods on Growth and Development Characteristics and Yield of Rice

CHENG Jianping¹ LUO Xiwen² FAN Qizhou³ ZHANG Jiwen¹
WU Jianping¹ WANG Zaiman² ZANG Ying²

1. Food Crops Institute, Hubei Academy of Agricultural Sciences, Wuhan 430064, China;

2. Key Laboratory of Key Technology on Agricultural Machine and Equipment, South China Agricultural University and Ministry of Education, Guangzhou 510642, China;

3. College of Engineering and Technology, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430064, China

Abstract Growth and development characteristics and yield formation of the rice of precision hill drop drilling were studied comparing with manual spreading, manual transplanting. Results showed that precision hill drop drilling shortened the total growing period of rice, improved individual and the biological production area index, and reduced the total leaf age of the main stem. The tiller of precision hill drop drilling was strong and powerful, low leaf tiller, tiller occurred early and the peak of tillering appeared early, and the total tiller per unit area increased as well. Effective rice panicle of precision hill drop drilling was 263.63 panicles per m², increased by 24.63% and 15.25% more than manual spreading and transplanting, and its actual yield was 14.92% and 4.59% higher than manual spreading and transplanting, respectively.

Key words rice; precise hill drop drilling; yield; growth characteristics

(责任编辑: 张志钰)