

# 机插条件下不同米粉稻品种产量形成特点与辐射利用率比较

张恒栋<sup>1,2</sup> 黄敏<sup>1\*</sup> 单双吕<sup>1</sup> 赵春荣<sup>1</sup> 陈佳娜<sup>1</sup> 曹放波<sup>1</sup> 范龙<sup>1</sup> 王玉梅<sup>1</sup> 邹应斌<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> 湖南农业大学农学院, 长沙 410128; <sup>2</sup> 贵州黔东南喀斯特区域发展研究院, 贵州 兴义 562400;

\* 通讯作者: jxhuangmin@163.com)

**摘 要:** 于 2016 年早、晚季在湖南省浏阳市永安镇开展大田试验, 对湖南常用米粉稻品种陆两优 996、中嘉早 17 和中早 39 的产量形成特点和辐射利用率进行比较。结果表明, 早季陆两优 996 的产量比中嘉早 17 和中早 39 高 35.34%~46.18%, 差异显著; 晚季各品种的产量差异未达显著水平。早季陆两优 996 的每穗粒数、千粒重、成熟期干物质质量、收获指数比其他 2 个品种分别高 14.77%~29.41%、6.11%~13.20%、23.34%~34.78%、9.96%~10.65%; 辐射截获量和辐射利用率比其他 2 个品种分别高 7.29%~13.75% 和 14.86%~18.93%。

**关键词:** 米粉稻; 辐射利用率; 产量; 干物质积累

**中图分类号:** S511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006-8082(2017)04-0063-04

米粉稻是指适合当地米粉生产, 且通过省级以上农作物品种审定的非转基因水稻<sup>[1-2]</sup>。米粉稻的种植在很大意义上解决了长江流域早籼稻食味品质差, 不被人们所青睐的问题<sup>[3]</sup>。随着劳动力的转移, 生活水平的提高<sup>[4-6]</sup>, 早籼稻作为口粮造成了大量积压, 给国家造成了很大的经济损失<sup>[7-9]</sup>, 影响了农民种粮的积极性, 导致双季稻面积降低, 复种指数下降, 造成了大量的粮食损失<sup>[10-11]</sup>。因此, 研究米粉稻提高早籼稻的经济价值对于维持国家粮食安全, 促进双季稻发展有重要意义。

光能资源以及作物的光能利用率对产量有重要影响<sup>[12-13]</sup>, 作物的光能利用率受作物叶片的光能截获量和所截获光能的转化率影响<sup>[12]</sup>。前人研究了施肥<sup>[14]</sup>、密度<sup>[15]</sup>等对作物光能利用率的影响, 以及米粉稻的栽培调控<sup>[16-17]</sup>、品种的筛选与选育<sup>[19, 18]</sup>、化学调控<sup>[17, 19]</sup>等。在湖南已经筛选出了一定数量的米粉稻品种。本文通过不同米粉稻品种的田间试验, 研究了机插条件下米粉稻品种的产量和辐射利用率, 以期对米粉稻的高产栽培提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 材料

供试材料为湖南常用米粉稻品种: 两系杂交早稻品种陆两优 996 (LLY996) 和常规早稻品种中早 39 (ZZ39)、中嘉早 17 (ZJZ17)。大田试验于 2016 年 3-10 月在湖南省浏阳市永安镇进行, 试验地土壤肥力均匀,

前茬作物为水稻。土壤有机质含量 43.44 g/kg, 全氮、全磷、全钾含量分别为 1.70、0.45、9.53 g/kg, 速效氮、速效磷、速效钾含量分别为 200.70、6.24、148.13 mg/kg, pH 值为 6.08。

### 1.2 试验设计与方法

采用随机区组设计, 重复 3 次, 小区面积 40 m<sup>2</sup>。早、晚季种植, 试验采用秧盘淤泥育秧, 秧盘规格为 58 cm×25 cm, 每盘播芽谷 120 g。早季于 3 月 27 日播种, 4 月 19 日移栽; 晚季于 7 月 7 日播种, 7 月 23 日移栽。试验用井关 PZ80-25 乘坐式高速插秧机插秧, 每丛栽插 4~5 株。试验按照 N:P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>:K<sub>2</sub>O=1:0.5:1 的比例进行施肥, 早季施纯 N 135 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 67.5 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 135 kg/hm<sup>2</sup>, 晚季施纯 N 150 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 75 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 150 kg/hm<sup>2</sup>, 其中氮肥 (46.4% 的尿素) 按照基肥: 分蘖肥: 穗肥=5:2:3 的比例施用, 磷肥 (过磷酸钙) 全部作基肥施用, 钾肥 (氯化钾) 按照基肥: 穗肥=5:5 的比例施用。其他田间管理方式同当地高产栽培习惯。

### 1.3 测定内容与方法

#### 1.3.1 干物质积累

于齐穗期和成熟期选取生长均匀且有代表性的植株 10 丛, 按茎、叶、穗分类, 并用 LI-3000C 便携式叶面积仪 (美国 LI-COR 公司) 测量上述时期的叶面积。分

收稿日期: 2017-06-13

基金项目: 国家重点研发计划项目 (2016YFD0300509)

表 1 不同米粉稻品种的产量和产量构成

季节	品种	有效穗数 (个/m <sup>2</sup> )	穗粒数 (粒)	结实率 (%)	千粒重 (g)	产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
早季	陆两优 996	393.94 a	107.76 a	70.81 ab	26.41 a	7.85 a
	中嘉早 17	386.66 a	93.89 b	68.70 b	23.33 c	5.80 b
	中早 39	346.67 b	83.27 c	73.84 a	24.89 b	5.37 b
晚季	陆两优 996	355.15 ab	128.19 a	71.76 a	26.71 a	7.54 a
	中嘉早 17	385.15 a	115.79 b	64.31 b	23.73 b	7.37 a
	中早 39	326.06 b	125.15 ab	70.10 a	24.30 b	7.12 a

同列数据后不同小写字母表示差异在 0.05 水平显著。下同。

表 2 不同米粉稻品种辐射截获率和 RUE

品种	早季			晚季		
	入射辐射量(MJ/m <sup>2</sup> )	辐射截获率(%)	RUE(g/MJ)	入射辐射量(MJ/m <sup>2</sup> )	辐射截获率(%)	RUE(g/MJ)
陆两优 996	1252.26	59.40 a	2.01 a	1420.81	68.06 a	1.82 a
中嘉早 17	1252.26	55.36 b	1.75 b	1420.81	64.95 a	1.56 a
中早 39	1252.26	52.22 b	1.69 b	1420.81	65.72 a	1.49 a

类的样品在 105℃恒温下杀青 30 min, 转至 70℃下烘干至恒质量,称量计为干物质量。成熟期的干物质量参照产量与产量构成。

1.3.2 辐射利用率(RUE)

分别在分蘖中期(MT)、幼穗分化始期(PI)、齐穗期(HD)、齐穗后 20 d(HD20)和生理成熟期(PM),选择晴天无云或少云,于 11:00-13:00,采用 Sunscan 冠层分析仪(英国 Delta 公司)测定各个小区离地 10 cm 以上的冠层透光率,行、株距方向各测定 2 次,辐射截获率(Intercepted percent)=100×(入射辐射量-冠层下方辐射量)/入射辐射量,4 次辐射截获率的平均值作为该小区的辐射截获率。各个时期截获的辐射量=1/2×(前一个时期的辐射截获率+后一个时期的辐射截获率)×该时期的入射辐射量;RUE(g/MJ)=总的干物质量/各个时期截获辐射量的总和。

1.3.3 产量及产量构成

于成熟期,按对角线取样法,从小区中间选取代表性植株 10 丛调查有效穗数,手工脱粒后用自来水分离实粒和秕粒,实粒称取 3 份 30 g,秕粒称取 15 g,计数后在 70℃下烘干至恒质量,考察每穗粒数、结实率和千粒重(恒质量),稻草在 70℃下烘干至恒重,测定干物质量。成熟期总干物质量为样本稻草、实粒、秕粒和枝梗干质量之和。从每小区中心收割 5 m<sup>2</sup> 用于测产,折算成 13.5%含水量的实收产量。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2016 整理数据,用 Statistix8.0 软件进行数据分析,用 LSD<sub>0.05</sub> 法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同米粉稻品种产量及产量构成分析

从表 1 可见,两个种植季节 3 个品种的产量都表现为陆两优 996>中嘉早 17>中早 39,其中早季陆两优 996 的产量显著高于中嘉早 17 和中早 39,而晚季 3 个品种的产量差异不显著。早季的有效穗数、穗粒数、千粒重均表现为陆两优 996 最高,分别比中嘉早 17 和中早 39 提高了 1.85%~12.00%、12.87%~22.73%、5.76%~11.66%。其中,穗粒数和千粒重品种间差异显著;有效穗数表现为陆两优 996 高于中嘉早 17,但是差异不显著,两者都显著高于中早 39;结实率表现为中早 39 最高,并且显著高于中嘉早 17。晚季的穗粒数、千粒重和结实率均表现为陆两优 996 最高,中嘉早 17 最低,但是中嘉早 17 的有效穗数最高,分别比陆两优 996 和中早 39 提高了 30.00 个/m<sup>2</sup> 和 59.09 个/m<sup>2</sup>。

2.2 不同米粉稻品种辐射截获率及辐射利用率(RUE)分析

由表 2 可知,晚季入射辐射量比早季的入射辐射量高 13.46%,早、晚两季均以陆两优 996 的辐射利用率(RUE)最高,分别为 2.01 g/MJ 和 1.82 g/MJ。早季陆两优 996 的辐射截获率和 RUE 均显著高于中嘉早 17 和中早 39,晚季 3 个品种间辐射截获量和 RUE 差异不显著,均表现为陆两优 996>中嘉早 17>中早 39。

由图 1 可见,水稻自移栽起,各阶段的辐射截获量呈现先增后降的趋势,以孕穗期至齐穗期截获的辐射量最多,早、晚季种植下分别达到了辐射截获总量的 42.47%~43.77%和 29.71%~30.70%。无论是早季还是晚季,水稻自移栽至分蘖中期和分蘖中期至孕穗期,3 个品种截获的辐射量差异均不显著,孕穗期以后陆两优 996 的辐射截获量显著增加。早季孕穗期以后各生育

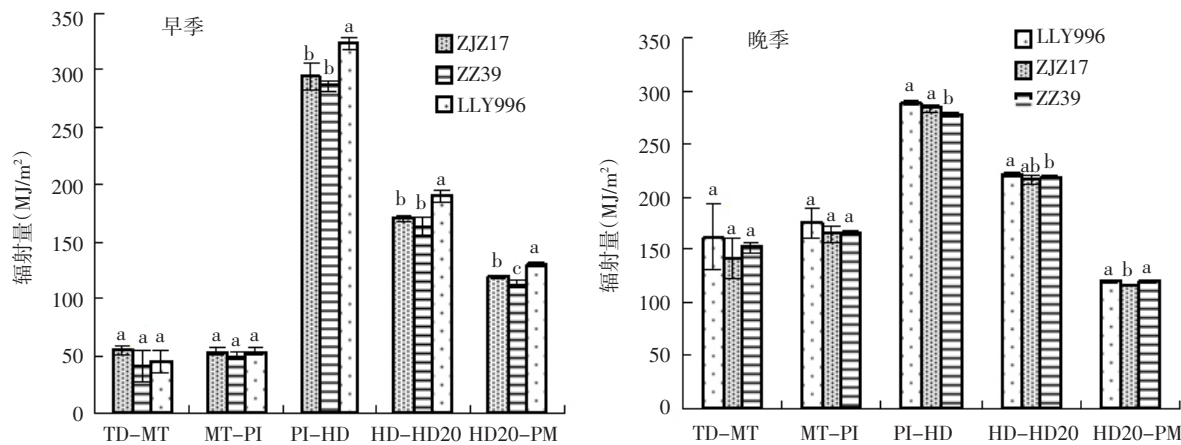


图 1 不同米粉稻品种各生育阶段的辐射截获量

表 3 不同米粉稻品种干物质积累情况

季节	品种	齐穗期干物质质量 (g/m²)	成熟期干物质质量 (g/m²)	花后干物质积累量占总干物质质量的比例 (%)	收获指数
早季	陆两优 996	718.93 a	1 492.60 a	51.83 a	0.53 a
	中嘉早 17	677.66 a	1 212.02 b	43.78 ab	0.48 b
	中早 39	671.60 a	1 107.41 b	39.33 b	0.48 b
晚季	陆两优 996	912.06 a	1 753.29 a	47.96 a	0.50 a
	中嘉早 17	856.92 a	1 438.17 b	40.56 a	0.49 ab
	中早 39	1 002.09 a	1 386.58 b	27.19 b	0.47 b

阶段(PI-HD、HD-HD20、HD20-PM)陆两优 996 截获的辐射量比中嘉早 17 和中早 39 分别高 10.11%~13.27%、11.46%~15.90%、8.80%~15.02%, 差异显著; 晚季孕穗期至齐穗后 20 d 陆两优 996 的辐射量略高于中嘉早 17, 两者显著高于中早 39, 齐穗后 20 d 至成熟期中早 39 的辐射截获量高于中嘉早 17。

2.3 不同米粉稻品种干物质积累状况

如表 3 所示, 早、晚两季不同米粉稻品种齐穗期的干物质质量无显著差异, 早季表现为陆两优 996>中嘉早 17>中早 39, 晚季以中早 39 最大, 为 1 002.09 g/m², 分别比陆两优 996 和中嘉早 17 高 89.99 g/m² 和 145.19 g/m²。成熟期水稻的干物质质量在早、晚两季都以陆两优 996 最高, 分别比中嘉早 17 和中早 39 高 21.91%~23.15%和 26.45%~34.78%, 差异显著。花后干物质积累所占的比例, 早季明显高于晚季, 两季均以陆两优 996 最高, 分别为 51.83%和 47.96%, 高于中嘉早 17, 显著高于中早 39。陆两优 996 的收获指数早、晚两季分别达到 0.53 和 0.50, 比中嘉早 17 和中早 39 高 2.02%~10.41%, 差异显著。

3 小结与讨论

有研究表明, 杂交稻的产量显著高于常规稻<sup>[20-21]</sup>。

本研究表明, 陆两优 996 产量较中嘉早 17 和中早 39 早季和晚季分别提高了 35.34%~46.18%和 2.31%~2.90%, 早季陆两优 996 的有效穗数、穗粒数、千粒重均高于中嘉早 17 和中早 39, 差异显著, 而结实率差异不显著。晚季陆两优 996 的有效穗数、结实率、穗粒数没有明显的优势, 只有千粒重显著高于中嘉早 17 和中早 39。张现伟等<sup>[21-22]</sup>研究表明, 常规稻和杂交稻产量构成之间的差异并没有相同的趋势, 各产量构成的大小并没有因为水稻杂交的方式发生明显的变化, 作早稻种植, 杂交稻和常规稻的产量差异显著, 而作晚稻种植产量差异不显著, 这可能是由于杂交稻茎叶部非结构性物质积累量和转运速率高于常规稻引起的<sup>[23]</sup>, 早稻作晚稻种植有利于非结构性物质的积累和转运, 从而提高了常规稻的产量。

辐射利用率受作物品种和栽培措施的影响, 一般认为水稻辐射利用率与水稻产量呈正相关<sup>[12-15]</sup>。分蘖期至抽穗期水稻的有效光能截获率和利用率呈显著正相关, 有效光能利用率可以良好的反映水稻的干物质生产能力<sup>[12]</sup>。水稻在延长生育期以后会弥补有效光能利用率低的不足, 可以提高作物的干物质积累和产量<sup>[24]</sup>。本研究中, 辐射利用率的趋势同米粉稻品种间产量的趋势一致, 早季品种间辐射利用率差异显著, 晚季差异

不显著,随着生育期的推进,不同品种均在孕穗期至齐穗期辐射截获率达到峰值,齐穗前水稻的干物质积累在早季和晚季之间均没有显著差异,齐穗后积累的干物质质量同全生育期水稻辐射利用率呈相同趋势,早季种植差异显著,晚季种植差异不显著,与产量变化趋势保持一致。

本文分析了不同的米粉稻品种在早、晚季种植情况下产量、干物质积累和辐射利用率的差异,辐射利用率高,水稻产量、干物质积累也会相应提高,晚季种植下中嘉早 17 和中早 39 产量相比早季提高了 27.07%~32.59%。现在常规稻仍是双季稻区早稻生产的主要品种,如何通过合理的栽培调控来提高常规米粉稻的产量,提高辐射利用率,对于确保粮食安全有重要意义。

### 参考文献

- [1] 钟跃蛟,刘会生,周奇,等.江西米粉稻金优 L2 品种特性及丰产高效栽培技术[J].现代农业科技,2011(18):69-70.
- [2] 吴成春.米粉稻稻米直链淀粉含量化学调控及其生理基础研究[D].长沙:湖南农业大学,2007.
- [3] 钟连进,温晓,朱海江,等.论早籼稻的可持续发展[J].农业现代化研究,2003,24(3):166-169.
- [4] 凌勋.机插水稻分蘖发生特点及配套高产栽培技术改进的研究[J].江苏农业科学,2005(3):14-19.
- [5] 叶李军.水稻直播栽培特点及中稻直播栽培技术[J].安徽农学通报,2011,17(11):72-73.
- [6] 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讨论[J].中国农业科学,2014,47(7):1 273-1 289.
- [7] 王强,吕耀昌,傅翠真.从高蛋白早籼米粉的研制开发看我国早籼稻的出路[J].中国食物与营养,2001(4):7-8.
- [8] 姚惠源.我国早籼稻谷加工与转化的技术途径[J].中国稻米,1999,15(3):28-30.
- [9] 王学华.米粉稻品种筛选及配套栽培技术研究[D].长沙:湖南农

业大学,2011.

- [10] 刘朝旭,刘黎明,彭倩.南方双季稻区农户水稻种植模式的决策行为分析——基于湖南省长沙县农户调查的实证研究[J].资源科学,2012,34(12):2 234-2 241.
- [11] 辛良杰,李秀彬.近年来我国南方双季稻区复种的变化及其政策启示[J].自然资源学报,2009,24(1):58-65.
- [12] 汤亮,朱相成,曹梦莹,等.水稻冠层截获、光能利用与产量的关系[J].应用生态学报,2012,23(5):1 269-1 276.
- [13] 段斌,宋世枝,何世界,等.信阳地区粳稻晚播气候资源利用率分析[J].中国稻米,2016,22(6):42-45.
- [14] 李迪秦,唐启源,秦建权,等.施氮量与氮管理模式对超级稻产量和辐射利用率的影响[J].核农学报,2010,24(4):809-814.
- [15] 何虎,曾勇军,贾维强,等.栽插密度对天优华占辐射利用及产量的影响[J].杂交水稻,2015,30(4):65-70.
- [16] 国家粮食丰产工程湘乡核心试验区课题组,文志平.米粉专用稻栽培技术[N].湖南科技报,2005-1-11(004).
- [17] 王学华,李合松,蔺万煌.米粉稻稻米品质的化学调控研究[C].长沙:中国植物生理学会生长物质专业委员会,2005:85.
- [18] 钟跃蛟,孙元梅.江西米粉专用杂交早稻金优 L2 的选育与应用[J].杂交水稻,2011,26(5):22-24.
- [19] 吴成春,李合松,王学华,等.米粉专用稻直链淀粉含量的化学调控[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2007,33(5):513-517.
- [20] 杨行海,吴艳艳,范大泳.广西常规稻与杂交稻产量和稻米品质的比较分析[J].中国稻米,2011,17(2):42-44.
- [21] 张现伟,李经勇,郑家奎,等.水稻常规种与杂交种产量性状的对比分析[J].中国农学通报,2015,31(27):5-9.
- [22] 金红梅.长江中下游籼型常规稻与杂交稻主要性状的比较分析[J].中国稻米,2011,17(3):14-16.
- [23] 辛阳,杨重法,王清峰,等.7 个水稻品种非结构性物质积累量及其再转移速度的比较研究[J].热带作物学报,2013,34(6):1 128-1 132.
- [24] 何虎.栽插密度对超级晚稻辐射利用及产量的影响[A].中国作物学会.2014 年全国青年作物栽培与生理学术研讨会论文集[C].中国作物学会,2014.

## Comparative Study on Yield Formation and Radiation Use Efficiency among Different Flour Rice Varieties under Machine-transplanted Conditions

ZHANG Hengdong<sup>1,2</sup>, HUANG Min<sup>1\*</sup>, SHAN Shuanglv<sup>1</sup>, ZHAO Chunrong<sup>1</sup>, CHEN Jiana<sup>1</sup>, CAO Fangbo<sup>1</sup>, FAN Long<sup>1</sup>, WANG Yumei<sup>1</sup>, ZOU Yingbin<sup>1</sup>

(<sup>1</sup> Agronomy College of Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China; <sup>2</sup> Guizhou Qianxinan Karst Regional Development Research Institute, Xingyi, Guizhou 562400, China; \*Corresponding author: jxhuangmin@163.com)

**Abstract:** The field experiments were conducted in Yongan Town, Liuyang City, Hunan Province in early and late seasons in 2016. The yield formation and radiation use efficiency were compared among three commonly used flour rice varieties in Hunan Province: Luliangyou 996 (LLY996), Zhongjiazao 17 (ZJZ17) and Zhongzao 39 (ZZ39). The results indicated that the yield of LLY996 was 34.34%~46.18% higher than that of ZJZ17 and ZZ39 in early season, and the differences were significant; while the differences of the yields in late season were insignificant. The grains per panicle, grain weight, dry matter weight at maturity, harvest index of LLY996 were increased by 14.77%~29.41%, 6.11%~13.20%, 23.34%~34.78% and 9.96%~10.65% compared to the other two varieties. The intercepted radiation and radiation use efficiency of LLY996 were increased by 7.29%~13.75% and 14.86%~18.93% compared to the other two varieties.

**Key words:** flour rice; radiation use efficiency; yield; dry matter accumulation