

## 江西双季晚稻不同纬度产量、生育期及 温光资源利用的差异

陈波<sup>1</sup>, 周年兵<sup>1</sup>, 郭保卫<sup>1</sup>, 舒鹏<sup>1</sup>, 张洪程<sup>1</sup>, 霍中洋<sup>1</sup>, 程飞虎<sup>2</sup>, 花劲<sup>1</sup>, 黄大山<sup>2</sup>,  
陈忠平<sup>2</sup>, 陈恒<sup>3</sup>, 刘云发<sup>4</sup>, 廖世亮<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>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; <sup>2</sup>江西省农业技术推广总站, 南昌 330046;  
<sup>3</sup>江西省上高县农业局, 江西上高 336400; <sup>4</sup>江西省乐平市农业局, 江西乐平 333300; <sup>5</sup>江西省赣州市赣县农粮局农技站, 江西赣州 341000)

**摘要:**【目的】研究明确江西不同纬度不同类型双季晚稻产量、生育期及温光资源利用差异, 为江西双季晚稻适宜粳稻品种的科学选用提供依据与参考。【方法】以粳粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻、杂交籼稻(CK) 4 种类型品种为材料, 在江西乐平市(29.00°N, 117.12°E)、上高县(28.27°N, 115.12°E)、赣州市(25.81°N, 114.96°E) 3 个试验点进行试验, 比较研究双季晚稻不同类型品种在纬度上的产量、生育期及温光资源利用的差异特征。【结果】随着纬度升高, 3 种类型粳稻产量均增加, 2013 年(2014 年)平均纬度每增加 1°, 粳粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻分别增产 0.36 (0.32)、0.18 (0.22)、0.25 (0.20) t·hm<sup>-2</sup>。同一纬度下, 除赣州试验点杂交粳稻与常规粳稻的产量低于杂交籼稻外, 其余各点均表现为粳粳杂交稻、杂交粳稻与常规粳稻产量显著高于杂交籼稻。各试验点 3 种类型粳稻均能安全成熟, 随着纬度升高, 各类型水稻播种至拔节期显著延长, 全生育期天数增加; 同一试验点 3 种类型粳稻全生育期均极显著长于杂交籼稻, 主要表现在抽穗至成熟期天数的增加。3 种类型粳稻光照与积温及其利用效率表现为粳粳杂交稻 > 杂交粳稻 > 常规粳稻 > 杂交籼稻, 在安全成熟条件下, 双季晚稻生育期越长, 温光资源利用率越高。【结论】江西不同纬度地区实行双季晚稻“粳改粳”, 可显著提高当地温光资源利用率与稻谷产量。与大面积种植的籼型杂交稻相比, 在乐平与上高地区选种粳粳杂交稻、杂交粳稻与常规粳稻均具有显著的产量及温光资源利用优势; 在赣州地区选种粳粳杂交稻的优势明显。双季晚稻“粳改粳”可能是提高双季稻区水稻产量的现实途径之一。

**关键词:** 双季晚稻; 纬度; 产量; 生育期; 温光利用

## Differences of Double-Cropping Late Rice in Yield, Growth Stage and Utilization of Temperature and Illumination in Different Latitudes of Jiangxi Province

CHEN Bo<sup>1</sup>, ZHOU NianBing<sup>1</sup>, GUO BaoWei<sup>1</sup>, SHU Peng<sup>1</sup>, ZHANG HongCheng<sup>1</sup>, HUO ZhongYang<sup>1</sup>,  
CHENG FeiHu<sup>2</sup>, HUA Jin<sup>1</sup>, HUANG DaShan<sup>2</sup>, CHEN ZhongPing<sup>2</sup>, CHEN Heng<sup>3</sup>, LIU YunFa<sup>4</sup>, LIAO ShiLiang<sup>5</sup>

(<sup>1</sup>Innovation Center of Rice Cultivation Technology in Yangtze Valley, Ministry of Agriculture, Yangzhou University/Jiangsu Province Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou 225009, Jiangsu; <sup>2</sup>Jiangxi Agricultural Technology Extension Center, Nanchang 330046; <sup>3</sup>Bureau of Agriculture of Shanggao County of Jiangxi Province, Shanggao 336400, Jiangxi; <sup>4</sup>Bureau of Agriculture of Leping City of Jiangxi Province, Leping 333300, Jiangxi; <sup>5</sup>Bureau of Agriculture of Ganzhou City of Jiangxi Province, Ganzhou 341000, Jiangxi)

收稿日期: 2017-01-03; 接受日期: 2017-03-09

基金项目: 国家重点研发计划(2016YFD0300507)、国家“十三五”重点研发计划(2016YFD0300503)、国家公益性行业(农业)科研专项(201303102)、扬州大学“新世纪人才工程”项目

联系方式: 陈波, E-mail: chenbo@agri.gov.cn. 通信作者张洪程, E-mail: hc Zhang@yzu.edu.cn

**Abstract:** 【Objective】This study was conducted to clarify the differences of different-types of late rice in yield, growth period and the utilization of temperature and illumination in different latitudes of Jiangxi province, which would provide grounds and references for scientific selection of *Japonica* rice varieties in Jiangxi. 【Method】The yield, growth stage and utilization of temperature and illumination of double-cropping late rice were comparatively studied by using four kinds of rice varieties as test materials namely *indica-japonica* hybrid rice, *japonica* hybrid rice, *japonica* conventional rice and *indica* hybrid rice. The experiment was carried out in such three cities indicating latitude discrepancy as Leping (29.00°N, 117.12°E), Shanggao (28.27°N, 115.12°E) and Ganzhou (25.81°N, 114.96°E) in Jiangxi province. 【Result】The yield of three-types of late *japonica* rice increased with the increasing latitudes. In the 2013 (2014), when the latitudes rose by one unit, the yield of *indica-japonica* hybrid rice, *japonica* hybrid rice, *japonica* rice and *indica* hybrid rice increased by 0.36 (0.32), 0.18 (0.22), 0.25 (0.20) t·hm<sup>-2</sup>, respectively. Both *indica-japonica* hybrid rice and *japonica* hybrid rice yield significantly higher than *indica* hybrid rice in the same latitude, and with the exception of Ganzhou, the yields of conventional *japonica* rice were significantly higher than *indica* hybrid rice. The three types of *japonica* rice at each experimental site could mature in safety. With the increasing latitude, the stage from seeding to elongation of each type rice lengthened noticeably and its whole growth period was extended. As shown in the extensions of stages from heading to mature, the whole growth periods of three types *japonica* rice were extremely noticeably longer than *indica* hybrid rice at the same experimental site. Utilization efficiency of light and temperature of the three types of *Japonica* rice showed such a trend as *indica-japonica* hybrid rice > *japonica* hybrid rice > *japonica* conventional rice > *indica* hybrid rice, therefore a conclusion could be drawn that the growth period was in direct proportion to utilization rate of temperature and light in terms of double cropping late rice maturing in safety. 【Conclusion】“*Indica* Rice to *Japonica* Rice” project in different latitudes in double cropping late rice area of Jiangxi could significantly increase yield, temperature and illumination resource utilization. Compared with *indica* hybrid rice in local area, growing *indica-japonica* hybrid rice, *japonica* hybrid rice and *japonica* conventional rice in Leping and Shanggao has advantages in yield and temperature and illumination resource utilization, while growing *indica-japonica* hybrid rice in Ganzhou has obvious advantages. “*Indica* Rice to *Japonica* Rice” may be the main way to increase the production in double cropping rice area.

**Key words:** double-cropping late rice; latitude; yield; growth stage; utilization of temperature and illumination

## 0 引言

【研究意义】中国既是水稻生产大国，也是稻米消费大国，提高总产、提升品质始终是中国水稻生产的主要目标。在过去的 20 多年时间里，随着国民经济的快速发展和人民生活水平的不断提高，人们对粳米的需求日益增长，特别是近年来，北方的“面食改米食”和南方的“籼米改粳米”趋势明显，粳稻的市场需求量不断提高<sup>[1-2]</sup>。江西省是中国水稻生产大省和双季稻主产区，该省地处江南丘陵和长江中下游平原结合部，属于亚热带季风气候区，光、热、水资源配合良好，具有适宜双季水稻生长的良好气候条件，以双季籼稻种植为主。然而在该省部分地区晚籼稻的种植未能充分利用后期温光资源，限制产量潜力发挥，且易受 9 月 20 日左右“寒露风”影响，有安全生产风险。与籼稻相比，粳稻具有花期抗高温性<sup>[3-5]</sup>、后期抗低温性<sup>[6-8]</sup>和抗病性<sup>[9-10]</sup>等优点。此外，机械化是当前水稻生产的主体方式，粳稻与籼稻相比更具有机械化种植优势<sup>[11-13]</sup>。【前人研究进展】张洪程等<sup>[14]</sup>研究认为，在籼粳同季兼作

地区机械化轻简化栽培条件下，粳稻产量高、综合生产力显著高于籼稻。潘晓华等<sup>[15]</sup>研究表明，江西适度发展晚粳稻种植能提高水稻产量，且利于机械化收割。龚金龙等<sup>[16]</sup>认为，杂交粳稻产量高于常规籼稻，常规粳稻与籼稻产量差异不明显。总体上看，以往研究大多集中在同一双晚区籼稻和粳稻间生产力差异。【本研究切入点】在前人研究基础上，在江西 3 个不同纬度区选取典型试验地，分别以籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻、杂交籼稻 4 种类型水稻品种为材料，以产量、温光资源利用为依据，分析比较研究 4 种类型水稻品种在区域间的差异性。【拟解决的关键问题】通过不同纬度 4 种类型品种产量、温光资源利用差异的比较研究，并依照研究结果对江西双季稻区适宜粳型品种选用和合理布局进行科学规划。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地点

试验于 2013—2014 年，在江西省乐平市后港镇徐家畈村 (29.00°N, 117.12°E)、上高县泗溪镇曾家村

(28.27°N, 115.12°E)、赣州市赣县农业和粮食局基地 (25.81°N, 114.96°E) 进行。乐平市试验点前茬为早稻 (产量为 8.08 t·hm<sup>-2</sup>)，土壤肥力中等，土壤类型为砂壤土，有机质含量 28.65 g·kg<sup>-1</sup>，速效氮 80.32 mg·kg<sup>-1</sup>，速效钾 77.25 mg·kg<sup>-1</sup>，有效磷 52.10 mg·kg<sup>-1</sup>；上高县试验点前茬为早稻 (产量为 7.18 t·hm<sup>-2</sup>)，土壤类型为砂壤土，地力中上等，土壤有机质 21.15 g·kg<sup>-1</sup>、速效氮 73.26 mg·kg<sup>-1</sup>、速效磷 27.52 mg·kg<sup>-1</sup>、速效钾 69.82 mg·kg<sup>-1</sup>；赣州试验点前茬早稻 (产量为

7.45 t·hm<sup>-2</sup>)，土壤肥力中等，潮沙泥田，有机质含量 31.70 mg·kg<sup>-1</sup>，速效氮 76.84 mg·kg<sup>-1</sup>，速效钾 69.34 mg·kg<sup>-1</sup>，速效磷 54.60 mg·kg<sup>-1</sup>。

## 1.2 试验材料

依据课题组在江西各试点连续多年的晚粳品种生态适应性研究结果，各试验点选择籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻各 4 个为供试品种，并以当地广泛种植的代表性杂交籼稻品种 3—4 个为对照 (表 1)。

表 1 供试水稻品种及其类型

Table 1 The rice varieties and their types used in this study

年份 Year	地点 Site	杂交籼稻 IHR	籼粳杂交稻 IJHR	杂交粳稻 JHR	常规粳稻 JCR
2013	乐平 (29.00°N) Leping	五优 328、天优华占、天优 998 Wuyou 328, Tianyouhuazhan, Tianyou 998	甬优 1538、甬优 12、 甬优 2640、甬优 538	常优 3 号、常优 5 号、甬优 8 号、花 优 14	武运粳 29、小叶迟熟、 长江 25、长江 23
	上高 (28.27°N) Shanggao	五丰优 T025、五优 308、湘丰优 9 号 Wufengyou T025, Wuyou 308, Xiangfengyou 9	Yongyou 1538, Yongyou 12, Yongyou 2640, Yongyou 538	Changyou 3, Changyou 5, Yongyou 8, Huayou 14	Wuyunjing 29, Xiaoyechishu, Changjiang 25, Changjiang 23
	赣州 (25.81°N) Ganzhou	五优 308、天优华占、五丰优 T025 Wuyou 308, Tianyouhuazhan, Wufengyou T025			
2014	乐平 (29.00°N) Leping	五优 328、深优 51044、天优华占、五丰优 61 Wuyou 328, Shengyou 51044, Tianyouhuazhan, Wufengyou 61	甬优 1538、甬优 1540、 甬优 2640、甬优 538	常优 2 号、常优 4 号、常优 5 号、甬 优 8 号	武运粳 29、小叶迟熟、 长江 25、镇稻 5108
	上高 (28.27°N) Shanggao	五丰优 T025、丰两优香 1 号、五优 308、湘丰优 9 号 Wufengyou T025, Fengliangyouxiang 1, Wuyou 308, Xiangfengyou 9	Yongyou 1540, Yongyou 2640, Yongyou 538	Changyou 2, Changyou 4, Changyou 5, Yongyou 8	Wuyunjing 29, Xiaoyechishu, Changjiang 25, Zhengdao 5108
	赣州 (25.81°N) Ganzhou	天优华占、五丰优 T025、五优 308 Tianyouhuazhan, Wufengyou T025, Wuyou 308			

JHR: 杂交粳稻; IJHR: 籼粳杂交稻; JCR: 常规粳稻; IHR: 杂交籼稻。下同

JHR: *Japonica* hybrid rice; IJHR: *Indica-japonica* hybrid rice; JCR: *Japonica* conventional rice; IHR: *Indica* hybrid rice. The same as below

## 1.3 试验设计

试验设计采用裂区试验。育秧方式为湿润育秧，秧龄 20—25 d。栽插行株距为 26.4 cm×14.9 cm (密度为 25.4×10<sup>4</sup> 穴/hm<sup>2</sup>)。各品种小区面积 4 m×4 m，重复 2 次。

为充分发挥各类型水稻在各地区的最大生产潜力，各类型品种均选用最佳的栽插苗数和施肥量，其中籼粳杂交稻、杂交粳稻与杂交籼稻每穴栽插 3 粒种子苗，常规粳稻每穴栽插 4 粒种子苗；粳稻氮肥施用总量为纯氮 270 kg·hm<sup>-2</sup>，籼稻氮肥施用总量为 195 kg·hm<sup>-2</sup>，基肥：分蘖肥：穗肥比例为 4：3：3，分蘖肥于移栽后 7 d 一次性施用，穗肥施用时期在穗轴分化期和花粉母细胞减数分裂期，各施总施氮量的 15%。氮：磷：钾比例为 3：1：2，磷肥一次性基施，钾肥

分别于耕翻前、穗肥期等量施入。为防止不同施肥量处理间串肥，籼、粳稻间筑埂，并用塑料薄膜包裹，单灌单排。水分管理为移栽至有效分蘖期，田面保持浅水灌溉；当群体茎蘖数达预期穗数 80% 时开始排水轻搁田，即每次灌入 3 cm 水层，待田间丰产沟 (沟深 15 cm) 不见水时再灌溉，直至拔节期；拔节期至成熟期湿润灌溉，干湿交替，周而复始直至成熟前 1 周。其他栽培管理按照各地各品种类型高产栽培要求实施。

## 1.4 测定项目与方法

1.4.1 生育期与积温日照时数 观察并记载各品种拔节、抽穗、成熟等主要生育时期，从各地气象站获取生育期间的气象资料。

1.4.2 积温利用率和日照时数利用率 以各试验地

生育期最长的籼粳杂交稻类型平均积温利用率与日照时数利用率为 100%，其他品种类型平均利用的积温和日照时数与该地生育期最长的籼粳杂交稻类型平均积温和日照时数的比值即为该品种类型的积温利用率和日照时数利用率。

**1.4.3 产量测定** 在水稻成熟收获前，每小区选取稻株 150 穴（3 个取样点，每个点取 50 穴）测定穗数；取 5 穴装进塑料窗纱口袋内，风干后，脱粒、去杂质（不去空瘪粒），求出 5 穴的总粒数，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 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；每小区实产收割面积 8 m<sup>2</sup>，脱粒后，晾干并称重。

### 1.5 数据处理

所测数据用 DPS 软件和 Excel 软件进行分析和处理，方差分析采用 LSD 多重比较。

## 2 结果

### 2.1 不同纬度各类型晚稻产量及其结构

方差分析表明（表 2），实际产量在纬度间、品种类型间、纬度与品种类型间差异极显著，在年份间、年份与纬度、年份与品种类型、年份与纬度与品种类型间差异均不显著，说明不同类型品种产量在纬度间差异明显，且在年份之间可以得到重复验证。除产量数据外，生育期、温光资源利用均采用 2014 年数据分析比较。

随着纬度的升高，籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻的产量均呈逐渐增加趋势（表 3—4），其中，2013

年籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻的最高产（乐平试验点）较最低产（赣州试验点）分别高 11.59%、7.75% 和 9.24%。就各类型品种产量的纬向差异来看，2013 年（2014 年）纬度每升高 1°，籼粳杂交稻、杂交粳稻和常规粳稻分别增产 0.36（0.32）t·hm<sup>-2</sup>、0.18（0.22）t·hm<sup>-2</sup> 和 0.25（0.20）t·hm<sup>-2</sup>，对于杂交籼稻，其产量在纬度上表现出随纬度升高而下降的趋势。就产量构成因素在纬度间的变化来看，籼粳杂交稻的穗数随纬度的增加略有提高，但差异不显著，杂交粳稻、常规粳稻穗数随纬度的增加显著提高，而杂交籼稻产量则表现为随纬度升高而呈下降的趋势；就每穗粒数而言，仅籼粳杂交稻在纬度间变化显著；分析群体颖花量可知，杂交粳稻和常规粳稻在纬度间差异显著，籼粳杂交稻和杂交籼稻差异不显著；3 种类型粳稻结实率均随纬度升高而提高，但差异不显著，而杂交籼稻则表现出相反的规律；同一类型晚稻千粒重在纬度间无显著性差异。

进一步对同一纬度不同类型晚稻产量进行综合分析可知，除赣州试验点杂交粳稻与常规粳稻的产量低于杂交籼稻外，其余各点不同类型晚稻产量均表现为籼粳杂交稻 > 杂交粳稻 ≈ 常规粳稻 > 杂交籼稻（表 3—4）。

### 2.2 不同纬度各类型晚稻品种生育期及主要生育阶段天数的差异

在各试验点合理播栽期的条件下，不同纬度地区各类型双季晚稻生育期有所不同（表 5—6）。不同纬度各类型晚稻均能安全成熟，随着纬度的升高，拔节、抽穗、成熟期均相应推迟。以 2014 年为例，

表 2 产量在不同纬度、品种类型和年份间的方差分析

Table 2 Analysis of variances of grain yield with different latitudes and types in different years

变异来源 Source of variation	自由度 <i>df</i>	平方和 Sum of square	均分 Mean square	F 值 <i>F</i> -value	<i>F</i> <sub>0.05</sub>	<i>F</i> <sub>0.01</sub>
年份 Year	1	0.24	0.24	4.15ns	4.28	7.88
纬度 Latitude	2	13.5	6.75	115.57**	3.42	5.66
类型 Type	3	0.85	0.28	4.85**	3.03	4.76
年份×纬度 Year×Latitude	2	0.05	0.03	0.47ns	3.42	5.66
年份×类型 Year×Type	3	0.01	0.00	0.08ns	3.03	4.76
纬度×类型 Latitude×Type	6	5.04	0.84	14.38**	2.53	3.71
年份×纬度×类型 Year×Latitude×Type	6	0.22	0.04	0.64ns	2.53	3.71
误差 Error	23	1.34	0.06			
总变异 Total	47	21.29				

\*\*表示在 0.01 水平上差异显著，ns 表示差异不显著 \*\* indicates significant difference at the 0.01 level, ns: No significance

表 3 不同纬度双季晚稻各类型品种产量及其结构 (2013 年)

Table 3 Yield and its components of different types of late rice in double-cropping rice area in different latitudes (2013)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	穗数 Panicle ( $\times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ )	每穗粒数 Spikelets per panicle	总颖花量 Total number of spikelets ( $\text{hm}^{-2}$ )	结实率 Filled-grain percentage (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	理论产量 Theoretic yield ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	实际产量 Actual yield ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
籼粳杂交稻	乐平 Leping	224.86a	229.69a	51646.11a	88.18a	24.90a	11.34a	10.98a
IJHR	上高 Shanggao	225.84a	220.48b	49793.05b	87.73a	24.78a	10.82ab	10.53a
	赣州 Ganzhou	221.19a	211.96c	46882.35c	87.51a	24.62a	10.10b	9.84b
杂交粳稻	乐平 Leping	302.79a	129.66a	39260.93a	89.93a	28.45a	10.04a	9.73a
JHR	上高 Shanggao	294.24b	131.35a	38648.55ab	90.20a	28.25a	9.85ab	9.51a
	赣州 Ganzhou	282.15c	132.30a	37328.45bc	90.40a	28.22 a	9.52b	9.03b
常规粳稻	乐平 Leping	323.95a	119.09a	38578.40a	93.46a	27.43 a	9.89a	9.58a
JCR	上高 Shanggao	310.61b	121.40a	37728.42b	93.57a	27.36 a	9.66a	9.17a
	赣州 Ganzhou	289.78c	124.86a	36181.31b	93.41a	27.32 a	9.23b	8.77a
杂交籼稻	乐平 Leping	300.50a	134.67a	40467.33a	86.60a	26.05 a	9.13b	8.76b
IHR	上高 Shanggao	303.35a	135.07a	40973.92a	87.68a	26.29 a	9.45a	9.02ab
	赣州 Ganzhou	296.00a	134.90a	39930.40a	88.46a	26.45 a	9.34a	9.27a

小写字母表示 0.05 水平差异显著。下同 Values followed by different letters are significantly different at the 0.05 level. The same as below

表 4 不同纬度双季晚稻各类型品种产量及其结构 (2014 年)

Table 4 Yield and its components of different types of late rice in double-cropping rice area in different latitudes (2014)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	穗数 Panicle ( $\times 10^4 \text{ hm}^{-2}$ )	每穗粒数 Spikelets per panicle	总颖花量 Total number of spikelets ( $\text{hm}^{-2}$ )	结实率 Filled-grain percentage (%)	千粒重 1000-grain weight (g)	理论产量 Theoretic yield ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )	实际产量 Actual yield ( $\text{t}\cdot\text{hm}^{-2}$ )
籼粳杂交稻	乐平 Leping	225.05a	226.45a	50962.01a	88.38 a	25.08 a	11.30a	11.04a
IJHR	上高 Shanggao	227.88a	222.10a	50612.74a	87.23 a	24.93 a	11.01b	10.76b
	赣州 Ganzhou	225.81a	209.34b	47272.15b	87.51 a	24.78 a	10.25c	10.01c
杂交粳稻	乐平 Leping	305.36a	130.09a	39723.84a	89.93 a	28.45 a	10.16a	9.64a
JHR	上高 Shanggao	291.16b	128.78a	37495.47b	90.20 a	28.65 a	9.69b	9.48a
	赣州 Ganzhou	280.89c	131.35a	36893.17b	89.40 a	28.22 a	9.31c	8.97b
常规粳稻	乐平 Leping	320.33a	122.27a	39166.94a	93.46 a	27.43 a	10.04a	9.72a
JCR	上高 Shanggao	308.03b	124.82a	38447.45ab	93.57 a	27.36 a	9.84a	9.52a
	赣州 Ganzhou	292.43c	125.71a	36760.02c	93.81 a	27.32 a	9.42b	9.07b
杂交籼稻	乐平 Leping	303.38a	136.39a	41376.56a	87.60 a	26.05 a	9.44b	9.18b
IHR	上高 Shanggao	298.71a	139.79a	41756.08a	86.68 a	26.29 a	9.52ab	9.14ab
	赣州 Ganzhou	295.90a	136.52a	40396.27a	88.46 a	26.95 a	9.63a	9.38a

纬度每降低  $1^\circ$ ，籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻和杂交籼稻在江西地区的播种至拔节期天数平均分别减少 1.16、1.10、0.94、2.19 d，抽穗至成熟期天数减少 0.78、0.47、0.72、1.19 d，全生育期减少 2.10、1.88、1.66、2.51 d。进一步分析发现，3 种类型粳稻播种至拔节期天数和抽穗至成熟期天数显著长于

杂交籼稻，对于拔节至抽穗期天数，3 种类型粳稻在乐平和上高均略长于杂交籼稻，在赣州则表现为 2013 年略长于杂交籼稻，2014 年略短于杂交籼稻（表 7）。

同一纬度下不同类型水稻全生育期天数均表现为籼粳杂交稻 > 杂交粳稻  $\approx$  常规粳稻 > 杂交籼稻，

各类型粳稻的拔节期、抽穗期、成熟期均迟于杂交粳稻，全生育期较长。同一纬度下 3 种类型粳稻生育阶段天数基本一致，以乐平试验点 2014 年数据为例，播种至拔节期，粳稻杂交稻、杂交粳稻、常规

粳稻生育天数分别为 57.5、57.8 和 56.8 d，三者无显著性差异，均略长于杂交粳稻天数（52.3 d）；拔节至抽穗期，粳稻杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻生育天数分别为 22.0、20.3 和 21.8 d，略长于粳稻品

表 5 不同纬度双季晚稻各类型品种生育期（2013 年）

Table 5 Main growth period of rice cultivars of late rice in double-cropping rice area in different latitudes (2013)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种期 S (m/d)	移栽期 T (m/d)	拔节期 J (m/d)	抽穗期 H (m/d)	成熟期 M (m/d)	播种—拔节 天数 S-J (d)	拔节—抽穗 天数 J-H (d)	抽穗—成熟 天数 H-M (d)	全生育期天数 Growth duration (d)
粳稻杂交稻	乐平 Leping	6/27	7/21	8/20-8/23	9/12-9/17	11/12-11/20	55.3a	23.7a	62.0a	141.0a
IJHR	上高 Shanggao	6/26	7/19	8/17-8/21	9/11-9/15	11/10-11/18	52.8b	24.5a	61.8a	139.0a
	赣州 Ganzhou	7/1	7/24	8/19-8/22	9/14-9/16	11/12-11/14	51.0b	24.8a	59.3a	135.0b
杂交粳稻	乐平 Leping	6/27	7/21	8/19-8/22	9/11-9/16	11/11-11/16	54.0a	24.0a	61.7a	139.7a
JHR	上高 Shanggao	6/26	7/19	8/16-8/20	9/9-9/13	11/9-11/14	52.5b	24.0a	61.3a	137.8ab
	赣州 Ganzhou	7/1	7/24	8/22-8/25	9/13-9/14	11/11-11/13	52.3b	23.5a	59.3a	135.0b
常规粳稻	乐平 Leping	6/27	7/21	8/20-8/25	9/12-9/19	11/9-11/18	56.5a	24.0a	59.3a	139.8a
JCR	上高 Shanggao	6/26	7/19	8/17-8/23	9/12-9/18	11/8-11/17	55.8a	24.8a	57.8a	138.3a
	赣州 Ganzhou	7/1	7/24	8/18-8/21	9/12-9/15	11/10-11/13	50.0b	24.5a	58.5a	133.0b
杂交粳稻	乐平 Leping	6/27	7/21	8/14-8/15	9/6-9/7	10/30-11/1	48.3a	23.0a	54.3a	125.7a
IHR	上高 Shanggao	6/26	7/19	8/13-8/15	9/4-9/5	10/28-10/30	47.7a	21.0a	53.7ab	122.3b
	赣州 Ganzhou	7/1	7/24	8/13-8/15	9/4-9/6	10/26-10/28	44.4b	22.4a	51.5b	118.3c

S: 播种期; T: 移栽期; J: 拔节期; H: 抽穗期; M: 抽成熟期。下同

S: Sowing; T: Transplanting; J: Jointing; H: Heading; M: Maturity. The same as below

表 6 不同纬度双季晚稻各类型品种生育期（2014 年）

Table 6 Main growth period of rice cultivars of late rice in double-cropping rice area in different latitudes (2014)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种期 S (m/d)	移栽期 T (m/d)	拔节期 J (m/d)	抽穗期 H (m/d)	成熟期 M (m/d)	播种—拔节 天数 S-J (d)	拔节—抽穗 天数 J-H (d)	抽穗—成熟 天数 H-M (d)	全生育期天数 Growth duration (d)
粳稻杂交稻	乐平 Leping	6/25	7/19	8/18-8/22	9/10-9/13	11/13-11/18	57.5 a	22.0 a	64.5 a	144.0 a
IJHR	上高 Shanggao	6/26	7/21	8/19-8/24	9/10-9/13	11/13-11/18	56.5 a	21.0 a	64.0 a	141.5 ab
	赣州 Ganzhou	7/3	7/23	8/24-8/26	9/14-9/17	11/14-11/16	53.8 b	21.5 a	62.0 a	137.3 b
杂交粳稻	乐平 Leping	6/25	7/19	8/20-8/24	9/10-9/12	11/12-11/13	57.8 a	20.3 a	62.5 a	140.5 a
JHR	上高 Shanggao	6/26	7/21	8/22-8/25	9/11-9/12	11/11-11/13	58.0 a	19.0 a	62.0 a	139.0 a
	赣州 Ganzhou	7/3	7/23	8/25-8/28	9/14-9/15	11/13-11/16	54.3 b	19.3 a	61.0 a	134.5 b
常规粳稻	乐平 Leping	6/25	7/19	8/19-8/23	9/9-9/14	11/7-11/17	56.8 a	21.8 a	60.8 a	139.3 a
JCR	上高 Shanggao	6/26	7/21	8/20-8/24	9/9-9/15	11/6-11/16	56.5 a	21.5 a	59.8 a	137.8 a
	赣州 Ganzhou	7/3	7/23	8/25-8/27	9/15-9/18	11/13-11/15	53.8 b	21.8 a	58.5 a	134.0 a
杂交粳稻	乐平 Leping	6/25	7/19	8/15-8/17	9/4-9/6	10/30-11/3	52.3 a	19.8 a	57.8 a	129.8 a
IHR	上高 Shanggao	6/26	7/21	8/16-8/19	9/3-9/6	10/30-11/2	52.5 a	18.5 a	57.0 a	128.0 a
	赣州 Ganzhou	7/3	7/23	8/15-8/17	9/5-9/8	10/27-11/2	45.3b	22.5 a	54.0 b	121.8 b

表 7 不同纬度双季晚粳稻主要生育阶段比杂交籼稻缩短的天数

Table 7 The shortened days in main growth duration of double cropping late japonica rice compared with indica hybrid rice in different latitudes (d)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	2013				2014			
		播种—拔节 S-J	拔节—抽穗 J-H	抽穗—成熟 H-M	全生育期天数 Growth duration	播种—拔节 S-J	拔节—抽穗 J-H	抽穗—成熟 H-M	全生育期天数 Growth duration
籼粳杂交稻	乐平 Leping	7.0	0.7	7.7	15.3	5.3	2.3	6.8	14.3
IJHR	上高 Shanggao	5.1	3.5	8.1	16.7	4.0	2.5	7.0	13.5
	赣州 Ganzhou	6.7	2.4	7.8	16.8	8.5	-1.0	8.0	15.5
杂交粳稻	乐平 Leping	5.7	1.0	7.3	14.0	5.5	0.5	4.8	10.8
JHR	上高 Shanggao	4.8	3.0	7.6	15.4	5.5	0.5	5.0	11.0
	赣州 Ganzhou	7.9	1.1	7.8	16.8	9.0	-3.3	7.0	12.7
常规粳稻	乐平 Leping	8.2	1.0	4.9	14.1	4.5	2.0	3.0	9.5
JCR	上高 Shanggao	8.1	3.8	4.1	15.9	4.0	3.0	2.8	9.8
	赣州 Ganzhou	5.7	2.1	7.0	14.8	8.5	-0.8	4.5	12.2

种 (19.8 d)，差异不显著；抽穗至成熟期，籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻生育天数分别为 64.5、62.5 和 60.8 d，3 种类型粳稻均长于杂交籼稻天数 (57.8 d)。

### 2.3 不同纬度各类型晚稻品种温光资源利用的差异

分析不同纬度地区各类型双季晚稻的全生育期积温与日照时数结果表明 (表 8-9)，3 种类型粳稻均一致表现为赣州 > 上高 > 乐平，而杂交籼稻表现为积温

表 8 不同生育阶段各类型水稻积温与日照时数的差异 (2013 年)

Table 8 The difference in different growth stages of different types of rice in accumulated temperature and illumination hours in different latitudes (2013)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种—拔节 S-J		拔节—抽穗 J-H		抽穗—成熟 H-M		全生育期 Growth duration	
		积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)
籼粳杂交稻	乐平 Leping	1641.60Aa	454.63Bc	630.85Cc	135.80Bc	1213.58Bc	310.95Bb	3432.03Cc	889.88Cc
IJHR	上高 Shanggao	1646.45Aa	471.65Ab	679.78Bb	147.35ABb	1226.30Bb	311.30Bb	3564.88Bb	936.55Bb
	赣州 Ganzhou	1624.00Ab	478.75Aa	735.90Aa	156.55Aa	1339.30Aa	346.38Aa	3642.10Aa	982.03Aa
杂交粳稻	乐平 Leping	1607.70Bc	451.00Bc	638.10Aa	132.28Aa	1219.83Bc	305.45Bc	3411.95Cc	877.43Cc
JHR	上高 Shanggao	1624.65Bb	468.43Bb	622.73Ab	120.58Ab	1378.15Aa	341.80Ab	3528.30Bb	921.28Bb
	赣州 Ganzhou	1716.28Aa	494.08Aa	613.78Bc	130.20Aa	1354.95Ab	354.48Aa	3629.50Aa	977.58Aa
常规粳稻	乐平 Leping	1662.53Aa	459.58Bb	631.13Cc	141.55Aa	1163.45Cc	294.50Bc	3402.70Cc	880.48Cc
JCR	上高 Shanggao	1675.70Aa	479.75Aa	670.85Bb	144.50Aa	1207.93Bb	305.33Bb	3498.33Bb	916.08Bb
	赣州 Ganzhou	1625.35Bb	481.60Aa	704.08Aa	143.85Aa	1347.75Aa	355.60Aa	3614.90Aa	973.98Aa
杂交籼稻	乐平 Leping	1430.33Bc	414.07Bb	632.57Aa	132.07Aa	1164.07Cc	273.90Bb	3175.60Cc	812.00Cc
IHR	上高 Shanggao	1533.73Aa	448.70Aa	543.27Cc	121.10Ab	1251.37Bb	291.10Aa	3275.13Bb	858.30Bb
	赣州 Ganzhou	1454.93Bb	453.63Aa	603.23Bb	122.50Ab	1305.80Aa	278.80Bb	3310.43Aa	889.13Aa

大小写字母分别表示 0.01 和 0.05 水平差异显著。下同

Values followed by different capital and small letters are significantly different at 0.01 and 0.05% probability levels, respectively. The same as below

表 9 不同生育阶段各类型水稻积温与日照时数的差异 (2014 年)

Table 9 The difference in different growth stages of different types of rice in accumulated temperature and illumination hours in different latitudes (2014)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种—拔节 S-J		拔节—抽穗 J-H		抽穗—成熟 H-M		全生育期 Growth duration	
		积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)	积温 Accumulated temperature (°C)	日照时数 Illumination hours (h)
籼粳杂交稻	乐平 Leping	1604.65Ab	380.68Cc	602.93Bc	183.18Bb	1350.78Bb	320.38Bc	3558.35Cc	884.23Cc
IJHR	上高 Shanggao	1616.18Aa	413.13Bb	612.89Bb	186.33Bb	1394.53Bb	357.45Bb	3623.60Bb	956.90Bb
	赣州 Ganzhou	1603.30Ab	434.48Aa	658.40Aa	198.93Aa	1411.38Aa	384.43Aa	3673.08Aa	1017.83Aa
杂交粳稻	乐平 Leping	1624.35Bb	386.03Cc	558.23Bb	172.85Bb	1335.15Bb	312.65Cc	3517.73Cc	871.53Cc
JHR	上高 Shanggao	1650.21Aa	425.55Bb	557.37Bb	170.73Bb	1415.80Aa	343.25Bb	3623.37Bb	939.53Bb
	赣州 Ganzhou	1646.60Aa	447.28Aa	592.58Aa	180.63Aa	1424.43Aa	387.30Aa	3663.60Aa	1015.20Aa
常规粳稻	乐平 Leping	1610.58Bb	380.68Cc	596.53Cc	180.20Ac	1299.40Bb	307.48Cc	3506.50Cc	868.35Cc
JCR	上高 Shanggao	1615.71Bb	413.53Bb	627.57Bb	189.78Ab	1365.08Aa	333.25Bb	3608.35Bb	936.55Bb
	赣州 Ganzhou	1632.28Aa	442.68Aa	658.60Aa	196.90Aa	1374.05Aa	376.93Aa	3664.93Aa	1016.50Aa
杂交籼稻	乐平 Leping	1499.55Bc	365.68Cc	535.38Cc	135.68Cc	1318.23Bb	328.30Bb	3353.15Bb	829.65Cc
IHR	上高 Shanggao	1509.78Bb	383.13Bb	549.73Bb	161.45Bb	1397.01Aa	327.83Bb	3456.52Aa	872.40Bb
	赣州 Ganzhou	1571.63Aa	424.93Aa	654.30Aa	202.10Aa	1130.20Cc	339.80Aa	3356.13Bb	966.83Aa

上高最高,日照时数赣州最高。以 2014 年为例(表 9),籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻全生育期积温和日照时数乐平较赣州分别低了 147.72°C 和 135.55 h、133.78°C 和 142.23 h、116.05°C 和 136.42 h,赣州杂交籼稻全生育期积温比上高低 2.81%,日照时数极显著高于乐平和上高,分别高 16.62%和 11.81%。

同一纬度不同类型晚稻的积温与日照时数受生育期影响较大(表 9),以乐平为例,全生育期积温与日照时数均表现为籼粳杂交稻>杂交粳稻>常规粳稻>杂交籼稻,3 种类型粳稻积温较杂交籼稻分别高 6.12%、4.91%和 4.57%,日照时数分别高 6.58%、5.05%和 4.66%。

若以试验当地籼粳杂交稻平均积温利用率和日照时数利用率为 100%计,对不同类型品种水稻生育期间积温和光照时数的利用率进行分析(表 10—11),3 种类型粳稻在不同纬度积温利用率均呈籼粳杂交稻>杂交粳稻>常规粳稻>杂交籼稻的趋势。以 2014 年为例,杂交籼稻在赣州全生育期积温利用率低于乐平和上高,分别低 3.04%和 4.21%;对于日照时数利用率而言,抽穗期前各类型水稻在纬度间差异不明显,抽穗期后 3 种类型粳稻以赣州日照时数利用率较高,

杂交籼稻在乐平日照时数利用率较高,全生育期以赣州利用率最高。

同一纬度的籼粳杂交稻、杂交粳稻和常规粳稻间的积温与日照时数利用率无明显差异,但均明显高于杂交籼稻。就各生育阶段来看,播种至拔节期,3 种类型粳稻的积温与日照时数利用率均明显高于杂交籼稻,以乐平为例,分别高 6.12%、4.91%和 4.57%。就拔节至抽穗期积温与日照时数利用率而言,乐平与上高 3 种类型粳稻均高于当地杂交籼稻,而赣州差异不明显;就抽穗至成熟期积温与日照时数利用率而言,乐平与上高 3 种类型粳稻间差异不明显,赣州 3 种类型粳稻均高于当地杂交籼稻,分别高 13.15%、13.99%和 10.93%。

### 3 讨论

#### 3.1 双季晚稻不同类型品种的产量、生育期及温光利用

关于不同类型水稻品种的产量差异,前人研究结论不一。许轲等<sup>[17]</sup>研究认为,不同类型水稻品种产量表现为迟熟中粳>早熟晚粳>中熟中粳>迟熟中粳>中熟晚粳。龚金龙等<sup>[8]</sup>研究认为某些常规粳稻品种通过适宜的栽培途径,产量高于杂交籼稻。张洪程等<sup>[18]</sup>



表 10 不同生育阶段各类型水稻积温与日照时数利用效率的差异（2013 年）

Table 10 Utilization efficiency of accumulative temperatures and illumination hours of different types of rice in different latitudes (2013)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种—拔节 S-J		拔节—抽穗 J-H		抽穗—成熟 H-M		全生育期 Growth duration	
		积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)
籼粳杂交稻	乐平 Leping	47.83	51.09	18.38	15.26	35.36	34.94	100.00	100.00
IJHR	上高 Shanggao	46.19	50.36	19.07	15.73	34.40	33.24	100.00	100.00
	赣州 Ganzhou	44.59	48.75	20.21	15.94	36.77	36.74	100.00	100.00
杂交粳稻	乐平 Leping	46.84	50.68	18.59	14.86	35.54	34.33	99.42	98.60
JHR	上高 Shanggao	45.57	50.02	17.47	12.87	38.66	36.50	98.97	98.37
	赣州 Ganzhou	47.12	50.31	16.85	13.26	37.20	37.11	99.65	99.55
常规粳稻	乐平 Leping	48.44	51.64	18.39	15.91	33.90	33.09	99.15	98.94
JCR	上高 Shanggao	47.01	51.23	18.82	15.43	33.88	32.60	98.13	97.81
	赣州 Ganzhou	44.63	49.04	19.33	14.65	37.00	36.86	99.25	99.18
杂交籼稻	乐平 Leping	41.68	46.53	18.43	14.84	33.92	30.78	92.53	91.25
IHR	上高 Shanggao	43.02	47.91	15.24	12.93	35.10	31.08	91.87	91.64
	赣州 Ganzhou	39.95	46.19	16.56	12.47	35.85	28.39	90.89	90.54

表 11 不同生育阶段各类型水稻积温与日照时数利用效率的差异（2014 年）

Table 11 Utilization efficiency of accumulative temperatures and illumination hours of different types of rice in different latitudes (2014)

品种类型 Cultivar type	试验地 Site	播种—拔节 S-J		拔节—抽穗 J-H		抽穗—成熟 H-M		全生育期 Growth duration	
		积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)	积温利用率 Accumulative temperature utilization ratio (%)	日照时数利用率 Illumination hour utilization ratio (%)
籼粳杂交稻	乐平 Leping	45.10	43.05	16.94	20.72	37.96	36.23	100.00	100.00
IJHR	上高 Shanggao	44.60	43.17	16.91	19.47	38.48	37.36	100.00	100.00
	赣州 Ganzhou	43.65	42.69	17.93	19.54	38.42	37.77	100.00	100.00
杂交粳稻	乐平 Leping	45.65	43.66	15.69	19.55	37.52	35.36	98.86	98.56
JHR	上高 Shanggao	45.54	44.47	15.38	17.84	39.07	35.87	99.99	98.18
	赣州 Ganzhou	44.83	43.94	16.13	17.75	38.78	38.05	99.74	99.74
常规粳稻	乐平 Leping	45.26	43.05	16.76	20.38	36.52	34.77	98.54	98.20
JCR	上高 Shanggao	44.59	43.22	17.32	19.83	37.67	34.83	99.58	97.87
	赣州 Ganzhou	44.44	43.49	17.93	19.35	37.41	37.03	99.78	99.87
杂交籼稻	乐平 Leping	42.14	41.36	15.05	15.34	37.05	37.13	94.23	93.83
IHR	上高 Shanggao	41.67	40.04	15.17	16.87	38.55	34.26	95.39	91.17
	赣州 Ganzhou	42.79	41.75	17.81	19.86	30.77	33.38	91.37	94.99

研究表明双季晚稻条件下, 粳稻较籼稻具有产量优势。分析前人研究结果差异的原因: (1) 所处生态区不同; (2) 栽插方式不同。本试验在湿润育秧条件下, 同一纬度对不同类型水稻品种产量、温光资源利用的研究表明, 籼粳杂交稻、杂交粳稻产量均高于杂交籼稻, 除赣州外, 常规粳稻产量均高于杂交籼稻。分析产量构成发现, 籼粳杂交稻群体颖花量极显著高于杂交籼稻, 杂交粳稻和常规粳稻则主要因为结实率和千粒重高于杂交籼稻。赣州试验点常规粳稻分蘖期持续高温, 导致其穗数不足, 进而群体颖花量不及杂交籼稻, 最终产量也低于杂交籼稻。水稻经济产量的形成除了受自身遗传基因的控制, 也受生长所处的各种环境因素影响, 其中以光照和温度的影响最大<sup>[19-21]</sup>。多数研究认为, 在正常抽穗成熟的条件下, 水稻产量一般随生育期的延长呈增加的趋势<sup>[22-25]</sup>, 本研究结果表明, 乐平、上高试验点, 粳稻全生育期较杂交籼稻比分别延长了 7.32%—10.94%、7.66%—10.55%, 产量提高了 5.01%—20.26%、3.74%—17.72%, 与前人研究结果一致; 赣州试验点的杂交粳稻和常规粳稻全生育期较杂交籼稻延长了 10.43%和 10.02%, 而产量却低 4.37%和 3.30%, 主要原因是与杂交籼稻相比, 杂交粳稻和常规粳稻的分蘖性弱, 最终穗数低, 且可能与赣州试验点双季晚稻分蘖期白天(11—15时) 40℃高温持续近 1 周左右, 对杂交粳稻和常规粳稻的水稻分蘖发生有一定影响有关。张洪程等<sup>[18]</sup>研究认为粳稻较当地籼稻适当推迟抽穗结实, 延长了结实灌浆期与全生育期, 粳稻积温和光照时数及其利用率高于籼稻。花劲等<sup>[25]</sup>对双季晚稻不同类型品种研究认为, 粳稻全生育进程较籼稻延迟; 除拔节至抽穗期外, 其他生育阶段温光资源利用率均表现为粳稻显著或极显著大于籼稻。本试验中, 除赣州试验点外, 乐平、上高试验点各类型粳稻拔节期、抽穗期、成熟期均迟于杂交籼稻, 延长了播种至拔节和抽穗至成熟者两个生育阶段的天数, 进而延长了粳稻全生育期, 这使得粳稻全生育期积温与日照时数利用率均高于籼稻, 更加充分利用双季晚稻生育后期的温光资源, 为大穗型粳稻的籽粒充实提供了保障, 最终形成较高的产量。

### 3.2 不同纬度地区双季晚稻的产量、生育期差异

前人就江苏不同纬度的水稻产量开展了一些研究, 发现种植区域广、可正常成熟的水稻品种, 其产

量随纬度升高而增高, 部分适宜苏南地区品种, 在苏北因生育期过长不能正常成熟而减产<sup>[26-27]</sup>。本试验中籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻 3 种类型粳稻品种产量均有随纬度升高而增加的趋势, 其中常规粳稻和杂交粳稻产量与纬度表现出正相关。分析产量构成的因素发现, 晚粳稻在高纬度地区群体颖花量的显著提高使得其产量显著提高, 其中, 籼粳杂交稻不同纬度地区产量的差异主要是由每穗粒数造成的, 即随着纬度的升高, 每穗粒数增加。本试验还发现, 籼粳杂交稻穗数受纬度变化影响相对较小, 主要是其分蘖性较好, 可以弥补栽插密度上的差异。杂交粳稻和常规粳稻产量差异主要是由单位面积穗数造成的, 即穗数均随纬度升高而增加。籼粳杂交稻产量高、穗数适宜且稳定, 在江西地区具有较好的适应性, 可优先作为引种类型。在江西纬度较高的中北部地区, 除可选择正常成熟的籼粳杂交稻外, 还可选择杂交粳稻和常规粳稻种植, 移栽时适当密植增加基本苗来提高有效穗数。李杰等<sup>[26]</sup>研究认为同一类型品种, 在江苏省随纬度的升高, 拔节、抽穗、成熟期逐渐延迟, 全生育期天数依次变长。本试验研究发现, 籼粳杂交稻、杂交粳稻、常规粳稻 3 种类型粳稻均能安全成熟, 且纬度每降低 1°, 全生育期分别缩短 2.10、1.88、和 1.66 d, 不同类型晚粳稻全生育期天数的缩短主要因为播种至拔节期和抽穗至成熟期天数的缩短, 其中籼粳杂交稻和常规粳稻这种变化更大。因此可推断, 在纬度较高的江西中北部地区可适当选择生育期较长的迟熟类粳稻品种, 对于低纬度的南部地区可适当选择迟熟类型的大穗型籼粳杂交稻进行试验示范。

### 3.3 不同类型粳稻品种在江西不同纬度区双季晚稻“籼改粳”中的利用

从江西近年来“籼改粳”进展来看, 示范用种多靠外省引进, 因此, 因地制宜地选用粳稻品种尤为关键。花劲等<sup>[25]</sup>研究认为适宜上高地区种植的粳稻类型有籼粳杂交稻、杂交粳稻和常规粳稻。黄山等<sup>[28]</sup>研究认为, 江西发展粳稻生产的适宜地区应该主要集中在鄱阳湖平原及以北地区, 品种应该以杂交晚粳为主。2009 年以来, 江西从周边的江苏、浙江、上海等地先后引入一批适应性较好的大穗型粳稻品种, 经多年多地的筛选与试验, 部分粳稻品种在江西地区具有较好的产量优势, 例如, 在江西鄱阳县种植泰粳 394

和甬优 8 号产量分别达到  $9.98 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$  和  $10.20 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 在江西上高县种植籼粳甬优 2640 百亩示范方平均产量为  $11.55 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ , 其中最高田块达  $12.00 \text{ t}\cdot\text{hm}^{-2}$ 。综合各类型粳稻生长特性及两年试验结果认为, 籼粳杂交稻在乐平、上高和赣州地区无论是在产量上, 还是在温光资源利用上均显著高于大面积种植的籼型杂交稻, 也显著高于杂交粳稻与常规粳稻, 因此是最适宜种植的品种类型; 杂交粳稻及常规粳稻产量与温光资源利用在乐平、上高也显著优于籼型杂交稻, 是次适宜选择的品种类型; 而赣州地区种植杂交粳稻与常规粳稻在温光资源利用上虽然显著高于籼型杂交稻, 但产量却低于籼型杂交稻, 如何把该地区种植杂交粳稻与常规粳稻的温光资源利用优势转化为产量优势, 尚需从品种、栽培、生理等方面进一步加强研究。

## 4 结论

江西双季晚稻地区, 随纬度升高, 3 种类型粳稻产量均增加, 而杂交籼稻呈降低趋势; 同一纬度, 除赣州杂交粳稻与常规粳稻的产量低于杂交籼稻外, 其余各点不同类型晚稻产量均表现为籼粳杂交稻 > 杂交粳稻  $\approx$  常规粳稻 > 杂交籼稻。随纬度升高, 各类型晚稻生育进程相应推迟。同一纬度下, 不同类型水稻全生育期天数均表现为籼粳杂交稻 > 杂交粳稻  $\approx$  常规粳稻 > 杂交籼稻。不同纬度不同类型品种对温光资源的利用率不同, 据此对不同地区适宜品种类型做了初步区划, 即籼粳杂交稻在乐平、上高和赣州地区是最适宜种植的品种类型; 杂交粳稻及常规粳稻产量与温光资源利用在乐平、上高也显著优于籼型杂交稻, 是次适宜选择的品种类型; 而赣州地区种植杂交粳稻与常规粳稻在温光资源利用上虽然显著高于籼型杂交稻, 但产量却低于籼型杂交稻, 在该地区不适宜种植。

## References

- [1] 章秀福, 王丹英, 方福平, 曾衍坤, 廖西元. 中国粮食安全和水稻生产. 农业现代化研究, 2005, 26(1): 85-88.
- ZHANG X F, WANG D Y, FANG F P, ZENG Y K, LIAO X Y. Food safety and rice production in China. *Research of Agricultural Modernization*, 2005, 26(1): 85-88. (in Chinese)
- [2] 陈温福, 潘文博, 徐正进. 我国粳稻生产现状及发展趋势. 沈阳农

- 业大学学报, 2006, 37(6): 801-805.
- CHEN W F, PAN W B, XU Z J. Current situation and trends in production of japonica rice in China. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 2006, 37(6): 801-805. (in Chinese)
- [3] PRASAD P V V, BOOTE K J, ALLEN L H, SHEEHY J E, THOMAS J M G. Species, ecotype and cultivar differences in spikelet fertility and harvest index of rice in response to high temperature stress. *Field Crops Research*, 2006, 95(2/3): 398-411.
- [4] MATSUI T, KOBAYASI K M, HASEGAWA T. Stability of rice pollination in the field under hot and dry conditions in the Riverina Region of New South Wales, Australia. *Plant Production Science*, 2007, 10(1): 57-64.
- [5] 曹云英, 段晔, 杨立年, 王志琴, 周少川, 杨建昌. 减数分裂期高温胁迫对耐热性不同水稻品种产量的影响及其生理原因. 作物学报, 2008, 34(12): 2134-2142.
- CAO Y Y, DUAN H, YANG L N, WANG Z Q, ZHOU S C, YANG J C. Effect of heat-stress during meiosis on grain yield of rice cultivars differing in heat-tolerance and its physiological mechanism. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(12): 2134-2142. (in Chinese)
- [6] 王静, 张成军, 陈国祥, 王萍, 施大伟, 吕川根. 低温对灌浆期水稻剑叶光合色素和类囊体膜脂肪酸的影响. 中国水稻科学, 2006, 20(2): 177-182.
- WANG J, ZHANG C J, CHEN G X, WANG P, SHI D W, LÜ C G. Effect of low temperature on photosynthetic pigments and thylakoid membrane fatty acid in flag leaves of rice at the milky stage. *Chinese Journal of Rice Science*, 2006, 20(2): 177-182. (in Chinese)
- [7] 李霞, 戴传超, 程睿, 陈婷, 焦德茂. 不同生育期水稻耐冷性的鉴定及耐冷性差异的生理机制. 作物学报, 2006, 32(1): 76-83.
- LI X, DAI C C, CHENG R, CHEN T, JIAO D M. Identification for cold tolerance at different growth stages in rice (*Oryza sativa* L.) and physiological mechanism of differential cold tolerance. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(1): 76-83. (in Chinese)
- [8] 黄发松, 王延春. 湘、鄂、赣发展晚粳稻生产的条件与建议. 中国稻米, 2010, 16(6): 67-68.
- HUANG F S, WANG Y C. The rice production and proposal about developing late japonica rice in Hunan, Hubei and Jiangxi. *China Rice*, 2010, 16(6): 67-68. (in Chinese)
- [9] 李桦, 宋成艳, 丛万彪, 王桂玲. 粳稻品种抗纹枯病性鉴定与筛选. 植物保护, 2000, 26(1): 19-21.
- LI H, SONG C Y, CONG W B, WANG G L. Japonica rice variety screening and identification of resistance to rice sheath blight. *Plant*

- Protection*, 2000, 26(1): 19-21. (in Chinese)
- [10] 李余生, 朱镇, 张亚东, 赵凌, 王才林. 水稻稻曲病抗性的主基因+多基因混合遗传模型分析. 作物学报, 2008, 34(10): 1728-1733.
- LI Y S, ZHU Z, ZHANG Y D, ZHAO L, WANG C L. Genetic analysis of rice false smut resistance using major gene plus polygene mixed genetic model. *Acta Agronomica Sinica*, 2008, 34(10): 1728-1733. (in Chinese)
- [11] 朱德峰, 陈惠哲, 徐一成. 我国水稻种植机械化的发展前景与对策. 北方水稻, 2007(5): 13-18.
- ZHU D F, CHEN H Z, XU Y C. Countermeasure and perspective of mechanization of rice planting in China. *North Rice*, 2007(5): 13-18. (in Chinese)
- [12] 胡雅杰, 邢志鹏, 龚金龙, 张洪程, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕, 李德剑, 沙安勤, 周有炎, 刘国林, 陆秀军, 刘国涛, 朱嘉炜. 适宜机插株行距提高不同穗型粳稻产量. 农业工程学报, 2013, 29(14): 33-44.
- HU Y J, XING Z P, GONG J L, ZHANG H C, DAI Q G, HUO Z Y, XU K, WEI H Y, LI D J, SHA A Q, ZHOU Y Y, LIU G L, LU X J, LIU G T, ZHU J W. Suitable spacing in and between rows of plants by machinery improves yield of different panicle type japonica rices. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2013, 29(14): 33-44. (in Chinese)
- [13] 朱聪聪, 张洪程, 郭保卫, 曹利强, 江峰, 葛梦婕, 花劲, 宋云生, 周兴涛, 霍中洋, 许轲, 戴其根, 魏海燕, 朱大伟. 钵苗机插密度对不同类型水稻产量及光合物质生产特性的影响. 作物学报, 2014, 40(1): 122-133.
- ZHU C C, ZHANG H C, GUO B W, CAO L Q, JIANG F, GE M J, HUA J, SONG Y S, ZHOU X T, HUO Z Y, XU K, DAI Q G, WEI H Y, ZHU D W. Effect of planting density on yield and photosynthate production characteristics in different types of rice with bowl mechanical-transplanting method. *Acta Agronomica Sinica*, 2014, 40(1): 122-133. (in Chinese)
- [14] 张洪程, 张军, 龚金龙, 常勇, 李敏, 高辉, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕. “籼改粳”的生产优势及其形成机理. 中国农业科学, 2013, 46(4): 686-704.
- ZHANG H C, ZHANG J, GONG J L, CHANG Y, LI M, GAO H, DAI Q G, HUO Z Y, XU K, WEI H Y. The productive advantages and formation mechanisms of “indica rice to japonica rice”. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(4): 686-704. (in Chinese)
- [15] 潘晓华. 江西发展粳稻生产的探讨. 江西植保, 2011, 34(3): 135-137.
- PAN X H. Discussion on the development of japonica rice production in Jiangxi. *Jiangxi Plant Protection*, 2011, 34(3): 135-137. (in Chinese)
- [16] 龚金龙, 邢志鹏, 胡雅杰, 张洪程, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕, 高辉. 籼、粳超级稻产量构成特征的差异研究. 核农学报, 2014, 28(3): 500-511.
- GONG J L, XING Z, HU Y J, ZHANG H C, DAI Q G, HUO Z Y, XU K, WEI H Y, GAO H. Studies on the difference of yield components characteristics between indica and japonica super rice. *Journal of Nuclear Agricultural Sciences*, 2014, 28(3): 500-511. (in Chinese)
- [17] 许轲, 孙圳, 霍中洋, 戴其根, 张洪程, 刘俊, 宋云生, 杨大柳, 魏海燕, 吴爱国, 王显, 吴冬冬. 播期、品种类型对水稻产量、生育期及温光利用的影响. 中国农业科学, 2013, 46(20): 4222-4233.
- XU K, SUN Z, HUO Y, DAI Q G, ZHANG H C, LIU J, SONG Y S, YANG D L, WEI H Y, WU A G, WANG X, WU D D. Effects of seeding date and variety type on yield, growth stage and utilization of temperature and sunshine in rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46(20): 4222-4233. (in Chinese)
- [18] 张洪程, 许轲, 张军, 李国业, 董啸波, 花劲, 周培建, 程飞虎, 黄大山, 陈忠平, 陈国梁, 方明珍, 戴其根, 霍中洋, 魏海燕, 高辉. 双季晚粳生产力及相关生理生态特征. 作物学报, 2014, 40(2): 283-300.
- ZHANG H C, XU K, ZHANG J, LI G Y, DONG X B, HUA J, ZHOU P J, CHEN F H, HUANG D S, CHEN Z P, CHEN G L, FANG M Z, DAI Q G, HUO Z Y, WEI H Y, GAO H. Productivity and eco-physiological characteristics of late japonica rice in double-cropping system. *Acta Agronomica Sinica*, 2014, 40(2): 283-300. (in Chinese)
- [19] 李敏, 张洪程, 姬广梅. 中熟籼稻和粳稻的高产生育特性比较. 贵州农业科学, 2013, 41(12): 46-49.
- LI M, ZHANG H C, JI G M. Comparison of several growth and developing characteristics between indica and japonica rice cultivars. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2013, 41(12): 46-49. (in Chinese)
- [20] 杨海生. 江苏水稻安全生育与产量形成的温光生态特性及其应用的研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2003.
- YANG H S. The temperature-light characteristics of safe growth and yield formation of rice and its application in Jiangsu province[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2003. (in Chinese)
- [21] 杨建昌, 杜永, 吴长付, 刘立军, 王志琴, 朱庆森. 超高产粳型水稻生长发育特性的研究. 中国农业科学, 2006, 39(7): 1336-1345.
- YANG J C, DU Y, WU C F, LIU L J, WANG Z Q, ZHU Q S. Growth

- and development characteristics of super-high-yielding midseason japonica rice. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(7): 1336-1345. (in Chinese)
- [22] BARLOW E W B, BOERSMA L, YOUNG J L. Photosynthesis, transpiration, and leaf elongation in corn seedling at suboptimal soil temperature. *Agronomy Journal*, 1977, 69(1): 95-100.
- [23] BAKER D G, SHARRATT B S, CHIANG H C, ZANDLO J A, RUSCHY D L. Base temperature selection for the prediction of European corn borer instars by the growing degree day method. *Agricultural & Forest Meteorology*, 1984, 32(1): 55-58.
- [24] 郎有忠, 竇永秀, 王美娥, 张祖建, 朱庆森. 水稻生育期对籽粒产量及品质的影响. *作物学报*, 2012, 38(3): 528-534.
- LANG Y Z, DOU Y X, WANG M E, ZHANG Z J, ZHU Q S. Effects of growth duration on grain yield and quality in rice. *Acta Agronomica Sinica*, 2012, 38(3): 528-534. (in Chinese)
- [25] 花劲. 双季晚稻不同类型品种综合生产力比较研究[D]. 扬州: 扬州大学, 2015.
- HUA J. Studies on comprehensive productivity of different types of late rice in double-cropping rice area[D]. Yangzhou: Yangzhou University, 2015. (in Chinese)
- [26] 李杰, 张洪程, 董洋阳, 倪晓诚, 杨波, 龚金龙, 常勇, 戴其根, 霍中洋, 许轲, 魏海燕. 不同生态区栽培方式对水稻产量、生育期及温光利用的影响. *中国农业科学*, 2011, 44(13): 2661-2672.
- LI J, ZHANG H C, DONG Y Y, NI X C, YANG B, GONG J L, CHANG Y, DAI Q G, HUO Z Y, XU K, WEI H Y. Effects of cultivation methods on yield, growth stage and utilization of temperature and illumination of rice in different ecological regions. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011, 44(13): 2661-2672. (in Chinese)
- [27] 姚义, 霍中洋, 张洪程, 夏炎, 倪晓诚, 戴其根, 许轲, 魏海燕. 不同生态区播期对直播稻生育期及温光利用的影响. *中国农业科学*, 2012, 45(4): 633-647.
- YAO Y, HUO Z Y, ZHANG H C, XIA Y, NI X C, DAI Q G, XU K, WEI H Y. Effects of sowing date on growth stage and utilization of temperature and illumination of direct seeding rice in different ecological regions. *Scientia Agricultura Sinica*, 2012, 45(4): 633-647. (in Chinese)
- [28] 黄山, 何虎, 张卫星, 王志刚, 章秀福, 廖西元, 潘晓华. 不同粳稻品种在江西不同生态区的农学表现. *江西农业大学学报*, 2013, 35(1): 25-32.
- HUANG S, HE H, ZHANG W X, WANG Z G, ZHANG X F, LIAO X Y, PAN X H. Agronomic performance of different japonica rice varieties in different eco-regions in Jiangxi province. *Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2013, 35(1): 25-32. (in Chinese)

(责任编辑 杨鑫浩)