安徽农业大学学报, 2022, 49(1): 20-26
Journal of Anhui Agricultural University
[DOI] 10.13610/j.cnki.1672-352x.20220325.019　网络出版时间：2022-3-28　8:57:52
[URL] https://kns.cnki.net/kcms/detail/34.1162.S.20220325.1100.038.html

长江下游地区不同水稻品种两种行距下的生长发育和产量及品质特征

衣政伟[1]，王晓兵[2]
(1. 江苏省农业科学院泰州农科所，泰州 225300；2. 泰州市植物保护植物检疫站，泰州 225300)

摘　要：为研究种植行距对水稻生长发育和产量及品质的影响，选取 15 个不同类型水稻品种为试验材料进行不同行距种植处理，设置两种行距分别为 30 cm 和 25 cm，株距均为 13.3 cm，两种行距栽培密度分别为 251 000 和 301 000 穴·hm^{-2}，对水稻生长发育情况和产量及品质性状进行分析。结果显示：水稻品种间生长发育情况和产量及品质各指标间呈显著或极显著差异，行距 30 cm 处理可以显著增加水稻的株高、剑叶长和剑叶宽，提高水稻的结实率、每穗粒数，有利于产量的形成；行距 25 cm 处理单位面积内的有效穗数明显增大。丰粳 3227、镇稻 14、苏垦 118、嘉优 1 号、嘉优 3 号和甬优 2640 等品种产量较高，经济性状突出，建议采用 25 cm 行距进行种植，甬优 2640 采用 30 cm 行距效果更好，南粳 9108 采用 25 cm 与 30 cm 均可。该研究为确定适宜栽培行距并筛选得出适宜泰州地区种植的优异水稻品种资源提供了一定的科学依据。

关键词：水稻；行距；农艺性状；产量；品质
中图分类号：S511　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1672−352X (2022)01−0020−07

The characteristics of growth, yield and quality of different rice varieties under two kinds of row spacings in the lower reaches of the Yangtze River

YI Zhengwei[1], WANG Xiaobing[2]
(1. Taizhou Institute of Agricultural Science, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Taizhou 225300;
2. Taizhou Plant Protection and Plant Quarantine Station, Taizhou 225300)

Abstract: In order to study the effects of planting row spacing on the growth, yield and quality of rice, 15 different types of rice varieties were selected as the experimental materials for planting with different row spacing. Two kinds of row spacing（30 cm and 25 cm）with the plant spacing of 13.3 cm and two planting densities(251 000 and 301 000 holes·hm^{-2})in the two kinds of row spacing were set to analyze the growth and development, yield and quality characters of rice. As results, there were significant or extremely significant differences in the growth and development conditions, yield and quality among rice varieties. The plant height, leaf length and leaf width of rice were significantly increased with the row spacing of 30 cm, and the seed setting rate and grain number per panicle were boosted to facilitate the formation of yield. The effective panicle number per unit area was significantly increased in 25 cm row spacing treatment. Fengjing3227, Zhendao14, Suken118, Jiayou1, Jiayou3 and Yongyou2640 have relatively high yields and prominent economic characters. It was suggested that 25 cm row spacing should be used for planting, 30 cm row spacing should be used for Yongyou2640, and both 25 cm and 30 cm can be used for Nanjing9108. In conclusion, the result can provide a scientific basis for determining suitable row spacing and screening out suitable excellent rice variety resources for Taizhou area.

Key words: rice; row spacing; agronomic characters; yield; quality

---

收稿日期：2021-01-14
基金项目：2020 年市级财政专项资金项目（TNY202006）和 2020 年泰州市科技支撑（农业）项目（TN202009）共同资助。
作者简介：衣政伟，助理研究员。E-mail：zhengwei0518@126.com
* **通信作者：**王晓兵，高级农艺师。E-mail：539841218@qq.com

水稻是我国最重要的粮食作物之一，提高水稻单产，对增加农民收入和保障我国粮食安全具有重要意义。合理栽插密度可以改善水稻群体环境、构建合理群体结构、提高水稻产量，是高产栽培的关键栽培技术之一和实现高产的重要条件[1-2]。不同株行距配置可以直接影响种植密度和田间微气候环境，合理的群体结构可以促进拔节期和成熟期的干物质积累，对高产群体创建有促进作用[3-5]。利用适宜行距可以构建合理群体结构，提高群体质量，实现高产优质。目前国内主流插秧机行距固定为 30 cm，但不同水稻品种的遗传特性对产量起到关键性的作用，即不同水稻品种获得高产的最适机插密度不同[6,15]。根据不同品种类型水稻的不同特性，选择适宜行距，掌握插秧密度，可以有效控制用种量，降低生产成本[16]。笔者通过设计不同水稻品种和栽插行距的双因素组合试验，研究其对水稻生长发育和产量及品质等性状的影响，以期为水稻品种的选育和高产栽培提供理论依据。

本研究参考当地生产上常用的行距，结合水稻物质生产特征，研究了两个行距对 15 种不同类型水稻品种的农艺性状、产量及品质影响，探索不同类型水稻品种构建优质群体结构所需行距水平，为机插水稻高产优质栽培提供理论基础。

1　材料与方法

1.1　试验地概况

试验于 2018 年在泰州农科所试验基地进行，该基地距离城区 20 km，田块平整，交通便利。地处亚热带季风气候区，常年平均气温 14.5 ℃，年平均积温 5 365.6 ℃，年平均降水量 991.7 mm，年平均雨日 117 d，年平均日照时数 2 205.9 h，无霜期 215 d。作物生长季较长，日平均气温高于 10 ℃的作物生长期平均为 223 d，高于 15 ℃喜温作物生长期 172 d。水稻全生育期（5 月 21 日—10 月 20 日）常年气候特征为，有效积温 3 780.9 ℃，日照时数 852.5 h，降雨量 694.5 mm。前茬为小麦，地力中等，灌排设施完善。试验地为黏壤土，对试验地土壤理化性状分析测得总氮 2.826 $g\cdot kg^{-1}$，全磷 0.704 $g\cdot kg^{-1}$，全钾 16.31 $g\cdot kg^{-1}$，有机质 49.73 $g\cdot kg^{-1}$。

1.2　试验材料

供试品种为苏垦 118、盐粳 13、扬粳 805、宁粳 7 号、南粳 0212、淮稻 5 号、武运粳 32 号、镇稻 14、南粳 5055、南粳 9108、武运粳 80、丰粳 3227、嘉优 1 号、嘉优 3 号和甬优 2640，共计 15 个品种，各品种具体类型见表 1。

1.3　试验设计及田间管理

不同水稻品种随机排列，每处理种植面积 300 m^2。采用塑盘育秧，6 月 3 日浸种，6 月 5 日播种，6 月 30 日人工移栽，叶龄 3.5 叶左右。宽行处理种植规格为 13.3 cm × 30 cm，251 000 穴·hm^{-2}，每穴 4 苗，基本苗 100.3 万·hm^{-2}，窄行处理种植规格为 13.3 cm × 25 cm，301 000 穴·hm^{-2}，每穴 4 苗，基本苗 120.2 万·hm^{-2}。6 月 20 日施复合肥（N-P_2O_5-K_2O 为 15-5-15，下同）375 $kg\cdot hm^{-2}$；7 月 1 日施第 1 次分蘖肥：46%尿素 105 $kg\cdot hm^{-2}$；7 月 15 日施第 2 次分蘖肥：46%尿素 105 $kg\cdot hm^{-2}$；8 月 3 日施穗肥：复合肥 225 $kg\cdot hm^{-2}$ 和 46%尿素 150 $kg\cdot hm^{-2}$。前期浅水活棵促分蘖，当群体总茎蘖数达到穗数苗 80%左右时开始烤田，控制群体高峰苗。此后拔节至成熟采取干湿交替上水方式。

1.4　测定项目与方法

测定的农艺指标主要包括：（1）成熟期时，连续选取 30 穴，调查测定每穴穗数，选取 30 个穗子测定每穗粒数、结实率，数取 1 000 粒谷粒测定千粒重（百分之一天平），并计算理论产量。（2）取成熟后放置 3 个月以上的稻谷测定碾米品质，包括糙米率、精米率和整精米率；所有样本籽粒糙米率使用试验用的砻谷机（SY88—TH，无锡商隆粮食设备有限公司，中国）脱壳，样本精米率使用精米机（SY88—TRF，无锡商隆粮食设备有限公司，中国）将糙米粒进一步碾磨成精米，整精米率通过从精米中挑选出整精米测得。（3）精米的粒长、粒宽和粒厚用数显游标卡尺测得，随机选取 30 粒米粒测定取其平均值，读数精确至 0.1 mm。（4）取 300 粒米粒，通过计算各类垩白米粒占总米粒数比例测得垩白粒率，包括腹白米率、心白米率、背白米率、乳白米率等；垩白面积占总米粒面积大小即为垩白大小，垩白度为垩白粒率与垩白大小的乘积。（5）成熟时每个处理按品字形布局，选 3 个点连续割取 4 行，每行 50 穴，计算实际产量。

1.5　数据处理

数据采用 Excel 软件进行统计和作图，采用 SPSS 18.0 进行显著性分析。

2　结果与分析

2.1　不同水稻品种生育期

行距处理对不同水稻品种生育期无影响（故表中未分别列出）。根据田间统计分析（表 1）可知，参试品种嘉优中科 1 号和嘉优中科 3 号始穗期较其他品种早 3 ~ 12 d；齐穗期较其他品种早 2 ~ 12 d，

南粳 5055 始穗期与齐穗期最迟，盐粳 13、扬粳 805 和淮稻 5 号次之，其余品种之间差异不大。南粳 5055 的生育期最长为 159 d，甬优 2640 生育期最短为 140 d，生育期变化区间跨度达 19 d。

2.2 不同行距处理水稻品种间产量及其构成因子

不同行距处理对各水稻品种实际产量、理论产量及其构成因子有显著影响，实际产量与理论产量变化趋势基本一致，具体见图 1。行距配置对各水稻品种产量因素影响的差异显著性各有不同。25 cm 行距处理中，穗数与结实率平均值大于 30 cm 行距处理，穗粒数平均值小于 30 cm 行距处理，理论产量和实际产量平均值大于 30 cm 行距处理，两者千粒重平均值无差异。两种行距处理中嘉优中科 1 号实际产量与理论产量均最高而排名第 1 位，嘉优中科 3 号次之。丰粳 3227 在 25 cm 行距中排名第 3，在 30 cm 行距中排名第 5，在两种行距处理中扬粳 805 与武运粳 32 的产量排名均为倒数。对照南粳 9108 在 25 cm 行距中理论产量为 9 357.8 kg·hm^{-2}，实际产量为 8 926.8 kg·hm^{-2} 排名第 5；在 30 cm 行距中理论产量为 9 247.4 kg·hm^{-2}，实际产量为 8 819.4 kg·hm^{-2} 排名第 4。另外，苏垦 118 与镇稻 14 号在两种处理中理论产量也均达到 9 000 kg·hm^{-2} 以上。研究发现，不同行距处理对同一水稻品种影响显著，行距变大，穗粒数增加，穗数和结实率变小，说明扩大行距可以获得较高的穗粒数，而行距扩大也会降低穗数和结实率，进而影响产量。

表 1 不同品种间生育期的比较

Table 1 Comparison of growth periods among different varieties

编号	品种名称	品种类型	播种期	移栽期	始穗期	齐穗期	成熟期	生育期/d
1	苏垦 118	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	11 月 4 日	152
2	盐粳 13	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 7 日	9 月 12 日	11 月 5 日	153
3	扬粳 805	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 6 日	9 月 11 日	11 月 4 日	152
4	宁粳 7 号	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	11 月 3 日	151
5	南粳 0212	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	10 月 30 日	147
6	淮稻 5 号	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 6 日	9 月 11 日	10 月 30 日	147
7	武运粳 32 号	中熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	8 月 30 日	9 月 5 日	10 月 29 日	146
8	镇稻 14 号	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 4 日	9 月 10 日	11 月 3 日	151
9	南粳 5055	早熟晚粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 11 日	9 月 15 日	11 月 11 日	159
10	南粳 9108	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	11 月 4 日	152
11	武运粳 80	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	11 月 4 日	152
12	丰粳 3227	迟熟中粳	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 1 日	9 月 6 日	10 月 28 日	145
13	嘉优中科 1 号	三系籼粳杂交	6 月 5 日	6 月 30 日	8 月 27 日	9 月 1 日	10 月 25 日	142
14	嘉优中科 3 号	三系籼粳杂交	6 月 5 日	6 月 30 日	8 月 29 日	9 月 3 日	10 月 27 日	144
15	甬优 2640	三系籼粳杂交	6 月 5 日	6 月 30 日	9 月 4 日	9 月 9 日	10 月 23 日	140

2.3 不同行距处理水稻品种间农艺性状特点

由表 2 可知，不同行距处理对不同水稻品种农艺性状影响不同，相对于 30 cm 行距处理，25 cm 行距处理可以使株高、剑叶长和剑叶宽显著增加，而穗长变化不显著；两种行距处理中，不同水稻品种间株高、穗长、剑叶长和剑叶宽等均呈极显著差异。总的来看，各农艺性状基于基因型的变化概率要大于栽培行距处理。其中，25 cm 行距处理中南粳 5055 和南粳 9108 水稻株高减小，与总规律不一致，南粳 0212 和嘉优中科 3 号剑叶长减小，与总规律不一致。在 25 cm 和 30 cm 两种行距处理下，不同水稻基因型其他农艺性状变化基本无明显规律，说明两种行距处理下各品种在农艺性状中的表现受到品种遗传特性的影响更大。

2.4 不同行距下水稻品种碾米与精米外观品质

糙米率、精米率和整精米率是衡量水稻碾米品质的重要指标，垩白粒率和垩白度是衡量稻米外观品质的重要指标。由表 3 可知，两种人工移载行距处理和不同水稻品种间均使各水稻品种糙米率、精米率和整精米率及其平均值间呈极显著差异，在 25 cm 行距处理下各品种糙米率、精米率和整精米率要小于 30 cm 行距处理。不同水稻品种间糙米率、精米率和整精米率差异极显著，说明水稻碾米品质受遗传特性影响更显著。其中 30 cm 行距处理下盐粳 13、宁粳 7 号、武运粳 32 号和南粳 5055 等整精米率要显著大于 25 cm 行距处理。不同行距处理对水稻精米外观品质影

响较大，从各水稻品种外观品质平均值来看，30 cm 行距处理导致垩白米率增大，但可使垩白度减小。在 25 cm 和 30 cm 两种行距处理下不同水稻基因型精米外观品质受到品种遗传特性的影响较大，其中提高行距会使苏垦 118、宁粳 7 号、武运粳 32 号、南粳 9108 和嘉优中科 1 号等垩白粒率变小。且在 25 cm 和 30 cm 两种行距处理下不同水稻基因型精米外观品质受品种遗传特性的影响也较大。

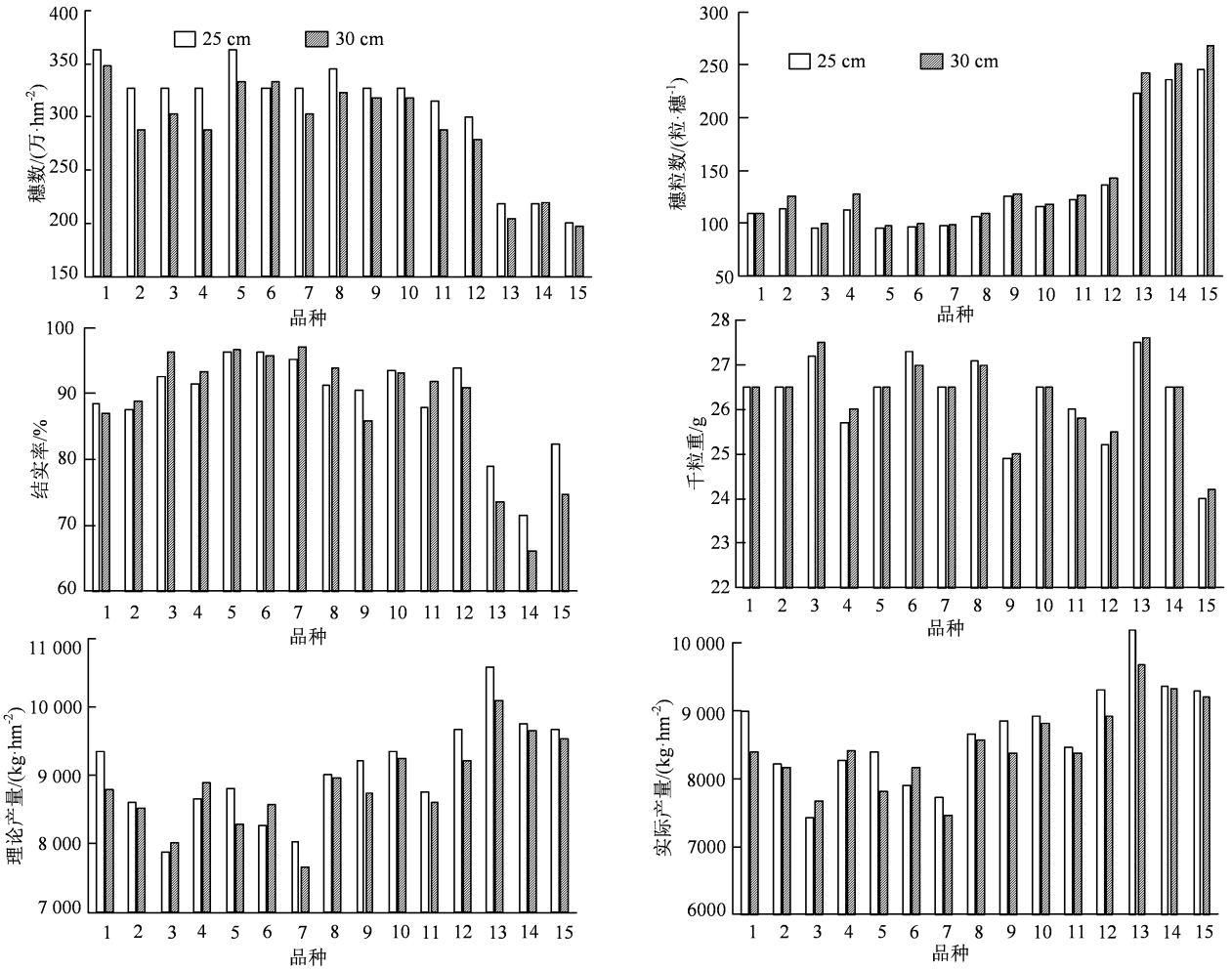

图 1　两种行距下不同水稻品种间产量及其构成因子的比较

Figure 1　Comparison of yields and the components among different rice varieties under two kinds of row spacings

2.5　不同行距处理水稻品种农艺性状与稻米品质的相关性

表 4 中对角线以下为 25 cm 行距处理水稻品种农艺性状、产量指标与稻米品质之间的相关性。相关分析表明，株高与穗长、剑叶长宽和穗粒数等呈极显著正相关，株高与穗数、结实率等呈极显著负相关，株高与糙米率、精米率和整精米率等呈显著负相关，与其他指标相关性不显著；穗长与剑叶长宽、穗粒数、理论产量等呈极显著正相关，穗长与穗数、结实率、糙米率、精米率和整精米率等呈极显著负相关；剑叶长与剑叶宽、穗粒数呈极显著正相关，与穗数呈极显著负相关，与结实率和整精米率呈显著负相关；穗数与穗粒数呈极显著负相关，与结实率、糙米率、精米率和整精米率等呈极显著正相关；穗粒数与结实率、糙米率、精米率和整精米率等呈极显著负相关；结实率与理论产量呈极显著负相关，与糙米率、精米率和整精米率呈极显著正相关；理论产量与糙米率呈显著负相关，与精米率和整精米率呈极显著负相关；糙米率、精米率和整精米率之间呈极显著正相关；垩白粒率和垩白度之间呈极显著正相关。以上结果说明 25 cm 行距处理对水稻品种农艺性状、产量和品质等主要指标影响显著。表 4 中对角线以上为 30 cm 行距处理水稻品种农艺性状、产量指标与稻米品质之间的相关性。相关分析表明，垩白度与垩白粒率呈极显著正相关，与其他指标相关性不显著；整精米率与穗数呈极显

著正相关，与千粒重无显著相关性，与其他指标呈极显著负相关；精米率与剑叶长呈显著负相关，与千粒重相关性不显著，与其他指标呈极显著负相关；糙米率与穗数呈极显著正相关，与千粒重不相关，与其他指标呈呈极显著负相关；理论产量与穗数和结实率呈极显著负相关，与其他指标呈显著或极显著正相关；结实率与株高、穗长、剑叶长宽和穗粒数呈极显著负相关，与穗数呈极显著正相关；穗粒数与穗数呈极显著负相关，与株高穗长、剑叶长宽等呈极显著正相关；穗数与株高、穗长、剑叶长宽等呈极显著负相关；剑叶宽与株高、穗长和剑叶长等呈极显著正相关；剑叶长与株高、穗长呈极显著正相关；株高与穗长呈极显著正相关关系。

表 2 两种行距下不同水稻品种间农艺性状特点

Table 2 Agronomic characters of different rice varieties under two kinds of row spacings cm

品种	25 cm 行距处理				30 cm 行距处理			
	株高	穗长	剑叶长	剑叶宽	株高	穗长	剑叶长	剑叶宽
苏垦 118	89.7^{gFG}	14.3^{gG}	24.0^{gF}	1.53^{ghG}	88.1^{hFG}	14.6^{hiH}	23.0^{fE}	1.57^{fG}
盐粳 13	97.8^{dD}	15.4^{fF}	25.3^{eE}	1.77^{dCD}	96.5^{dD}	14.5^{iH}	23.6^{eE}	1.67^{eF}
扬粳 805	96.9^{deD}	12.9^{iI}	22.3^{hG}	1.37^{iH}	94.4^{eDE}	16.3^{eE}	21.2^{gF}	1.43^{iIJ}
宁粳 7 号	87.6^{hGH}	15.6^{fEF}	18.9^{jkHI}	1.50^{hG}	85.7^{ijHI}	14.9^{hH}	17.1^{kI}	1.43^{iIJ}
南粳 0212	91.3^{fgEF}	13.7^{hH}	17.3^{lJ}	1.37^{iH}	89.9^{gF}	13.6^{jI}	18.6^{iH}	1.37^{jJ}
淮稻 5 号	87.2^{hHI}	13.1^{iI}	21.7^{iG}	1.63^{fEF}	86.2^{iGHI}	13.6^{jI}	21.6^{gF}	1.50^{ghGHI}
武运粳 32 号	85.3^{iI}	14.4^{gG}	23.6^{gF}	1.70^{eDE}	84.2^{jI}	15.8^{fF}	20.2^{hG}	1.53^{fgGH}
镇稻 14 号	95.8^{eD}	16.1^{eD}	26.0^{dD}	1.77^{dCD}	93.5^{efE}	15.4^{gG}	23.2^{efE}	1.70^{eEF}
南粳 5055	92.9^{fE}	15.9^{eDE}	24.8^{fE}	1.63^{fEF}	93.6^{efE}	15.5^{gFG}	23.1^{efE}	1.47^{hiHI}
南粳 9108	91.6^{fEF}	15.5^{fEF}	26.9^{cC}	1.57^{gFG}	92.3^{fE}	14.9^{hH}	25.6^{dD}	1.53^{fgGH}
武运粳 80	91.4^{fgEF}	15.9^{eDE}	19.3^{jH}	1.83^{cC}	87.1^{hiGH}	15.5^{gFG}	17.3^{jkI}	1.77^{dDE}
丰粳 3227	82.5^{jJ}	17.5^{dC}	18.5^{kI}	1.83^{cC}	81.3^{kJ}	17.2^{dD}	17.7^{jI}	1.80^{dD}
嘉优中科 1 号	100.0^{cC}	22.5^{aA}	28.3^{bB}	2.23^{bAB}	99.6^{cC}	21.8^{bB}	27.5^{cC}	2.17^{cC}
嘉优中科 3 号	109.2^{aA}	21.5^{cB}	28.4^{bB}	2.20^{bB}	102.8^{bB}	21.2^{cC}	30.1^{bB}	2.30^{bB}
甬优 2640	106.7^{bB}	22.1^{bA}	37.5^{aA}	2.30^{aA}	105.1^{aA}	22.5^{aA}	35.5^{aA}	2.40^{aA}
平均值 Mean	93.7^{aA}	16.4^{aA}	24.2^{aA}	1.75^{aA}	92.0^{bB}	16.5^{aA}	23.0^{bB}	1.71^{bB}

注：同列数据后不同大小字母分别表示不同处理间差异极显著和显著($P<0.01$，$P<0.05$)，下同。

表 3 两种行距处理下水稻不同品种碾米品质的比较

Table 3 Comparison of brown and white rice quality of different rice varieties under the treatments of two kinds of row spacings

品种	25 cm 行距处理					30 cm 行距处理				
	糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	垩白粒率/%	垩白度	糙米率/%	精米率/%	整精米率/%	垩白粒率/%	垩白度
苏垦 118	85.7^{cC}	74.1^{cDE}	70.8^{fE}	51.0^{bB}	16.8^{cC}	84.3^{ghI}	72.8^{gFG}	70.5^{gG}	44.0^{cC}	18.9^{bB}
盐粳 13	84.0^{fF}	71.0^{eG}	66.8^{hiG}	11.0^{ijIJ}	3.6^{iG}	84.8^{fGH}	73.4^{fEF}	70.0^{hG}	12.0^{hiHI}	2.5kHIJ
扬粳 805	86.3^{bB}	76.6^{aA}	75.2^{bB}	35.0^{dD}	18.2^{bB}	86.1^{cCD}	76.2^{bcBC}	74.7^{bB}	36.0^{eE}	10.8^{fE}
宁粳 7 号	83.0^{hH}	70.6^{eG}	69.1^{gF}	28.0^{eE}	7.6^{gE}	84.2^{hI}	73.6^{fE}	72.6^{eE}	24.0^{gG}	9.1gF
南粳 0212	86.9^{aA}	76.9^{aA}	76.0^{aA}	19.0^{hH}	3.4^{iG}	86.1^{cC}	76.1^{cBC}	75.0^{bB}	13.0^{hH}	2.7^{jkHI}
淮稻 5 号	86.8^{aA}	76.9^{aA}	75.2^{bB}	62.0^{aA}	22.3^{aA}	86.6^{bB}	76.7b^{AB}	76.1^{aA}	81.0^{aA}	28.4^{aA}
武运粳 32 号	86.6^{abAB}	74.5^{cCD}	71.7^{dD}	24.0^{fF}	6.7^{hF}	87.5^{aA}	77.2^{aA}	74.6^{bB}	12.0^{hiHI}	3.0^{jH}
镇稻 14 号	85.1^{dD}	75.1^{bBC}	73.6^{cC}	21.0^{gG}	7.4^{gE}	85.7^{dDE}	75.6^{dC}	74.1^{cC}	25.0^{gG}	7.0^{iG}
南粳 5055	84.2^{fEF}	69.6^{fH}	66.6^{iG}	7.0^{kK}	1.3^{lJ}	84.5^{gHI}	72.3^{hG}	69.2^{iH}	11.0^{ijIJ}	2.4^{kIJ}
南粳 9108	85.3^{dD}	75.5^{bB}	73.6^{cC}	20.0^{ghGH}	10.4^{eD}	84.5^{ghHI}	74.5^{eD}	73.2^{dD}	8.0^{kK}	2.7^{jkHI}
武运粳 80	84.6^{eE}	73.5^{dEF}	73.2^{cC}	10.4^{jJ}	2.1^{kI}	85.3^{eEF}	74.4^{eD}	73.8^{cC}	10.2^{jJ}	2.0^{lJ}
丰粳 3227	84.6^{eE}	73.1^{dF}	71.2^{eDE}	12.0^{iI}	2.8^{jH}	85.2^{eFG}	73.6^{fE}	71.8^{fF}	27.0^{fF}	8.6^{hF}
嘉优中科 1 号	83.1^{hH}	65.1^{gI}	61.6^{jH}	63.0^{aA}	16.4^{dC}	83.3^{iJ}	64.2^{jI}	60.9^{kJ}	46.0^{bB}	12.9^{dD}
嘉优中科 3 号	82.3^{iI}	63.7^{hJ}	58.6^{kI}	27.0^{eE}	10.0^{fD}	83.2^{iJ}	64.7^{jI}	59.0^{lK}	47.0^{bB}	11.3^{eE}
甬优 2640	83.5^{gG}	73.2^{dF}	67.1^{hG}	39.2^{cC}	16.9^{cC}	83.1^{iJ}	70.7^{iH}	66.2^{jI}	42.0^{dD}	15.5^{cC}
平均值	84.8^{bB}	72.6^{bB}	70.0^{bB}	28.6^{bB}	9.7^{aA}	85.0^{aA}	73.1^{aA}	70.8^{aA}	29.2^{aA}	9.2^{bB}

表 4　不同行距处理水稻农艺性状、产量指标与稻米品质指标等的相关性

Table 4　Correlation of agronomic traits, yield indexes and rice quality indexes under the treatments of two kinds of row spacings

项目	株高	穗长	剑叶长	剑叶宽	穗数	穗粒数	结实率	千粒重	理论产量	糙米率	精米率	整精米率	垩白粒率	垩白度
株高		0.705**	0.884**	0.694**	-0.663**	0.753**	-0.762**	-0.075	0.540*	-0.662**	-0.662**	-0.725**	0.175	0.063
穗长	0.679**		0.754**	0.913**	-0.942**	0.956**	-0.865**	-0.214	0.710**	-0.668**	-0.807**	-0.836**	0.296	0.181
剑叶长	0.757**	0.678**		0.762**	-0.652**	0.795**	-0.782**	-0.219	0.614*	-0.650**	-0.624*	-0.705**	0.332	0.278
剑叶宽	0.685**	0.934**	0.730**		-0.889**	0.944**	-0.891**	-0.271	0.758**	-0.691**	-0.799**	-0.827**	0.314	0.209
穗数	-0.709**	-0.931**	-0.698**	-0.915**		-0.942**	0.812**	0.236	-0.677**	0.662**	0.782**	0.799**	-0.205	-0.081
穗粒数	0.762**	0.968**	0.728**	0.912**	-0.966**		-0.937**	-0.290	0.804**	-0.794**	-0.874**	-0.896**	0.316	0.210
结实率	-0.832**	-0.842**	-0.613*	-0.806**	0.807**	-0.877**		0.214	-0.787**	0.835**	0.947**	0.976**	-0.325	-0.212
千粒重	-0.059	-0.303	-0.261	-0.238	0.271	-0.312	0.073		-0.149	0.328	0.026	0.095	0.254	0.163
理论产量	0.412	0.831**	0.469	0.672**	-0.639*	0.761**	-0.646**	-0.218		-0.853**	-0.830**	-0.773**	0.303	0.237
糙米率	-0.573*	-0.799**	-0.437	-0.687**	0.696**	-0.742**	0.798**	0.354	-0.639*		0.834**	0.817**	-0.123	-0.103
精米率	-0.535*	-0.756**	-0.345	-0.647**	0.667**	-0.718**	0.843**	0.076	-0.642**	0.862**		0.981**	-0.274	-0.145
整精米率	-0.640*	-0.810**	-0.533*	-0.733**	0.745**	-0.804**	0.887**	0.172	-0.654**	0.852**	0.965**		-0.252	-0.124
垩白粒率	0.148	0.183	0.278	0.177	-0.294	0.275	-0.203	0.413	0.194	0.083	-0.059	-0.115		0.966**
垩白度	0.251	0.091	0.396	0.121	-0.279	0.232	-0.156	0.343	0.033	0.151	0.110	0.007	0.909**	

注：相关系数临界值为 $R_{0.05} = 0.514$，$R_{0.01} = 0.641$（对角线左下 25 cm 行距处理，对角线右上 30 cm 行距处理）。

3　讨论与结论

水稻的群体调控能力很强，不同类型水稻品种自身的调控能力不同，所采取的栽插密度也应该有区别。水稻密度可以通过株距和行距来调控，当前以固定行距而调整株距的研究为主，调整行距的研究较少。本研究认为对不同类型水稻采用不同行距处理可以调整不同类型水稻生长中后期空间利用情况，以充分挖掘水稻的分蘖力，形成最大穗数，进而获取最大产量，这对于各类型水稻对光资源的利用和产量形成可能会有一定研究意义。

作物产量主要取决于群体的光截获能力、群体内部光分布特征和光转化效率，而合理高效的冠层结构是作物产量形成的基础[17]。本研究中，不同水稻品种间生长发育情况和产量及品质各指标间呈显著或极显著差异，行距 30 cm 处理可以显著增加水稻的株高、剑叶长和剑叶宽，改善作物群体的光分布特征和光转化效率，提高水稻的结实率和每穗粒数，有利于产量的形成。产量受其构成因素的综合影响，而单位面积穗数也是主要影响因素之一。本研究结果表明，行距 25 cm 处理单位面积内的有效穗数明显增大。

行距可以构造不同的水稻群体结构，进而产生不同水稻群体结构和冠层结构及田间微气象因子环境，其中株高、穗数和剑叶长宽等对群体光照条件会产生影响，本研究中水稻品种间产量及其构成因素和品质等相关指标均呈显著或极显著差异。冠层结构和群体微气象因子除受水稻群体构成、大气环境影响外，还与田间肥水条件有关[18]。因此，在选取针对某一品种的适宜栽培行距时，还要特别重视

对水肥的精确调控，以构建温湿度和光照均适宜的理想微气象环境，这既有利于水稻提高光合产量，也有利于其减轻病虫害的发生。移栽密度作为水稻栽培的主要调控措施，针对不同品种的株型特征确定适宜栽插行株距规格，对于提高水稻群体质量和改善冠层内部温湿度和光照条件均具有重要意义。

本研究通过对不同行距下水稻品种的同田对比试验，综合考虑两种行距下各品种的农艺性状、丰产性、加工品质和外观品质及其在当地的适应性，为筛选出适宜全市推广的水稻品种资源提供了一定科学依据。合理的行距配置方式可以提高有效穗数、穗粒数、结实率、整精米率及改善稻米外观品质等，进而提高经济系数。本研究中，25 cm 行距处理下的丰粳 3227、镇稻 14、苏垦 118、嘉优 1 号、嘉优 3 号和甬优 2640 等品种产量较高，经济性状突出；甬优 2640 采用 30 cm 行距效果更好，南粳 9108 采用 25 cm 与 30 cm 均可。配套栽培技术培育壮秧，适期早栽，以种定距，控制高峰苗，精确调节水肥。

参考文献：

[1] 肖楠, 丛琳, 孙晓森, 等. 行距对不同穗型旱直播粳稻产量及光合特性的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2018, 49(1): 8-13.

[2] 潘圣刚, 黄胜奇, 江洋, 等. 秧龄和栽插密度对水稻生物学特性的影响[J]. 华北农学报, 2011, 26(3): 134-138.

[3] 刘晓亮, 齐春艳, 侯立刚, 等. 不同株行距配置对盐碱地水稻产量构成因素及干物质积累与分配的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(15): 122-125.

[4] 王端飞. 栽培方式及株行距配置对超级稻宁粳 3 号产量形成和群体均衡性的影响[D]. 南京: 南京农业大学, 2011.

[5] 朱聪聪, 张洪程, 郭保卫, 等. 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[J]. 作物学报, 2014, 40(1): 122-133.

[6] 赵海新, 杨丽敏, 陈书强, 等. 行距对两个不同类型水稻品种冠层结构与产量的影响[J]. 中国水稻科学, 2011, 25(5): 488-494.

[7] 陈云, 张亚军, 张宏路, 等. 机插株距对优质食味水稻品种产量和群体质量的影响[J]. 中国水稻科学, 2020, 34(6): 550-560.

[8] 朱德峰, 陈惠哲. 水稻机插秧发展与粮食安全[J]. 中国稻米, 2009, 15(6): 4-7.

[9] 张健美, 吴文革, 何超波, 等. 安徽省水稻机插秧技术推广的难点与对策[J]. 安徽农学通报, 2007, 13(20): 58-59, 160.

[10] 吴文革, 陈刚, 许有尊, 等. 双季稻北缘区早稻机插适宜行距的研究[J]. 中国农机化学报, 2014, 35(4): 59-62, 68.

[11] 李小朋, 王术, 黄元财, 等. 株行距配置对齐穗期粳稻冠层结构及产量的影响[J]. 应用生态学报, 2015, 26(11): 3329-3336.

[12] AHMED S, HUMPHREYS E, SALIM M, et al. Optimizing sowing management for short duration dry seeded aman rice on the High Ganges River Floodplain of Bangladesh[J]. Field Crops Res, 2014, 169: 77-88.

[13] 周兴涛, 张洪程, 许轲, 等. 不同类型钵苗摆栽密度对粳型超级稻产量及光合物质生产特征的影响[J]. 中国农业科学, 2013, 46(17): 3545-3561.

[14] 朱聪聪, 张洪程, 郭保卫, 等. 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[J]. 作物学报, 2014, 40(1): 122-133.

[15] 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): 1235-1248.

[16] 胡文杰. 不同行株距机插对双季稻产量的影响[J]. 中国稻米, 2017, 23(4): 180-182.

[17] 李艳大, 汤亮, 张玉屏, 等. 水稻冠层光合有效辐射的时空分布特征[J]. 应用生态学报, 2010, 21(4): 952-958.

[18] 郭保卫, 朱聪聪, 朱大伟, 等. 钵苗机插密度对不同类型水稻齐穗期株型及冠层微环境的影响[J]. 生态学杂志, 2015, 34(1): 9-17.